



Niina Leppälampi
Eevi Mertanen

Spirometriassa käytettävän biologisen kontrollin käyttöönotto HUSLABin kliinisen fysiologian yksikössä Hyvinkäällä

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Bioanalyttikko
Bioanalytiikan koulutusohjelma
Opinnäytetyö
Päivämäärä 27.10.2010

Tekijät Otsikko	Niina Leppälampi ja Eevi Mertanen Spirometriassa käytettävän biologisen kontrollin käyttöönotto HUSLABin kliinisen fysiologian yksikössä Hyvinkäällä
Sivumäärä Aika	44 + 12 liitettä 27.10.2010
Tutkinto	Bioanalyytikko
Koulutusohjelma	Bioanalytiikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Bioanalytiikka
Ohjaajat	Marja Liehu, osastonhoitaja Päivi Haapasalmi, lehtori
<p>Spirometriatutkimus on yleisin Suomessa käytettävistä keuhkofunktio tutkimuksista. Opinnäytetyömme tarkoituksena oli edesauttaa biologisen kontrollon käyttöönottoa HUSLABin kliinisen fysiologian yksikössä Hyvinkäällä. Biologista kontrollia käytetään spirometriatutkimusten kontrolloimiseen. Työssämme vertailimme biologisen ja pumpulla suoritettavan kontrollon eroja selvittääksemme, voiko pumpulla suoritettavalla kontrollolla myöhemmin korvata biologisen kontrollin.</p> <p>Biologisen kontrollin käyttöönottoa varten valittiin neljä henkilökuntaan kuuluvaa työntekijää kontrollipuhaltajiksi. He puhalsivat kymmenenä päivänä jokaisella yksikön neljästä laitteesta kukin kolme hyvää spirometriapuhallusta. Näistä puhallustuloksista laskettiin kontrollipuhaltajille henkilö- ja laitekohtaiset tavoitearvot. Biologisen ja pumpulla suoritettavan kontrollin vertailemiseksi pumpulla suoritettiin kontrollipuhallukset samoina päivinä, kuin kontrollihenkilöiden spirometriapuhallukset suoritettiin.</p> <p>Opinnäytetyömme tuloksena syntyneen ohjeistuksen avulla biologisen kontrollon käyttöönotto HUSLABin kliinisen fysiologian Hyvinkään yksikössä tehtiin mahdollisimman yksinkertaiseksi. Biologisen kontrollon käyttöönoton tueksi laadittiin selkeät kirjalliset ohjeet kontrollin suorittamiseen ja luotiin Microsoft Excel-pohja tulosten dokumentointia ja laadunseurantaa varten.</p> <p>Vertailemme biologista ja pumpulla suoritettavaa kontrollointia, biologinen kontrollointi osoittautui toistettavammaksi ja luotettavammaksi kuin pumpulla suoritettu kontrollointi. Jatkotutkimuksena voitaisiin selvittää kuinka biologinen kontrolli toimii Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä. Olisi myös mielenkiintoista tietää, olisiko biologisen kontrollin käyttöönottoa mahdollista harkita myös muualla kuin Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä käyttämällä apuna laatimiamme ohjeita ja Microsoft Excel-pohjaa.</p>	
Avainsanat	spirometria - biologinen kontrolli – tavoitearvot – pumpulla suoritettava kontrolli

Authors Title	Niina Leppälampi and Eevi Mertanen Introduction of Biological Controlling Used in Spirometry in HUSLAB clinical physiology laboratory in Hyvinkää.
Number of Pages Date	44 + 12 appendices 27 October 2010
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Biomedical Laboratory Science
Specialisation	Biomedical Laboratory Science
Instructors	Marja Liehu, Nurse Manager Päivi Haapasalmi, Senior Lecturer
<p>Spirometry is the most common pulmonary function test in Finland. The purpose of this study was to implement biological controlling performed by personnel in HUSLAB clinical physiology laboratory in Hyvinkää. Biological controlling is used for quality assessment in spirometry. We compared biological controlling and syringe procedure to find out, if the syringe procedure could replace biological controlling.</p> <p>For the introduction of biological control, we chose four healthy non-smokers from personnel as biological controls. All four biological controls performed spirometry with four spirometers every day at the same time for ten days. The results of biological controls were used to create target values for each biological control for each spirometer. To compare biological control with syringe procedure, we performed spirometry by simulating breathing maneuvers with syringe at the same ten days, when biological controls performed spirometry.</p> <p>Introduction of biological control was made simple with the detailed written instructions we created. A Microsoft Excel spreadsheet was also created for documenting the results from biological controlling and for controlling quality.</p> <p>Finally, the result from comparing biological control with syringe procedure lead to conclusion that biological control is more repeatable and more reliable than syringe procedure. It would be interesting to know how the biological control will work at the HUSLAB clinical physiology laboratory in Hyvinkää, and would it be possible to consider using biological control at other clinical physiology laboratories with the help of Microsoft Excel spreadsheet and the written instructions that we made.</p>	
Keywords	spirometry – biological control – syringe procedure – target values

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkimuksen tarkoitus	2
2.1	Aikaisemmat tutkimukset	3
2.2	Tutkimusasetelma	4
3	Virtaus-tilavuusspirometria	5
3.1	Preanalytiikka	6
3.2	Analytiikka	7
3.2.1	Menetelmän periaate	7
3.2.2	Spirometrialaitteet	7
3.2.3	Tutkimuksen suorittaminen	9
3.3	Postanalytiikka	10
3.3.1	Perusmuuttujat	11
3.3.2	Normaali puhalluskäyrä	12
3.3.3	Hyväksyttävän käyrän valinta	14
3.3.4	Poikkeavat puhalluskäyrät	14
3.3.5	Virhelähteet	16
4	Spirometriatutkimuksen laadunohjaus	17
4.1	Kalibrointi ja kalibroinnin tarkistus	18
4.2	Biologinen kontrolli ja pumpulla suoritettava kontrolli	19
5	Tutkimuksen toteutus	20
5.1	Tavoiterajojen luominen	21
5.1.1	Biologisten kontrollien puhallutukset	22
5.1.2	Pumpulla suoritettavat puhallukset	24
5.1.3	Tulosten käsittely	25
5.1.4	Tavoiterajojen laskeminen	25
5.2	Microsoft Excel-pohja tulosten seurantaan	25
5.2.1	Excel-pohjan luominen	25
5.2.2	Excel-pohjan esittely	26
5.3	Kirjallisten ohjeiden luominen	31
6	Tulokset ja yhteenveto	31
6.1	Pumpulla suoritettujen ja biologisen kontrollin vertailu	32
6.2	Tavoiterajat	33
6.3	Ohjeistus biologisen kontrollin suorittamisesta	34
7	Tulosten luotettavuus	36
7.1	Kontrollihenkilöiden puhallusten ja tavoitearvojen luotettavuuden arviointi	36
7.2	Microsoft Excel-pohjan ja kirjallisten ohjeiden luotettavuuden arviointi	37
8	Pohdinta	38

Lähteet

Liitteet 1-12

1 Johdanto

Keuhkofunktio tutkimukset eli keuhkojen toimintakokeet, joihin virtaus-tilavuusspirometria kuuluu, ovat mittauksia, joita käytetään keuhkojen toimintakapasiteetin ja mahdollisten toimintahäiriöiden sekä niiden vaikeusasteen selvittämiseen. Keuhkofunktio tutkimuksia käytetään useimmiten diagnoosin selvittämiseen, mutta tutkimusten käyttö työkyvyn, kardiorespiratorisen suorituskyvyn sekä leikkaus- ja toimenpideriskin arvioimiseksi on yleistynyt. Keuhkofunktio tutkimukset ovat usein lopulliselle diagnoosille tukea antavia tutkimuksia, lukuun ottamatta mm. astmaa, jonka diagnoosi perustuu kokonaisuudessaan keuhkofunktio tutkimuksiin. (Sovijärvi & Piirilä 2003a: 167; Korkeila 2006: 101.) Suomessa astmaa esiintyy 5.9%:lla väestöstä. Sukurasitteen on todettu nostavan astmaan sairastumisen riskin 2-3 kertaiseksi (Juusela 2010.)

Spirometrioiden laatua tarkkaillaan käyttämällä biologista kontrollia päivittäisen kalibroinnin lisäksi. Biologisessa kontrolloinnissa terveiden kontrollihenkilöiden spirometriapuhalluksille lasketaan tavoiterajat, joissa puhallustulosten tulee pysyä ja säännöllisten kontrollipuhallusten avulla voidaan seurata mm. tulosten toistettavuutta ja havaita laitevikoja. Useimmiten biologisena kontrollina toimii laboratoriohenkilökuntaan kuuluva henkilö, biologinen kontrollipuhallus suoritetaan käytännössä samoin kuin potilastutkimus. (Booker 2009.)

HUSLABin kliinisen fysiologian yksikössä Hyvinkäällä oli mietitty biologisen kontrollin käyttöönottoa vuosien tauon jälkeen. Vuonna 2009 Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikölle tekemässämme kehittämistehtävässä kartoitimme biologisen kontrollin käyttöä Suomessa ja kartoituksen tuloksena havaittiin, että biologisen kontrollin käyttö ei ole yhtenäistä eikä selkeästi ohjeistettua. Tarkoituksenamme oli kartoituksella kerätä tietoa, jonka avulla voisimme tehdä biologisesta kontrolloinnista mahdollisimman sujuvan ja selkeän toimintatavan Hyvinkään yksikköön.

Rajasimme työssämme käsiteltävät keuhkofunktio tutkimukset ainoastaan spirometriatutkimukseen, sillä virtaus-tilavuusspirometria on tärkein yksittäinen keuhkojen toimintakoe, jolla voidaan tutkia keuhkojen tilavuutta, keuhkojen tuuletuskykyä sekä tuuletuskyvyn häiriön luonnetta ja sen vaikeusastetta. Sitä käytetään keuhkosairauksien tutkimiseen, diagnosointiin ja astman hoitotason seurantaan (Kinnula 2009).

Tässä työssä kerromme, kuinka biologinen kontrollointi voidaan toteuttaa sekä luomme välineen laadunseurannan toteuttamiseen. Biologisen kontrollin käyttöönoton lisäksi vertailemme ihmisten puhaltamaa biologista kontrollointia pumpulla suoritettavaan kontrollointiin tarkoituksenamme selvittää, onko biologinen kontrollointi mahdollista korvata pumpulla tehdyllä kontrolloinnilla ja mitkä ovat biologisen kontrollon edut ja haitat verrattuna pumpulla suoritettuun kontrolliin.

2 Tutkimuksen tarkoitus

HUSLABin Hyvinkään sairaalan kliinisen fysiologian yksikössä tehdään useita erilaisia keuhkofunktio tutkimuksia, joista virtaus-tilavuusspirometria on yksi käytetyimmistä. Yksikössä ei tällä hetkellä ole käytössä kontrollia virtaus-tilavuusspirometrialle, ainoastaan kalibrointi. Yksikössä on keskusteltu kontrollin tarpeesta, samalla halutaan selvittää, minkälaista eroa voidaan havaita pumpulla suoritettavalla kontrollilla sekä biologisella kontrollilla. Yksikön keuhkofunktio tutkimuksista on akkreditoitu virtaus-tilavuusspirometria ja diffuusiokapasiteettitutkimus, akkreditoinnin yhteydessä on noussut esille biologisen kontrollin tarve.

Työ toteutetaan toimeksiantotyönä HUSLABin kliinisen fysiologian yksikköön Hyvinkäälle. Työn tarkoituksena on edesauttaa biologisen kontrollin käyttöönottoa ja tuottaa Hyvinkään yksikölle tietoa biologisen kontrollin ja pumpulla suoritettujen kontrollon välisistä eroista, luoda biologisen kontrollon tavoiterajat neljälle työntekijälle ja luoda excel-seurantapohja kontrollon seurantaan sekä kirjallinen ohje biologisen kontrollin suorittamiseen ja tavoitearvojen luomiseen. Tavoitearvojen ja excel-seurantapohjan laatimisen jälkeen työelämässä on helppo aloittaa biologisen kontrollin toteuttaminen ja seuranta kliinisessä fysiologiassa. Kliinisen fysiologian yksikölle jää opinnäytetyön tuloksena kirjallinen ohje tavoitearvojen luomiselle, joka helpottaa uusien kontrollihenkilöiden perehdytystä ja tavoitearvojen luomista. Lisäksi yksikössä voidaan kontrollipuhallusten tulosten seurantaan käyttää tarkoitukseen laadittua Microsoft Office Excel-pohjaa, jota varten luodaan myös kirjallinen ohje.

Työssämme tulemme vertaamaan ihmisen suorittamia biologisia kontrollipuhalluksia pumpulla suoritettuihin kontrollipuhalluksiin. Puhallutukset suoritetaan Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä keväällä 2010 kahden viikon aikana. Samanaikaisesti suoritetaan myös pumpulla tehtävät puhallukset. Tavoitearvojen luomisessa tulemme noudat-

tamaan kirjallisuudessa annettuja suosituksia (Levy et al. 2009; Cooper & Butterfield 2008; Miller et al. 2005). Kehittämistehtävässä suoritettun kyselyn tulokset tullaan ottamaan huomioon biologisen kontrollin käyttöönottoa suunniteltaessa. Kyselyssä selvisi, että biologinen kontrolli on käytössä osassa kliinisen fysiologian laboratorioita, mutta yhtenäisiä käytäntöjä ei ole.

2.1 Aikaisemmat tutkimukset

Suomessa aiheesta ei löydy aiempia tutkimuksia. Pumpulla suoritetusta kontrollista ei löydy tutkittua tietoa, biologisen kontrollin käyttöä sen sijaan sivutaan useissa tutkimusartikkeleissa, mutta sen varsinaisesta suorittamisesta ei kattavaa artikkelia löydy. Biologisen kontrollin ja pumpulla suoritettun kontrollin vertailusta löytyy yksi aiempi ulkomainen tutkimus. Alankomaissa vuonna 2007 valmistuneessa tutkimuksessa tutkittiin, voiko biologisen kontrollin korvata kalibroitumpulla tehtävällä kontrolloinnilla. Kolmen vuoden ajan tehtiin rinnakkain biologista kontrollointia ihmisten puhaltamana ja pumpulla suoritettuna. Tutkimustulos osoitti, että pumpulla suoritettu kontrollointi olisi huomattavasti tarkempi ja toistettavampi kuin ihmisten tekemät kontrollipuhallukset. Käyttämällä pumpulla suoritettavaa kontrollointia voitaisiin myös laskea kustannuksia, koska työntekijöiden aikaa ei menisi niin paljon puhallusten suorittamiseen ja saataisiin tutkittua enemmän potilaita samassa ajassa, sillä pumpulla tehtävä kontrolli on nopeampi suorittaa. (Ninaber, Schot, Fregonese & Stolk 2007.)

Alankomaissa vuonna 1999 tehdyssä tutkimuksessa selvitettiin, onko kalibraatiopumpuilla suoritettu kalibraatiotarkistus luotettava. Tutkimuksessa käytettiin kahta spirometrialaitetta, jotka kahdeksan päivän ajan kalibroitii 3 l:n kalibraatiopumpuilla. 43 vapaaehtoista suoritti satunnaisessa järjestyksessä spirometriapuhalluksia molemmilla laitteilla. Tämän jälkeen spirometrialaitteet tarkistettiin CDS:llä, joka on tietokoneohjattu kalibraatiopumppu. Tutkimuksen tuloksena selvisi, että 3 l:n kalibraatiopumpuilla kalibrointitulokset olivat sallittujen kriteerien sisällä, mutta vertailtaessa laitteita toisiinsa, havaittiin systemaattinen ero saman henkilön eri laitteilla puhaltamissa FEV₁-arvoissa. Lopputulemana todettiin, että kalibraation tulokset voivat olla kriteerien sisällä, mutta se ei silti tarkoita, että pakotettujen puhallusten tulokset olisivat tarkkoja. Näin ollen suositeltiin, että jos käytössä ei ole tietokoneohjattua pumppua, käytettäisiin säännöllistä biologista kontrollointia ja mielellään myös vertailtaisiin saman henkilön eri laitteilla puhaltamia tuloksia toisiinsa. (Van den Boom, Van den Star, Folgering, Van Schayck & Van Weel 1999.)

Olemme syksyllä 2009 tekemässämme kehittämistehtävässä Hyvinkään yksikön kanssa yhteistyössä laatineet verkkokyselyn ja kartoittaneet biologisen kontrollin käyttötapoja ja -yleisyyttä Suomessa. Kysely (ks. liitteet 1-3) lähetettiin 30:een kliinisen fysiologian laboratorioon. Kartoituksen tuloksena havaittiin, että biologista kontrollia kyllä käytetään Suomessa, mutta suorittamiselle ei ole yhteisiä käytäntöjä. Kyselystä saamiemme vastauksia hyödynnetään myös tässä opinnäytetyössä. Kyselyssä kerättiin avoimen kysymyksen avulla tietoa siitä, kuinka laboratorioissa toimitaan keuhkofunktiotutkimusten kontrollointiin liittyvissä poikkeamatilanteissa. Avoimen kysymyksen vastaukset löytyvät liitteestä 4. Muiden kysymysten vastaukset on käsitelty kehittämistehtäväsämme. (Leppälampi & Mertanen 2009.)

2.2 Tutkimusasetelma

Kuviossa 1. on esitetty opinnäytetyömme tutkimusasetelma. Työn kvalitatiivisesta ja kehittämiseen painottuvasta luonteesta johtuen päädyimme käyttämään kysymysten tilalla tutkimusasetelmaa, josta selviävät tutkimustehtävämme, työn tavoitteet ja tutkittavat asiat. (Toikko & Rantanen 2009: 40; Metsämuuronen 2009: 59.)



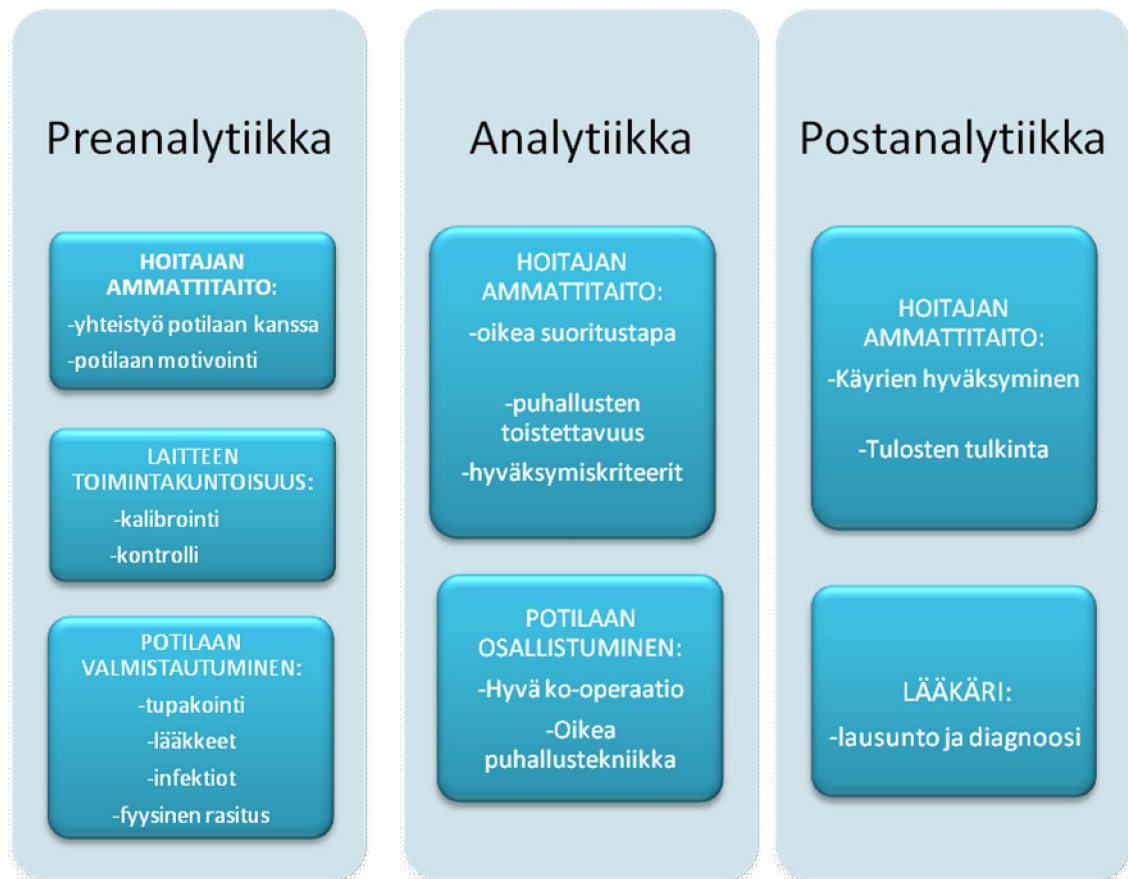
Kuvio 1. Tutkimusasetelma.

3 Virtaus-tilavuusspirometria

Tärkein yksittäinen keuhkojen toimintakoe on virtaus-tilavuusspirometria. Virtaus-tilavuusspirometrialla voidaan tutkia keuhkojen tilavuutta, keuhkojen tuuletuskykyä sekä tuuletuskyvyn häiriön luonnetta ja sen vaikeusastetta. Sitä käytetään keuhkosairauksien tutkimiseen, diagnosointiin ja restriktiivisten sekä obstruktiivisten keuhkosairauksien erotusdiagnostiikkaan, lisäksi sitä käytetään astman hoitotason seurantaan. Yleisimpiä indikaatioita ovat epäily astmasta tai keuhkohtaumataudista (Miller et al. 2005; Lange, Mulholland & Kreider 2009; Korkeila 2006: 101; Kinnula 2009; White, Wong, Fleming & Gray 2007.) Astman yksi tärkeimpiä tutkimusmenetelmiä ja hoidon seurantakeinoja ovat virtaus-tilavuusspirometria ja PEF-mittaus. Virtaus-tilavuusspirometrialla saadaan laaja näkemys ja tieto keuhkojen tilanteesta ja nykyään sitä käytetään yhä enemmän myös mm. tupakoinnin aiheuttamien vaikutusten selvittelyyn. (Sovijärvi 2009.) Myös jatkuvat epäselvät hengitystieoireet ja hengenahdistus ovat indikaatioita tutkimukselle (Miller et al. 2005; Lange, Mulholland & Kreider 2009; Korkeila 2006: 101; Kinnula 2009). Keuhkohtaumataudin (COPD) yksi tärkein tutkimusmenetelmä on virtaus-tilavuusspirometria. Keuhkohtaumatauti aiheuttaa yskää, hengenahdistusta ja heikentää suorituskykyä, joka voidaan tunnistaa spirometrian avulla. (Tynkkynen, Klaukka, Pietinalho & Rissanen 2009.)

Tutkimukseen tullaan lääkärin läheteellä hengitystieoireiden perusteella tai hoitotason seurannan vuoksi. Virtaus-tilavuusspirometriassa keuhkojen toimintasuureisiin voivat vaikuttaa monet keuhkojen tai hengitysteiden sairaudet sekä rintakehän liikkuvuus. Tutkimuksen tuloksiin ja niiden luotettavuuteen vaikuttavat niin preanalyttiset, analyttiset kuin postanalyttisetkin tekijät (ks. kuvio 2). (Sovijärvi 2009.)

Preanalyttisiä tekijöitä ovat esimerkiksi laitteen toimintakuntoon liittyvät asiat ja potilaan esivalmistautuminen. Potilaan oikea puhallustekniikka ja hyvä yhteistyökyky ovat analytiikkaan vaikuttavia seikkoja. Postanalytiikkaan kuuluvat käyrien hyväksyminen ja lääkärin ammattitaito diagnoosin selvittämisessä. Virtaus-tilavuusspirometria on tarkka ja monipuolinen tutkimus esim. pitkittyneen yskän selvittelyssä. (Thiadens et al. 1999.)



Kuvio 2. Spirometriatutkimuksen onnistumiseen vaikuttavat tekijät.

3.1 Preanalytiikka

Ennen spirometriatutkimusta mitataan potilaan pituus ja paino sekä kirjataan keuhkolääkitys ja lääkkeiden ottoajankohta ylös. Varmistetaan, että potilas on noudattanut saamia ohjeita virkistysaineiden ja lääkkeiden käytöstä. Kirjataan potilaan tupakointi ja tupakoinnin määrä. (Sovijärvi 2009.) Jos potilaalla on hengitystieinfektio, tuore sydäninfarkti, keuhkotuberkuloosi tai jokin muu spirometrian vasta-aihe, esimerkiksi hiljattain tehty silmäleikkaus tai vaikea sepelvaltimotauti tulee tutkimusta harkita lääkärin kanssa (McCarthy & Dweik 2010; Kinnula 2009).

Spirometriaan tulevan potilaan tulee huomioida ohjeet, joita on hyvä noudattaa luotettavan tuloksen saamiseksi. Huomiota tulee kiinnittää hengitystieinfektioihin, joista tulee olla kuluneena kaksi viikkoa. Lääkitykseen on potilaskohtaisesti eri ohjeistus sen mukaan, onko spirometriatutkimus pyydetty astmalääkityksen arviointiin vai diagnostiseen tutkimukseen jossa myös mm. yskänlääkkeen tulee olla tauolla kolmen vuorokauden ajan. Lisäksi potilaan tulee välttää tupakointia neljä tuntia ennen spirometriaa sekä hänen on pitädyttävä kahvista, piristäväistä aineista ja fyysisestä rasituksesta kahden

tunnin ajan ennen tutkimusta. Ennen tutkimusta potilaan tulisi levätä 15 minuuttia. Alkoholilla tulee välttää vuorokauden ajan. (Sovijärvi 2009; Sovijärvi & Piirilä 2003a: 168; Kinnula 2009.) Puhalluksen onnistumisen kannalta on ehdottoman tärkeää hyvä yhteistyö potilaan kanssa (Sovijärvi 2009; Sovijärvi & Piirilä 2003b: 172).

3.2 Analytiikka

Tässä kappaleessa käsitellään spirometrian analytiikkaan vaikuttavia tekijöitä. Suurelta osalta spirometriatutkimuksen onnistumiseen vaikuttaa hoitajan ammattitaito, myös potilaan ko-operaatio on tärkeää. Vaikutusta on myös käytetyillä laitteilla, sekä tutkimusten oikeaoppisella suorittamisella. Kappaleen lopussa on kerrottu spirometriatutkimuksen tuloksiin vaikuttavista yleisimmistä virhelähteistä.

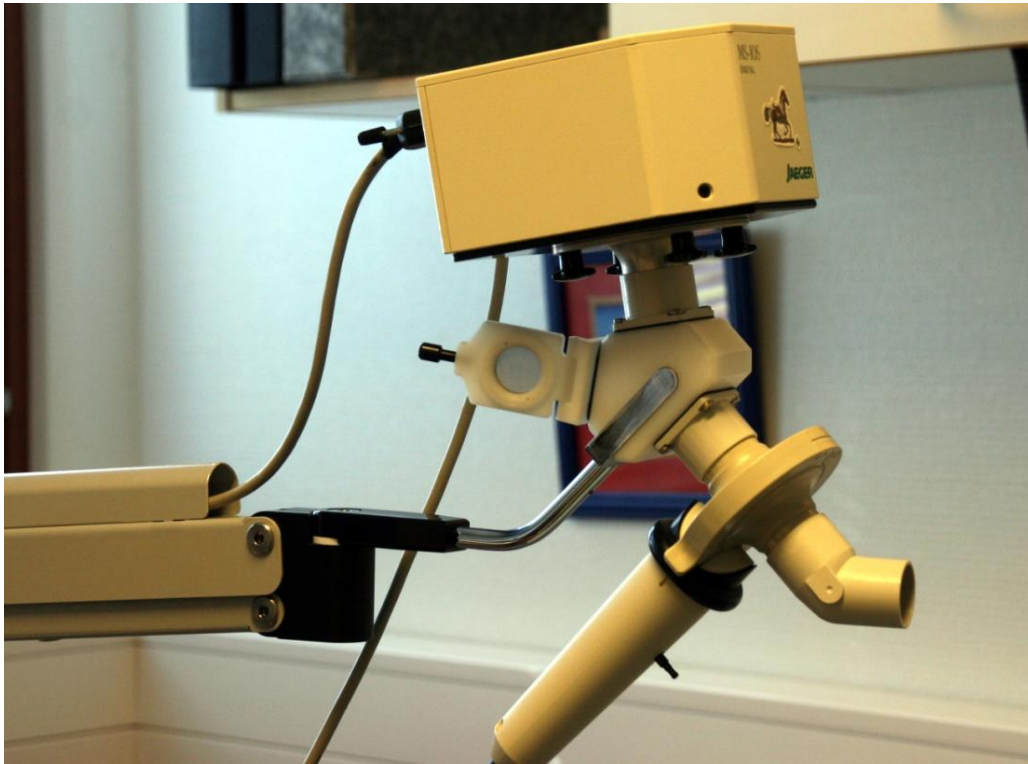
3.2.1 Menetelmän periaate

Virtaus-tilavuusspirometriatutkimus tehdään laitteella, jossa on joko virtausanturi eli pneumotakografi tai mittausyksikköön yhdistetty paineanturi. Ilman virtausnopeus voidaan määrittää pneumotakografia käyttäen. Määrittäessä ulospuhallettu ilma virtaa suukappaleen kautta pneumotakografien verkon läpi, jolloin verkon eri puolille syntyy pieni paine-ero. Paine-ero on suhteessa virtaavan ilman nopeuteen. Spirometrin tietokone muuttaa pneumotakografien tuottaman paine-erosignaalin virtausnopeudeksi, johon yhdistetään tietokoneen tuottama aikaisignaali. Näin voidaan samanaikaisesti rekisteröidä puhalluksesta virtaus ja tilavuus. (Sovijärvi & Terho 2009; Länsimies E. 2004: 56-57.) Dynaamisessa spirometriassa uloshengitystilavuus rekisteröidään ajan funktiona, tämä on vanhempi tapa, jonka virtaus-tilavuus spirometria on syrjäyttänyt (Sovijärvi & Piirilä 2003b: 170-171). Tässä työssä spirometrialla tarkoitetaan virtaus-tilavuusspirometriaa. Seuraavassa kappaleessa kerrotaan laajemmin erilaisista spirometrialaitteista.

3.2.2 Spirometrialaitteet

Spirometrialaitteita on useita erilaisia ja tutkimuksia voidaan suorittaa useiden eri laitevalmistajien laitteilla. Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä on neljä laitetta, joista kolme on saksalaisia Jaeger -laitteita ja yksi on amerikkalainen Vmax Encore 22D. Laitteiden toimintaperiaatteista on kerrottu kohdassa 3.2.1 Menetelmän periaate. Tässä kappaleessa on kerrottu lyhyesti laitteista ja niiden eroista.

Laitteilla voidaan suorittaa melko samankaltaisia tutkimuksia. Laitteesta ja ohjelmasta riippuen tutkimusvalikoima saattaa vaihdella laitteiden välillä sekä tutkimustuloksissa saattaa esiintyä pieniä eroavaisuuksia laite-eroista johtuen. Esimerkiksi Hyvinkäällä Jaegerilla (ks. kuva 1) tehdään spirometrioita, histamiiniprovokaatioita ja lapsille suunnattuja impulssioskillometrioita, kun taas Vmaxilla (ks. kuva 2) voidaan tehdä diffuusiokapasiteettitutkimuksia sekä tutkia hengitystiepainetta spirometrian lisäksi.



Kuva 1. Jaeger MS-10S.

Sekä Jaegerilla että Vmaxilla voidaan tietokoneohjelmasta riippuen tehdä eri tutkimuksia, siksi Hyvinkäällä tutkimukset jaetaan huonekohtaisesti sen mukaan, millä laitteella voidaan tehdä mitään tutkimusta. Kaikilla Jaeger-laitteilla ei tehdä Hyvinkäällä mm. histamiiniprovokaatiotutkimuksia, osalla laitteista tehdään vain spirometriaa. Työskennellessä Jaeger on jäykempi käyttää, kun taas Vmax on joustavampi. Esimerkiksi Vmax jättää muistiinsa tiedot, vaikka vahingossa poistaisi puhallustuloksen, kun taas Jaeger ei mahdollista tällaista joustavuutta.



Kuva 2. Vmax Encore 22D.

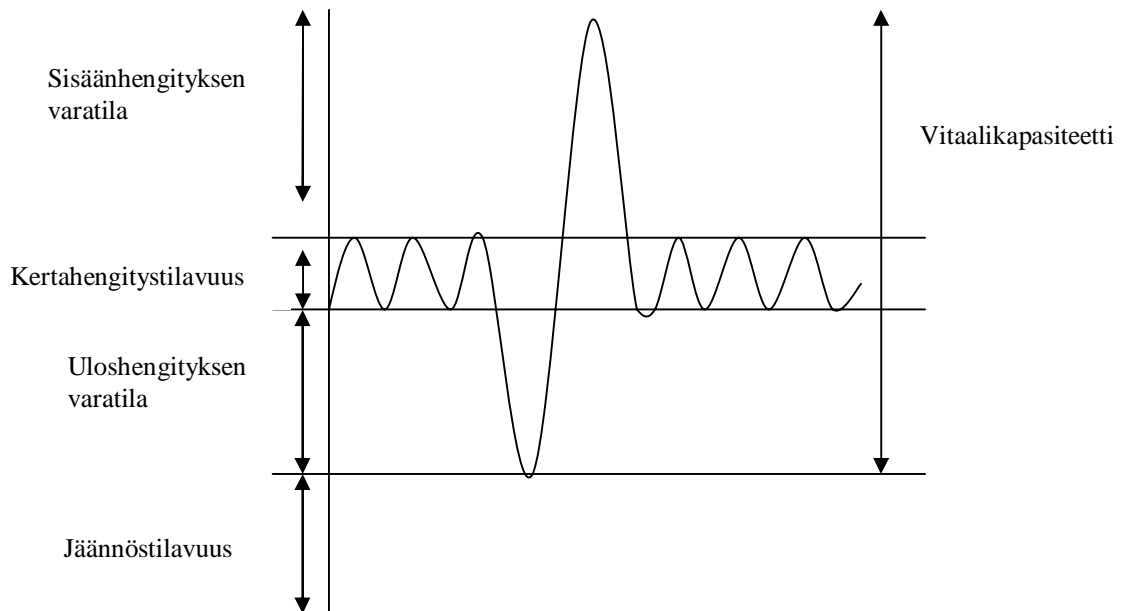
Laitekohtaiset tiedot perustuvat käyttöohjeen materiaalin antamaan tietoon sekä oma-kohtaiseen käyttökokemukseen eli ns. hiljaiseen tietoon (Toikko & Rantanen 2009: 40) HUSLABin Kliinisen fysiologian yksikössä Hyvinkäällä. Spirometria voidaan myös suorittaa kannettavalla seurantalaitteella, jos potilas ei kykene siirtymään laboratorioon. Puhallus voidaan suorittaa hoitajan läsnä ollessa osastolla. (HUSLAB tutkimusohjekirja).

3.2.3 Tutkimuksen suorittaminen

Tutkimus suoritetaan vaihe vaiheelta. Hidas vitaalikapasiteetti (VC) kuvastaa hengityspalkeen maksimaalista liikkeen laajuutta hitaasti hengitettäessä ja se on hyvä suorittaa ennen spirometriapuhalluksia (Laasonen & Schwanson; Sovijärvi 2009). Mittauksen hyöty perustuu restriktion eli tilavuuden pienenemisen ja obstruktion, eli ilmapirran rajoittumisen hengitysteissä, diagnostiikkaan (Sovijärvi & Piirilä 2003b: 179; Sovijärvi, Kainu, Malmberg, Pekkanen & Piirilä 2006).

Puhallus suoritetaan siten, että potilas puhaltaa rauhallisesti lepo hengityksen jälkeen keuhkot niin tyhjiksi kuin mahdollista ja heti sen jälkeen hengittää keuhkot reippaasti niin täyteen kuin mahdollista (Sovijärvi et al. 2006). Tutkittavan tulee istua tuolissa selkä suorana, ryhtiin tulee kiinnittää huomiota (ks. liite 5). Potilaalle asetetaan nenäsulkija, jotta ilma ei virtaa ulos nenän kautta. Nenäsulkijan asettamisen jälkeen asetetaan suukappale tutkittavan suuhun ja tarkistetaan että tutkittavan huulet ovat tiiviisti suukappaleen ympärillä. (Sovijärvi 2009.)

Tehostetun sisäänhengityksen jälkeen koko ilmamäärä puhalletaan mahdollisimman tehokkaasti ulos. Tällöin ulospuhallettuun ilmamäärään sisältyy sisäänhengityksen varatila, uloshengityksen varatila ja kertahengitystilavuus. Näin mitattua ilmamäärää kutsutaan vitaalikapasiteetiksi (VC) (ks. kuvio 3), kun keuhkot on rauhallisesti puhallettu maksimaalisen tyhjiksi. (Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2007: 310-311.)



Kuvio 3. Inspiratorinen vitaalikapasiteetti.

Hitaan vitaalikapasiteetin mittauksen jälkeen suoritetaan spirometriatutkimus, jossa mitataan keuhkojen tilavuutta ja tuuletuskykyä, sekä tutkitaan toimintahäiriön luonnetta ja vaikeusastetta. Tutkimuksessa potilas vetää keuhkot täyteen ilmaa ja puhaltaa pneumotakografiin maksimaalisella voimalla keuhkot niin tyhjiksi kuin mahdollista. Puhalluksen on oltava riittävän pitkä, vähintään kuusi sekuntia. Käyrässä ei saa esiintyä artefaktoja eli ei-haluttuja, tuloksiin vaikuttavia muutoksia (ks. kuvio 5), joita ovat esim. yskäisyt, puhalluksen loppuminen kesken, ilmavuoto suupielistä ja kurkunpään sulkeutuminen. Luotettavaa tulkintaa varten pyritään saamaan kolme samankaltaista puhallusta. Puhallusten välillä tutkittavan annetaan levätä ja suukappale otetaan pois suusta. (Sovijärvi 2009.)

3.3 Postanalytiikka

Spirometriatuloksia arvioidaan vertaamalla saatuja mittaustuloksia viitearvoihin ja tutkimalla puhalluskäyrien muotoja (ks. kuvat 4 ja 5). Viitearvot ovat yksilöllisiä ja riippuvat tutkittavan iästä, pituudesta, sukupuolesta ja etnisestä taustasta. Suomessa on

yleisesti suomalaisille potilaille käytössä Viljasen viitearvot. (Sovijärvi 2009; Sovijärvi & Malmberg 2003: 275.) Liitteessä 6 on esimerkki puhalluskäyrästä, tulosteessa on nähtävissä puhaltajan ikä, sukupuoli, pituus ja paino. Puhaltaja on suomalainen ja näin ollen on käytetty Viljasen viitearvoja.

Spirometriamittausten toistettavuuteen vaikuttavat mittaajasta ja potilaasta johtuvat vaihtelut sekä laitteiston mittaustarkkuudessa esiintyvät vaihtelut. Kun spirometriatutkimuksen suoritustapa on valikoitu hyvin ja laitteisto on kalibroitu oikein, tavallisimpien spirometrinen muuttujien vaihtelu on pientä. (Sovijärvi & Piirilä 2003b: 171.)

3.3.1 Perusmuuttujat

Spirometriatutkimuksissa mittausten perusmuuttujia ovat uloshengityksen huippuvirtaus (PEF), sekuntikapasiteetti (FEV₁) ja nopea vitaalikapasiteetti (FVC). Spirometriatutkimuksen tulkinnessa yleisimmin käytetyt suureet on esitetty taulukossa 1. Mitattavien suureiden muuttuminen kuvastaa hengitysteissä tapahtuneita muutoksia. (Sovijärvi & Piirilä 2003b: 172-173; Sovijärvi et al. 2006.)

Taulukko 1. Spirometrian tavallisimmat suureet (Sovijärvi 2009; Kinnula 2009).

Tutkimussuure	Merkitys
VC	vitaalikapasiteetti -keuhkojen toiminnallinen tilavuus
FVC	nopea vitaalikapasiteetti -kuvastaa keuhkojen tilavuutta
FEV ₁	uloshengityksen sekuntikapasiteetti
PEF	uloshengityksen huippuvirtaus
MEF50	uloshengityksen puolivälin virtaus
MEF25	uloshengityksen loppuvaiheen virtaus
MMEF	uloshengityksen keskivaiheen virtaus
PIF	sisäänhengityksen huippuvirtaus
TLC	keuhkojen kokonaiskapasiteetti
FEV%	kuvastaa uloshengitysvirtauksen helpoutta hengitysteissä

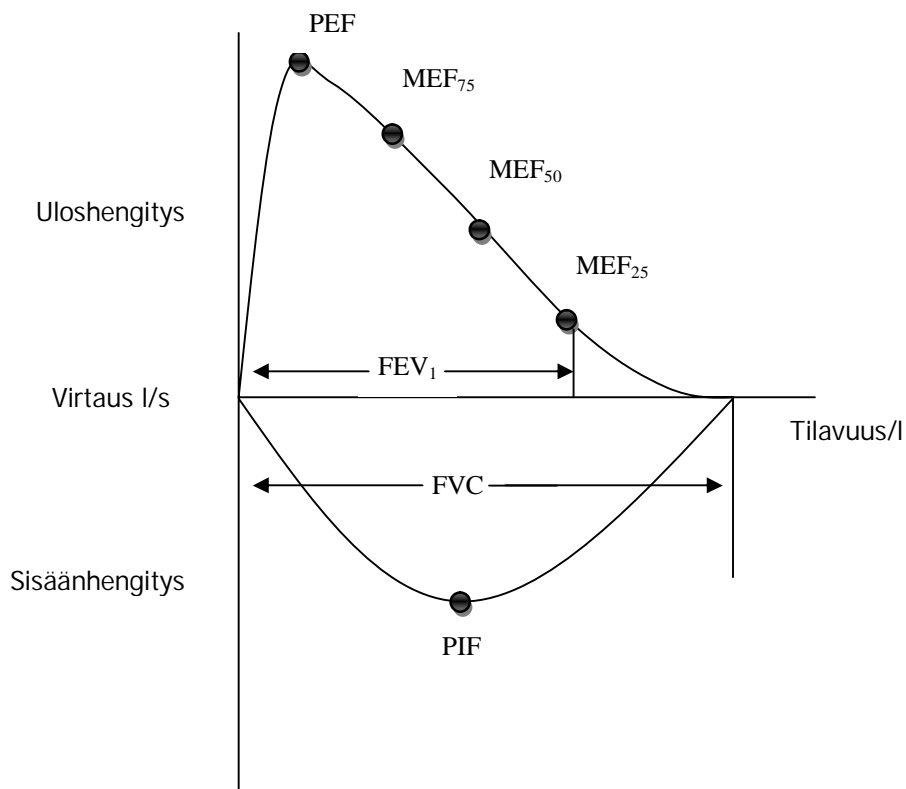
FEV₁, eli sekuntikapasiteetti on nopean vitaalikapasiteetin ensimmäisen sekunnin aikana puhallettu ilmamäärä. Sekuntikapasiteetin tutkiminen on tärkeää, sillä se kuvaa hengitysteiden virtausvastusta, joka esimerkiksi astmapotilailla on selvästi pienentynyt. (Bjälle et al. 2007: 310-311.) FEV₁ on herkkä, hyvin toistettava eikä ole niin altis virhelähteille kuin PEF (Käypä hoito- suositus 2000).

Suurten hengitysteiden läpimitasta, keuhkojen kimmoisuudesta ja puhallukseen käytetystä lihasvoimasta ovat riippuvaisia etenkin uloshengityksen alkuvaiheesta mitatut virtausarvot, kuten uloshengityksen huippuvirtaus eli PEF ja virtaus, kun keuhkojen tilavuus on 75% FVC:sta, eli keuhkojen nopealla vitaalikapasiteetilla mitatusta keuhkojen kokonaistilavuudesta. Nopean vitaalikapasiteetin, eli FVC:n suorituksessa ulospuhalluksen tulee tapahtua heti sisäänhengityksen jälkeen. Ulospuhalluksen tulee olla alusta alkaen nopea, jotta saadaan kunnollinen PEF-arvo. (Sovijärvi et al. 2006.) Lihasvoiman merkitys vähenee, kun keuhkojen tilavuudesta on puhallettu noin 40%, tällöin MEF₅₀ eli uloshengityksen puolivälissä mitattu virtaus ja MEF₂₅ eli uloshengityksen loppuvaiheessa mitattu virtaus riippuvat keskisuurten ja pienten hengitysteiden läpimitasta ja keuhkokudoksen kimmoisuudesta (Sovijärvi & Piirilä 2003b: 172-173).

Sisäänhengityksen huippuvirtaus eli PIF mitataan sisäänhengityskäyrästä. Sisäänhengityskäyrän muutokset kertovat erityisesti kurkunpään ja henkitorven tasolla olevista esteistä, tällöin esim. PIF pienenee PEF- tai FEV₁-arvoja herkemmin. (Sovijärvi & Piirilä 2003b: 173.)

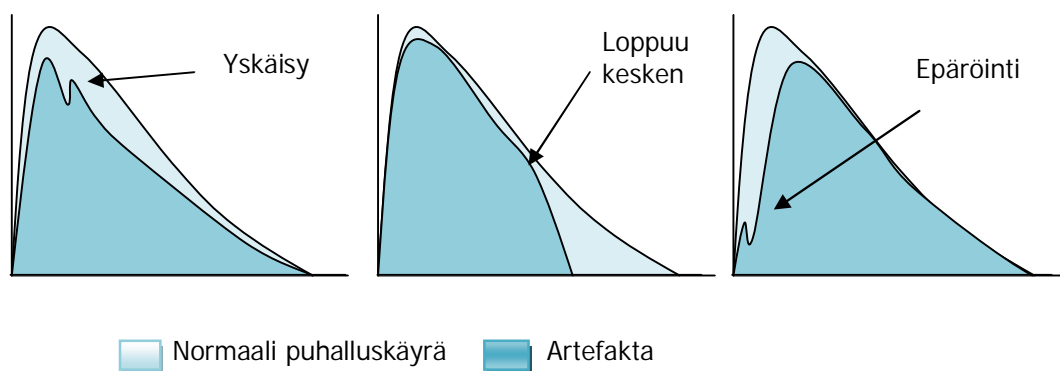
3.3.2 Normaali puhalluskäyrä

Terveellä henkilöllä keuhkot ovat hyvässä kunnossa, hengitysteissä ei ole esteitä eikä ahtaumia ja spirometrialla mitatut arvot ovat viiterajojen sisällä. Puhalluskäyrästä nähdään, että puhallus on alkanut oikeasta kohtaa ja jatkunut riittävän pitkään. Käyrän muodosta voidaan havaita, että ulospuhallus on suoritettu maksimaalisella voimalla. Sisäänhengityskäyrästä tulee näkyä, että myös sisäänhengitys on ollut maksimaalinen (Sovijärvi et al. 2006.) Kuviossa 4 on esitetty malliesimerkki normaalista puhalluskäyrästä.



Kuvio 4. Spirometriakäyrän merkittävimmät virtaus-tilavuusrekisteröinnin muuttujat.

Puhalluksen alun tulee lähteä riittävän nopeasti ja voimakkaasti, jolloin puhalluksen huipusta tulee melko terävä. Puhalluksen tulee jatkua vähintään kuuden sekunnin ajan. Puhalluskäyrän tulee olla yhteneväisesti etenevä eikä siinä saa olla artefaktoja kuten yskäisyä, ilmavuotoja tai suukappaleen tukkeutumista (ks. kuvio 5). Puhalluksen alku myöhästyy, jos osa ilmasta eli tilavuudesta pääsee ulos keuhkoista ennen voimakasta ulospuhallusta. (Sovijärvi et al. 2006.) Saatuja tuloksia tarkastellaan ja verrataan Viljaisen viitearvoihin mikäli potilas on suomalainen. Käytettävät viitearvot riippuvat potilaan etnisestä alkuperästä. (Sovijärvi 2009.)



Kuvio 5. Esimerkki artefaktoista spirometriakäyrässä.

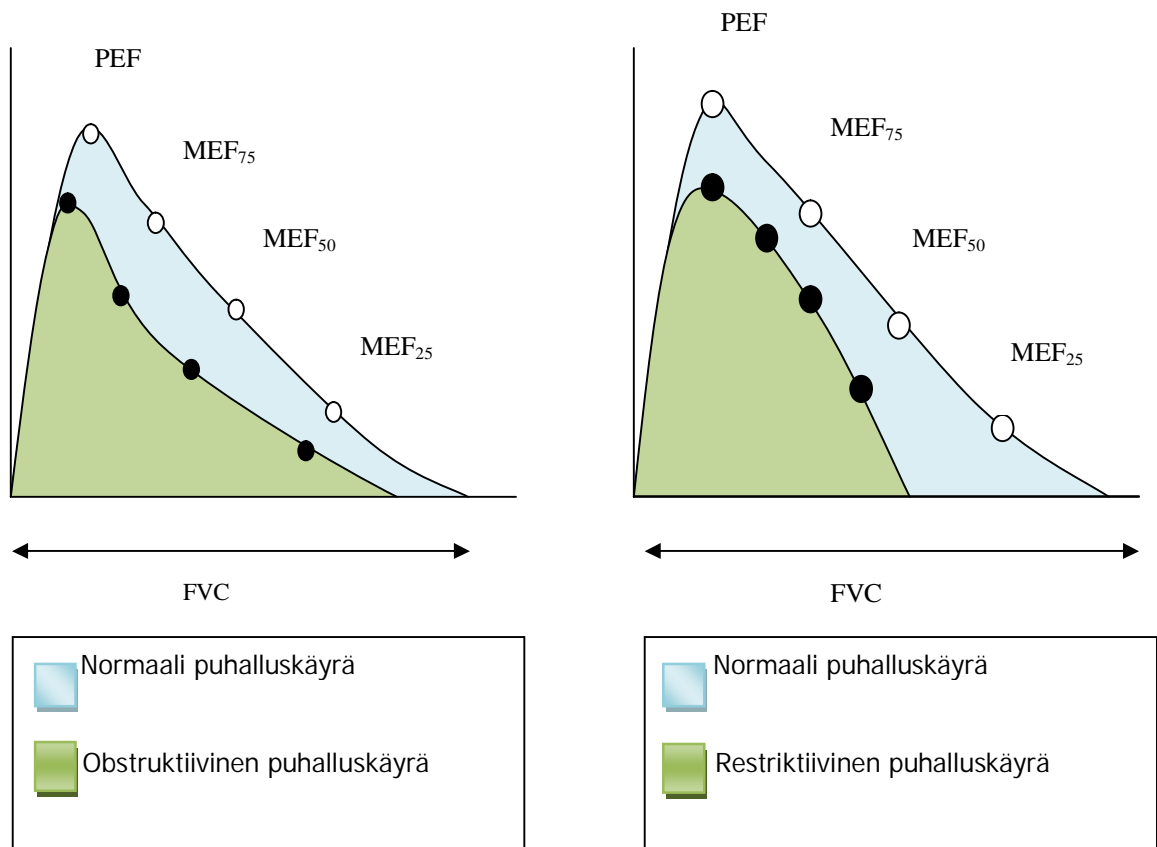
3.3.3 Hyväksyttävän käyrän valinta

Tulosten tulkintaan ja luotettavuuteen vaikuttavat monet asiat. Tulosten luotettavuuden kannalta on tärkeää, että saadaan vähintään kolme samankaltaista, onnistunutta puhalluskäyrää. Käyrän visuaalinen tarkastaminen (ks. kuvio 5) on ensimmäinen askel laadukkaan käyrän valinnassa. (Aurora et al. 2004.) Käyristä valitaan se, jossa nopean vitaalikapasiteetin eli FVC:n arvo ja uloshengityksen sekuntikapasiteetin arvo eli FEV₁ ovat suurimmat (Sovijärvi 2009; Käypä hoito-suositus 2000). Parasta puhallusta valittaessa myös puhalluksen voimakkuudella, eli PEF-arvolla on merkitystä (Sovijärvi et al. 2006). Tulosten toistettavuuskriteereissä kiinnitetään huomiota enimmäkseen kolmeen eri puhallusarvoon. Kahden parhaimman FEV₁ -arvon ero saa olla enintään 150ml, ellei keuhkojen tilavuus ole alle litraa jolloin sallittu ero saa olla enintään 100ml, sama lasikutapa pätee kahteen parhaimpaan FVC-arvoon. Kahden parhaimman PEF- tuloksen ero saa olla enintään 10% verrattuna pienimpään tulokseen. (Sovijärvi 2009; Käypä hoito-suositus 2000.)

3.3.4 Poikkeavat puhalluskäyrät

Obstruktiossa olevat hengitystiet hidastavat ilman virtausta ja pidentävät uloshengitysaikaa, mutta eivät välttämättä vaikuta keuhkojen tilavuuteen. Hengitysteiden ahtauden vuoksi puhalluksen ensimmäisen sekunnin aikana ilman virtaus (FEV₁) jää pienemmäksi, kuin henkilölle sopivien viitearvojen alaraja (ks. kuvio 6). Tärkein obstruktioista kertova muutos virtausarvoissa on FEV₁:n ja FVC:n pienentynyt suhde (FEV%) sekä hengityksen puolivälin virtauksen pieneneminen (MEF₅₀). Yleisimpiä obstruktiivisia keuhkosairauksia ovat astma ja COPD, eli keuhkohtaumatauti. (Booker 2009; Sovijärvi & Piirilä 2003b: 172-173, 177, 182; Kinnula 2009; White et al. 2007.)

Restriktiivisen keuhkosairauden merkkinä keuhkojen toiminnallinen tilavuus on huomattavasti pienentynyt. Pienentynyt keuhkojen käytettävissä oleva tilavuus näkyy myös FEV₁:n ja FVC:n pienentymisenä, mutta koska keuhkoputket eivät ole ahtautuneet ja potilas näin ollen pystyy puhaltamaan ilman ulos normaalilla voimalla, FEV% on viiterajojen sisällä. Puhallus jää keuhkojen toiminnallisen tilavuuden pienentymisestä johtuen lyhyeksi ja käyrä muuttuu kuperaksi (ks. kuvio 6). Restriktiivisiä sairauksia on useita, esimerkiksi keuhkoödeema, keuhkofibroosi ja alveoliitti, mutta ne ovat huomattavasti harvinaisempia kuin obstruktiiviset sairaudet. (Booker 2009; Sovijärvi & Salorinne 2003: 156; Sovijärvi & Piirilä 2003b: 177, 182; Kinnula 2009.)



Kuvio 6. Obstruktiivisen ja restriktiivisen käyrän ero normaaliin.

Terveellä henkilöllä spirometrian virtausarvot ovat viitearvojen sisällä. Jos virtausarvot viittaavat obstruktion ja syntyy epäily astmasta, on aihetta selvittää onko obstruktio palautuva vai ei. Astmalle on tyypillistä palautuva obstruktio, joka voidaan varmentaa bronkodilataatiokokeella. (Sovijärvi 2009.)

Bronkodilataatiokokeessa varmistetaan avaavan, keuhkoputkia laajentavan lääkityksen avulla, onko obstruktio palautuva vai ei. Ensin suoritetaan tavallinen spirometriapuhallus, jonka jälkeen annetaan hengitettävää, keuhkoputkia laajentavaa lääkettä ja spirometriapuhallus uusitaan 10-30 minuutin kuluttua, riippuen käytetystä lääkkeestä. Muutokset spirometriatutkimuksen virtausarvoissa (ks. taulukko 2) viittaavat astmaan, jos FEV₁ on <90% ja/tai FVC on <80%, PEF <75% sekä MEF₅₀ <63%. (Sovijärvi 2009.)

Taulukko 2. Spirometrialöydösten vaikeusasteen luokittelu aikuisilla (Sovijärvi 2009).

	Erittäin vai- kea	Vaikea	Keskivaikea	Lievä	95%:n vii- tearvoalue
VC	≤24	25-44	45-64	65-79	80-125
FVC	≤24	25-44	45-64	65-79	80-125
FEV ₁	≤24	25-44	45-64	65-79	80-126
PEF		≤29	30-55	56-73	74-135
MEF ₅₀			≤34	35-61	62-162
MEF ₂₅			≤13	13-47	48-209
PIF		≤12	13-44	56-67	68-148
FEV%		≤61	62-77	78-87	88-114

3.3.5 Virhelähteet

Virhelähteitä on useita ja ne vaikuttavat spirometrian tulokseen ja luotettavuuteen (ks. kuvio 7). Laitteesta johtuvat virheet tulisi minimoida laitteen säännöllisellä huollattamisella, säännönmukaisella kalibroinnilla ja tehokkaalla kontrolloinnilla. Tutkimuksen suorittajasta johtuvia virheitä ovat mm. huolimaton kalibrointi, virhe esitiedoissa tai potilaan huono ohjaus. Ohjaus on tärkeä osa spirometriatutkimusta ja sillä voi vaikuttaa tuloksiin. (Sovijärvi & Piirilä 2003b: 171-172; Sovijärvi 2009.) Ohjaamisen onnistumiseksi on tärkeää, että huone on rauhallinen ja ympäristö on kiireettömän tuntuinen, huoneen tulisi myös olla valoisa ja mielellään äänieristetty (Kyngäs et al. 2007: 37).

Potilaasta johtuvia virheitä ovat esimerkiksi ohjeiden vastainen esivalmistautuminen tai potilaan huono yhteistyöhalukkuus. Jos potilas ei ole noudattanut annettuja ohjeita esimerkiksi lääkityksen suhteen, voivat spirometriatulokset vääristyä. Hyviä puhalluskäyriä voi olla vaikeaa saada, jos potilas ei ole yhteistyökykyinen. Potilaan puhallustekniikkaan tulee kiinnittää huomiota, sillä joskus potilas saattaa huomaamattaan peittää anturin takaseinämän tai tukkia suukappaleen kielellään, jolloin ilma ei pääse virtaamaan. (Sovijärvi 2009; Länsimies 2004: 58-59.)

Laitevirheet	Tutkimuksen suorittajan virheet	Potilaasta johtuvat virheet	Tulosten tulkitsejan virheet
<ul style="list-style-type: none"> •Anturivirheet •Ohjelmavirheet •Ilmavuodot •Piirturivirheet •Laskentayksikön ja tietokoneen virheet 	<ul style="list-style-type: none"> •Virheellinen kalibrointi •Virhe esitiedoissa •Potilaan huono ohjaus •Nenänsulkijan puuttuminen •Huono puhallusasento •Virtausanturin kostuminen •Mittaustulosten väärä valinta •Mittaus- ja laskentavirheet •Väärin viitearvojen käyttö 	<ul style="list-style-type: none"> •Huono yhteistyöhalukkuus •Virhe puhallustekniikassa •Ilmavuoto •Anturin takaseinämän tai paineletkun peittäminen •Suukappaleen ahtautuminen (esim.kieli) •Löysä hammasproteesi •Puhallusta häiritsevä oire(esim. yskä) •Ohjeiden vastainen lääkitys tai valmistautuminen 	<ul style="list-style-type: none"> •Lääkärin kokemattomuus •Virheellinen diagnosointi

Kuvio 7. Spirometriatuloksiin vaikuttavat yleisimmät virhelähteet (soveltaen: Sovijärvi 2009; Sovijärvi et al. 2006).

4 Spirometriatutkimusten laadunohjaus

Laboratoriolääketieteessä kontrollilla tarkoitetaan laboratorion sisäistä laadunohjausta, joka on yksi menettelytapa takaamaan laadullista toimintaa. Sisäinen laadunohjaus kattaa kaikki toimenpiteet joita tarvitaan tutkimusten laadun seuraamiseen ja hallitsemiseen. Toiminnan kontrolloinnilla, saatujen kontrollitulosten arvioinnilla ja niitä mahdollisesti seuraavien korjaavien toimenpiteiden tavoitteena on varmistaa potilastulosten oikeellisuus ja luotettavuus ja hyväksyä tulokset hoitavan lääkärin käyttöön. Kontrolloinnilla seurataan tulosten toistuvuudessa ja yleisessä tulostasossa tapahtuvia muutoksia. (Linko 2004; Linko et al. 2009.) Keuhkofunktio tutkimuksille on käytössä vain vähän kontrollointitapoja ja käytännöt ovat hyvin vaihtelevia.

Keuhkofunktio tutkimusten laadunohjaus koostuu laitevalmistajan tekemistä kalibraatioista, käyttäjän suorittamista kalibraation tarkistuksista ja kontrolloinneista. (Cooper & Butterfield 2008). Lisäksi siihen vaikuttaa suurelta osin tutkimusta tekevän henkilön ammattitaito ja kokemus. Britanniassa 2000 tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että spirometriatutkimuksia suorittavien hoitajien saama palaute ja koulutus parantavat huomattavasti spirometrioiden laatua. (Upton et al. 2000.)

Tutkimuksen ohjaamista on vaikea vakiodia ja tuloksiin voi vaikuttaa myös tutkimuksen tekijän oma tulkinta. Tutkimuksen onnistuminen ja tulosten luotettavuus vaatii tutkimuksen suorittajalta ammatillista osaamista ja keuhkosairauksien ymmärtämistä. Spirometriatutkimuksia tekevien hoitajien on tärkeä päivittää tietonsa tutkimuksen suorittamisessa ja saada käytännön ohjausta spirometrialaitteiden käytössä. (Cooper & Butterfield 2008.)

Spirometriatutkimusten laatua on tutkittu Suomessa vuosina 1999 ja 2000. Tutkimuksessa selvisi, että spirometrian laatu on parantunut 10 viime vuoden kuluessa. Valtakunnallisten suositusten julkaisu on todennäköisesti ollut tässä vaikuttamassa myönteisesti, vaikka puutteita edelleen spirometriassa on todettavissa mm. tutkimukseen valmistautumisessa, suorittamisessa, tulostulokäyrän valinnassa ja tulkinnassa. Syy tähän ilmeisesti on liian vähiin jäänyt koulutus ja perehdyttäminen. (Piirilä et al. 2001.) Jotta spirometriatutkimuksen laatu paranisi, ovat koulutus ja laaduntarkkailu ensiarvoisen tärkeitä (Piirilä et al. 2001; Upton et al. 2000). Seuraavissa kappaleissa käsitellään tarkemmin yksittäisiä laaduntarkkailun osa-alueita.

4.1 Kalibrointi ja kalibroinnin tarkistus

Kalibraatio tarkoittaa suhteen luomista koneen havaitsemien virtaus- ja tilavuusarvojen ja todellisten virtaus- ja tilavuusarvojen välille. Spirometrialaitteiden kalibraation suorittaa pääasiallisesti laitevalmistaja. Kalibroinnin tarkistus suoritetaan 3 litran kalibraatiopumpulla päivittäin ja sen tarkoituksena on varmistaa, että laitteen antamat tulokset ovat kalibraation sallituissa rajoissa ja laitteen antamia tuloksia voidaan pitää luotettavina. Kalibroinnin tarkistuksen tulosten tulee olla $\pm 3\%$ kalibraatiopumpun todellisesta tilavuudesta. (Miller et al. 2005.) Itsenäisesti kalibroituviin laitteiden kalibroinnin tarkistusta ei tarvitse suorittaa. Tästä esimerkkinä Jaeger Oxycon Pro, jonka hoitaja valmistelee toimintakuntoon niin, että valitsee laitteesta kalibrointiohjelman ja laite kalibroii itse itsensä. Tässä kalibroinnissa ei tarvita kolmen litran kalibraatiopumpun käyttöä. Hoitajan tulee kuitenkin tarkistaa lämpötila ja ilmankosteus ja syöttää ne laitteeseen sekä hyväksyä kalibroinnin tulos.

Kalibroinnin tarkistusten ja kontrolloinnin onnistumisen kannalta on tärkeää, että laitteet on oikein säädetty ja huollettu sekä ilmanpaine, ilmankosteus ja tutkimusympäristön lämpötila on tarkistettu ja syötetty laitteeseen oikein (ks. taulukko 3) (Lange, Mulholland & Kreider 2009).

Yhden lämpötila-asteen muutos vaikuttaa puhallustuloksiin 0,42%, 1mBar:n muutos ilmanpaineessa vaikuttaa tuloksiin 0,01% ja 1% kosteusmuutos vaikuttaa 0,03% tuloksiin (Seitsonen 2009; Rahja 2008).

Taulukko 3. Kalibraatioon vaikuttavat olosuhteet (Seitsonen 2009).

	Muutos	Vaikutus kalibrointiin
Ilmanpaine	126mbar	0.65%
Kosteus	40%	1.19%
Lämpötila	1°C	0.41%

Spirometrialaitteen tilavuuskalibrointi tulee suorittaa päivittäin kolmen (3) litran kalibraatiopumpulla sekä aina kun uusi mittausanturi otetaan käyttöön. Lämpötilakalibraation tarkistus on huoltojen yhteydessä huoltomiehen vastuulla mutta hoitaja tarkistaa lämpötilan päivittäin. Tilavuuskalibrointi suoritetaan käyttäen eri virtausnopeuksilla tehtyjä pumppauksia. Pumppauksia tulee olla vähintään kolme (3), mielellään useampia. Tuloksen tulee olla $\pm 3\%$ pumpun todellisesta tilavuudesta. Kalibraatiopumpun tarkkuuden tulee olla $\pm 0.5\%$. (Sovijärvi 2009.) Käyttämämme pumppu oli Viasys Healthcare 3l $\pm 0,4\%$ huollettu 6.7.2009 (Spira) (ks. kuva 3).



Kuva 3. Viasys Healthcare kalibraatiopumppu.

4.2 Biologinen kontrolli ja pumpulla suoritettava kontrolli

Spirometriatutkimusten laaduntarkkailussa tärkeää on päivittäinen kalibrointi. Päivittäisen kalibroinnin lisäksi käytetään biologista kontrollia vaihtelun ja toistettavuuden tutkimiseen ja seurantaan. Useimmiten biologisena kontrollina toimii laboratoriohenkilö-

kuntaan kuuluva henkilö, joka myös itse suorittaa spirometrioita. Biologisen kontrollin suorittajan tulisi olla terve, eikä hänellä tulisi olla keuhkosairauksia. Henkilön tulee myös olla tupakoimaton ja käytettävissä biologisen kontrollin suorittamiseen säännöllisesti. (Booker 2009.) Biologinen kontrolli suoritetaan käytännössä samoin kuin potilastutkimus.

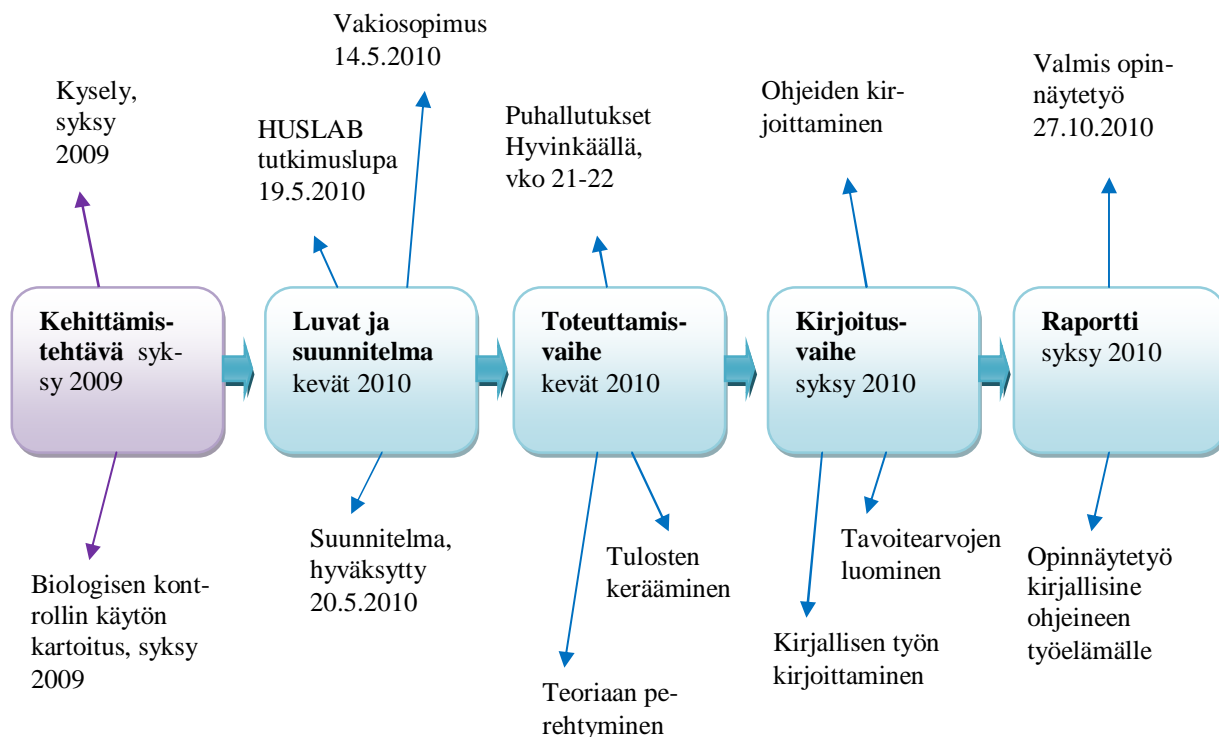
Tarkkoja standardeja suorittamiselle ei ole, mutta erilaisia suosituksia löytyy useita. Nämä kaikki ovat yleisesti ottaen samansuuntaisia. Biologisen kontrollihenkilön omien viitearvojen luomiseksi on suositeltu, että suoritetaan kahden viikon aikana päivittäin samaan vuorokauden aikaan vähintään kymmenen puhalluskertaa. Lasketaan kaikille parametreille keskiarvot ja sallittu vaihteluväli 2.5% keskiarvon molemmin puolin. (Levy et al. 2009.) Myös 5% vaihteluväliä on ehdotettu (Cooper & Butterfield 2008). Näin saatuja viitearvoja voidaan käyttää tämän henkilön kohdalla spirometrialaitteen toiminnan ja tulosten toistettavuuden seurantaan. Jokaiselle kontrollihenkilölle tulee luoda omat tavoiterajat. Kontrollia suoritettaessa henkilö puhaltaa yleensä kolme puhallusta, samoin kuin potilastutkimuksessa ja tuloksia verrataan henkilön omiin viitearvoihin. Jos tulokset poikkeavat merkitsevästi henkilön edellisistä puhalluksista, tai eivät mahdu tavoiterajoihin, on laitteen toiminta tutkittava. (Cooper 2008.)

Biologista kontrollia korvaamaan on alettu kehittämään laitteita, joilla suoritettavat kontrolloinnit olisivat toistettavampia ja vaihteluvälit paljon pienempiä kuin ihmisten suorittamassa biologisessa kontrolloinnissa, esimerkiksi kalibraatiopumpusta mukailtu laite, joka automaattisesti suorittaa vakioituja puhalluksia. Niitä on myös arvosteltu, sillä ei ole riittävästi tietoa siitä, miten tuloksiin vaikuttaa se, että laitteen tekemässä ”puhalluksessa” kaasut ovat kuivia ja viileitä verrattuna ihmisen kostempaan ja kehonlämpöiseen hengitysilmään. (Cooper & Butterfield 2008.)

5 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksen toteutus alkoi kehittämistehtävän avulla syksyllä 2009 kerätyllä materiaalilla biologisen kontrollin käytöstä Suomessa. Opinnäytetyön osuus alkoi tutkimussuunnitelman tekemisellä ja tarvittavien lupien anomisella. Työhömmä riitti HUSLABin tutkimuslupa, eettisen toimikunnan lupaa ei tarvittu, sillä työssä ei käsitellä potilastietoja. Tutkimusluvan lisäksi tehtiin vakiosopimus koulun ja työelämän välisestä yhteistyöstä ja aikataulusta kahtena kappaleena, joista toinen koululle ja toinen työelämään. Viikka

(2005: 43) ja Hirsjärvi (2009: 263) ovat teoksissaan kuvanneet tutkimusprosessien kulkua ja etenemistä. Heidän teoksiaan apuna käyttäen rakensimme kaavion kuvaamaan tutkimuksen etenemistä ja toteutusta (ks. kuvio 8).



Kuvio 8. Tutkimuksen eteneminen.

Opinnäytteen toteuttamisvaiheessa suoritettiin kontrollipuhallutuksia Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä viikoilla 21 ja 22. Näitä seuraavina kolmena viikkona kontrollihenkilöt puhalsivat puuttuvia puhalluksia töidensä ohella. Toteuttamisvaiheen aikana kerättiin kontrollipuhalluksien tuloksia ja puhallusten välisenä aikana perehdyttiin teoriatietoon ja kirjoittamiseen. Kirjoitusvaiheessa muotoiltiin kirjallista työtä ja kirjoitettiin työelämään kirjalliset ohjeet tavoitearvojen luomiselle sekä kontrollitulosten dokumentoimiselle. Kirjoitusvaiheessa laadittiin kontrollihenkilöille laite- ja henkilökohtaiset tavoitearvot, sekä luotiin niiden dokumentointiin Microsoft Excel-pohja. Lopuksi luotiin vielä kirjalliset ohjeet tavoitearvojen laskemiselle, kontrollipuhallusten suorittamiselle ja tulosten tallentamiselle Excel-pohjaan.

5.1 Tavoitearvojen luominen

Biologisen kontrollin suorittajat on valittu noudattaen kirjallisuuden antamia suosituksia yleisestä terveydentilasta ja tupakoimattomuudesta (Ninaber et al. 2007). Kontrollihenkilöiksi valittiin neljä henkilöä, jotka jatkossa vastaavat Hyvinkään yksikössä olevien

neljän laitteen biologisesta kontrolloinnista. Näille neljälle henkilölle luotiin henkilökohtaiset ja laitekohtaiset tavoiterajat kirjallisuuden antamien ohjeiden pohjalta (Levy et al. 2009).

Tavoiterajojen luomiseksi jokainen henkilö puhalsi kaksi (2) hidasta vitaalikapasiteetti-puhallusta ja kolme (3) hyvää spirometriapuhallusta jokaisella laitteella kymmenen päivän ajan. Puhallusten tuli tapahtua mahdollisimman samaan aikaan joka päivä. Puhallusten tulokset tallennettiin ja niistä laskettiin Excel-pohjaa apuna käyttäen kullekin henkilölle omat laitekohtaiset tavoiterajat, joissa heidän puhallustensa tulosten tulisi kontrollia suorittaessa pysyä. Tuloksista on laskettu keskiarvot ja vaihteluväli, joka on 2.5%. (Levy et al. 2009.)

5.1.1 Biologisten kontrollien puhallutukset

Puhallukset pyrittiin suorittamaan joka päivä samaan aikaan samalla laitteella. Puhalluskerralla otettiin aina ensin hidas vitaalikapasiteetti ja sen jälkeen virtaus-tilavuusspirometria. Puhalluksia kerättiin samoin kuin potilastutkimuksessa, eli kolme hyvää, samankaltaista puhallusta, joista paras valittiin. Toisinaan kontrollihenkilöt puhalsivat itsenäisesti, toisinaan ohjatusti, riippuen työtilanteiden aikataulusta. Alla olevasta taulukoista käy ilmi puhallusten suunniteltu aikataulu (ks. taulukko 4) sekä huonetta vastaava laite (ks. taulukko 5).

Taulukko 4. Puhallutusten suunniteltu aikataulu.

	24.5-28.5	31.5-4.6
8.00-8.30	Huone 3	Huone 3
11.15-11.45	Huone 7	Huone 7
12.15-12.45	Huone 4	Huone 4
14.15-14.45	Huone 2	Huone 2
15.00	Pumppu, huone 2	Pumppu, huone 2

Taulukko 5. Laitteet huoneittain.

Huone	Laite	Laitenumero
Laite 1.	Jaeger Oxycon Pro	Huone 7.
Laite 2.	Jaeger Master Scope	Huone 4.
Laite 3.	Jaeger Masterscreen IOS	Huone 3.
Laite 4.	Vmax Encore 22D	Huone 2.

Kolmantena tutkimuspäivänä havaittiin kontrollihenkilöissä väsymistä ja puhallusten tuloksissa havaittiin heikkenemistä. Alla olevissa taulukoissa (6, 7, 8, 9) on kuvattu kontrollihenkilöiden puhallusten tulosten yhteenvetoa yhdestä huoneesta kolmen päivän ajalta, jolla ilmenee puhallusten heikkeneminen.

Taulukko 6. Kontrollihenkilö A:n kolmen ensimmäisen päivän tulokset.

Kontrollihenkilö A.huone 3. kello 08.00				
	1. päivä	2.päivä (muutos)	3.päivä (muutos)	Muutos yhteensä
VC in	4,46	4,26 (-0,20)	4,16 (-0,10)	-0,30
FVC	4,56	4,36 (-0,20)	4,40 (+0,04)	-0,16
FEV ₁	3,64	3,45 (-0,19)	3,42 (-0,03)	-0,22
PEF	8,49	8,32 (-0,17)	8,08 (-0,24)	-0,41
PIF	7,26	6,80 (-0,46)	6,81 (+0,01)	-0,45

Taulukko 7. kontrollihenkilö B:n kolmen ensimmäisen päivän tulokset.

Kontrollihenkilö B. huone 3. kello 08.00				
	1. päivä	2.päivä (muutos)	3.päivä (muutos)	Muutos yhteensä
VC in	3,90	3,87 (-0,03)	3,66 (-0,21)	-0,24
FVC	4,21	4,26 (+0,05)	4,37 (+0,11)	+0,16
FEV ₁	3,30	3,26 (-0,04)	3,30 (+0,04)	0,00
PEF	8,19	8,26 (+0,07)	7,70 (-0,56)	-0,49
PIF	7,89	7,16 (-0,73)	7,26 (+0,10)	-0,63

Taulukko 8. Kontrollihenkilö C:n kolmen ensimmäisen päivän tulokset.

Kontrollihenkilö C. huone 3. kello 08.00				
	1. päivä	2.päivä (muutos)	3.päivä (muutos)	Muutos yhteensä
VC in	3,05	3,03 (-0,02)	2,82 (-0,21)	-0,23
FVC	3,14	3,02 (-0,12)	3,21 (-0,19)	+0,07
FEV ₁	2,55	2,47 (-0,08)	2,51 (+0,04)	0,04
PEF	9,07	9,24 (+0,17)	9,27 (-0,03)	+0,20
PIF	6,79	6,41 (-0,38)	6,14 (-0,27)	-0,65

Taulukko 9. Kontrollihenkilö D:n kolmen ensimmäisen päivän tulokset.

Kontrollihenkilö D. huone 3. kello 08.00				
	1. päivä	2.päivä (muutos)	3.päivä (muutos)	Muutos yhteensä
VC in	4,02	3,94 (-0,08)	4,10 (+0,16)	+0,08
FVC	4,31	4,21 (-0,10)	4,14 (-0,07)	-0,17
FEV ₁	3,27	3,18 (-0,09)	3,10 (-0,08)	-0,17
PEF	7,34	7,14(-0,20)	7,37 (+0,23)	+0,03
PIF	5,97	5,34 (-0,63)	4,75 (-0,59)	-1,22

Neljälle laitteelle biologisen kontrollin tavoiterajoja tehdessä puhalluksia tulee päivässä vähintään kaksikymmentä (20), joista kahdeksan (8) hitaan vitaalikapasiteetin osalta ja kaksitoista (12) virtaus-tilavuusspirometrian osalta. Tulosten heikkenemisestä keskusteltiin yhdessä työelämäohjaajan ja kontrollihenkilöiden kanssa.

Tulosten ylläpitämiseksi mahdollisimman luonnollisina ja optimaalisina, päätettiin muuttaa suunnitelmaa ja katkaista puhallukset ensimmäisellä viikolla yhdeksi välipäiväksi ja seuraavalla viikolla pitää kaksi puhalluksetonta päivää. Tavoitearvojen luomista varten tarvitaan kirjallisuuden suositusten (Miller et al. 2005; Ninaber et al. 2007) mukaan kymmenen (10) onnistunutta puhalluskertaa, joten puuttuvat kolme puhalluskertaa kontrollihenkilöt puhaltavat itse viikolla 24. Kirjallisuuden antamissa suosituksissa ei mainittu, että kymmenen (10) päivän puhallukset tulisi puhaltaa peräkkäisinä päivinä, siksi oli helppo päätyä taukopäiviin koska aikataulussa pystyttiin joustamaan.

5.1.2 Pumpulla suoritettut puhallukset

Pumpulla suoritettut puhallukset suoritettiin joka päivä lähes samaan kellonaikaan samalla pumpulla, VMax -laitteella. Puhalluksia tehtiin enemmän kuin kolme, koska pumpun puhallusten tulosten vaihtelevuus oli niin suuri, ettei optimaalista hyvää puhallusta saatu. Myös pumpulla tehtiin ensin hidas vitaalikapasiteetti, matkien ihmisen pinnallista hengitystä niin, että kahden sekunnin aikana tapahtui ulospuhallus ja sisäänotto. Spirometriapuhalluksia pumpulla tehtiin seitsemän, kahdeksan kappaletta, jolla pyrittiin saamaan mahdollisimman hyvä puhalluskäyrä aikaiseksi. Pumpusta saatava tilavuus oli toistettava ja vaihtelevuus pientä, mutta itse käyrien muoto ja muiden puhallusarvojen vaihtelevuus oli suurta, esimerkiksi PEF ja MEF₅₀ arvoissa.

Yrityksistä huolimatta puhalluksien vaihtelevuus oli kovin suuri ja puhalluskäyrät eivät olleet luotettavia vaihtelevuuden vuoksi. Puhalluskäyrien vaihtelevuuteen vaikuttavat pumpun käyttäjän tekniikka ja pumpun jäykkyys, joka tässä tarkoittaa pumpun kolmen (3) litran tilavuuden maksimikäyttöä jolloin esim. tilavuus tyhjeni maksimaalisesti nopeasti eikä siten puhallus jatkunut tarpeeksi pitkään. Hankalaa oli saada tehtyä pumpulla ihmisen puhaltaman kaltainen puhalluskäyrä sekä puhallusten toistettavuus oli vaikea toteuttaa.

5.1.3 Tulosten käsittely

Kaikkien kontrollipuhallusten tulokset kerättiin paperitulosteina, laite- ja kontrollihenkilökohtaisesti. Paperitulosteet lajiteltiin kontrollipuhaltaja- ja laitekohtaisiin pinoihin. Tämän jälkeen syötettiin paperitulosteista puhallustulokset yksitellen Excel-pohjaan (ks. 5.2 Microsoft Excel-pohja tulosten seurantaan). Käytimme Excel-pohjaa tavoitearvojen laskemiseen ja tallentamiseen. Samalla saatiin testattua Excel-pohjaa ja sen toimivuutta. Saaduista tuloksista laskettiin jokaiselle kontrollihenkilölle laitekohtaiset keskiarvot ja sallitut vaihteluvälit (2.5%) valituille puhallussuureille.

5.1.4 Tavoiterajojen laskeminen

Jokaisen kontrollihenkilö puhalsi kymmenenä päivänä jokaisella laitteella kolme hyvää puhallusta. Puhalluksista valittiin aina paras, samoin perustein kuin potilaiden puhalluksista. Tulokset kerättiin talteen ja lopuksi laskettiin valittujen suureiden keskiarvot ja sallitut vaihteluvälit (2.5%). Kirjallisuudessa tärkeiksi havaittujen suureiden ja työelämän suositusten perusteella valittiin tallennettavat suuret (Sovijärvi et al. 2006). Valitut suuret ovat PEF, FEV₁, VC, FVC, MEF₅₀ ja PIF (ks. taulukko 2).

5.2 Microsoft Excel-pohja tulosten seurantaan

Tulosten dokumentointia ja seurantaan varten luotiin Microsoft Excel-pohja, jotta biologisten kontrollipuhallusten tulosten kerääminen ja tarkastelu olisi mahdollisimman helppoa. Pohjaan haluttiin sisällyttää myös kaavioita, jotka ovat hyvä havainnollistamiskeino ja niistä on apua kontrollipuhallusten tulostason tarkastelussa (Hirsjärvi 2009: 263). Excel-pohjan luomisesta ja sen käytöstä tulosten seurantaan on kerrottu tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

5.2.1 Excel-pohjan luominen

Excel-pohjan suunnittelu ja luominen oli haastavaa ja aikaa vievää, sillä oli otettava huomioon paljon pieniä yksityiskohtia, jotta pohjasta saataisiin mahdollisimman helpokäyttöinen ja toimiva. Alla on listattu asioita, joita käytettiin Excel-pohjan luomisen kulmakivinä.

- Kontrollipuhallusten tulosten lisääminen helppoa ja selkeää
- Tarkoitukseen sopivat kaaviot helposti saatavilla

- Helppoa lisätä uusia kontrollipuhaltajia ja tavoitearvoja
- Puhallustulosten tason seuranta helppoa

Excel-pohjaa tehdessä törmättiin useita kertoja pieniin yksityiskohtiin, joiden saaminen toimimaan vei yllättävän paljon aikaa. Näitä yksityiskohtia oli hyvin vaikeaa ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa, sillä pohjan tekemiseen vaadittiin paljon uuden opiskelua, eivätkä kaikki asiat olleet entuudestaan tuttuja. Hankalinta oli saada pohjaan luotua kaavioita, joista olisi mahdollisimman paljon apua tulosten seurannassa. Suunnitteluvaiheessa tarkoituksena oli luoda kaavio, josta voitaisiin seurata useamman puhaltajan tuloksia ja verrata niitä keskenään. Tämä osoittautui kuitenkin hyvin hankalaksi ja mahdottomaksi toteuttaa opinnäytetyöhön varatun ajan puitteissa, koska jokaisella puhaltajalla on erilaiset viitearvot jokaiselle laitteelle. Excel-pohjan teknisessä toteutuksessa on käytetty apuna järjestelmäasiantuntija Markku Riikosta. Vaihtoehdoksi mietimme kaavioita jokaiselle puhaltajalle ja jokaiselle laitteelle erikseen, mutta tämä olisi vienyt todella paljon tilaa ja tehnyt Excel-pohjan käytöstä ja kaavioiden tulkitsemisesta hankalaa. Kokeilimme useita erilaisia kaavioita, joista ainoaksi selkeäksi kaavioratkaisuksi osoittautui lopulliseen Excel-pohjaan valittu kaavioratkaisu, jossa kaavion voi muodostaa aina tarvittaessa valitsemalla laitteen, puhaltajan ja halutun suureen.

5.2.2 Excel-pohjan esittely

Tulosten tallentamiseen ja tulostason seurantaan tarkoitettu Excel-pohja koostuu useammasta välilehdestä, jotka ovat näkyvissä Excel-pohjan alareunassa (ks. kuvio 9). Välilehtien toimintoja on tässä kappaleessa käsitelty tarkemmin.



Kuvio 9. Excel-pohjan välilehtipalkki.

Ensimmäinen välilehdistä on "Tiedot" -välilehti, joka on tarkoitettu kontrollipuhallusten tulosten syöttämiseen. Alempana on kuva (ks. kuvio 10) "Tiedot" -välilehdestä, joka on siinä tilassa, jossa se on kun ohjelma avataan. Avattaessa ohjelma kysyy, voidaanko makrojen käyttö sallia. Makrojen, eli pienten automaattisten ohjelmanpätkien käyttö tulee sallia, sillä muuten ohjelma ei voi toimia oikein.

Kontrollipuhaltajan nimi ja kontrolloitava laite valitaan alasetoalikoista. Alasetoalikoat avautuvat, kun painaa ruutua, jossa lukee edellisen kontrollipuhaltajan nimi tai laite (kuviossa 10. nuolet 1 ja 2). Kellonaikariville syötetään kellonaika, jolloin kontrollipuhallus on suoritettu. Kun nimi ja laite on valittu, ohjelma hakee tavoitearvosarakkeeseen oikeat tavoitearvot. Tämän jälkeen kontrollipuhalluksen tulokset voidaan syöttää vaaleansiniseen sarakkeeseen, kukin omalle kohdalleen. Jos syötetty arvo on tavoitearvojen sisäpuolella, poikkeamasarakkeen ruutu on vihreä. Syötetyn arvon osuessa tavoitearvojen ulkopuolelle, kyseisen rivin ruutu poikkeamasarakkeessa muuttuu punaiseksi. Puhallusarvoja syötettäessä on muistettava käyttää numeroiden välissä pilkkua (,). Kun kaikki halutut arvot on syötetty, painetaan "Tallenna" -painiketta, jolloin tulokset tallentuvat muistiin.

Uuden kontrollihenkilön nimi voidaan lisätä alasetoalikkoon menemällä "Tiedot" -välilehden oikeaan reunaan esimerkiksi painamalla Ctrl -> tai liikuttamalla hiirellä alareunan vierityspalkkia, ja lisäämällä uusi nimi sarakkeeseen IO, "Uusi nimi" -tekstin päälle. Tälle harmaalle alueelle ei saa tehdä mitään muita muutoksia, alueella olevat tiedot ovat Excel-pohjaan tehtyjen makrojen kannalta kriittisiä ja niiden muuttaminen estää ohjelmaa toimimasta oikein.

	B	C	D	E	F	G	H
					1.		
		Nimi					
		Pvm		4.10.2010			
		Kellonaika (esim. 13:30)			2.		
		Laite:	Jaeger huone 4	TAVOITEARVOT			
	Yksikkö	Suure	Kontrollipuhallus	Keskiarvo	Vaihteluväli	Poikkeama	Poikkeama %
	I	VC		4,16	4,06 - 4,26	0,00	0,00
	I	FVC		4,07	3,97 - 4,17	0,00	0,00
	I	FEV1		3,19	3,11 - 3,27	0,00	0,00
	I/s	PEF		7,59	7,4 - 7,78	0,00	0,00
	I/s	MEF50		3,45	3,36 - 3,54	0,00	0,00
	I/s	PIF		6,26	6,1 - 6,42	0,00	0,00
						Tyhjennä	Tallenna

Kuvio 10. Excel-pohjan "Tiedot" -välilehti.

Excel-pohjan seuraava välilehti on "Tavoitearvot" -välilehti (ks. kuvio 11). Tälle välilehdelle on tallennettuna kaikkien kontrollipuhaltajien tavoitearvot. Tätä välilehteä ohjelma käyttää tietojen hakemiseen esimerkiksi silloin, kun "Tiedot" -välilehdeltä valitaan nimi ja laite.

Tänne voidaan myös tallentaa uudelle kontrollipuhaltajalle luodut tavoitearvot kirjaimella nimi ja laitteet, sekä puhallusarvot samoin kuin muutkin välilehdellä olevat. Laitteet tulee listata samassa järjestyksessä kuin aiemmin listatut, jotta ohjelma osaa tulkitta merkintöjä oikein ja löytää oikeat tavoitearvot oikealla henkilöllä ja laitteella.

Syötettäessä puhallusarvoja, tälläkin välilehdellä tulee muistaa käyttää numeroiden välissä pilkkua, jotta Excel osaa tulkitta arvot oikein. Tälle välilehdelle syötettävien tavoitearvojen laskemiseksi voidaan käyttää seuraavaa välilehteä "Tavoitearvojen laskeminen".

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Nimi	Laite	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF	
		Jaeger huone 7	4,15	4,05	3,25	7,69	3,60	6,33	
		Jaeger huone 4	4,16	4,07	3,19	7,59	3,45	6,26	
		Jaeger huone 3	4,24	4,35	3,40	8,09	3,71	6,44	
		VMax huone 2	4,33	4,23	3,26	7,90	4,03	6,34	
		Jaeger huone 7	3,13	2,73	2,35	7,87	2,44	6,51	
		Jaeger huone 4	3,04	2,58	2,15	6,97	2,89	5,81	
		Jaeger huone 3	2,97	2,92	2,40	8,77	3,00	6,09	
		VMax huone 2	2,96	2,79	2,26	8,31	3,89	5,65	
1		Jaeger huone 7	4,41	4,04	3,09	6,91	4,49	5,35	
2		Jaeger huone 4	4,32	4,22	3,05	6,61	2,65	5,55	
3		Jaeger huone 3	4,28	4,19	3,12	7,34	3,02	5,60	
4		VMax huone 2	4,38	4,30	3,00	7,09	2,95	5,29	
5		Jaeger huone 7	4,04	3,99	3,22	8,11	3,89	7,35	
6		Jaeger huone 4	4,18	4,37	3,19	7,95	3,95	7,19	
7		Jaeger huone 3	3,88	4,27	3,31	8,38	3,87	7,56	
8		VMax huone 2	4,27	4,26	3,21	8,18	4,04	7,09	
9									

Kuvio 11. Excel-pohjan "Tavoitearvot" -välilehti.

Excel-pohjan kolmas välilehti on "Tavoitearvojen laskeminen". Tätä välilehteä käytetään uusien tavoitearvojen laskemiseen, esimerkiksi uudelle kontrollipuhaltajalle tai uudelle laitteelle. Tavoitearvolaskurin toimintaperiaate on yksinkertainen: arvot syötetään niille varattuihin ruutuihin ja kun kaikki arvot on syötetty, valmiit tavoitearvot ovat luettavissa "keskiarvo" -riviltä ja sen alapuolella olevalta "vaihteluväli" -riviltä. Tältä välilehdeltä tavoitearvoja ei voi tallentaa mihinkään, ne tulee itse kirjata ylös, jotta ne voi sitten kirjata "Tavoitearvot" -välilehdelle.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Tavoitearvojen laskeminen								
3										
4		VC	FVC	FEV ₁	PEF	MEF ₅₀	PIF			
5	Päivä 1									
6	Päivä 2									
7	Päivä 3									
8	Päivä 4									
9	Päivä 5									
10	Päivä 6									
11	Päivä 7									
12	Päivä 8									
13	Päivä 9									
14	Päivä 10									
15										
16	Keskiarvo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
17	Vaihteluväli	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00			
18										

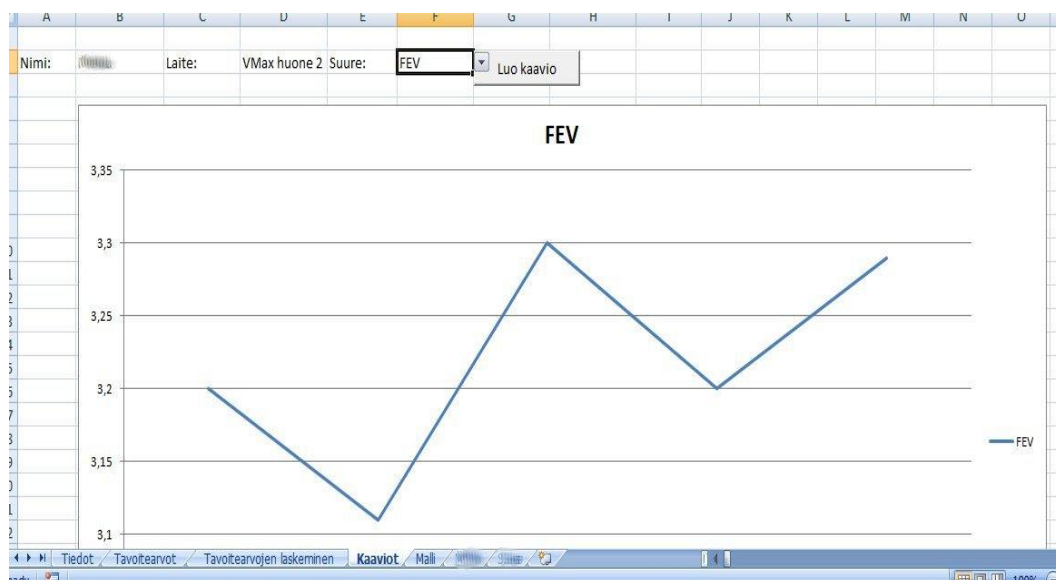
Tyhjennä

Kuvio 12. Excel-pohjan "Tavoitearvojen laskeminen" -välilehti.

Excel-pohjan neljäs välilehti on "Kaaviot". Tätä välilehteä voidaan käyttää kaavioiden muodostamiseen kontrollipuhalluksista. Välilehdellä on aina näkyvissä edellinen luotu kaavio. Kaavioita voidaan muodostaa valitsemalla "Nimi", "Laitte" ja "Suure" alavetovaihtoehtoja, kun halutut vaihtoehdot on valittu, painetaan "Luo kaavio".

Kaavioissa näkyy 30 viimeisintä puhallusarvoa valitulle suureelle, näin kaavioita voidaan hyödyntää tulostason seurantaan. Kaavioita kannattaa tulostaa, jos haluaa säästää puhallustuloksista muodostettuja kaavioita pidemmältä aikaväliltä, kuin kolmelta kymmeneltä edelliseltä puhalluskerralta. Kaavioita suunniteltaessa Excel-pohjaan, törmättiin erilaisiin haasteisiin. Oli haastavaa suunnitella kaaviota, josta voisi nähdä kaikki suureet tietylle laitteelle tai vertailla eri kontrollipuhaltajien tuloksia keskenään, koska jokaisella puhaltajalla on eri tavoitearvot jokaiselle laitteelle.

Jos jokaiselle puhaltajalle olisi tehty oma kaavio jokaiselle laitteelle ja jokaiselle suurelle, olisi tilaa kulunut huomattavan paljon ja kaaviovälilehdestä olisi tullut sekava. Näin ollen päädyttiin malliin, jossa kaavio luodaan joka kerran erikseen, tällöin tilaa ei kulu turhaan ja kaavioiden tulkitseminen on mahdollisimman selkeää. Seuraavalla sivulla olevassa kuviossa 13 on esimerkki "Kaaviot" -välilehdestä. Esimerkkikuvassa arvoja on käytetty viiden puhalluskerran FEV -arvoja.



Kuvio 13. Excel-pohjan "Kaaviot" -välilehti.

"Malli" -välilehteä ohjelma käyttää mallina, kun uusi kontrollipuhaltaja ensimmäisen kerran syöttää kontrollipuhallustuloksensa ja painaa "Tallenna". Tällöin ohjelma ottaa "Malli" -välilehdestä kopion ja luo oman välilehden uudelle kontrollihenkilölle. Jokaiselle kontrollipuhaltajalle tulee näin luotua oma välilehti, jolta voi nähdä kaikki henkilön kontrollipuhallustulokset, jokaiselle laitteelle suureiden mukaan eriteltyinä. Alla on esimerkki kontrollipuhaltajan omasta välilehdestä, puhallustulokset ovat keksittyjä.

VMax huone 2										Jaeger huone 3	
Pvm	Aika	VC	FVC	FEV	PEF	MEF50	PIF			Pvm	Aika
20.9.2010	20.9.2010 20:47	4,2	4	3,29	7,99	4,13	7,27			20.9.2010	20.9.2010 20:47
19.9.2010	20.9.2010 20:21	4,33	4	3,2	8,41	3,97	7,26			20.9.2010	20.9.2010 20:47
18.9.2010	20.9.2010 20:19	4,19	4	3,3	7,99	3,95	6,99			20.9.2010	20.9.2010 20:47
17.9.2010	20.9.2010 20:18	4,29	4	3,11	7,88	4,12	7			20.9.2010	20.9.2010 20:47
16.9.2010	20.9.2010 20:18	4,29	4	3,2	8,2	4,16	7,31				

Kuvio 14. Esimerkki Excel-pohjan puhaltajan omasta välilehdestä.

5.3 Kirjallisten ohjeiden luominen

Biologisen kontrollin suorittamisohjeesta halusimme tehdä mahdollisimman selkeän ja yksinkertaisen. Päädyimme ns. pikaohjeeseen, koska lyhyttä, tiivistä ohjetta on helppo tulkita ja toimia sen mukaisesti. Pikaohje ollakseen käytännöllinen vaatii käyttäjältään ammattitaitoa, tässä tapauksessa ohje on tarkoitettu ainoastaan kontrollipuhalluksia suorittavalle henkilökunnalle (ks. liite 7).

Ohje lähetettiin Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikköön esitettäväksi henkilölle, joka ei kuulu tähänhetkisiin biologisiin kontrollipuhaltajiin. Tarkoituksella valitsimme henkilön, jolla on ammattitaito spirometriatutkimusten tekemiseen, mutta jolla ei ole kokemusta biologisen kontrollin suorittamisesta, jotta voimme varmistua siitä, että ohje varmasti on selkeä ja helppo ymmärtää.

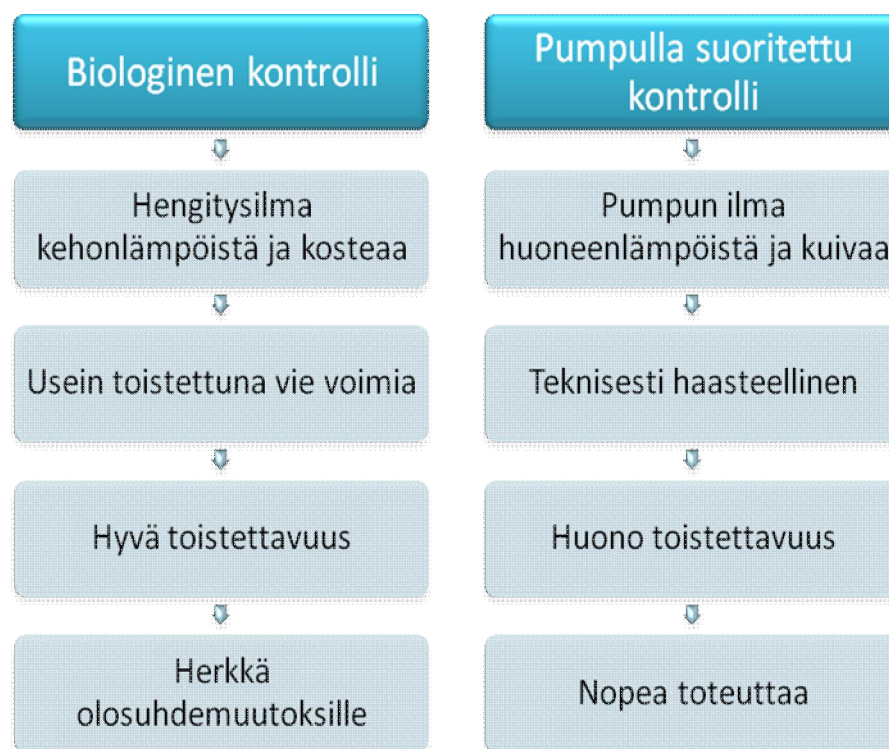
Excelin käyttöön liittyvät ohjeet on myös tehty mahdollisimman lyhyiksi ja yksinkertaisiksi. Ohjeet on testattu kolmen ulkopuolisen toimesta ja niitä on paranneltu heidän ehdotuksiansa avulla. Ohjeet on tehty Microsoft Wordilla ja ne on tarkoitettu tulostaa tulosten syöttöön käytetyn tietokoneen viereen ja lisäksi ne löytyvät tietokoneelta, jos on tarve tulostaa ohjeita lisää tai tehdä muutoksia.

6 Tulokset ja yhteenveto

Työelämässä suoritettujen kontrollipuhallusten, kehittämistehtävässä suoritettua kyselykartoituksen ja kirjallisuuden avulla on luotu ohjeistus biologisen kontrollin käyttöönotosta HUSLABin Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä. Kappaleessa 7.2 on esitetty yhden kontrollipuhaltajan tavoitearvot, muiden puhaltajien tavoitearvot löytyvät liitteestä 12. Vertailimme biologista ja pumpulla suoritettua kontrollointia, vertailun tuloksista kerrotaan tarkemmin seuraavassa kappaleessa. Käyttöönoton helpottamiseksi on myös luotu tavoitearvojen luomiselle ja biologisen kontrollin suorittamiselle kirjalliset ohjeet (ks. liitteet 7 ja 8) sekä Microsoft Excel-pohja (ks. 5.2), jonka avulla tulosten seuranta ja käsittely on helpompaa. Excel-pohjaa varten tehtiin myös selkeät käyttöohjeet (liitteet 9-11).

6.1 Pumpulla suoritettun ja biologisen kontrollin vertailu

Biologisen kontrollin ja pumpulla suoritettun kontrollin vertailussa nousi heti ensipäivinä esille, ettei pumpulla suoritettu kontrolli ole teknisesti helppo suorittaa. Pumpulla suoritettun kontrollin tulokset vaihtelivat suuresti ja sen toistettavuus oli heikko. Vaikka kyseinen kontrollimenetelmä on nopea toteuttaa, on pumpun puhaltama ilma kuivaa ja viileää verraten biologisen puhaltajan puhaltamaan ilmaan. Pumpu tulisi mitoittaa erittäin tarkasti, mihin asti ilmamäntää tulee täyttää ja tyhjentää, jotta voisi edes harkita tulosten luotettavuutta. Pumpukontrollia tulisi mitoituksen jälkeen harjoitella ja pystyä todentamaan sen luotettavuus ja toimivuus. Saamillamme kokemuksilla emme suosittele pumpun käyttöä biologisen kontrollin tilalla (ks. kuvio 15).



Kuvio 15. Vertailu biologisen kontrollin ja pumpun välisistä eroista.

Biologinen kontrolli oli tuloksiltaan erittäin toistettava, joskin aikaa ja voimia vievä, mutta kontrollimenetelmänä luotettavampi tapa toimia. Biologinen kontrolli on herkkä olosuhdemuutoksille, kuten sääolosuhteiden muutoksille ja mahdollisille flunssan alkuaireille. Sääolosuhteet korostuivat tuloksissa eniten silloin, kun ilma oli lämmintä ja kuivaa tai sateista ja hieman viileää. Biologisen kontrollin luotettavuuteen lisäksi vaikuttaa puhalluksen tekninen onnistuminen. Seuraavassa kappaleessa on esitetty yhden kontrollihenkilön tavoiterajojen luominen.

6.2 Tavoiterajat

Tässä kappaleessa on esitetty tarkemmin yhden kontrollipuhaltajan tuloksien käsittelyä ja tavoitearvoja. Taulukoissa 10, 11, 12 ja 13 on esitetty kontrollihenkilö 1:n kaikki puhallustulokset, sekä niistä lasketut keskiarvot ja tavoiterajat.

Taulukko 10. Huone 7. Kontrollihenkilö 1. Jaeger Masterscreen IOS

Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,02	3,85	3,17	7,47	3,30	6,46
2	3,91	3,85	3,09	7,62	3,47	5,98
3	4,25	3,77	3,08	7,63	2,91	6,13
4	4,27	4,06	3,26	7,64	3,39	6,30
5	4,07	4,14	3,28	7,43	3,54	5,57
6	4,04	4,20	3,28	7,60	3,98	6,39
7	3,97	3,92	3,10	7,32	3,30	6,31
8	4,32	4,22	3,33	7,81	3,72	6,81
9	4,12	4,06	3,31	8,12	3,94	6,58
10	4,55	4,41	3,62	8,30	4,42	6,73
Keskiarvo	4,15	4,05	3,25	7,69	3,60	6,33
Tavoiterajat	4,05-4,25	3,95-4,15	3,17-3,33	7,50-7,88	3,51-3,69	6,17-6,49

Taulukko 11. Huone 4. Kontrollihenkilö 1. Jaeger Masterscreen IOS

Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,08	4,06	3,11	7,52	3,19	6,09
2	4,10	4,03	3,12	7,36	3,13	6,08
3	4,10	4,05	3,09	7,15	3,10	5,90
4	4,26	4,21	3,35	7,53	3,93	6,48
5	4,20	4,33	3,41	7,74	3,67	6,70
6	4,07	4,15	3,24	7,57	3,50	6,05
7	4,09	3,81	3,03	7,55	3,29	6,81
8	4,21	4,09	3,23	7,66	3,51	6,03
9	4,28	4,01	3,22	7,81	3,72	6,66
10	4,36	4,08	3,28	8,02	3,78	6,13
Keskiarvo	4,16	4,07	3,19	7,59	3,45	6,26
Tavoiterajat	4,06-4,26	3,97-4,17	3,11-3,27	7,40-7,78	3,36-3,54	6,10-6,42

Taulukko 12. Huone 3. Kontrollihenkilö 1. Jaeger Masterscreen IOS

Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,46	4,56	3,64	8,49	4,24	7,26
2	4,26	4,36	3,45	8,32	3,81	6,80
3	4,16	4,40	3,42	8,08	4,05	6,81
4	4,30	4,26	3,27	7,82	3,28	6,58
5	4,15	4,24	3,34	7,92	3,48	6,42
6	4,16	4,33	3,36	8,19	3,39	5,97
7	4,25	4,39	3,45	8,29	3,88	6,34
8	4,26	4,33	3,45	8,25	4,14	5,98
9	4,17	4,30	3,25	7,73	3,21	5,65
10	4,19	4,30	3,37	7,85	3,57	6,63
Keskiarvo	4,24	4,35	3,40	8,09	3,71	6,44
Tavoiterajat	4,13-4,35	4,24-4,46	3,32-3,49	7,89-8,29	3,62-3,80	6,28-6,60

Taulukko 13. Huone 2. Kontrollihenkilö 1. Vmax Encore 22D

Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,52	4,30	3,35	7,92	4,26	6,51
2	4,31	4,31	3,40	8,88	4,60	6,72
3	4,42	4,24	3,23	7,94	4,10	6,71
4	4,24	3,95	3,09	7,93	3,92	6,33
5	4,34	4,22	3,22	8,14	3,88	6,59
6	4,45	4,28	3,30	7,80	3,93	5,97
7	4,31	4,31	3,29	8,00	4,10	6,28
8	4,35	4,35	3,31	7,65	4,08	6,12
9	3,97	3,97	2,96	7,17	3,38	6,02
10	4,40	4,33	3,31	7,57	4,09	6,14
Keskiarvo	4,33	4,23	3,26	7,90	4,03	6,34
Tavoiterajat	4,22-4,44	4,12-4,34	3,18-3,34	7,70-8,10	3,93-4,13	6,18-6,50

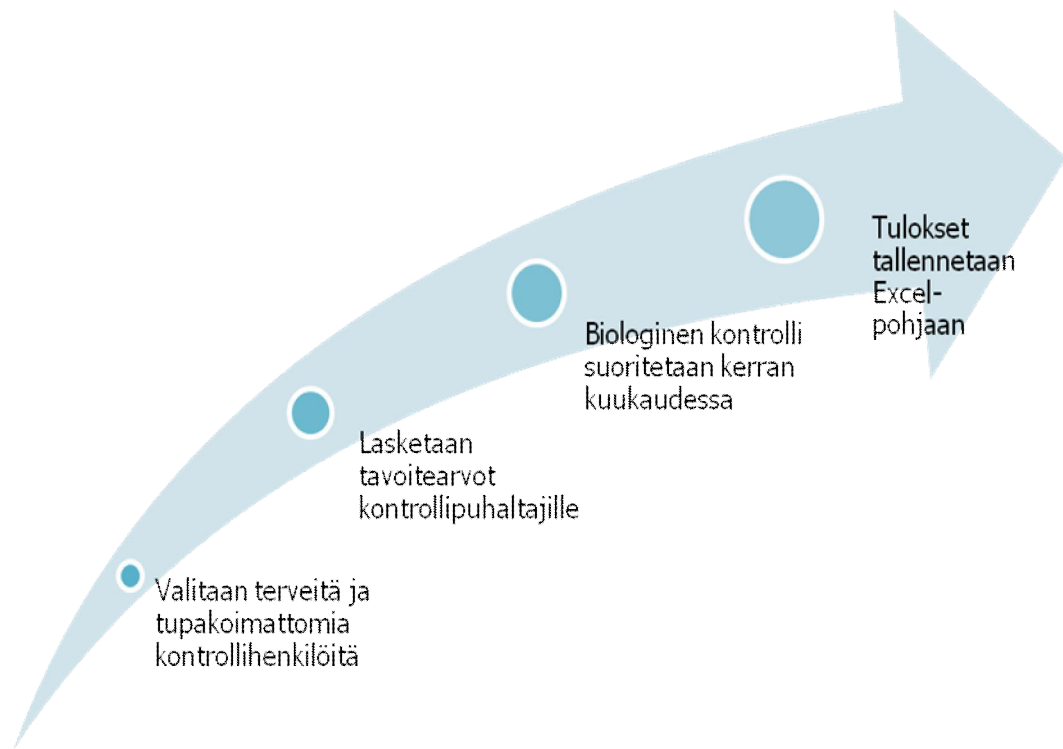
Kontrollihenkilöiden 2, 3 ja 4 kaikki puhallutustulokset sekä tavoiterajat löytyvät liitteestä 12.

6.3 Ohjeistus biologisen kontrollin suorittamiseen

Kirjallisuuden ja kehittämistehtävässä suoritetun kyselyn tulosten perusteella suosittelemme biologisen kontrollin suorittamista kuukausittain (ks. kuvio 16). Biologisen kontrollin suorittamista varten valitaan terveitä ja tupakoimattomia kontrollihenkilöitä. Kontrollihenkilöille luodaan erillisen ohjeen mukaan (ks. liite 8) henkilö- ja laitekohtaiset

tavoiterajat, joiden sisällä tulosten tulee pysyä. Valittu puhaltaja suorittaa kontrollipuhalluksen ja jos kolmen hyvän puhalluksen joukosta valittu paras tulos ei ole tavoitearvojen sisällä, toinen puhaltaja tulee suorittamaan kontrollipuhalluksen. Jos toisenkaan kontrollipuhaltajan tulos ei ole tavoitearvojen sisällä, harkitaan laitteen huollon tarvetta.

Tulosten tallentaminen ja vertailu on tärkeä osa biologista kontrollointia ja laaduntarkkailua. Tulokset tallennetaan Microsoft Excel-pohjaan erillisen ohjeen mukaan (ks. liite 10), jossa tuloksia voidaan verrata edellisiin. Lisäksi puhallustulokset tulisi tulostaa myös paperiversioina ja säilyttää tarkoitukseen varatussa mapissa. Käyttämällä Excel-pohjaa, tuloksia voidaan seurata helpommin ja voidaan seurata tulosten trendiä.



Kuvio 16. Suositus biologiseen kontrollointiin.

Työn valmistuttua nousi esille biologisten kontrollihenkilöiden tavoitearvojen päivittäminen, koska ajan myötä kontrollihenkilöiden pituus, paino ja ikä muuttuvat, jonka mukana myös viitearvot muuttuvat. Tästä syystä suosittelemme kahden vuoden tavoitearvojen käyttöä jonka jälkeen kontrollihenkilöille laskettaisiin uudet tavoitearvot.

7 Tulosten luotettavuus

Tulosten luotettavuutta voidaan mitata useilla eri tavoilla, sillä niihin voivat vaikuttaa monenlaiset asiat. (Hirsjärvi et al. 2009:231-233) toteavat teoksessaan tärkeäksi arvioida ja pohtia luotettavuutta eri tavoin. Seuraavissa kappaleissa on arvioitu mahdollisimman monipuolisesti kontrollihenkilöiden puhallusten ja tavoitearvojen sekä Microsoft Excel-pohjan ja kirjallisten ohjeiden luotettavuutta.

7.1 Kontrollihenkilöiden puhallusten ja tavoitearvojen luotettavuuden arviointi

Tulosten luotettavuuteen voivat vaikuttaa laitteiston mittaustarkkuudessa esiintyvät vaihtelut, mittaajasta johtuvat vaihtelut sekä puhaltajasta johtuvat vaihtelut (Sovijärvi & Malmberg 2003). Spirometrialaitteiden kalibrointi on suoritettu aamuisin, ennen puhallusten aloittamista. Kolmella neljästä kontrollihenkilöstä on pitkä kokemus spirometrioiden suorittamisesta, heidän spirometriapuhalluksensa olivat kokemuksen ansiosta hyvin toistettavia ja teknisesti onnistuneita. Neljännellä henkilöllä on vähemmän kokemusta spirometrioista, hänenkin puhallustuloksistaan saatiin toistettavia ja teknisesti onnistuneita ohjauksen avulla. Ohjauksessa on otettu huomioon samat seikat, kuin potilaita puhallutettaessa. Puhaltajien ryhtiin on kiinnitetty huomiota, samoin nenäpinniin ja suukappaleen käyttöön.

Kontrollihenkilöt ovat puhaltaneet kolme samanlaista onnistunutta puhalluskäyrää, käyristä on valittu se, jossa FVC:n ja FEV1:n arvot ovat suurimmat, myös PEF arvon merkitys on otettu huomioon. Kahden parhaan puhalluksen FEV1-arvojen erotus on saanut olla enintään 150ml ja PEF -arvojen ero korkeintaan 10%. Käyrissä ei myöskään ole saanut esiintyä artefaktoja. (Sovijärvi et al. 2010). Olimme itse paikalla seuraamassa ja avustamassa kontrollipuhalluksien suorittamista kaksi viikkoa, osan kontrollipuhalluksista puhaltajat ovat suorittaneet itsenäisesti.

Kolmannen puhalluspäivän jälkeen havaitsimme puhaltajissa väsymistä, joka näkyi myös tulosten heikkenemisenä. Päätimme yhdessä työelämän kanssa pitää puhalluksissa välipäiviä, jotta voitaisiin välttää väsymisen aiheuttama vääristyminen tavoitearvoissa. Puhallukset suoritettiin välipäivistä riippumatta puhalluspäivinä mahdollisimman samaan vuorokauden aikaan, jotta vuorokausivaihtelu ei vääristäisi tavoitearvoja. Sään vaihteluilla on voinut olla vaikutusta tuloksiin, mutta sääolosuhteita emme valitettavasti voineet käytettävän ajan rajallisuuden takia ottaa huomioon. Toisaalta sääolosuhteet

vaihtelevat myös jatkossa kun biologista kontrollointia suoritetaan. Yhdellä kontrolli-henkilöistä oli puhallusten aikaan alkava hengitystieinfektio, hän jatkoi kontrollipuhalluksia infektion parannuttua.

Puhallusten suorittamisessa on noudatettu kirjallisuuden antamia suosituksia tavoitearvojen luomisesta (Ninaber et al. 2007), mahdolliset tuloksia vääristävät seikat kuten väsyminen ja sairastaminen, on otettu huomioon. Kontrollipuhaltajat pääosin pitäytyivät kahvinjuonnista ja ruokailusta kaksi (2) tuntia ennen kontrollipuhallusten suorittamista, mutta töiden aikatauluista johtuen tässä oli myös poikkeuksia. Poikkeuksia on tehty puhalluskertojen määrään nähden hyvin vähän ja puhallustulosten vaihtelevuus on ollut vähäistä, voidaan puhallustuloksia pitää luotettavina.

Tavoitearvot on laskettu kirjallisuuden antamia ohjeita noudattaen (Ninaber et al. 2007). Tavoitearvojen laskemiseen on käytetty Excel-pohjaa. Puhallustulosten syöttäminen koneelle oli tarkkuutta vaativaa, sillä tuloksia oli paljon ja pienetkin desimaalivirheet näkyvät valmiissa tavoitearvoissa. Näiden virheiden riskiä pienensimme syöttämällä arvot niin, että toinen luettelee arvot papereista ja toinen syöttää tiedot koneelle. Näin molemmat voivat keskittyä numeroihin paremmin, samalla molemmat pystyivät seuraamaan arvojen oikeellisuutta. Esim. lukuja yksin syöttäessä ei välttämättä huomaa näppäilleensä 77.22 kun olisi pitänyt näppäillä 7.22. Samoin helposti jäisi huomamatta, jos on vahingossa syöttänyt oikean luvun väärään kohtaan. Tavoitearvoja voidaan pitää luotettavina.

7.2 Microsoft Excel-pohjan ja kirjallisten ohjeiden luotettavuuden arviointi

Microsoft Excel-pohjaa ja Excel-pohjan ohjeita on testattu kolmen ulkopuolisen henkilön avulla, jotta olemme voineet varmistua Excel-pohjan toimivuudesta ja ohjeiden ymmärrettävyydestä sekä niiden luotettavuudesta. Näin olemme saaneet testihenkilöiden palautteen avulla muokattua sekä ohjeet että pohjan mahdollisimman helppotajuisiksi ja selkeiksi. Excel-pohja on tehty Microsoft Excel 2007 versiota käyttäen, olemme testanneet sen toimivuuden myös 2003 versiossa, sillä Hyvinkäällä klinisen fysiologisen yksikössä on vielä käytössä 2003 versio. Pohjassa on lukittuna kohdat, joiden muuttaminen aiheuttaisi vahinkoa, josta voisi syntyä virheitä tulosten tulkinnassa. Excel-pohjaa voidaan näin pitää luotettavana välineenä tulosten seurannassa.

Olemme tehneet selkeät kirjalliset ohjeet Excel-pohjan käyttöä, Excel-pohjan kaavioiden käyttöä ja kontrollipuhallusten suorittamista varten, sekä tavoitearvojen luomista varten. Ohjeita on testattu sekä ulkopuolisten henkilöiden että henkilökuntaan kuuluvan henkilön avulla ja niitä on muokattu käyttäjien toiveiden mukaisesti. Ohjeista on erilaiset oppijat huomioon ottaen tehty mahdollisimman lyhyitä ja yksinkertaisia, niissä on myös käytetty runsaasti havainnollistavia kuvia väärinymmärrysten välttämiseksi ja virheiden minimoimiseksi.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön aloittamisen ja rakentamisen apuna tutustuimme Juha T. Hakalan teokseen Opinnäyteopas ammattikorkeakouluille, josta koimme olevan meille hyötyä. Toinen teos, joka ohjasi opinnäytetyömme tekoa, on Jari Metsämuurosen Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä.

Käyttämämme lähdemateriaali, jossa englanninkieliset tutkimusartikkelit ovat olleet tärkein ajankohtaisen informaation lähde varsinkin biologisesta kontrollista tietoa etsittäessä. Englanninkielisiä artikkeleita spirometriasta löytyy runsaasti, biologisesta kontrolloinnista sen sijaan on huomattavasti hankalampi löytää tutkimustietoa. Työn kannalta merkittävimmät ja kiinnostavimmat tutkimusartikkelit ovat olleet Ninaber et al. 2007, Miller et al. 2005 ja Levy et al. 2009.

Suomenkielisistä ajankohtaisista Käypä Hoito-suosituksista, artikkeleista ja kirjallisuudesta on löytynyt valtavasti tietoa keuhkofunktio tutkimuksista, etenkin spirometriasta. Spirometriasta kertovien lähteiden runsaus on toisinaan tuottanut jopa hankaluuksia valita lähteiden joukosta parhaat ja luotettavimmat. Pääasiallisiksi lähteiksemme raportissamme ovat nousseet kotimaisten johtavien asiantuntijoiden laatimat artikkelit ja suositukset, esimerkiksi Moodi-lehti ja kliinisen fysiologian kirjallisuus.

Lähteissämme olemme erityisesti kiinnittäneet huomiota siihen, että lähteet ovat mahdollisimman tuoreita, ajankohtaisia ja asiantuntijoiden laatimia. Olemme pyrkineet käyttämään lähteitä monipuolisesti ja etsimään monen eri asiantuntijan näkemyksen samasta asiasta. Haastavaa oli löytää ajankohtaista, tuoretta tietoa esimerkiksi biologisen kontrollin ja pumpulla suoritettujen kontrollin vertailemisesta, sillä tästä aiheesta on tutkimustietoa hyvin vähän. Tutkimustiedon vähyydestä johtuen olemme joutuneet

käyttämään lähteenä esimerkiksi lähes 11 vuotta vanhaa artikkelia, josta kuitenkin olemme saaneet hyödyllistä tietoa.

Opinnäytetyömme tuotoksena syntyi suositus biologisen kontrollin käytöstä, biologisen kontrollin suorittamiseen liittyvät yksityiskohtaiset ohjeet sekä Microsoft Excel-pohja biologisen kontrollin tulosten seurantaan. Tavoitteenamme oli luoda pohja biologisen kontrollin käyttöönotolle Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä sekä verrata biologista kontrollia pumpulla suoritettuun kontrollointiin. Suunnitellessamme biologisen kontrollon laadunseurantaa, pohdimme myös kliinisten laboratorioiden käyttämiä laadunseurantatapoja.

Valitsimme biologiset kontrollihenkilöt kirjallisuuden suositusten mukaisesti, eli he ovat terveitä ja tupakoimattomia. Kaikki kontrollihenkilöt ovat henkilökuntaan kuuluvia. Kontrollihenkilöitä valittaessa keskusteltiin myös tupakoivien ja keuhkosairautta sairastavien henkilöiden käytöstä biologisina kontrollihenkilöinä. Tällöin voitaisiin myös mitata viitearvojen ulkopuolella olevia tuloksia, esimerkiksi pienentynyt keuhkojen tilavuus henkilöillä, joilta on poistettu yksi keuhkolohko. Tällaisia henkilöitä olisi kuitenkin hyvin hankalaa saada säännöllisiksi kontrollihenkilöiksi, lisäksi olisi mahdotonta tarkkailla esimerkiksi tupakoivien henkilöiden tupakoinnin määrää. Olisi myös epäeettistä kieltää tupakoivia henkilöitä lopettamasta tupakointia, jotta puhallustulokset pysyisivät verrattavina. Astmaa sairastavan henkilön käyttäminen kontrollihenkilönä olisi myös hankalaa, sillä astman vaikutus puhallustuloksiin vaihtelee.

Biologisia kontrollihenkilöitä valittaessa valittiin neljä henkilökunnan jäsentä, jotka ovat terveitä ja tupakoimattomia. Näiden neljän henkilön oli tarkoitus toimia kontrollipuhaltajina, kun biologinen kontrollointi on otettu Hyvinkään yksikössä käyttöön. Opinnäytetyön edetessä yksi kontrollihenkilöistä on siirtynyt vuodeksi toiseen yksikköön ja yksi jäänyt osa-aikaeläkkeelle, eivätkä he näin ollen ole säännöllisesti käytettävissä biologisina kontrollihenkilöinä. Kolmannella kontrollihenkilöllä ei ole kokemusta spirometriapuhallusten suorittamisesta, eikä laitteiden kalibrointien suorittamisesta, mutta hän pystyy suorittamaan kontrollipuhalluksia ohjattuna. Ohjaus on tärkeää, jotta tulokset ovat vertailukelpoisia. Biologisen kontrollin toteuttamisesta tekee haastavaa työntekijöiden vaihtuvuus. Yksikkö voi halutessaan perehdyttää lisää kontrollihenkilöitä ja laatimiemme ohjeiden avulla laskea heille tavoiterajat sekä lisätä heidät Excel-pohjaan tulosten dokumentointia varten.

Mielestämme tekemämme pohjatyö biologisen kontrollin käyttöönotolle vastasi hyvin tavoitteitamme. Yksityiskohtaisten ohjeiden ja helppokäyttöiseksi rakennetun Excel-pohjan avulla biologisen kontrollin käyttöönoton pitäisi sujua helposti. Excel-pohjan tekeminen oli odotettua haastavampaa ja erittäin aikaa vievää. Haastavinta oli saada pohjasta helppokäyttöinen ja tietokonetta vähemmänkin käyttäneelle sopiva, kuitenkin niin, että pohjasta löytyy kaikki tarvittavat ominaisuudet. Pienten yksityiskohtien hiomiseen kului välillä tunteja, jopa päiviä. Valmis Excel-pohja on mielestämme onnistunut, siihen käytetyn ajan ja vaivan arvoinen hyödyllinen väline laadunseurantaan.

Biologisen kontrollin vertaileminen pumpulla suoritettavaan kontrollointiin oli sekin haastavampaa kuin odotimme. Se olisi vaatinut huolellisempaa suunnittelua ja enemmän aikaa kokeilla erilaisia tapoja pumpun käsittelyyn kontrollivälineenä. Pumpulla suoritettavaa kontrollointia olisi ollut mielenkiintoista tutkia enemmänkin, jos aikaa olisi ollut enemmän.

Mielestämme onnistuimme työssämme hyvin. Saavutimme asettamamme tavoitteet ja opimme paljon uutta työtä tehdessämme. Aikataulussa pysyimme hyvin, Excel-pohjan tekeminen oli kuitenkin haastavampaa ja vei enemmän aikaa kuin odotimme. Työelämä olisi toivonut Excel-pohjasta nähtäväkseen useampaa erilaista versiota, tähän aikamme ei valitettavasti riittänyt, mutta pyrimme ottamaan huomioon työelämän toiveet mahdollisimman hyvin valmiissa pohjassa. Jos voisimme tehdä jotakin toisin, olisimme Excel-pohjan osalta tiiviimmin yhteistyössä työelämän kanssa ja olisimme varanneet sille vielä enemmän aikaa. Lisäksi panostaisimme enemmän pumpulla suoritettavan kontrollinnin tutkimiseen.

Yhteistyömme sujui hyvin, vaikka yhteistyössä joutuukin aina tekemään kompromisseja. Pääosin teimme työtämme yhdessä, välimatkan takia ja ajan säästämiseksi myös jaoin osan työtehtävistä. Työtä teimme aktiivisesti, jaettuja työtehtäviä teimme myös kesällä. Kompromisseista ja kahden ihmisen näkökannan yhdistämisestä on etua, asioita ei katsota vain yksipuolisesti ja niistä voi keskustella ja saada laajemman näemyksen. Parityöskentelyssä olemme oppineet uusia asioita, esimerkiksi ottamaan huomioon sen, ettei tekstiä voi kirjoittaa vuorotellen, jos kahdella ihmisellä on täysin erilainen tyyli kirjoittaa. Havaitimme toimivaksi tavaksi sen, että molemmat kirjoittavat omin sanoin ja lopuksi yhdistetään tekstistä yhtenäinen.

Työtä tehdessämme mieleemme nousi pitkin matkaa useita erilaisia jatkotutkimusaiheita, jotka olisivat kiinnostavia, mutta joihin oma aikamme ei riitä. Näistä ensimmäisenä mieleen tulee hyvin suunniteltu pumpulla suoritettujen kontrollon ja biologisen kontrollon vertailu. Olisi myös mielenkiintoista tietää, olisiko biologisen kontrollin käyttöönottoa mahdollista harkita myös muualla kuin Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä käyttämällä apuna laatimiamme ohjeita ja Excel-pohjaa. Kiinnostavia jatkotutkimusaiheita olisivat myös kahvin ja muiden piristeiden sekä sään vaikutus puhallustuloksiin. Yksi tärkeimmistä jatkotutkimusaiheista olisi tutkia kuinka biologinen kontrolli toimii Hyvinkään kliinisen fysiologian yksikössä sekä kontrollihenkilöiden tulosten ja laitteiden välinen vertailu SPSS -ohjelmalla ja hyödyntämällä esim. Bland – Altman-metodia, jonka avulla vertailu olisi luotettavaa (Bland & Altman 1999).

Lopuksi haluamme vielä kiittää HUSLABin kliinisen fysiologian yksikköä Hyvinkäällä heidän tarjoamastaan avusta ja tuesta opinnäytetyöprosessillemme sekä opinnäytetyöme ohjaavaa opettajaa.

Lähteet

- Aurora, Paul – Stocks, Janet – Oliver, Cara – Saunders, Clare – Castle, Rosemary – Chaziparasidis, Greg – Bush, Andrew 2004. Respiratory Critical Care Medicine 2004; 169: 1152-1159.
- Bjälle, Jan G. – Haug, Egil – Sand, Olav – Sjaastad, Øystein V. & Toverud, Kari C. 2007. Ihminen- Fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOY.
- Bland, Martin J. – Altman, Douglas G. 1999. Measuring agreement in method comparison studies. Stat Methods Med Res 1999; 8: 135.
- Booker, Rachel 2009. Interpretation and evaluation of pulmonary function tests. Nursing Standard 2009;23:29: 46-56.
- Cooper, Brendan G. 2005. Limitations to spirometry being performed in "the office". Chronic Respiratory Disease 2005; 2: 113.
- Cooper, Brendan G. – Butterfield, A. 2008. Quality control in lung function testing. Verkkodokumentti. <http://www.ersbuyersguide.org/uploads/Document/13/WEB_CHEMIN_3539_1221144947.pdf>. Luettu 28.11.2009.
- Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- HUSLAB tutkimusohjekirja. Pt-SpirMin. Verkkodokumentti. <<http://www.huslab.fi/ohjekirja/8100.html>> Luettu 24.8.2010.
- Juusela, Maria 2010. Astman funktiodiagnostiikan uudet portaavat. Moodi 1/2010: 50-51.
- Kinnula, Vuokko 2009. Lääkärin käsikirja. Duodecim. Verkkodokumentti. <http://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/avaa?p_artikkeli=ykt00165&p_haku=keuhkofunktio tutkimukset>. Luettu 24.6.2010
- Korkeila, Katariina 2006. Lääketiedettä läheltä. Kokkonen, Hanna (toim). Helsinki: Edita.
- Kyngäs, Helvi – Kääriäinen, Maria- Poskiparta, Marita – Johansson, Kirsi – Hirvonen, Eila ja Renfors, Timo 2007. Ohjaaminen hoitotyössä. Porvoo; Helsinki: WSOY.
- Käypä hoito-suositus, Astma. Suomalaisen lääkäriseura Duodecimin, Suomen keuhkolääkäriyhdistys ry:n, Suomen lastenlääkäriyhdistys ry:n ja Suomen kliinisen fysiologian yhdistys ry:n asettama työryhmä. Duodecim 2000: 116(22): 2568-2584.
- Lange, Nancy E. – Mulholland, Mary – Kreider, Mary Elizabeth 2009. Spirometry: Don't blow it! Chest 2009; 136:608-614.
- Laasonen, Kirsi – Schwenson, Marisanna. Spirometrian tulkinta neurologisella potilaalla. Verkkodokumentti. <http://www.filha.fi/@Bin/1649240/Laasonen_Schwenson_spirometrian+tulkinta.pdf> Luettu 18.7.2010.

- Levy, Mark L. – Quanjer, Philip H. – Booker, Rachel – Cooper, Brendan G. – Holmes, Stephen – Small, Iain R. 2009. Diagnostic spirometry in primary care: proposed standards for general practice compliant with American Thoracic Society and European Respiratory Society recommendations. *Primary Care Respiratory Journal* 2009; 18(3): 130-147. Luettavissa sähköisesti: <http://www.thepcrj.org/journ/vol18/18_3_130_147.pdf>
- Leppälampi, Niina & Mertanen, Eevi 2009. Kartoitus biologisen kontrollin käytöstä spirometria- ja diffuusiokapasiteettitutkimuksissa. Kehittämistehtävä. Metropolia ammattikorkeakoulu 2009.
- Linko, Solveig 2004. Kontrollien merkityksestä käytännön laboratoriotyössä. *Moodi* 2/2004: 60-62.
- Linko, Solveig – Savolainen, Eeva-Riitta – Åkerman, Kari – Nissinen, Antti - Ilanne-Parikka, Pirjo - Joutsu-Korhonen, Lotta – Jylhä, Anneli – Lassila, Riitta - Linko-Parvinen, Anna-Maria – Linko, Linnea – Meneses, Ennamaria – Muukkonen, Leila – Nokelainen, Satu - Porkkala-Sarataho, Elina – Puhakainen, Eino – Siitonen, Anja – Suni, Jukka – Vuento, Risto 2009. Vieritestaus terveydenhuollossa, Lab-qualityn asiantuntijasuositus. Laadunvarmistus. *Moodi* 6/2009: 294.
- Länsimies, Esko 2004. Keuhkojen toimintakokeet. Teoksessa Penttilä, Ilkka (toim.): *Kliiniset laboratoriotutkimukset*. 1 painos. Helsinki: WSOY. 56-59.
- Malmberg, Pekka 2009. Keuhkoputkien histamiini- ja metakoliinialtistus: vakiointi ja laaduntarkkailu. *Moodi* 1/2009: 68-69.
- McCarthy, Kevin & Dweik, Raed 2010. Pulmonary function testing. Verkkodokumentti. <<http://emedicine.medscape.com/article/303239-overview>>. Luettu 22.8.2010.
- Miller, M. – Hankinson, J. – Brusasco, V. – Burgos, F. – Casaburi, R. – Coates, A. - Crapo, R. – Enright, P. - Van der Grinten, C. – Gustafsson, P. – Jensen, R. – Johnson, D. – Macintyre, N. – McKay, R. – Navajas, D. – Pedersen, O. – Pellegrino, R. – Viegi, G. – Wanger, J. 2005. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal* 2005; 26: 319-338.
- Metsämuuronen, Jari 2009. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 4. laitos. 1. painos. Helsinki: Gummerus.
- Ninaber, Maarten K. – Schot, Robert – Fregonese, Laura – Stolk, Jan 2007. A syringe simulation of biological controls for quality assessment of prospective lung volume measurements. *Respiration* 2008;76: 187-192. Luettavissa myös: <<http://content.karger.com/ProdukteDB/produkte.asp?Aktion=ShowFulltext&ArtikelNr=112229&Ausgabe=238708&ProduktNr=224278>>
- Piirilä, Päivi – Pietinalho, Anne – Loponen, Minna – Naumanen, Helga – Nurminen, Markku – Salo, Suvi-Päivikki – Siukola, Aino – Korhonen, Olli – Koskela, Kaj & Sovijärvi, Anssi 2001. Spirometriatutkimusten laatu Suomessa paranemassa. *Suomen lääkirilehti* 45/2001; 4599-4605.

- Riikonen, Markku. Järjestelmäasiantuntija. Henkilökohtainen tiedonanto. Haastateltu 2.8.2010 ja 6.8.2010.
- Rahja, Anna-Maija 2008. Spirometria-seuranta hengityssairaahan hoidossa. Verve. Verk-kodokumentti.
<http://www.hengitysliitto.fi/content/Liitteet/Koulutusmateriaalit/Spirometria_s_euranta_hengityssairaahan_hoidossa_8_10_2008_Oulu.ppt?from=-13594294066397302> Luettu 14.10.2010.
- Seitsonen, Pertti 2009. Spiran edustaja. Sähköpostitse saatu tieto. 7.12.2009.
- Sovijärvi, Anssi 2009. Spirometria. Moodi 3/2009: 161, 163, 165-169, 170, 172, 177, 180, 279.
- Sovijärvi, Anssi – Salorinne, Yrjö 2003. Hengityselimistön fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa Sovijärvi et al. (toim.): Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Duodecim. 156.
- Sovijärvi, Anssi – Piirilä, Päivi 2003a. Keuhkojen toimintakokeisiin valmistautuminen. Teoksessa Sovijärvi et al. (toim.): Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Duodecim. 167-168.
- Sovijärvi, Anssi – Piirilä, Päivi 2003b. Ventilaatiokyvyn ja keuhkotilavuuksien mittaukset. Teoksessa Sovijärvi et al. (toim.): Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Duodecim. 170-173,177,179,182.
- Sovijärvi, Anssi – Malmberg, Pekka 2003. Keuhkojen toimintakokeiden valinta. Teok-sessa Sovijärvi et al. (toim.): Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Duodecim. 275-276.
- Sovijärvi, Anssi – Kainu, Anette – Malmberg, Pekka – Pekkanen, Leena & Piirilä, Päivi 2006. Spirometria- ja PEF-mittausten suoritus ja arviointi. 10. painos. Erillisjul-kaisu nro 6. Moodi 5/2006: 183-184, 186-188.
- Sovijärvi, Anssi - Terho, Erkki O. 2009. Tavallinen keuhkojen toimintakoe eli spiromet-ria. Duodecim 2010. Luettavissa sähköisesti:
<http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=alg00065>
- Thiadens, H. A. – De Bock, G. H. - Van Houwelingen, J. – Dekker, F. - De Waal, M. – Springer, M. & Postma, D. 1999. Can peak expiratory flow measurements reli-ably identify the presence of airway obstruction and bronchodilator response as assessed by FEV₁ in primary care patients with a persistent cough. Thorax 1999;54:1055-1060.
- Toikko, Timo – Rantanen, Teemu 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta - näkö-kulmia kehittämisprosessiin, osallistumiseen ja tiedontuotantoon. Tampereen yliopistopaino Oy.
- Tynkkynen, Liisa-Kaisa – Klaukka, Timo – Pietinalho, Anne & Rissanen, Pekka 2009. COPD:n kustannukset ovat suomessa pienemmät kuin aiemmin arvioitiin. Suo-men Lääkärilehti 2009; 23:2095-2099.

- Upton, Mark – Ferrell, C. – Bidwell, C. – McConnachie, Alex – Goodfellow, J. - Davey Smith, G. & Watt, G. 2000. Improving the quality of spirometry in an epidemiological study: The Renfrew-Paisley (Midspan) family study. *Public Health* 2000;114:353-360.
- Vilkka, Hanna 2005. *Tutki ja kehitä*. Helsinki: Tammi.
- Van den Boom, G. - Van den Star, L. – Folgering, H. - Van Schayck, C. & Van Weel, C. 1999. *Respiratory Medical* 1999:93(9):643-7.
- White, Patrick – Wong, Wun – Fleming, Tracey & Gray, Barry 2007. Primary care spirometry: test quality and feasibility and usefulness of specialist reporting. *British Journal of General Practice* 2007; 57: 701-705

Liitteet

Liite 1. Kyselylomakkeen saatekirje

Liite 2. Kyselylomakkeen kysymykset

Liite 3. Muistutuskirje

Liite 4. Kehittämistehtävän kysymyksen 9. vastaukset

Liite 5. Hyvä puhallusasento

Liite 6. Normaali puhalluskäyrä

Liite 7. Pikaohje biologisen kontrollin suorittamiseen

Liite 8. Pikaohje tavoitearvojen luomiseen

Liite 9. Ohje Excel-pohjan kaavioiden käyttämiseen

Liite 10. Ohje kontrollitulosten syöttämiseen Excel-pohjaan

Liite 11. Uuden kontrollipuhaltajan lisääminen Excel-pohjaan

Liite 12. Kontrollihenkilöiden 2, 3 ja 4 kontrollipuhallusten tulokset ja tavoiterajat

Hei, olemme kaksi bioanalytiikko-opiskelijaa Helsingin Metropolia ammattikorkeakoulusta. Teemme opintoihimme kuuluvaa kehittämistehtävää HUSLABin klinisen fysiologian yksikköön Hyvinkäälle. Kehittämistehtävässämme kartoitamme kontrollien käyttöä spirometria- ja diffuusiokapasiteettitutkimuksissa.

Pyydämme Teitä ystävällisesti vastaamaan alla olevaan kyselyyn, jossa on muutamia kysymyksiä liittyen kontrollien käyttöön (tai välittämään kyselyn laboratorioosanne asiasta parhaiten tietävälle, esim. vastuuvoitaja). Kyselyyn vastaaminen kestää n.7 minuuttia. Voitte vastata kyselyyn anonymisti, halutessanne voitte jättää yhteystietonne (kyselylomakkeessa kohta tätä varten). Toivomme, että vastaisitte kyselyyn, vaikka teillä ei olisikaan käytössä kontrolleja kyseisille tutkimuksille.

Kokoamme keräämämme tiedot raportiksi. Saatuja tuloksia hyödynnetään myöhemmin opinnäytetyössämme. Jos haluatte itsellenne kopion valmiista raportista, lähetämme sen teille mielellämme, jos jätätte yhteystietonne sille varattuun kenttään kyselylomakkeessa.

Pyydämme Teitä vastaamaan 9.11.2009 mennessä.

Kyselyyn

Kaunista syksyn jatkoa toivottaen,

Eevi Mertanen, bioanalytiikan opiskelija

Niina Leppälampi, bioanalytiikan opiskelija

Marja Liehu, työelämäohjaaja HUSLAB kl.fys.yksikkö, Hyvinkään sairaala

Päivi Haapasalmi, ohjaava opettaja

1. Minkälaista kontrollia käytätte laboratoriossanne spirometria- ja diffuusiokapasiteettitutkimuksille?
2. Kuinka pitkään kyseinen kontrollitapa on ollut käytössä laboratoriossanne?
3. Jos käytätte biologista kontrollia, kuinka kontrollihenkilöt on valittu?
4. Kuinka usein kontrolli tehdään?
5. Mitä tuloksia kontrollipuhalluksista tallennetaan?
6. Kuinka tallennatte tulokset?
7. Minkälaisia viiterajoja käytätte kontrolleille?
8. Kuinka viiterajat on muodostettu?
9. Miten toimitte poikkeamatilanteissa?
10. Käyttämänne laitteisto (laitteiden merkit ja mallit)?
11. Lyhyt kuvaus kontrollien suorituksesta (puhalluksien määrä jne)?
12. Vapaata tekstiä
13. Yhteystiedot

Hei!

Lähetimme teille kyselyn kontrollien käytöstä spirometria- ja diffuusiokapasiteettitutkimuksissa. Jollette ole vielä vastanneet kyselyyn toivomme teidän vastaavan mahdollisimman pian, viimeistään tämän viikon loppuun mennessä (13.11.2009). Jos edellinen viesti on hukassa, niin tässä vielä linkki, josta kyselyyn pääsee vastaamaan: Kyselyyn

Suurkiitos kaikille kyselyyn vastanneille!

Ystävällisin terveisin,

bioanalytikko-opiskelijat Eevi Mertanen ja

Niina Leppälampi, Metropolia ammattikorkeakoulu, Helsinki

<i>Kaikki puhallutetaan samalla tavalla, mutta poikkeamat kirjataan vastaukseen.</i>
<i>Jos toistettavuus kriteerit eivät täyty, toinenkin hoitaja testaa laitteet. Tarvittaessa otetaan yhteyttä laitehuoltoon. Medikroja testattaessa tulee helposti väsymistä, koska laitteita on 5. Tällöin testaaja on 2. Molemmat testaavat 3 laitetta, joista yhden, ns. Vertailulaitteen testaa kumpikin hoitaja.</i>
<i>Vertailulaitteeksi valitaan kolmesta testatusta se laite jonka tulokset olivat lähinnä laitteiden keskiarvoa.</i>
<i>Tarkistetaan toisella kontrollihenkilöllä, selvitetään tarvittaessa</i>
<i>Tehdään kaikki kalibroinnit sekä biologinen puhallus.tarkistetaan Ilmanpaine ja lämpötila ja kaasun paine.</i>
<i>Toinen virtausanturi tai soitamme lääkintälaittehuoltoon</i>
<i>Ensin mietitään onko biologisen-kontrollin vointi normaali eli voiko olla siitä johtuva poikkeama. Otetaan yhteyttä laitetoimittajan huoltoon, onko neuvoja. Poikkeama kirjataan ylös poikkeama kansioon.</i>
<i>Uusitaa kontrollipuhallus, uusitaan koneen kalib. Tarkastus, otetaan yhteyttä tukeen</i>
<i>Ei ole vielä tullut eteen.</i>
<i>Jos merkitsevä muutos verrattuna edelliseen tutkimukseen/toiseen laitteeseen tai trendeissä näkyy</i>
<i>Tulostason "valumista" ylös tai alaspäin ylilääkäri antaa ohjeet miten toimitaan ensimmäiseksi Toistetaan tutkimus seuraavana päivänä</i>
<i>Suoritetaan biologinen kontrolli kaikille jotka sitä tekevät, tarkistetaan laitteen asetukset/mahd.tekniset</i>
<i>Viat ja suoritetaan kalibrointi. Tarvittaessa otetaan yhteyttä huoltoon.</i>
<i>Jos keuhkofunktiolaitteiden välillä on liian suuria eroja vaihdamme virtausanturin, kalibroimme Sen ja teemme uudet puhallukset. Tarvittaessa otamme yhteyttä fyysikkoon</i>
<i>Toimimme aina samalla tavalla</i>
<i>Ilmoitus ylilääkärille. -Katsotaan mitä voidaan tilanteessa tehdä, mistä vika voi johtua. -Laitte käyttökielossa kunnes kunnossa. Ilmoitus laitteen vastuuhoidajalle</i>
<i>Ilmoitus lääkintälaittehuoltoon -Mahdollinen korjaus => isomman vian tai rikkoutumisen yhteydessä</i>
<i>Yhteys laitevalmistajaan ja mahdollinen huolto laitevalmistajalla.</i>
<i>Jos syys ei tiedossa, kalibrointipumpun tiiviyn tarkistus ym huoltotoimet.</i>
<i>Mikäli kontrollipuhallukset poikkeavat aikaisemmista tuloksista, tarkistetaan että asetukset (ilmanpaine, lämpötila ja ilmankosteus) ovat oikein ja tehdään kalibroinnin tarkistus uudelleen. Tarvittaessa toinen hoitaja suorittaa oman puhalluksensa ja sitä verrataan aikaisempiin. Mikäli nämä toimenpiteet eivät auta, otetaan yhteys laitevalmistajaan.</i>





Hyvinkään sairaala

Nimi: **Kontrolli,**

HETU:

Ikä: 58

Pituus: 169

Paino: 62.0

Sukupuoli: Female

Tupakointi:

Lääkitys:

Päiväys: 04/06/10

Klo: 12:34

Suorittaja: N. Leppälampi

Hb: mmol/L

Viitearvot: KLNW<17>Viljanen

Osasto: HKEUP

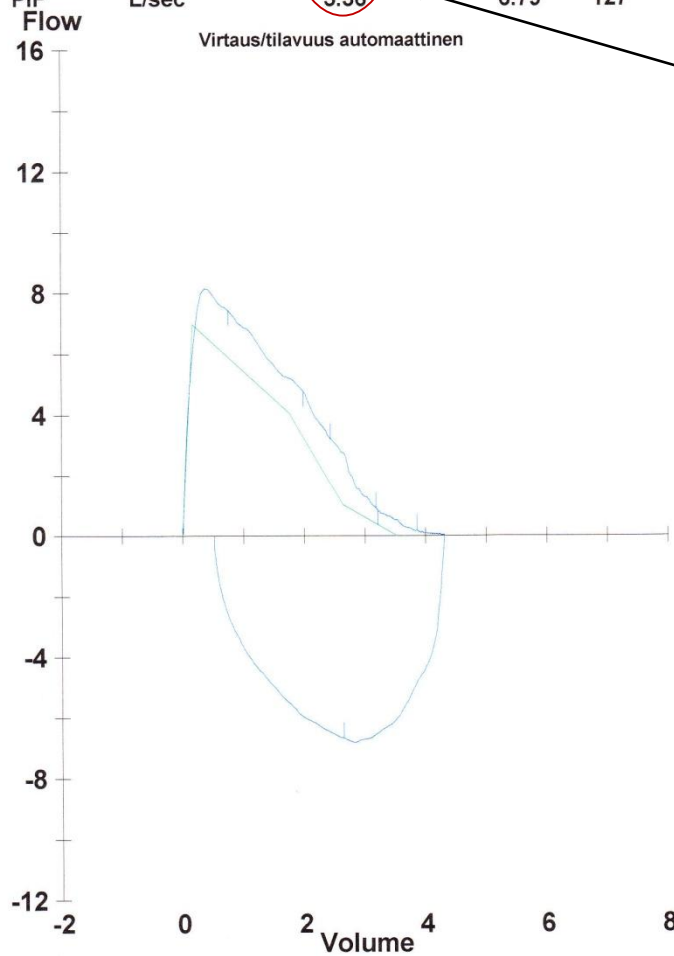
Vmax Encore 22D



Spirometria

		Ref	Meas	%Ref
VC	Liters	3.74	4.32	115
FVC	Liters	3.52	4.32	122
FEV1	Liters	2.83	3.21	114
FEV1/FVC	%	80	74	93
FEV1/SVC	%	78	74	
PEF	L/sec	6.96	8.17	117
FEF50%	L/sec	4.06	4.15	102
FEF25-75%	L/sec		2.44	
PIF	L/sec	5.36	6.79	127

Meas = Puhallustulokset
 %Ref = Puhallustulokset prosentteina viitearvosta



Iän, pituuden ja sukupuolen mukaan laskettu viitearvo

Kommentit:

Pikaohje biologisen kontrollin suorittamiseen

Kontrollipuhallukset tulisi suorittaa aina samaan vuorokaudenaikaan kuin edellisellä kerralla kyseisellä laitteella.

Jos et ole aiemmin puhaltanut kyseisellä laitteella, luo itsellesi profiili samoin kuin potilaalle, esim. Kontrolli, Malli, 100963-1234 (loppuosan tulee olla 1234, jotta kontrollipuhallus ei sekaannu potilastutkimukseen jos joudut joskus potilaana tutkimuksiin). Kirjoita tunnus itsellesi muistiin -> samaa tunnusta sinun tulee aina käyttää kaikilla koneilla.

- 1) Suorita kaksi (2) hidasta vitaalikapasiteettipuhallusta (VC)
- 2) Sitten puhalla kolme (3) onnistunutta spirometriapuhallusta
- 3) Valitse niistä paras, kuten potilastutkimuksessakin
- 4) Tulosta spirometriatulos paperille
- 5) Syötä tulokset Excel-pohjaan (ks. erillinen Excel-ohje)

Pikaohje tavoitearvojen luomiseen

➡ Tavoitearvojen luomiseksi tulee suorittaa kaksi (2) hidasta vitaalikapasiteettipuhallusta ja kolme (3) hyvää spirometriapuhallusta vähintään kymmenenä (10) päivänä per laite.

➡ Puhallukset tulee suorittaa aina mielellään samaan aikaan päivästä.

➡ Jos olet sairaana (esim. flunssa) tulee puhalluksissa pitää mielellään vähintään kahden viikon tauko.

➡ Käytä jokaisella laitteella tarkoitusta varten luotua profiilia, esim. Kontrolli Malli, 100963-1234.

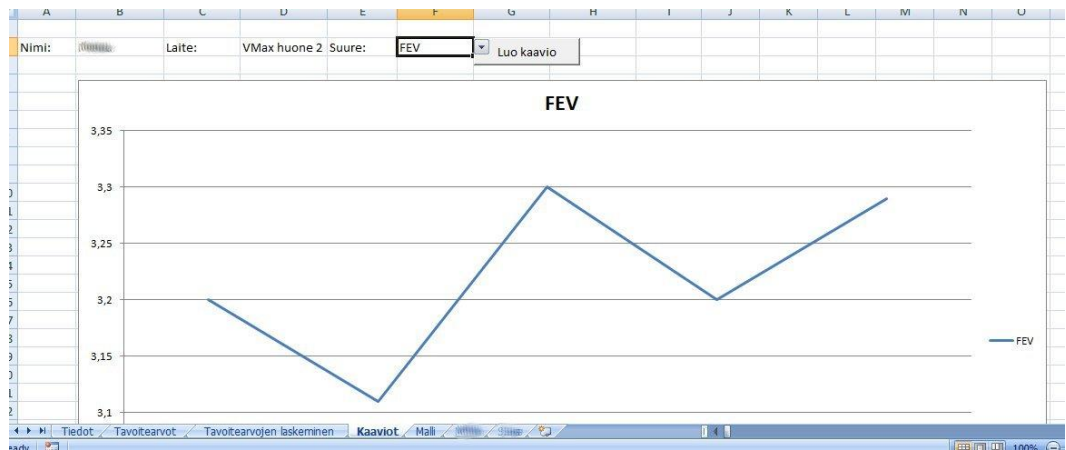
➡ Tulosta paras tulos paperiversiona ja kerää kaikki tulokset talteen tavoitearvojen laskemista varten

➔ jokaisen laitteen tulokset omaan nippuun

➡ Kun kaikki tulokset ovat kasassa, syötetään tulokset Excel-pohjaan (ks. *Excel-ohje*).

Excel-pohjan kaavioiden käyttäminen

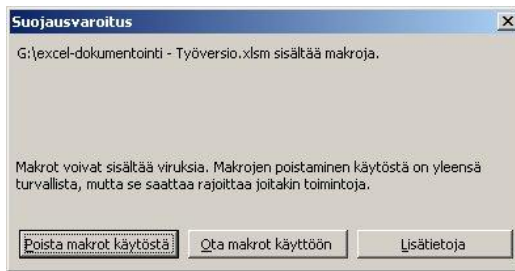
- 1) Avaa Excel-pohja ja ohjelman kysyessä, salli makrojen käyttäminen
- 2) Klikkaa alareunasta välilehteä "Kaaviot"
- 3) Välilehdellä on aina näkyvissä edellinen luotu kaavio
- 4) Valitse alasvetovalikoista nimi, laite ja haluttu suure (alasvetovalikot aukeavat klikkaamalla ruutua, joissa lukee edellinen nimi, laite tai suure)
- 5) Paina "Luo kaavio"
- 6) Kaaviossa näkyy aina 30 viimeisimmän puhalluksen tulokset



HUOM! Kaavioihin on käytettävissä kolmenkymmenen edellisen jokaisen henkilön, jokaisella laitteella tekemät puhallustulokset. Kaavioita kannattaa tulostaa, jos haluaa säilyttää vanhemmista tuloksista tehtyjä kaavioita.

Kontrollitulosten syöttäminen Excel-pohjaan

- 1) Avaa Excel-pohja, jotta pohja toimisi oikein, sinun tulee ottaa makrot käyttöön



- 2) Pohjan avauduttua, varmista sivun alareunasta, että olet välilehdellä "Tiedot" (välilehteä voit vaihtaa klikkaamalla välilehteä alareunassa)



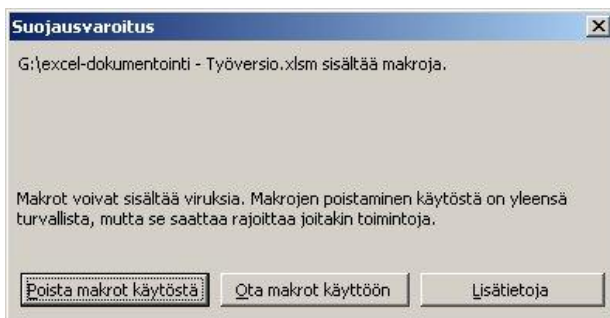
- 3) Valitse "Nimi" -riviltä alasvetovalikosta oma nimesi (alaszvetovalikko aukeaa, kun klikkaat ruutua, jossa on valmiiksi jonkun nimi)
- 4) Tarkista, että päivämäärä on oikein ja lisää kontrollipuhalluksen kellonaika
- 5) Valitse käyttämäsi laite alasvetovalikosta (eli missä huoneessa puhalsit)
- 6) Syötä kontrollipuhalluksen tulokset vaaleansiniselle alueelle, jokainen suure omalle rivilleen
- 7) Paina "Tallenna" -painiketta

	B	C	D	E	F	G	H
		Nimi					
		Pvm		4.10.2010			
		Kellonaika (esim. 13:30)					
		Laite:	Jaeger huone 4	TAVOITEARVOT			
	Yksikkö	Suure	Kontrollipuhallus	Keskiarvo	Vaihteluväli	Poikkeama	Poikkeama %
	I	VC		4,16	4,06 - 4,26	0,00	0,00
	I	FVC		4,07	3,97 - 4,17	0,00	0,00
	I	FEV1		3,19	3,11 - 3,27	0,00	0,00
	I/s	PEF		7,59	7,4 - 7,78	0,00	0,00
	I/s	MEF50		3,45	3,36 - 3,54	0,00	0,00
	I/s	PIF		6,26	6,1 - 6,42	0,00	0,00
						Tyhjennä	Tallenna

- 8) Tavoitearvojen ulkopuolelle menevät arvot näkyvät punaisella "poikkeama"-sarakeessa, muuten sarake pysyy vihreänä.

Uuden kontrollipuhaltajan lisääminen Excel-pohjaan

- 1) Avaa Excel-pohja
- 2) Ohjelmaa avatessa ruudulle ilmestyy suojausvaroitusta makrojen käyttöönotosta. Paina "Ota makrot käyttöön", jos makrot poistetaan käytöstä, ohjelma ei voi toimia oikein.



- 3) Mene alareunan välilehtipalkista välilehdelle "Tavoitearvojen laskeminen".



Tälle välilehdelle syötetään kymmeneltä päivältä kerätyt kontrollipuhallustulokset. Syötä yhden laitteen, jokaisen päivän puhallustulokset kerralla. Kun yhden laitteen kaikki tulokset on syötetty, "Keskiarvo" - ja "Vaihteluväli" -riveillä näkyvät arvot tulee kirjata ylös paperille (muista merkitä eri laitteiden tulokset erikseen).

Tämän jälkeen voi painaa "Tyhjennä" ja syöttää seuraavan laitteen jokaisen päivän puhallustulokset.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2		Tavoitearvojen laskeminen								
3										
4		VC	FVC	FEV ₁	PEF	MEF ₅₀	PIF			
5	Päivä 1									
6	Päivä 2									
7	Päivä 3									
8	Päivä 4									
9	Päivä 5									
10	Päivä 6									
11	Päivä 7									
12	Päivä 8									
13	Päivä 9									
14	Päivä 10									
15										
16	Keskiarvo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00			
17	Vaihteluväli	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00	0,00 - 0,00			
18										

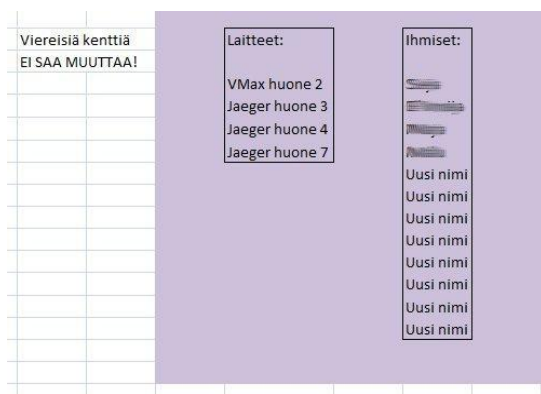
Tyhjennä

- 4) Kun kaikille puhallustuloksille on laskettu keskiarvot ja vaihteluvälit ja tulokset on kirjattu ylös, valitaan välilehtipalkista välilehti "Tavoitearvot". Tälle välilehdelle syötetään ylöskirjatut tavoitearvot jokaiselle laitteelle erikseen. Tavoitearvot tulee kirjata täsmälleen samalla tavalla ja samassa järjestyksessä, kuin ylempänä olevat tavoitearvot on kirjattu. Nimisarakkeeseen oma nimi, laitesarakkeeseen laitteen nimi, samalla tavoin kirjoitettuna kuin aiemmatkin. Laitteen perään samalla riville tulee kirjoittaa ylöskirjatut suureiden keskiarvot, kukin omaan sarakkeeseen (suuret näkyvät yläreunasta).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Nimi	Laite	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF	
8		Jaeger huone 7	4,15	4,05	3,25	7,69	3,60	6,33	
9		Jaeger huone 4	4,16	4,07	3,19	7,59	3,45	6,26	
10		Jaeger huone 3	4,24	4,35	3,40	8,09	3,71	6,44	
11		VMax huone 2	4,33	4,23	3,26	7,90	4,03	6,34	
12		Jaeger huone 7	3,13	2,73	2,35	7,87	2,44	6,51	
13		Jaeger huone 4	3,04	2,58	2,15	6,97	2,89	5,81	
14		Jaeger huone 3	2,97	2,92	2,40	8,77	3,00	6,09	
15		VMax huone 2	2,96	2,79	2,26	8,31	3,89	5,65	
16		Jaeger huone 7	4,41	4,04	3,09	6,91	4,49	5,35	
17		Jaeger huone 4	4,32	4,22	3,05	6,61	2,65	5,55	
18		Jaeger huone 3	4,28	4,19	3,12	7,34	3,02	5,60	
19		VMax huone 2	4,38	4,30	3,00	7,09	2,95	5,29	
20		Jaeger huone 7	4,04	3,99	3,22	8,11	3,89	7,35	
21		Jaeger huone 4	4,18	4,37	3,19	7,95	3,95	7,19	
22		Jaeger huone 3	3,88	4,27	3,31	8,38	3,87	7,56	
23		VMax huone 2	4,27	4,26	3,21	8,18	4,04	7,09	

- 5) Kun tavoitearvot on kirjattu "Tavoitearvot" -välilehdelle, valitaan välilehtipalkista "Tiedot" -välilehti. Tälle välilehdelle lisätään uusi kontrollipuhaltaja alavetovalikkoon menemällä koko ruudukon oikeaan reunaan (esim. painamalla ctrl + ->). Oikeassa reunassa on harmaa alue, jonka vieressä lukee "Viereisiä kenttiä ei saa muuttaa!" (ks. alla oleva kuva). Tämä ohje on siksi, että kukaan ei vahingossa muuta alueen tietoja. Harmaassa laatikossa on sarake, jonka ylimmäisenä lukee "Ihmiset:", tässä laatikossa on kontrollipuhaltajien nimet ja niiden alla ruutuja, joissa lukee "Uusi nimi". Uusi kontrollipuhaltaja lisätään klikkaamalla ensimmäistä vapaata ruutua, jossa lukee "Uusi nimi" ja kirjoittamalla siihen uuden kontrollipuhaltajan etunimi. Kun nimi on lisätty tänne, se näkyy myös alavetovalikossa.

Tähän harmaaseen kenttään EI saa tehdä muita muutoksia!



- 6) Nyt uudella kontrollipuhaltajalla on tavoitearvot kirjattuna Excel-pohjaan ja nimi löytyy alavetovalikosta (1). Kun uusi kontrollipuhaltaja ensimmäisen kerran syöttää "Tiedot" -välilehdellä kontrollipuhalluksen tulokset, ohjelma luo automaattisesti hänelle oman, nimikoidun välilehden välilehtipalkkiin (2), jonne tallentuvat kaikki tämän henkilön kontrollipuhallustulokset.

Laite: Jaeger huone 4		TAVOITEARVOT		Poikkeama	Poikkeama %	
Yksikkö	Suure	Kontrollipuhallus	Keskiarvo	Vaihteluväli		
I	VC		4,16	4,06 - 4,26	0,00	0,00
I	FVC		4,07	3,97 - 4,17	0,00	0,00
I	FEV1		3,19	3,11 - 3,27	0,00	0,00
l/s	PEF		7,59	7,4 - 7,78	0,00	0,00
l/s	MEF50		3,45	3,36 - 3,54	0,00	0,00
l/s	PIF		6,26	6,1 - 6,42	0,00	0,00

- 7) Kun suljet Excel-pohjan, ohjelma kysyy sinulta haluatko tallentaa tekemäsi muutokset. Valitse "Tallenna".

Kontrollihenkilö 2.	Huone 7.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	3,21	2,88	2,51	8,75	2,89	6,65
2	3,08	2,90	2,50	8,71	2,83	6,74
3	3,13	2,99	2,58	8,06	2,83	6,44
4	3,08	2,84	2,46	7,50	2,81	6,41
5	3,02	2,91	2,46	7,92	2,89	6,79
6	3,18	2,54	2,18	7,87	1,95	6,33
7	3,31	2,57	2,22	7,87	1,89	6,69
8	3,16	2,50	2,14	7,47	1,89	6,27
9	3,09	2,50	2,17	7,51	2,20	6,50
10	3,03	2,70	2,25	7,01	2,26	6,13
Keskiarvo	3,13	2,73	2,35	7,87	2,44	6,51
Tavoiterajat	3,05-3,21	2,66-2,80	2,29-2,41	7,67-8,06	2,38-2,50	6,35-6,67

Kontrollihenkilö 2.	Huone 4.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	3,03	2,87	2,41	7,58	2,97	5,82
2	3,00	2,54	2,11	6,90	2,97	6,15
3	2,97	2,52	2,12	6,65	2,83	5,74
4	3,14	2,47	2,11	6,32	2,88	5,80
5	3,02	2,76	2,28	7,64	2,86	5,62
6	3,12	2,66	2,19	7,54	2,79	5,99
7	3,13	2,65	2,15	6,98	2,75	6,14
8	2,99	2,57	2,21	7,92	2,90	5,61
9	2,99	2,44	2,04	6,07	3,30	5,94
10	2,96	2,36	1,95	6,08	2,60	5,27
Keskiarvo	3,04	2,58	2,15	6,97	2,89	5,81
Tavoiterajat	2,96-3,11	2,52-2,65	2,09-2,20	6,79-7,14	2,81-2,96	5,66-5,95

Kontrollihenkilö 2.	Huone 3.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	3,05	3,14	2,55	9,07	2,84	6,79
2	3,03	3,02	2,47	9,24	3,09	6,41
3	2,82	3,21	2,51	9,27	2,77	6,14
4	2,92	2,89	2,37	9,11	3,10	6,04
5	3,01	2,87	2,47	3,02	3,45	6,05
6	3,97	3,07	2,47	9,25	2,80	5,79
7	2,99	2,68	2,27	8,75	3,20	6,37
8	2,88	2,81	2,30	7,94	2,81	5,56
9	3,04	2,96	2,47	8,80	3,11	6,06
10	2,96	2,55	2,07	7,26	2,79	5,65
Keskiarvo	2,97	2,92	2,40	8,77	3,00	6,09
Tavoiterajat	2,89-3,04	2,85-2,99	2,34-2,45	8,55-8,99	2,92-3,07	5,93-6,24

KONTROLLIHENKILÖIDEN 2, 3 JA 4 KONTROLLIPUHALLUSTEN
TULOKSET JA TAVOITERAJAT

Liite 12.
(2/4)

Kontrollihenkilö 2.	Huone 2.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	3,04	3,02	2,43	9,11	3,60	5,55
2	3,07	2,87	2,34	8,99	3,91	6,16
3	2,95	2,86	2,41	8,90	5,37	5,68
4	2,90	2,80	2,33	8,28	4,41	5,19
5	2,92	2,75	2,20	8,03	3,49	5,52
6	3,04	2,70	2,20	8,18	4,03	5,92
7	2,88	2,68	2,07	8,10	3,06	5,80
8	2,98	2,83	2,27	8,21	3,70	5,63
9	2,89	2,65	2,15	7,36	3,52	5,54
10	2,96	2,72	2,20	7,97	3,80	5,53
Keskiarvo	2,96	2,79	2,26	8,31	3,89	5,65
Tavoiterajat	2,89-3,04	2,72-2,86	2,20-2,32	8,11-8,52	3,79-3,99	5,51-5,79

Kontrollihenkilö 3.	Huone 7.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	3,90	3,85	3,14	8,04	4,06	7,35
2	4,02	3,99	3,24	8,00	3,95	7,63
3	3,97	3,97	3,20	8,11	4,11	7,40
4	4,02	3,99	3,23	7,90	4,08	6,98
5	3,95	4,14	3,20	8,03	3,55	7,55
6	4,15	3,90	3,12	8,13	3,47	7,48
7	4,15	4,03	3,27	8,38	3,86	7,07
8	4,11	4,02	3,32	8,41	3,70	7,31
9	4,03	4,02	3,25	8,03	4,01	7,22
10	4,11	4,03	3,25	8,04	4,09	7,54
Keskiarvo	4,04	3,99	3,22	8,11	3,89	7,35
Tavoiterajat	3,94-4,14	3,89-4,09	3,14-3,30	7,90-8,31	3,79-3,99	7,17-7,54

Kontrollihenkilö 3.	Huone 4.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,05	3,89	3,17	7,74	4,33	7,35
2	4,22	4,05	3,23	8,05	3,97	7,41
3	4,29	4,08	3,21	8,07	3,87	7,34
4	4,18	3,99	3,16	7,97	3,92	7,06
5	3,99	3,94	3,05	7,66	3,89	7,88
6	4,32	4,25	3,20	8,04	3,58	7,18
7	4,39	4,11	3,23	8,45	4,19	7,26
8	4,04	4,17	3,25	7,71	3,73	6,94
9	4,23	4,13	3,24	7,92	3,74	6,72
10	4,08	4,07	3,18	7,92	4,29	6,77
Keskiarvo	4,18	4,37	3,19	7,95	3,95	7,19
Tavoiterajat	4,07-4,28	4,26-4,48	3,11-3,27	7,75-8,15	3,85-4,05	7,01-7,37

Kontrollihenkilö 3.	Huone 3.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	3,90	4,21	3,30	8,19	3,91	7,89
2	3,87	4,26	3,26	8,26	3,47	7,16
3	3,66	4,37	3,30	7,70	3,91	7,26
4	3,68	4,24	3,39	8,58	4,17	7,69
5	3,86	4,17	3,33	8,13	4,30	7,28
6	3,94	4,33	3,30	8,62	3,60	7,56
7	3,77	4,11	3,17	8,34	3,43	7,43
8	4,03	4,34	3,34	8,64	3,60	7,64
9	4,00	4,30	3,40	8,40	4,46	7,66
10	4,09	4,36	3,35	8,59	3,86	7,99
Keskiarvo	3,88	4,27	3,31	8,35	3,87	7,56
Tavoiterajat	3,78-3,98	4,16-4,38	3,23-3,40	8,14-8,55	3,77-3,97	7,37-7,74

Kontrollihenkilö 3.	Huone 2.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,27	4,27	3,25	8,28	3,74	7,35
2	4,28	4,28	3,24	8,31	4,13	7,17
3	4,32	4,32	3,21	8,17	4,15	6,79
4	4,28	4,18	3,13	8,12	3,80	7,41
5	4,41	4,41	3,27	8,29	3,69	6,81
6	4,25	4,25	3,28	8,37	4,52	6,86
7	4,19	4,17	3,17	7,87	4,44	7,68
8	4,25	4,25	3,26	8,40	4,16	7,31
9	4,17	4,17	3,15	7,69	4,31	6,71
10	4,28	4,28	3,14	8,34	3,42	6,77
Keskiarvo	4,27	4,26	3,21	8,18	4,04	7,09
Tavoiterajat	4,16-4,38	4,15-4,37	3,13-3,29	7,98-8,38	3,94-4,14	6,91-7,27

Kontrollihenkilö 4.	Huone 7.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,28	4,03	3,14	7,04	2,94	4,53
2	4,07	4,18	3,02	6,69	2,76	5,14
3	4,33	4,11	3,12	6,86	2,71	6,06
4	4,32	3,85	3,02	6,77	2,57	5,58
5	4,42	3,82	2,89	6,91	2,07	5,57
6	4,48	4,11	3,12	6,71	2,74	5,61
7	4,39	4,00	3,23	6,93	3,02	4,89
8	4,66	4,09	3,14	7,19	2,45	5,33
9	4,65	4,10	3,14	6,88	2,54	5,01
10	4,49	4,10	3,12	7,09	2,46	5,81
Keskiarvo	4,41	4,04	3,09	6,91	4,49	5,35
Tavoiterajat	4,30-4,52	3,94-4,14	3,02-3,17	6,73-7,08	4,38-4,60	5,22-5,49

Kontrollihenkilö 4.	Huone 4.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,00	4,12	3,05	6,41	2,92	4,61
2	4,08	4,33	3,11	6,82	2,72	5,36
3	4,21	4,20	3,05	6,97	2,68	5,65
4	4,40	4,24	3,12	6,47	2,83	6,30
5	4,21	4,15	2,92	6,44	2,45	5,65
6	4,36	4,27	3,05	6,79	2,60	5,62
7	4,39	4,14	3,04	6,71	2,64	5,48
8	4,55	4,32	3,14	6,68	2,74	5,98
9	4,57	4,27	3,00	6,41	2,36	5,22
10	4,47	4,18	2,98	6,42	2,55	5,66
Keskiarvo	4,32	4,22	3,05	6,61	2,65	5,55
Tavoiterajat	4,22-4,43	4,12-4,33	2,97-3,12	6,45-6,78	2,58-2,72	5,41-5,69

Kontrollihenkilö 4.	Huone 3.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,02	4,31	3,27	7,34	3,19	5,97
2	3,94	4,21	3,18	7,14	3,48	5,34
3	4,10	4,14	3,10	7,37	3,17	4,75
4	4,13	4,18	3,18	6,66	3,39	5,35
5	4,38	4,31	3,11	7,35	2,71	6,33
6	4,34	3,80	2,75	7,51	2,50	4,84
7	4,28	4,14	3,04	7,36	2,99	5,59
8	4,45	4,32	3,27	7,50	3,27	5,99
9	4,59	4,33	3,22	7,54	2,88	6,14
10	4,56	4,20	3,09	7,63	2,62	5,67
Keskiarvo	4,28	4,19	3,12	7,34	3,02	5,60
Tavoiterajat	4,17-4,39	4,09-4,30	3,04-3,20	7,16-7,52	2,94-3,10	5,46-5,74

Kontrollihenkilö 4.	Huone 2.					
Päivä	VC	FVC	FEV1	PEF	MEF50	PIF
1	4,34	4,24	2,96	6,81	2,71	5,78
2	4,42	4,16	2,80	7,28	2,34	5,32
3	4,43	4,38	3,05	6,93	2,83	5,47
4	4,49	4,34	3,10	7,43	2,98	6,01
5	4,35	4,27	2,94	7,28	2,76	5,24
6	4,43	4,37	3,04	7,37	3,03	5,14
7	4,19	4,18	2,93	6,96	3,04	5,14
8	4,25	4,25	2,95	7,19	2,76	5,71
9	4,44	4,41	2,98	6,70	2,78	4,39
10	4,44	4,43	3,24	6,46	4,24	4,66
Keskiarvo	4,38	4,30	3,00	7,09	2,95	5,29
Tavoiterajat	4,27-4,49	4,20-4,41	2,92-3,07	6,92-7,27	2,87-3,02	5,15-5,42