

Opinnäytetyö (AMK)
Bioanalytiikan koulutusohjelma
Kliininen fysiologia
2014

Sara Anttila & Merina Eronen

SPIROMETRIA- OPPIMATERIAALI BIOANALYYTIKKO- OPISKELIJOILLE



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bioanalytiikan koulutusohjelma | Kliininen fysiologia

Opinnäytetyön valmistumisajankohta 24.04.2014 | Sivumäärä 71

Hanna-Maarit Riski

Sara Anttila, Merina Eronen

SPIROMETRIA-OPPIMATERIAALI BIOANALYYTIKKO-OPISKELIJOILLE

Spirometriatutkimus on kliinisen fysiologian tutkimus. Spirometriatutkimuksen osa-alueita ovat potilaan esivalmistelu, spirometria puhallutus, bronkodilaatiokoe, tulosten valinta tulostukseen ja tulosten tulkinta. Spirometriatutkimuksen osa-alueiden ja itse tutkimuksen teko on hallittava, jotta saadaan luotettavia tuloksia. Spirometriaoppimateriaali tehtiin, jotta bioanalyttikko-opiskelijat tulevat hallitsemaan spirometriatutkimuksen luotettavasti.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ja koota spirometria-oppimateriaalia bioanalyttikko-opiskelijoille. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa oppimateriaali, joka otetaan tulevaisuudessa bioanalyttikko-opiskelijoiden käyttöön, ja näin helpottaa heidän oppimistaan. Tämä oppimateriaali on sähköinen spirometria-oppimateriaali, joka on tarkoitettu bioanalyttikko-opiskelijoille.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin keräämällä ensin luotettavia lähteitä, jonka jälkeen ryhdyttiin kokoamaan oppimateriaalia. Oppimateriaalin sisällön on hyväksynyt asiantuntijana toimiva ohjaava opettaja.

ASIASANAT:

Oppimateriaali, spirometriatutkimus

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biomedical laboratory science | Clinical physiology

24.04.2014 | Total number of pages 71

Hanna-Maarit Riski

Sara Anttila, Merina Eronen

EDUCATIONAL MATERIAL ABOUT SPIROMETRY FOR BIOMEDICAL LABORATORY SCIENTIST STUDENTS

Spirometry examination is clinical physiology research. Spirometry examination areas are patient preparing, spirometry blows, bronchodilator test, results selection for printing and reading of the results. Spirometry examination areas and the examination itself must be in good control in order to obtain reliable results. Educational material about spirometry was made so that biomedical laboratory scientist students will be able to do spirometry examination reliably.

The purpose of this bachelor's thesis was made and collect educational material about spirometry for biomedical laboratory scientist students. The aim of this bachelor's thesis was to produce educational material that biomedical laboratory scientist students can use in the future and so easier their learning. This educational material is digital spirometry educational material which is made for biomedical laboratory scientist students.

This bachelors' thesis was carried out by collecting first reliable sources and after that began produce educational material. The educational material's content has been approved by an supervising teacher.

KEYWORDS:

Educational material, spirometry examination

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 SPIROMETRIATUTKIMUS JA OPPIMATERIAALI	7
2.1 Oppimateriaali	7
2.2 Kliininen fysiologia	7
2.3 Spirometriatutkimus	8
2.4 Spirometriatutkimuksessa tarkasteltavat suureet	10
2.5 Hidas ja nopea vitaalikapasiteetti	11
2.6 Esivalmisteluohjeet	12
2.7 Yksittäisen puhalluksen hyväksymiskriteerit	13
2.8 Tulosten toistettavuuskriteerit	13
2.9 Spirometriatutkimuksen virhelähteet	15
3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSTEHTÄVÄ	16
4 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS	18
4.1 Opinnäytetyön toteutus	18
4.2 Opinnäytetyön metologiset lähtökohdat	19
4.3 Opinnäytetyön eettiset lähtökohdat	20
5 OPINNÄYTETYÖN TUOTOKSEN TARKASTELU	21
6 POHDINTA	23
LÄHTEET	25

LIITTEET

Liite 1. Spirometria-oppimateriaali bioanalyttikko-opiskelijoille.

KUVAT

Kuva 1. Virtaus-tilavuusspirometrikäyrä,	8
Kuva 2. Opinnäytetyön toteutuksen aikajana.	19

TAULUKOT

Taulukko 1. Spirometria suureet.	10
Taulukko 2. Tulosten toistettavuuskriteerit	15

1 JOHDANTO

Spirometriatutkimuksen tarkoituksena on selvittää potilaan keuhkojen tilavuutta sekä ilman virtausta hengitysteissä. Spirometriatutkimus mittaa keuhkojen tilavuutta, tilavuuden muutoksia, keuhkojen tuuletuskykyä, sekä puhallusten maksimaalista ilmavirtausnopeutta. (Laakso, 2012, Laitinen ym. 2000, 22.)

Nykyään spirometriatutkimukset toteutetaan perusterveydenhuollossa. Spirometriatutkimusten laatu on Suomessa keskimäärin erittäin hyvää, mutta laadun ylläpitämiseksi tulee henkilökuntaa kouluttaa säännöllisesti sekä suorittaa spirometriatutkimusten laaduntarkkailua. (Pietinalho ym. 2010.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa spirometria-oppimateriaalia Turun ammattikorkeakoulun bioanalytiikko-opiskelijoille erityisesti klinisen fysiologian opintojakson spirometria-osioon. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa oppimateriaalia, jonka voi ottaa tulevaisuudessa opiskelijoiden käyttöön ja näin helpottaa heidän oppimista. Opinnäytetyö toteutetaan metodologialtaan toiminnallisen opinnäytetyön tapaan.

Aihe valittiin, koska koettiin, että opettajan materiaalien lisäksi opiskelijoille ei ollut tarjolla oppimateriaalia, joka olisi suunnattu opiskelijoille, vaan olemassa olevat artikkelit ja kirjat ovat enemmän suunnattu asiantuntijoille. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös parantaa opiskelijoiden tietoisuutta spirometriatutkimuksen alueelta. Materiaalista haluttiin tehdä ammatillinen, kiinnostava, innoittava ja ennen kaikkea selkeä kokonaisuus.

2 SPIROMETRIATUTKIMUS JA OPPIMATERIAALI

1.1 Oppimateriaali

Muutaman viimeisen vuosikymmenen aikana nopeasti kehittynyt viestintä- ja tietotekniikka on vaikuttanut ja muuttanut perinteisiä opetus-oppimistilanteisiin liittyviä teorioita sekä käsitteidenmäärittelyjä. Oppimateriaali-käsite on laajentunut huomattavasti, sillä on hyvin vaikeaa määrittellä, mikä osa kaikesta saatavilla olevasta informaatiosta on oppimateriaalia. Tämän lisäksi on hyvin vaikeaa rajata suurta kirjoa erilaisia opetuksen ja oppimisen apuvälineitä oppimateriaalikäsitteen ulkopuolelle. Erilaisia oppimateriaaleja on suuri kirjo aina oppikirjasta erilaisiin media lähteisiin. Käsitteen oppimateriaali voi siis määrittellä hyvin monen eri tapaan. (Vainionpää, 2006.)

Lyhyesti tiivistettynä voidaan sanoa, että oppimateriaali on oppiainesta sisältävä tietolähde. Käsitteellä oppimateriaali tarkoitetaan usein johonkin materiaan liitettyä oppiainesta, jonka tulisi välittyä oppilaille siten, että se synnyttäisi heissä myönteisiä oppimiskokemuksia. Näiden kokemusten seurauksena tulisi syntyä pysyviä tietojen ja taitojen muutoksia oppijassa. (Uusikylä & Atjonen 2000, 140–141.)

1.2 Kliininen fysiologia

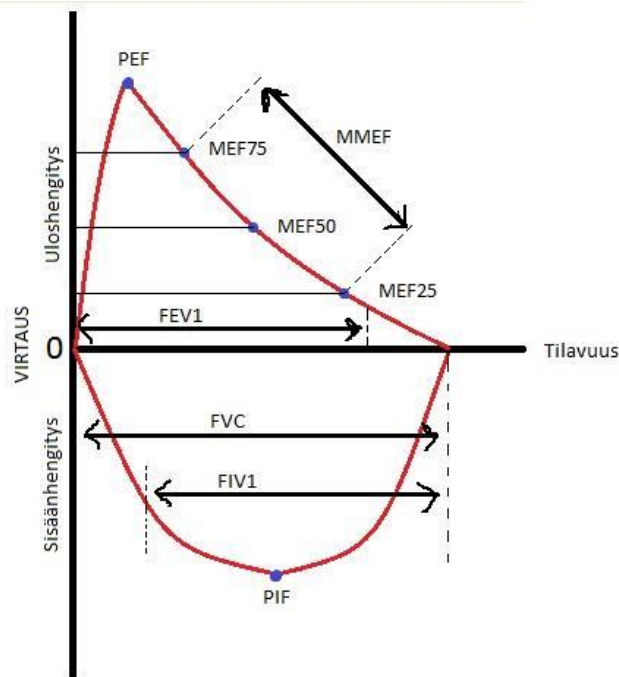
Kliininen fysiologia sisältää kliinifysiologisia tutkimuksia, esimerkiksi paineen, virtauksen ja sähköisen toiminnan mittauksia, joilla selvitetään potilaan elintointoja, ne perustuvat lähes aina fysiologisesta ilmiöstä tehtäviin fysikaalisiin mittauksiin, tulosten analysointiin ja niiden tulkintaan. Kliinisen fysiologian tutkimukset ovat potilaskohtaisia laboratoriotutkimuksia ja ne vaativat erityistä potilaan huomioimista, etenkin ohjauksessa. Ohjauksen tärkeys korostuu kliinifysiologisissa tutkimuksissa, joissa vaaditaan esivalmisteluja, esimerkiksi tutkimuksen vaatima erilainen vaatetus, muutokset normaalissa lääkityksessä, ohjeistus ateriointiin ja nautintoaineiden käyttöön. Kliinisen fysiologian viitearvot muodostuvat sukupuolen, iän, pituuden ja painon mukaan, tästä johtuen tutki-

mus tiloissa tulee aina olla välineet pituuden ja painon määrittämiseen. Spirometriatutkimus on yksi kliinisyfysiologisista tutkimuksista. (Vanninen & Länsimies 2003, 44; Korhonen yms. 2012, 12–13.)

1.3 Spirometriatutkimus

Spirometriatutkimuksissa käytetään nykyään valtaosin virtaus-tilavuusspirometriaa, joka on syrjäyttänyt aikaisemmin käytetyn tilavuus-aika spirometrian. Potilaan sisään ja uloshengittämän ilman tilavuutta ja virtausta mitataan spirometriatutkimuksessa. Tutkimuksella saadaan käsitys virtauksen tai tilavuuden poikkeavuuksista. (Piirilä 2013, 22–23.) Spirometriatutkimusta käytetään diagnoosin tekoon ja sen varmentamiseen, potilaan oireiden syyn selvittämiseen ja hoidon tehokkuuden arviointiin, toimenpidekelpoisuuden tai työkyvyn arviointiin (Sovijärvi, ym. 2012. 79.)

Virtaus-tilavuusrekisteröinti suoritetaan spirometrillä, joka on dynamiikaltaan herkkä ja jossa on virtausanturi. Samanaikaista virtaus-tilavuusrekisteröintiä varten laitteessa on oltava sisään rakennettu elektroniikka- ja tietojenkäsittelyjärjestelmä. (Sovijärvi ym. 2012, 84–85.)



Kuva 1. Virtaus-tilavuusspirometrikäyrä,

Puhalluskäyrästä (Kuva 1) voi seurata ulos- ja sisäänhengityksen aikana niiden virtausdynamiikkaa, käyrästä voidaan mitata myös ensimmäisen sekunnin aikana ulospuhalletun ilman määrä (FEV_1) ja nopea vitaalikapasiteetti (FVC). Suurten hengitysteiden läpimitta, keuhkojen kimmoisuus ja puhallukseen käytetty lihasvoima vaikuttavat seuraaviin suureisiin; PEF, eli uloshengityksen huippuvirtaukseen, MEF_{75} , eli virtaus, keuhkojen tilavuuden ollessa 75 % FVC:sta. Lihasvoiman merkitys vähenee kun noin 40 % keuhkojen tilavuudesta on puhallettu, tästä syystä esimerkiksi MEF_{50} ja MEF_{25} ovat enimmäkseen riippuvaisia keskiuurten ja pienten hengitysteiden läpimitasta, sekä keuhkojen kimmoisuudesta. (Sovijärvi ym. 2012, 84–85.)

Sisäänhengityksen parametrit on mitattava erikseen voimakkaina maksimaalisina sisäänvetoina, tämä siksi, että mitattavat suureet ovat riippuvaisia suurten hengitysteiden läpimitasta ja käytetystä lihasvoimasta. Mitattavat suureet ovat PIF eli sisäänhengityksen huippuvirtaus ja FIV_1 eli sisäänhengityksen sekuntikapasiteetti. Epäiltäessä estettä hengitysteissä, esimerkiksi kurkunpään tai henkitorven tasolla, on sisäänhengityksen dynamiikan mittaaminen erityisen merkityksellistä, sillä FIV_1 ja PIF pienenevät tällöin herkemmin kuin FEV_1 ja PEF. (Sovijärvi ym. 2012, 84–85.)

2.1 Spirometriatutkimuksessa tarkasteltavat suureet

Taulukko 1. Spirometria suureet.

Suure	Merkitys
VC	Vitaalikapasiteetti, vital capacity, on suurin ilmamäärä, jonka potilas pystyy hengittämään ulos mahdollisimman täydellisen sisäänhengityksen jälkeen.
FVC	Nopea vitalikapasiteetti, forced vital capacity, mitataan mahdollisimman nopean uloshengityksen avulla.
FEV ₁	Sekuntitilavuus, on uloshengityksen sekuntikapasiteetti, eli se ilmamäärä joka on puhallettavissa ulos sekunnissa.
FEV %	Prosenttinen sekuntitilavuus, timed vital capacity in one second, on sekuntitilavuuden (FEV ₁) prosenttiosuus vitalikapasiteetista (VC tai FVC). Kaavat: $FEV \% = FEV_1/VC \times 100$ tai $FEV \% = FEV_1/FVC \times 100$
PEF	Uloshengityksen huippuvirtaus, peak expiratory flow, on suurin ilman virtausnopeus voimakkaan uloshengityksen aikana.
MEF ₇₅	Uloshengityksen virtausnopeus, kun keuhkojen tilavuudesta on jäljellä vielä 75 %.
MEF ₅₀	Uloshengityksen virtausnopeus puolessavälissä.
MEF ₂₅	Uloshengityksen virtausnopeus, kun keuhkojen tilavuudesta on enää 25 % jäljellä.
MMEF	Uloshengityksen keskivaiheen virtaus, maximal midexpiratory flow, on nopean vitalikapasiteetin mittauksen yhteydessä määritetty uloshengityksen nopeus, kun mukaan lasketaan vitalikapasiteetin osa 25 %:sta 75 %:iin.
PIF	Sisäänhengityksen huippuvirtaus, peak inspiratory flow, on voimakkaan sisäänhengityksen aikana saatu suurin ilman virtausnopeus.
FIV ₁	Sisäänhengityksen sekuntitilavuus, forced inspiratory volume in one second, on ilmamäärä jonka potilas pystyy pitkän uloshengityksen jäl-

	keen hengittämään sisään ensimmäisen sekunnin aikana.
RV	Jäännöstilavuus, on se ilmamäärä joka jää hengityselimiin mahdollisimman voimakkaan uloshengityksen jälkeen.
TLC	Kokonaiskapasiteetti
EV	Ekstrapoloitu tilavuus, suure kertoo paljonko ilmaa pääsee karkaamaan ennen ulospuhallusta. Se kertoo siis kuinka paljon nopea ulospuhallus on myöhästynyt. (Riski 8.4.2014)
FET	Puhalluksen kesto eli puhallusaika. (Sovijärvi ym. 2011)

2.2 Hidas ja nopea vitaalikapasiteetti

VC:llä eli hitaalla vitaalikapasiteetilla tarkoitetaan sitä tilavuuseroa, joka saadaan normaalisti hengittäessä maksimaalisen uloshengityksen ja sisäänhengityksen erona. Hitaalla vitaalikapasiteetilla mitataan keuhkojen tilavuutta (Sovijärvi ym. 2012, 84.) VC voidaan mitata kolmella eri tavalla; inspiratorinen vitaalikapasiteetti (IVC), ekspiratorinen vitaalikapasiteetti (EVC) ja kaksivaiheinen vitaalikapasiteetti ($IC+ERV=VC$). Näistä kolmesta IVC on suositeltavin tapa, kun taas viimeisintä suositellaan vain jos potilas hengästyy nopeasti eikä kykene useisiin maksimaalisiin puhalluksiin peräkkäin. (Sovijärvi ym. 1994, 31. Wanger ym. 2005, 512.) VC-arvo kertoo obstruktiopotilaan keuhkojen koon paremmin kuin FVC, sillä osalla potilaista ilmatiet salpautuvat nopeassa ulospuhalluksessa, jolloin FVC arvo jää liian matalaksi. VC- tutkimuksen antamaa tietoa potilaan keuhkojen koosta käytetään tutkimuksen laadunvarmistuksessa. VC- tutkimus tehdään aina ennen FVC-tutkimusta. (GOLD 2007, 12–13; Riski 2.4. 2014.)

FVC:llä eli nopealla vitaalikapasiteetilla havainnollistetaan keuhkojen toiminnallista tilavuutta sekä hengityspalkeen liikkuvuutta. Nopealla vitaalikapasiteetilla tarkoitetaan siis keuhkojen maksimaalista uloshengitystilavuutta nopean uloshengityksen yhteydessä. (Ganong 2005, 651; Kinnula & Sovijärvi 2005, 233.)

2.3 Esivalmisteluohjeet

Potilaan saadessa lähetteen spirometriatutkimukseen, hänelle tulee antaa myös esivalmistelu ohjeet. Ohjeissa kerrotaan spirometriatutkimukseen vaikuttavista tekijöistä, joita ovat keuhkoputkistoon vaikuttava lääkitys, eräät nautintoaineet sekä raskas ateria ennen spirometriatutkimusta. Myös kylmän ilman hengittäminen ja fyysinen rasitus vaikuttavat spirometriatutkimukseen. (Sovijärvi ym. 2011.)

Tarkemmin eriteltyinä potilaan esivalmisteluohjeissa potilasta neuvotaan olemaan juomatta kahvia, teetä, kolajuomia sekä muita piristäviä juomia kaksi tuntia ennen spirometriatutkimusta. Potilaan tulee myös välttää raskasta ateriointia. Fyysistä rasitusta ja pakkasilman hengittämistä on varottava vähintään kaksi tuntia ennen spirometriatutkimusta. Tupakoimatta tulee olla ainakin neljä tuntia ennen puhallutusta ja alkoholituotteiden käyttö on kiellettyä ainakin vuorokauden ajan ennen spirometriatutkimusta. Potilaiden tulisi myös levätä laboratorion odotustiloissa vähintään 15 minuuttia ennen spirometriatutkimusta. (Sovijärvi ym. 2011.)

Spirometriatutkimukseen vaikuttavien lääkkeiden pois jättämisestä tai muusta sovelletusta lääkityksestä päättää hoitava lääkäri. Diagnostisissa spirometriatutkimuksissa jätetään lääkityksessä se lääke pois, joka vaikuttaa tutkittavaan ilmiöön. Esimerkiksi keuhkoputkia laajentavaa sympatomimeettisiä lääkkeitä ei saa ottaa ainakaan 12 tuntiin ennen astma tutkimusta. Spirometriatutkimuksien vuoksi pois jätettävien lääkkeiden käyttämättömyys ajat vaihtelevat neljästä viikosta 12 tuntiin. Steroidi pohjaisten lääkkeiden käyttökato on pisin 2-4 viikkoa. Spirometriatutkimuksissa joissa selvitetään työkykyisyyttä tai toimenpidekelppoisuutta arvioidaan, potilaat eivät keskeytä lääkitystään. (Sovijärvi ym. 2012.)

2.4 Yksittäisen puhalluksen hyväksymiskriteerit

- 1) Käyrässä ei saa olla artefakteja. Käyrässä ei saa näkyä siis merkkejä siitä, että tutkittavan kurkunpää olisi sulkeutunut kesken puhalluksen tai ilmaa olisi päässyt vuotamaan suupielistä. Suukappale ei myöskään saa olla ahtautunut esimerkiksi potilaan kielen tai sormen vuoksi. Virtausanturi ei saa olla likaantunut tai kostunut. Potilas ei saisi myöskään yskäistä puhalluksen ensimmäisen sekunnin aikana eikä MEF50:n tai MEF25:n kohdalla. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 2) Puhallus käyrän tulee olla yhtenäisesti etenevä eli puhallusvoiman tulee olla koko ajan maksimaalinen. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 3) Puhalluksen alun tulee olla riittävän nopea sekä voimakas. Virtaushuippu eli PEF tulee saavuttaa nopeasti ja käyrän huipun on oltava mahdollisimman terävä. Ekstrapoloidun tilavuuden eli EV:n tulee olla puhalluksen laskennallisessa aloituskohdassa eli uudessa nollakohdassa alle viisi prosenttia FVC:stä tai alle 150 millilitraa. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 4) Puhalluksen keston eli FET:n on oltava riittävän pitkä. Aikuisilla ja yli 10-vuotiailla lapsilla puhalluksen keston tulee olla vähintään kuusi sekuntia. Alle 10-vuotiailla lapsilla puhalluksen keston tulee olla vähintään kolme sekuntia. Puhalluksen hyväksymiseen vaaditaan myös, että puhalluksen lopussa tilavuus saa muuttua ainoastaan alle 25 millilitraa viimeisen sekunnin aikana. Puhallusaika (FET) tulee olla rekisteröitynä. (Sovijärvi ym. 2011.)

2.5 Tulosten toistettavuuskriteerit

- 1) FEV₁ eli uloshengityksen sekuntikapasiteetti. Kahden suurimman FEV₁-arvon ero saa olla korkeintaan 150 millilitraa, mutta jos FVC- arvo on alle yhden litran, sallittu ero on enintään sata millilitraa. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 2) FVC eli nopea vitaalikapasiteetti. Kahden suurimman FVC- arvon ero saa olla korkeintaan 150 millilitraa, mutta jos FVC on alle yhden litran, sallittu ero on enintään 100 millilitraa. (Sovijärvi ym. 2011.)

- 3) PEF eli uloshengityksen huippuvirtaus. Kahden suurimman PEF -arvon ero saa olla korkeintaan kymmenen prosenttia pienempään verrattuna. (Sovijärvi ym. 2011.)

Taulukko 2. Tulosten toistettavuuskriteerit

Kahden parhaan ero seuraavilla suureilla saa olla enintään:			Jos FVC on alle 1 litran, suurin sallittu ero on:	
FEV ₁	150	ml	100	ml
FVC	150	ml	100	ml
PEF	10	%		

(Sovijärvi ym. 2011.)

2.6 Spirometriatutkimuksen virhelähteet

Spirometriatutkimuksessa voidaan jakaa virhelähteet neljään eri luokkaan. Virhelähteitä ovat spirometriatutkimuksen suorittajan virheet, potilaasta johtuvat virheet, laitevirheet ja tulosten tulkinnassa tapahtuvat virheet. (Sovijärvi ym. 2004.)

Spirometriatutkimuksen suorittajasta johtuvia virhelähteitä ovat virheellinen kalibrointi, virheellisesti täytetyt esitiedot (pituus, ikä, sukupuoli), väärin valitut viitearvot (aikuiset, lapset, väärä rotu). Spirometriatutkimuksen suorittajan puhallukseen vaikuttavaa virheellistä toimintaa on potilaan huono ohjaus ja kannustus, jotka voivat johtaa nenänsulkijan puuttumiseen, väärään puhallusasettoon, ilmapuotoon suupielistä. Kostunut virtausanturi on myös yksi virhelähde kuin myös se että potilaan käsi tai sormi peittää anturin takaseinää tai paineletkua. Spirometriatutkimuksen suorittajasta johtuvia virhelähteitä ovat myös mittaus- ja laskenta virheet sekä väärät mittaus tulosten valinnat. (Sovijärvi ym. 2004.)

Virheellinen puhallustekniikka ja huono yhteistyöhalukkuus ovat potilaasta johtuvia virhelähteitä, myös puhallusta häiritsevät oireet (esimerkiksi rintakipu ja yskä), löysä hammasproteesi ja lääkitys, joka ei ole ohjeiden mukainen aiheuttavat virheitä spirometriatutkimuksessa. (Sovijärvi ym. 2004.)

Laitteen aiheuttamia virheitä ovat anturivirheet, ohjelmavirheet, ilmapuodot, piiriturin virheet, sekä tietokoneen ja laskentayksikön virheet. (Sovijärvi ym. 2004.)

2 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSTEHTÄVÄ

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä ja koota oppimateriaalia spirometriatutkimuksesta lähinnä toisen lukukauden bioanalyttikko-opiskelijoille. Opinnäytetyötä tehdessä käytettiin hyödyksi aikaisempia tutkimuksia ja kirjallisuutta. Opinnäytetyössä on tarkoitus selvittää spirometrian perusteita opetussuunnitelman vaatimalla tasolla. Opetussuunnitelman spirometriaosuuden osaamistavoitteiden mukaan opiskelijan tulee osata tarkistaa ja arvioida spirometrialaitteiden toistettavuutta ja täsmävyyttä, tarkistaa/selvittää eri spirometrialaitteiden laatu-kriteereitä. Opiskelija tulee osata myös keuhkojen tilavuus- ja toimintatutkimusten perusteet ja tunnistaa tutkimusten virhelähteitä. Opiskelija tietää potilasohjauksen merkityksen tutkimuksen luotettavuudelle. Työssä eritellään muun muassa seuraavat spirometriatutkimuksen osa-alueet;

- 1) Keuhkojen anatomia
- 2) Spirometriasuureet
- 3) Spirometriatutkimus
- 4) Spirometriatutkimukseen valmistautuminen
- 5) Spirometrialaitteisto ja laadunhallinta
- 6) Spirometriasuureet ja niiden puhallutus
- 7) Bronkodilaatiokoe
- 8) Hyväksymiskriteerit
- 9) Viitearvot
- 10) Virhelähteet
- 11) Tulosten tulkintaa
- 12) Astma, keuhkohtaumatauti, PEF erillisellä mittarilla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa spirometria-oppimateriaali, jonka voi ottaa tulevaisuudessa opiskelijoiden käyttöön ja näin helpottaa heidän oppimistaan. Opinnäytetyössä pyrittiin toiminnallisen opinnäytetyön mallin mukaan käytännön toteutuksen ja raportoinnin yhdistämiseen tutkimusviestinnän keinoin. Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa työelämälähtöinen sekä käytännönläheinen spiro-

metria-oppimateriaali, joka on ammatillisesti ja ajankohtaisella tiedolla toteutettu. (Vilkkä & Airaksinen 2004, 9-10.)

3 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

2.7 Opinnäytetyön toteutus

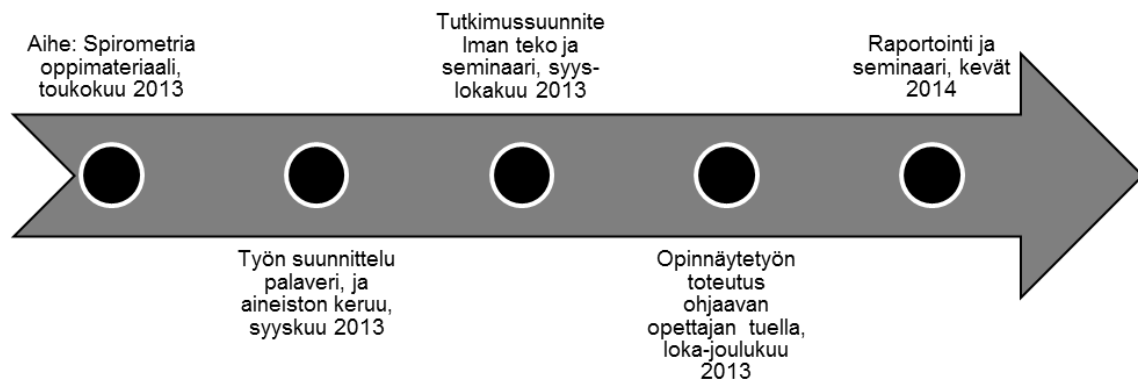
Opinnäytetyöaiheen idea syntyi keväällä 2013 opinnäytetyöseminaarissa, kun tuolloin valmistuvat opiskelijat esittivät oman opinnäytetyönsä, aiheesta EKG-oppimateriaali. Opiskelijat esittivät jatkotutkimusaiheiksi spirometria-oppimateriaalin sekä EKG-tulkintamateriaalin kokoamisen. Toukokuussa 2013 valittiin opinnäytetyönaiheeksi koota spirometria-oppimateriaali bioanalyttikko-opiskelijoille.

Kesä-heinäkuussa 2013 pohdittiin opinnäytetyön rakennetta sekä opinnäytetyön laatimiseen tarvittavaa materiaalia. Syyskuussa 2013 pidettiin opinnäytetyön suunnittelupalaveri ja päätettiin mitä spirometria-oppimateriaali tulee kattamaan. Opinnäytetyön aineiston keruu aloitettiin tekemällä tietokantahakua, esimerkiksi Cinahl ja Medic, käyttäen spirometriatutkimukseen liittyviä hakusanoja. Käytimme aineiston keruussa hyödyksi myös koulun ja kaupungin kirjastopalveluja. Tuolloin saatiin koottua lähes koko spirometria-oppimateriaaliin käytettävä materiaali kasaan, muutamia uusia materiaalilähteitä löytyi myös sen jälkeen.

Syys-lokakuussa 2013 tehtiin tutkimussuunnitelma ja se esiteltiin opiskelijoille ja opinnäytetyötä ohjaavalle opettajalle tutkimussuunnitelmaseminaarissa. Tuolloin opinnäytetyötä opponoivat opiskelijat sekä ohjaava opettaja esittivät tutkimussuunnitelmaan korjauksia, lähinnä koskien tutkimussuunnitelmassa esiteltyjen aikaisempien tutkimuksien esilletuomista. Tutkimussuunnitelman työstämisen ohella aloitettiin lokakuun 2013 aikana spirometria-oppimateriaalin kirjoittaminen. Opinnäytetyölle anottiin toimeksiantosopimusta lokakuussa 2013 tutkimussuunnitelman hyväksymisen jälkeen.

Spirometria-oppimateriaalia koottiin yhdessä Turun ammattikorkeakoulussa kirjaston ryhmätyöskentelytiloissa, sekä sovittiin itsenäisesti kirjoitettavat aihealueet, jotka tarkistettiin yhdessä. Tammikuussa 2014 spirometria-oppimateriaali oli koottu ja annettiin ohjaavalle opettajalle tarkistettavaksi helmikuussa 2014.

Ohjaavalta opettajalta saadut parannusehdotukset korjattiin spirometria-oppimateriaaliin maaliskuun 2014 alussa. Spirometria-oppimateriaaliin otettiin ja lisättiin tekstiä havainnollistavat kuvat maaliskuussa 2014 ja samalla kirjoitettiin opinnäytetyön raporttia.



Kuva 2. Opinnäytetyön toteutuksen aikajana.

3.1 Opinnäytetyön metodologiset lähtökohdat

Tämä opinnäytetyö on metodologisilta lähtökohdiltaan toiminnallinen, sillä tuotoksena syntyy oppimateriaalia. Toiminnallisella opinnäytetyöllä tavoitellaan käytännön toiminnan ohjeistamista ammatillisella kentällä. Ohjeistamisen lisäksi pyritään toiminnan opastamiseen ja sen järjestämiseen, sekä asioiden selkeyttämiseen. Toiminnallisen opinnäytetyön tuotos on aina konkreettinen, kuten esimerkiksi jonkinlainen kirja, opas tai video. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tulisi yhdistää sekä käytännön toteutus, että sen raportointi tutkimusviestinnällisin keinoin. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tulee aina näkyä työelämälähtöisyys sekä käytännönläheisyys. Toiminnallisen opinnäytetyön tulee osoittaa sen tekijöiden alan tietojen ja taitojen hallinta mahdollisimman kattavasti. (Vilkkä & Airaksinen 2004.)

3.2 Opinnäytetyön eettiset lähtökohdat

Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeiden mukaan, tutkijan tulee noudattaa aina tutkimusta tehdessään tiedeyhteisön toimintatapoja; rehellisyyttä, huolellisuutta, sekä ja tarkkuutta. Tutkijan pitää myös noudattaa eettisiä arviointi- ja tiedonhankinta tapoja. Tutkijan tulee julkaista tutkimustulokset avoimesti, sekä rehellisesti. Tutkijan tulisi tutkimusta tehdessään ottaa myös huomioon ja kunnioittaa muiden tutkijoiden tekemiä töitä ja niiden tuloksia. (Mäkinen 2006.)

Tämä opinnäytetyö on pyritty toteuttamaan yllä mainittujen periaatteiden mukaisesti. Tälle opinnäytetyölle haettiin ammattikorkeakoulun ohjeiden mukaisesti toimeksiantosopimus. Tämän opinnäytetyön tekoprosessissa ei käytetty apuna potilaita, joten työn eteneminen eettisten lähtökohtien kannalta helpottuu merkittävästi, sillä ei tarvitse huolehtia potilaiden yksityisyyden suojaamisesta. Tätä opinnäytetyötä tehdessä kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, että työ on tehty hyvin ja, että lähteet ovat luotettavia, niin sisällöltään kuin merkitykseltäänkin. Lähteitä valittaessa pyrittiin arvioimaan myös sisällön ja merkityksen lisäksi seuraavia asioita; lähdeiteoksen kirjoittajan tunnettavuutta ja tämän käyttämiä lähteitä, lähdeviitteiden oikeellisuutta sekä julkaisun ajankohtaisuutta. (Mäkinen 2006.) Tätä opinnäytetyötä tehdessä ei käytetty plagiointia. Plagiointi tarkoittaa toimintaa, jossa jonkun toisen kirjoittamaa tekstiä käytetään omana. (Hirsijärvi ym. 2007.) Tämän oppimateriaalin luotettavuutta ja eettisyyttä tukee se, että asiantuntijana toimiva ohjaavaopettaja hyväksyi työn jokaisen vaiheen sekä työn sisällön. Parityönä tätä opinnäytetyötä tehdessä otettiin aina toinen huomioon sekä kunnioitettiin toista ja tämän mielipiteitä.

4 OPINNÄYTETYÖN TUOTOKSEN TARKASTELU

Opinnäytetyön tuotos on kirjallinen oppimateriaali spirometriatutkimuksesta bioanalyttikko opiskelijoille ja se on tulevaisuudessa opiskelijoiden saatavilla sähköisenä versiona. Spirometria-oppimateriaali sisältää kansilehden, sisällysluettelon, itse oppimateriaalin tekstin, aiheeseen liittyvät kuvat sekä lähdeluettelon.

Spirometria-oppimateriaalia aloitettiin tekemään Turun ammattikorkeakoulun opinnäytetyö-mallipohjalle, jonka ulkonäkö muuttui kirjoitusprosessin edetessä lopulliseen muotoonsa. Spirometria-oppimateriaalin ulkoasu ei mukaile alkupeleistä opinnäytetyö-mallipohjaa tarkasti, työssä on muutettu esimerkiksi kansilehti, sen fontit ja kuva, sivujen reunukset on pienennetty, siten että sivulla on enemmän tilaa tekstille, mutta tulostettuna on edelleen tilaa tehdä merkintöjä tai esimerkiksi mahdollisuus nittoa spirometria-oppimateriaali yhteen, spirometria-oppimateriaalin otsikoinneissa on käytetty numerointia ja tuloksen haluttiin olevan kirjamainen.

Spirometria-oppimateriaalin tekstin fonttina käytettiin Arialia, fonttikoko vaihteli otsikoiden 16:sta normaalin tekstin 12:sta. Jokainen uusi aihealue alkaa omalta sivultaan ja aihealueiden sisältö on eritelty alaotsikoinnilla. Kappale jako spirometria-oppimateriaalissa on toteutettu äidinkielen kirjoitussääntöjen mukaisesti.

Kuvat spirometria-oppimateriaaliin otettiin itse, koulun kliinisen fysiologian luokassa, kuvissa esiintyy toinen opinnäytetyön tekijä. Kuva spirometrikäyrästä sivulla 8 on muokattu opettajan ohjeiden mukaisesti. Muut kuvat käsittelevät spirometriatutkimuksessa käytettävää ohjelmaa ja laitteistoa, kuvia huomioitiin myös spirometriatutkimuksen puhallusasento ja laitteen oikeanlainen käyttö. Spirometria-oppimateriaalissa on taulukkoja, joista osa on tehty itse lähteestä kooten, ja osa on lainattu viitaten kuvan alkuperäiseen julkaisijaan.

Lähdeviitteet on pyritty merkitsemään spirometria-oppimateriaaliin Turun ammattikorkeakoulun laatimien kirjoitusohjeiden mukaisesti. Lähdeluettelo on niin ikään toteutettu kyseisten kirjoitusohjeiden mukaisesti aakkosjärjestyksessä.

Spirometria-oppimateriaali toteutettiin helpottamaan opiskelijan kliinisen fysiologian spirometria-osuuden tiedon omaksumista. Spirometria-oppimateriaali kattaa sisällöltään spirometriatutkimuksen kaikki Turun ammattikorkeakoulun kliinisen fysiologian opintojakson vaatimat osa-alueet, keuhkojen tilavuus- ja toimintatutkimusten perusteet, tunnistaa tutkimusten virhelähteitä ja tietää ja ymmärtää potilasohjauksen merkittävyyden tutkimuksen luotettavuuden kannalta. Spirometria-oppimateriaali mahdollistaa sen että opiskelijan on mahdollista saavuttaa kaikki spirometria-osuuden osaamistavoitteet, joiden mukaan bioanalytiikko-opiskelijan tulee osata keuhkojen tilavuus- ja toimintatutkimusten perusteet, sekä tunnistaa tutkimusten virhelähteitä, opiskelijan tulee myös tietää potilasohjauksen merkitys tutkimuksen luotettavuudelle. Spirometriaosuuden osaamistavoitteita ovat myös opiskelijan kyky tarkistaa ja arvioida spirometrialaitteiden toistettavuutta ja täsmävyyttä ja tarkastaa/selvittää eri spirometrialaitteiden laatukriteereitä.

5 POHDINTA

Spirometria-oppimateriaalin tarkoituksena oli täyttää tutkimussuunnitelmassa määritellyn tarkoituksen, eli tehdä ja koota oppimateriaali spirometriatutkimuksesta. Spirometria-oppimateriaali täyttää klinisen fysiologian opintojakson spirometria-osuuden vaatimat teoreettiset alueet, eli muun muassa opiskelijan tavoitteena on osata keuhkojen tilavuus- ja toimintatutkimusten perusteet ja tunnistaa tutkimusten virhelähteitä. Spirometria-oppimateriaali pyrittiin laatimaan niin, että se tukee opettajan antamaan tietoa, avaamalla käsitteet ymmärrettäväksi ja selkeiksi. Spirometria-oppimateriaalin tavoite jää kysymysmerkiksi, sillä ei voida tietää haluavatko bioanalyttikko-opiskelijat hyödyntää tätä oppimateriaalia tulevaisuudessa, tai tuleeko spirometria-oppimateriaali tukemaan todellisuudessa oppimista, koska spirometria-oppimateriaalin tehokkuutta oppimisen tukena ei ole ehditty opinnäytetyön laatimisprosessin aikana kokeilla. Opinnäytetyön aiheeksi spirometria-oppimateriaalin teko valikoitui omien kokemusten ja muilta opiskelijoilta kuullun perusteella, sillä aikaisemmin ei ole ollut tämän tyylistä spirometria-oppimateriaalia, johon kaikki tieto ja määritelmät on koottu ymmärrettävästi ja selkeästi. Aikaisempaa oppimateriaalia on olemassa, mutta esimerkiksi artikkelit ja kirjat saattavat olla suunnattuja enemmän asiantuntijoille kuin opiskelijoille. On olemassa myös opettajan materiaalit, joita tarvitaan täydentämään spirometria-oppimateriaalin osa-alueita, esimerkiksi viitearvoja.

Opinnäytetyön tuotoksen luotettavuutta tukee asiantuntijana toimivan ohjaavan opettajan mukana olo oppimateriaalin laatimisen aikana sekä oppimateriaalin sisällön tarkastamisessa. Lähteet opinnäytetyössä on valikoitu tarkasti, jotta ne olisivat asiasisällöltään ajankohtaisia, luotettavia ja monipuolisia. Luotettavien lähteiden löytäminen oli haastavaa, etenkin monipuolisuuden kannalta; muutamia luotettavia lähteitä löytyi vaivattomasti, mutta muiden lähteiden kanssa tuli todella harkita niiden totuudenmukaisuutta. Opinnäytetyön tuotoksen luotettavuutta ei voida opiskelun tukemisen osalta taata, sillä oppimateriaalia ei ehditty luetuttaa opiskelijoilla.

Spirometria-oppimateriaalia oli mukava työstää; aihe oli sopivan haastava ja mieluisa. Opinnäytetyön tekijöille riitti tasapuolisesti työtä omien vahvuuksien

mukaan, esimerkiksi toinen tekijä hyödynsi tietoteknisiä taitojaan huolehtimalla muun muassa työn ulkonäön selkeydestä. Oppimateriaalin kirjoittaminen on ollut mielekästä työstää parityönä, sillä on tuettu toinen toista kirjoitus- ja ajatusprosessissa. Tutkimussuunnitelmassa oppimateriaalin valmistumisen ajankohta oli suunniteltu liian kunnianhimoisesti; aikataulu venyi sairaalaharjoittelu opintojakson sekä liian nopeasti aloitetun oppimateriaalin kokoamisen aiheuttaman tietoähkyn vuoksi. Opinnäytetyö prosessista oli hyvä päästää hetkeksi irti, jotta sai uutta virtaa ja ideoita tuotoksen loppuun viemiseen. Oppimateriaalin työstäminen oli opettavainen kokemus. Työstämisen aikana saatiin paljon uutta tietoa spirometriatutkimuksesta sekä opittiin työstämään todella laajaa aihetta niin yhdessä kuin erikseenkin.

Opinnäytetyön jatkotutkimusaiheet voisivat olla syventävää oppimateriaalia spirometriatutkimuksen soveltamisesta esimerkiksi rasitus-spirometriasta tai spiroergometriasta. Lisäksi sopiva jatkotutkimusaihe olisi jatkaa opinnäytetyössä syntynyttä oppimateriaalia, tekemällä esimerkiksi opetusvideon aiheesta.

Spirometria-oppimateriaali on tekijöiden mielestä selkeä, sillä se on koottu siten, että spirometriatutkimuksen aihealueet ovat loogisessa järjestyksessä. Kattava, koska spirometria-oppimateriaali kattaa bioanalyttikko-opiskelijoiden oppimiseen vaadittavat tiedot. Helppolukuinen verraten esimerkiksi kliinisen fysiologian kirjoihin, jotka ovat kirjoitettu vaativammin ja asiantuntijoille kohdistetusti.

LÄHTEET

Aadland, E. 1993. Sosiaali- ja terveydenhoitoalan etiikka. Keuruu: Otava.

Ganong William, 2005, Rewiew of medical physiology. Twenty-Second Edition.

GOLD, Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Spirometry for health care providers. Viitattu 27.03.2014.
http://www.goldcopd.org/uploads/users/files/GOLD_Spirometry_2010.pdf

Hirsjärvi, S.; Remes, P. & Sajavaara, P. 2007. Tutki ja kirjoita. 13, uudistettu painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi

Kinnula, V. & Sovijärvi, A. 2005. Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa Kinnula, V.; Brander P. E. & Tukiainen P. (toim.) Keuhkosairaudet. 3. uudistettu painos. Hämeenlinna: Kustannus OY Duodecim

Korhonen, I.; Turjanmaa, V.; Sovijärvi, A. 2012. Kliinisen fysiologian metodiikan perusteet. Teoksessa Sovijärvi, A.; Ahonen, A.; Hartiala, J.; Länsimies, E.; Savolainen, S.; Turjanmaa, V. ja Vanninen, E. (toim.) 2012. Kliinisen fysiologian perusteet. 1. painos. Kustannus Oy Duodecim.

Kustannus Oy Duodecim. Lääketieteen termit. 2014. Viitattu 24.02.2014.
http://www.terveysportti.fi.ezproxy.turkuamk.fi/terveysportti/rex_terminologia.koti

Mäkinen, O. 2006. Tutkimusetiikan ABC. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi

Piirilä, P. 2013. Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa Kaarteenaho, R.; Brander, P.; Halme, M.; Kinnula, V. (toim.) Keuhkosairaudet. Duodecim. 22-38.

Sovijärvi, A.; Ahonen, A.; Hartiala, J.; Länsimies, E.; Savolainen, S.; Turjanmaa, V. 2012. Kliinisen fysiologian perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Sovijärvi, A.; Kainu, A.; Malmberg, P.; Pekkanen, L.; Piirilä, P. 2011. Spirometria- ja PEF- mittausten suoritus ja tulkinta. MOODI 3/2011, 12. painos. Helsinki.

Uusikylä, K. & Atjonen, P. 2000. Didaktiikan perusteet. Helsinki: WSOY

Vainionpää Jorma. 2006. Erilaiset oppijat ja oppimateriaalit verkko-opiskelussa. Viitattu 24.09.2013 <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/67572/951-44-6553-9.pdf?sequence=1>

Vanninen, E. & Länsimies, E. 2003. Kliinisen fysiologian perustutkimukset. Teoksessa Halonen, T.; Hänninen, A.; Katila, M-L.; Laatikainen, A.; Laitinen, M.; Länsimies, E.; Mahlamäki, E.; Penttilä, I.; Tapola, H.; Vanninen, E. 2003. Kliiniset laboratorio tutkimukset. WSOY.

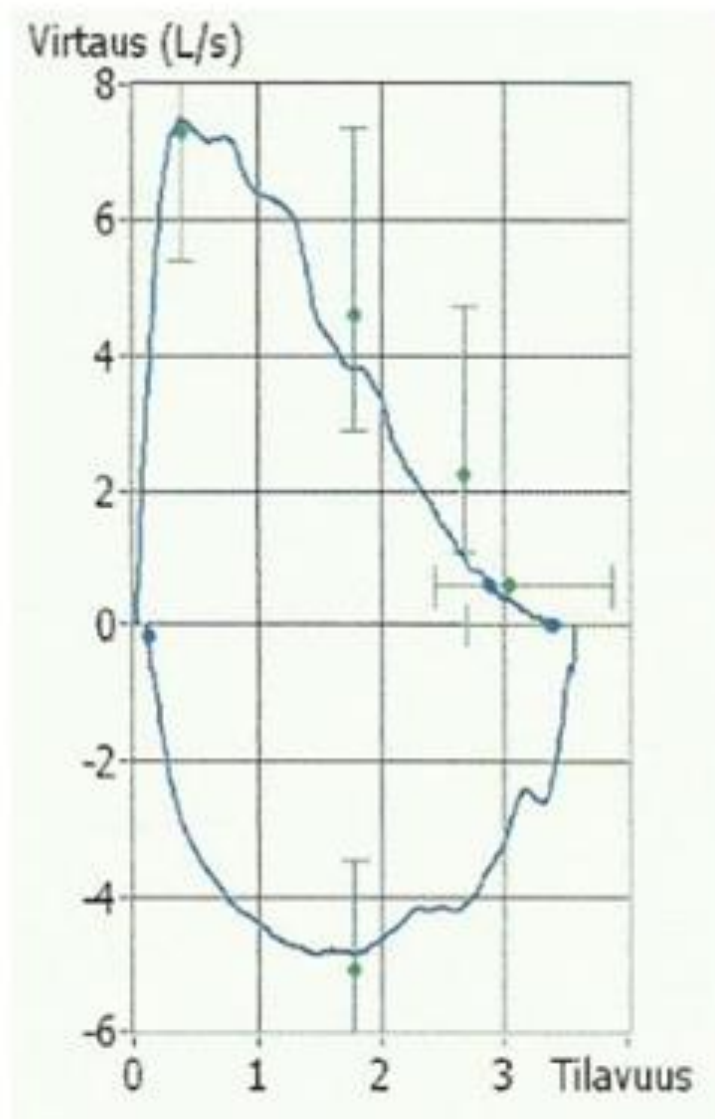
Vilkka, H. & Airaksinen, T. Toiminnallinen opinnäytetyö. 2004. Tammi.

Wanger, J.; Clausen, J.L.; Coates, A.; Pedersen, O.F.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Crapo, R.; Enright, P.; van der Grinten, C.P.M.; Gustafsson, P.; Hankinson, J.; Jensen, R.; Johnson, D.; MacIntyre, N.; McKay, R.; Miller, M.R.; Navajas, D.; Pellegrino, R. & Viegi, G. 2005. Standardisation of the measurement of lung volumes. European Respiratory journal, volume 26, number 3.

Liite 1. Spirometria-oppimateriaali bioanalyttikko-opiskelijoille.

Sara Anttila ja Merina Eronen

SPIROMETRIA-OPPIMATERIAALI



SISÄLTÖ

1 OPIKELIJALLE	7
2 KEUKKOJEN ANATOMIA	8
2.1 Hengitystiet	8
2.2 Keuhkot	8
2.2.1 Keuhkoputket ja keuhkorakkulat	9
2.3 Hengityslihakset	10
2.4 Keuhkotuuletus	10
2.4.1 Hengitystilavuudet	10
3 SPIROMETRIA SUUREET	12
4 SPIROMETRIATUTKIMUS	14
4.1 Tutkimusindikaatiot	15
4.1.1 Diagnoosin teko/varmentaminen	15
4.1.2 Potilaan oireiden syyn selvitys	15
4.1.3 Hoidon tehokkuuden arviointi	16
4.1.4 Toimenpidekelpoisuus	16
4.1.5 Työkyvyn arviointi	16
4.2 Tutkimuslähete	16
5 SPIROMETRIATUTKIMUKSEEN VALMISTAUTUMINEN	18
5.1 Potilaan esivalmisteluohjeet	18
5.2 Harkinnanvaraiset vasta-aiheet	19
5.2.1 Varotoimet	21
6 SPIROMETRIA LAITTEISTO JA LAADUNHALLINTA	22
6.1 Spirometria laitteisto	22
6.2 Vakiointi	23
6.3 Laadunhallinta	24
6.3.1 Tilavuuskalibroinnin suoritus	25
7 SPIROMETRIASUUREET JA NIIDEN PUHALLUKSIA	27
7.1 Hoitajan toimet ennen puhallutusta ja puhalluksen aikana	27
7.2 Ko- operaatio	28

7.3 Suureet ja puhallutukset	28
7.3.1 VC	28
7.3.2 FVC	30
7.3.3 FEV ₁	30
7.3.4 FEV %	31
7.3.5 PEF	31
7.3.6 MEF ₅₀	31
7.3.7 MEF ₂₅	32
7.3.8 MMEF	32
7.3.9 Sisäänhengityksen suureet	32
8 BRONKODILAATIOKOE	34
9 HYVÄKSYMISKRITEERIT	37
9.1 Yhden puhalluksen hyväksymiskriteerit	37
9.2 Tulosten toistettavuuskriteerit	37
10 VIITEARVOT	39
11 VIRHELÄHTEET	40
12 TULOSTEN TULKINTAA	41
12.1 Suureiden valinta tulostukseen	41
12.2 Obstruktion ja restriktion kriteerit	41
13 ASTMA, KEUHKOAHTAUMATAUTI JA PEF	42
13.1 Astma	42
13.2 Keuhkohtaumatauti	43
13.3 PEF, erillisellä mittarilla	44
LÄHTEET	46

KUVAT

Kuva 1. Virtaus-tilavuusspirometriakäyrä.	14
Kuva 2. Medikro-mittauslaite, nenäklipisu ja virtausanturi.	22
Kuva 3. Spirometriaohjelman aloitussivu.	18
Kuva 4. Kalibrintipumppu	24
Kuva 5. Spirometriaohjelmiston aloitusikkunan kalibrintipainike.	21

Kuva 6. Lämpö- ja ilmanpainemittari	21
Kuva 7. Kalibroinnin aloitusikkuna	21
Kuva 8. Kalibroinnin suoritus.	26
Kuva 9. Spirometriapuhallusasento	23
Kuva 10. Esimerkki VC-puhalluskäyrästä.	29
Kuva 11. Kuva A: Virtaus-tilavuuskäyrä. Kuva B: Virtaus-tilavuuskäyrä + inspirogrammi	30
Kuva 12. Virtaus-tilavuuskäyrä.	33
Kuva 13. FEV1-viitearvomogrammit Viljanen ym. (1982) viitearvojen mukaan. (Sovijärvi 2011)	39
Kuva 14. PEF-mittari.	45

TAULUKOT

Taulukko 1. Spirometria suureet.	12
Taulukko 2. Spirometriatutkimukseen vaikuttavat lääkkeet.	18
Taulukko 3. Bronkodilaatiokokeen aiheet.	34
Taulukko 4. Merkitsevän bronkodilaatiovasteen rajat.	36
Taulukko 5. Tulosten toistettavuuskriteerit.	38

1 OPISKELIJALLE

Spirometria-oppimateriaali on suunniteltu helpottamaan opiskelijan kliinisen fysiologian spirometrian-osuuden tiedon omaksumista. Tämä oppimateriaali kattaa sisällöltään spirometriatutkimuksen kaikki Turun ammattikorkeakoulun kliinisen fysiologian opintojakson vaatimat osa-alueet. Oppimateriaali mahdollistaa sen, että opiskelijan on mahdollisuus suoriutua kliinisen fysiologian toteutussuunnitelman mukaisesti spirometria tutkimuksesta itsenäisesti ja laadukkaasti.

Spirometriatutkimuksen tarkoituksena on selvittää potilaan keuhkojen tilavuutta sekä ilman virtausta hengitysteissä. Spirometriatutkimus mittaa keuhkojen tilavuutta, tilavuuden muutoksia, keuhkojen tuuletuskykyä, sekä puhallusten maksimaalista ilmavirtausnopeutta. (Laakso 2012; Laitinen ym. 2000.)

Nykyään spirometriatutkimukset toteutetaan myös perusterveydenhuollossa. Spirometriatutkimusten laatu on Suomessa keskimäärin erittäin hyvä, mutta laadun ylläpitämiseksi tulee henkilökuntaa kouluttaa säännöllisesti, sekä suorittaa spirometriatutkimusten laaduntarkkailua. (Pietinalho ym. 2010.)

2 KEUHKOJEN ANATOMIA

2.8 Hengitystiet

Ilma kulkeutuu ulkoilman ja keuhkojen välillä hengitysteiden kautta. Hengitystiet jaetaan kahteen osaan; ylähengitysteihin ja alahengitysteihin. Ylähengitysteihin kuuluvat nenäontelo sivuonteloihin, nielu sekä kurkunpää ja alahengitystiet kattavat henkitorvi sekä keuhkoputket. (Nienstedt & Kallio 2010.)

Ihmisen hengittäessä ulkoilmaa nenän kautta hengitysilma siirtyy sierainaukoista nenäonteloon. Nenäontelossa sisään hengitetty ilma lämpenee, kostuu sekä puhdistuu. Hengitysilma siirtyy nenäontelosta sen takana olevaan nieluun. Nielusta hengitysilma kulkee kaulan etuosassa sijaitsevaan kurkunpäähän. Kurkunpään avulla ihminen pystyy hetkeksi tahdonalaisesti pysäyttämään hengitysilman kulun. Kurkunpään tehtävä on myös toimia äänenmuodostuspaikkana. (Nienstedt & Kallio 2010.)

Kurkunpäästä hengitysilma kulkee henkitorvea pitkin alaspäin kohti keuhkoja. Henkitorvi sijaitsee ruokatorven edessä, mutta aortankaaren takana, rintakehän alueella. Henkitorven seinämissä on parikymmentä rustoa, jotka pitävät hengitysilman kulku- teitä avoimena. Keuhkokudokseen kulkeutuvia henkitorven haaroja kutsutaan keuhkoputkiksi. Henkitorvi haarautuu rintalastan takana aluksi kahdeksi pääkeuhkoputkeksi, joita tukee niiden seinämissä olevat rustopalat. (Kinnula ym. 2000; Nienstedt & Kallio 2010.)

2.9 Keuhkot

Keuhkot toimivat kaasujen vaihtajana ilman ja veren välillä. Keuhkokudos koostuu keuhkorakkuloista, keuhkoputkien haaroista, imu- ja verisuonista sekä sidekudoksesta. Keuhkot sijaitsevat rintaontelossa, jota suojaa luinen rintakehä. Keuhkojen takana sijaitsee selkäranka, sivuilla kylkiluut, edessä rintalasta sekä alapuolella pallea. Keuhkojen keskelle jäänyttä tilaa kutsutaan välikarsinaksi, jossa sijaitsevat sydän, suuret verisuonet, osa henki- ja ruokatorvea, osa autonomista hermostoa sekä kaiteenkorva. Keskeltä välikarsinan puoleista keuhkon sivua kulkevat keuhkoputket, keuhkovaltimot- ja laskimot ja imutiet keuhkoportin kautta keuhkoon. (Kinnula ym. 2000; Nienstedt & Kallio 2010.)

Keuhkot jakautuvat lohkoihin; oikean puoleisessa keuhkossa on kolme lohkoa ja vasemmanpuoleisessa kaksi. Molempia keuhkopuoliskoja ympäröi keuhkopussi eli pleura. Pleura muodostuu kaksinkertaisesta sidekudoskalvosta, ja näiden kalvojen väliin jäävää tilaa kutsutaan keuhkopussionteloiksi. Pussin sisäkalvo peittää tiiviisti keuhkoja ja ulkokalvo on tiukasti kiinnittyneenä luisen rintakehän, pallean sekä väliskarsinan rakenteissa. Keuhkopussiontelon ansiosta hengitysliikkeet aiheuttavat hyvin vähän kitkaa, sillä rintakehän ja keuhkojen välinen liike tapahtuu keuhkopussin kalvojen välissä. (Nienstedt & Kallio 2010; Leppäluoto ym. 2013.)

2.9.1 Keuhkoputket ja keuhkorakkulat

Henkitorvi jakautuu kahteen osaan; oikeaksi ja vasemmaksi pääkeuhkoputkeksi. Nämä kaksi pääkeuhkoputkea työntyvät omiin keuhkoihinsa keuhkoportista ja siellä ne jakautuvat kumpikin lohkokeuhkoputkiksi ja näistä edelleen jaokekeuhkoputkiksi. Keuhkoputkista muodostunut jokainen uusi haara on edellistään kapeampi, mutta samalla haarojen lukumäärä suurenee. Tästä johtuen jokainen haarautuminen suurentaa keuhkoputkien summattua poikkileikkauspinta-alaa. Keuhkoputkien jälkeen seuraavat ilmatiehyet, jotka ovat alle 1 mm läpimitaltaan olevia keuhkoputkenhaaroja. Näiden pienempien haarojen seinämissä on ruston sijaan sileää lihaskudosta. Ilmatiehyet haarautuvat edelleen hengitystiehyiksi, joiden seinämissä on jo muutamia keuhkorakkuloita. Hengitystiehyet jakaantuvat vielä keuhkorakkulatiehyiksi. Keuhkorakkulatiehyet päättyvät keuhkorakkulasäkkeihin, jotka muodostuvat keuhkorakkuloista eli alveoleista. (Kinnula ym. 2000; Sand ym. 2011.) Keuhkorakkuloita on satoja miljoonia ja ne siten muodostavatkin suurimman osan keuhkokudoksesta. Keuhkorakkuloita ympäröi tiheästi hiussuoniverkosto sekä kimmoiset sidekudossyyt. Keuhkorakkuloissa sijaitsevan ilman sekä hiussuonissa liikkuvan veren erottaa toisistaan ohut seinämä, jonka läpi sisäänhengityksen mukana tulleesta ilmasta siirtyy happea hiussuonivereen. Keuhkorakkuloista happea saanut veri laskeutuu neljää keuhkolaskimoa pitkin sydämen vasempaan eteiseen. Keuhkoissa on myös pieniä valtimoharoja, joita kutsutaan keuhkoputkivaltimoiksi. Keuhkoputkivaltimot huoltavat keuhkoputkia sekä keuhkojen sidekudosta. (Kinnula ym.2000; Nienstedt & Kallio 2010; Sand ym. 2011.)

2.10 Hengityslihakset

Hengityslihakset jaetaan sisään- ja uloshengityslihaksiin. Sisäänhengityslihaksiin kuuluvat ulommat kylkivälilihakset sekä pallea. Sisäänhengitys alkaa kun ydinjatkeessa sijaitsevasta hengityskeskuksesta lähtevät hermoimpulssit saavat aikaan sisäänhengityslihasten supistumisen, laajentaen rintaonteloa. Keuhkot seuraavat rinta-kehän liikkeitä umpinaisen keuhkopussiontelon ansiosta; keuhkopussionteloon ei pääse mistään ilmaa, eikä niihin voi muodostua tyhjiötäkään. Keuhkot laajenevat ja tällöin alveoleissa vallitseva ilmanpaine pienenee ulkoilmanpainetta pienemmäksi. Näin ilmaa virtaa hengitysteiden kautta keuhkoihin. (Nienstedt & Kallio 2010; Leppäluoto ym. 2013.)

Ihmisen hengittäessä rauhallisesti ei uloshengitys vaadi lihastoimintaa. Uloshengityslihakset, eli sisemmät kylkivälilihakset ja vatsalihakset, toimivat vain, mikäli on tarve hengittää voimakkaasti. (Nienstedt & Kallio 2010.)

2.11 Keuhkotuuletus

Keuhkotuuletuksella eli ventilaatiolla tarkoitetaan tapahtumaa, jossa ulkoilmasta sisäänhengitetty ilma kulkee keuhkorakkuloihin ja takaisin. Ilma siirtyy aina suuremmasta paineesta pienempään paineeseen. (Sand ym. 2011.)

2.11.1 Hengitystilavuudet

Rauhallisesti hengittäessä ihminen vetää yhdellä sisäänhengityksellä ilmaa noin puoli litraa; tämä on kertahengitystilavuus. Hengitysteihin eli nk. kuolleeseen tilaan jää ilmaa noin 150 millilitraa, näin keuhkorakkuloihin asti pääsee kullakin sisäänhengitys kerralla ilmaa ainoastaan noin 350 millilitraa. Aikuisen ihmisen hengitystiheys on 12–15 kertaa minuutissa. Rauhallisen hengityksen minuutissa hengitetyn ilman määrä eli minuuttitilavuus on siis 6-7,5 litraa. Normaalin sisäänhengityksen jälkeen nuori, terve mies pystyy vetämään keuhkoihinsa ilmaa vielä noin 3000 millilitraa lisää; tätä kutsutaan sisäänhengityksen varatilaksi. Normaalisti ulos puhaltaessaan nuori, terve mies pystyy vielä tämän jälkeen ponnista ulos ilmaa noin 1000 millilitraa; tätä kutsutaan uloshengityksen varatilaksi. Voimakkaankin uloshengityksen jälkeen ilmaa jää vielä keuhkoihin noin 1000 millilitraa; tätä kutsutaan jäännöstilavuudeksi tai jäännösilmaksi. Vitaalikapasiteetti eli VC saadaan, kun maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen

hengitetään mahdollisimman tehokkaasti ulos. Tämä ulospuhallettu ilmamäärä on sisäänhengityksen varatilan, kertahengitystilavuuden ja uloshengityksen varatilan summa eli vitaalikapasiteetti. Nopean vitaalikapasiteetin osa, joka puhalletaan ulos ensimmäisen sekunnin aikana on uloshengityksen sekuntikapasiteetti eli FEV₁. (Nienstedt & Kallio 2010; Sand ym. 2011.)

3 SPIROMETRIA SUUREET

Taulukko 3. Spirometria suureet.

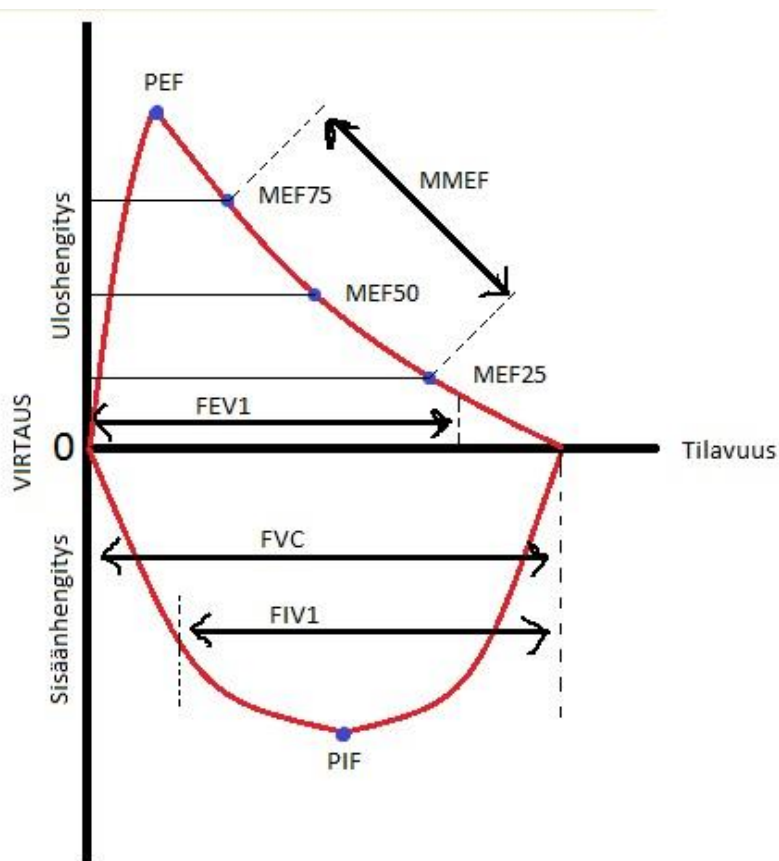
Suure	Merkitys
VC	Vitaalikapasiteetti, vital capacity, on suurin ilmamäärä, jonka potilas pystyy hengittämään ulos mahdollisimman täydellisen sisäänhengityksen jälkeen.
FVC	Nopea vitalikapasiteetti, forced vital capacity, mitataan mahdollisimman nopean uloshengityksen avulla.
FEV ₁	Sekuntitilavuus, forced expiratory volume in one second, on uloshengityksen sekuntikapasiteetti, eli se ilmamäärä joka on puhallettavissa ulos sekunnissa.
FEV %	Prosenttinen sekuntitilavuus, on sekuntitilavuuden (FEV ₁) prosenttiosuus vitalikapasiteetista (VC tai FVC). Kaavat: $FEV \% = FEV_1/VC \times 100$ tai $FEV \% = FEV_1/FVC \times 100$
PEF	Uloshengityksen huippuvirtaus, peak expiratory flow, on suurin ilman virtausnopeus voimakkaan uloshengityksen aikana.
MEF ₇₅	Uloshengityksen virtausnopeus, kun keuhkojen tilavuudesta on jäljellä vielä 75 %.
MEF ₅₀	Uloshengityksen virtausnopeus puolessavälissä.
MEF ₂₅	Uloshengityksen virtausnopeus, kun keuhkojen tilavuudesta on enää 25 % jäljellä.
MMEF	Uloshengityksen keskivaiheen virtaus, maximal midexpiratory flow, on nopean vitalikapasiteetin mittauksen yhteydessä määritetty uloshengityksen nopeus, kun mukaan lasketaan vitalikapasiteetin osa 25 %:sta 75 %:iin.
PIF	Sisäänhengityksen huippuvirtaus, peak inspiratory flow, on voimakkaan sisäänhengityksen aikana saatu suurin ilman virtausnopeus.
FIV ₁	Sisäänhengityksen sekuntitilavuus, forced inspiratory volume in one second, on ilmamäärä jonka potilas pystyy pitkän uloshengityksen jälkeen hengittämään sisään ensimmäisen sekunnin aikana.

RV	Jäännöstilavuus, on se ilmamäärä joka jää hengityselimiin mahdollisimman voimakkaan uloshengityksen jälkeen.
TLC	Kokonaiskapasiteetti
EV	Ekstrapoloitu tilavuus, suure kertoo paljonko ilmaa pääsee karkaamaan ennen ulos puhallusta, se kertoo siis kuinka paljon nopea ulos puhallus on myöhästynyt. (Riski 08.04.2014.)
FET	Puhalluksen kesto eli puhallusaika.(Sovijärvi ym. 2011.)

4 SPIROMETRIATUTKIMUS

Spirometriatutkimuksissa käytetään nykyään valtaosin virtaus-tilavuusspirometriaa, joka on syrjäyttänyt aikaisemmin käytetyn dynaamisen spirometrian. Potilaan sisään ja uloshengittämän ilman tilavuutta ja virtausta mitataan spirometriatutkimuksessa. Tutkimuksella saadaan käsitys virtauksen tai tilavuuden poikkeavuuksista. (Piirilä 2013; Sovijärvi & Terho 2013.)

Virtaus-tilavuusrekisteröinti suoritetaan spirometrillä, joka on dynamiikaltaan herkkä ja jossa on virtausanturi. Samanaikaista virtaus-tilavuusrekisteröintiä varten laitteessa on oltava sisään rakennettu elektroniikka- ja tietojenkäsittelyjärjestelmä. (Sovijärvi ym. 2012.)



Kuva 3. Virtaus-tilavuusspirometriakäyrä.

Puhalluskäyrästä voi seurata ulos- ja sisäänhengityksen aikana niiden virtausdynamiikkaa, käyrästä voidaan mitata myös ensimmäisen sekunnin aikana ulospuhalletun ilman määrä (FEV_1) ja nopea vitalikapasiteetti (FVC). Suurten hengitysteiden läpi-

mitta, keuhkojen kimmoisuus ja puhallukseen käytetty lihasvoima vaikuttavat seuraaviin suureisiin; PEF, eli uloshengityksen huippuvirtaukseen, MEF_{75} , eli virtaus, keuhkojen tilavuuden ollessa 75 % FVC:sta. Lihasvoiman merkitys vähenee kun noin 40 % keuhkojen tilavuudesta on puhallettu, tästä syystä esimerkiksi MEF_{50} ja MEF_{25} ovat enimmäkseen riippuvaisia keskisuurten ja pienten hengitysteiden läpimitasta, sekä keuhkojen kimmoisuudesta. (Sovijärvi ym. 2012.)

Sisäänhengityksen parametrit on mitattava erikseen voimakkaina maksimaalisina sisäänvetoina, tämä siksi, että mitattavat suureet ovat riippuvaisia suurten hengitysteiden läpimitasta ja käytetystä lihasvoimasta. Mitattavat suureet ovat PIF eli sisäänhengityksen huippuvirtaus ja FIV_1 eli sisäänhengityksen sekuntikapasiteetti. Epäiltäessä estettä hengitysteissä, esimerkiksi kurkunpään tai henkitorven tasolla, on sisäänhengityksen dynamiikan mittaaminen erityisen merkityksellistä, sillä FIV_1 ja PIF pienenevät tällöin herkemmin kuin FEV_1 ja PEF. (Sovijärvi ym. 2012.)

4.1 Tutkimusindikaatiot

4.1.1 Diagnoosin teko/varmentaminen

Suurin osa spirometriatutkimuksista tehdään diagnoosin selvittämiseksi. Spirometriatutkimuksia käytetään muun muassa astman, keuhkohtaumataudin ja keuhkokuoksen sairauksien diagnosointiin. Aina keuhkojentoimintakokeet eivät anna kliinistä diagnoosia vaan tulokset ovat epäspesifejä, mutta antavat kuitenkin muun kliinisen kuvan kanssa tukea diagnosoinnille. (Sovijärvi ym. 2012.)

4.1.2 Potilaan oireiden syyn selvitys

Potilaalla ilmenneitä oireita, joiden syy tulee selvittää voivat olla esimerkiksi hengenahdistus, yskä tai hengityksen vinkuminen. Spirometriatutkimuksen avulla voidaan sulkea esimerkiksi astma pois, ja yleensä tutkimuksen jälkeen löytyy diagnoosi. (Sovijärvi 2011.)

4.1.3 Hoidon tehokkuuden arviointi

Keuhkolääkityksen tehokkuutta seurataan, jotta tiedetään toimiiko lääkitys tai, onko se tarpeeksi tehokasta. Spirometriatutkimuksia käytetäänkin lääkehoidon seurannan lisäksi sädehoidon ja operatiivisen hoidon seurantaan ja tutkimiseen. Spirometriatutkimuksilla voidaan seurata myös, miten sairaus etenee. (Sovijärvi ym. 2012.)

4.1.4 Toimenpidekelpoisuus

Toimenpide- ja leikkauskelpoisuutta keuhkopotilailla määritetään yleensä monilla erityyppisillä rasituskokeilla ja spirometriatutkimuksilla. (Sovijärvi ym. 2012.) Arvioitaessa toimenpide- ja leikkauskelpoisuutta potilaalla tulee olla täysi ja sopiva lääkitys spirometriatutkimuksen aikana. Toimenpidekelpoisuutta arvioitaessa suureista tärkeimmät ovat VC ja FEV1, joista jälkimmäinen kuvastaa obstruktiivisia ja restriktiivisiä muutoksia. Leikkauksissa, joissa hengitystoimintaa ei vähennetä, toimintakokeen tuloksen ei ole tarvinnut olla hyvä. Levossa aikuinen ihminen tarvitsee vähintään 0,5 l FEV1-arvon. Spirometriatutkimuksien tuloksen avulla määritetään potilaan riskiluokitus. (Salorinne 1994.)

4.1.5 Työkyvyn arviointi

Työkykyä arvioitaessa potilaalle tehtävillä toimintakokeilla on suuri merkitys, erityisesti jos spirometriatutkimukset tehdään yhdessä rasituskokeiden kanssa (kliininen rasituskoe ja spiroergometria). Potilailta tutkitaan myös keuhkosairauden haitta-astetta työssä. Työperäinen altistus jollekin keuhkosairauksia aiheuttavalle tai tupakointi asettavat potilaan riskiryhmään, ja näitä riskiryhmiä seulotaan mahdollisten sairauksien vuoksi. (Sovijärvi 2011; Sovijärvi ym. 2012.)

4.2 Tutkimuslähete

Tutkimusläheteestä tulee selvitä, miksi spirometriatutkimukseen tullaan, eli diagnostiikka, syyn selvitys oireisiin, suorituskyvyn tai hoidon vaikutuksen arviointi. Lisäksi tutkimuspyynnössä tulee olla henkilötiedot, ikä, pituus ja paino sekä tiedot tupakoin-

nista. Henkilötietoja täytetään myös ennen spirometriatutkimusta, esimerkiksi potilas voidaan mitata ja punnita ennen tutkimusta. Tupakoinnin kesto ja määrät ovat myös tärkeät tiedot tutkimuspyynnössä, mutta nämäkin tiedot kannattaa kysyä ennen spirometriatutkimusta. Tutkimuspyynnössä tulee olla tiedot myös lääkityksestä ja kliiniset esitiedot, myös mahdollisesta lääkitystauosta pitäisi lukea tutkimuspyynnössä. (Sovijärvi 2011.)

5 SPIROMETRIATUTKIMUKSEEN VALMISTAUTUMINEN

5.1 Potilaan esivalmisteluohjeet

Spirometriatutkimukseen vaikuttavia tekijöitä ovat keuhkoputkistoon vaikuttava lääkitys, eräät nautintoaineet sekä raskasateria ennen spirometriatutkimusta. Myös kylmän ilman hengittäminen tai fyysinen rasitus vaikuttavat. (Sovijärvi ym. 2011.)

Potilas ei saa juoda kahvia, teetä eikä kola- tai muita piristäviä juomia kaksi tuntia ennen spirometriatutkimusta. Potilaan tulee myös välttää raskasta ateriointia. Fyysistä rasitusta ja pakkasilman hengittämistä on varottava vähintään kaksi tuntia ennen spirometriatutkimusta. Tupakoimatta tulee olla ainakin neljä tuntia ennen puhallutusta ja alkoholituotteiden käyttö on kiellettyä ainakin vuorokauden ajan ennen spirometriatutkimusta. Potilaiden tulisi myös levätä laboratorion odotustiloissa vähintään 15 minuuttia ennen spirometriatutkimusta. (Sovijärvi ym. 2011.)

Spirometriatutkimukseen vaikuttavien lääkkeiden pois jättämisestä tai muusta sovelletusta lääkityksestä päättää hoitava lääkäri. Diagnostisissa spirometriatutkimuksissa jätetään lääkityksessä se lääke pois, joka vaikuttaa tutkittavaan ilmiöön. Esimerkiksi keuhkoputkia laajentavaa sympatomimeettisiä lääkkeitä ei saa ottaa ainakaan 12 tuntiin ennen astma tutkimusta. Spirometriatutkimuksien vuoksi pois jätettävien lääkkeiden käyttämättömyys ajat vaihtelevat neljästä viikosta 12 tuntiin. Steroidi pohjaisen lääkkeitä käyttökato on pisin 2-4 viikkoa. Spirometriatutkimuksissa joissa selvitetään työkykyisyyttä tai toimenpidekelpoisuutta arvioidaan, potilaat eivät keskeytä lääkitystään. (Sovijärvi ym. 2012.)

Taulukko 4. Spirometriatutkimukseen vaikuttavat lääkkeet.

3 vuorokautta	2 vuorokautta	1 vuorokausi	12 tuntia
Leukotrieeni-antagonistit Accolate Montelukast Singulair Astecon	Sympatomimeetit Foradil Formoterol Oxis Serevent Huom! Onbrez(7vrk) Duact (5vrk)	Antikolinergit Atrodual Atrovent Atrovent comp. Ipramol Ipratropiumbromid Ipraxa Huom!	Natriumkromoglikaatti Lomudal

		Spiriva (4 vrk)	
Teofylliinit Aminocont Nuelin depot Retafyllin Theofol Theofol comp.	Yhdistelmävalmis- teet (pitkävaikutteinen sympatomimeetti ja inhalaatiosteroidi) Innovair Seretide Symbicort (4 viikkoa steroidi- vaiku-tuksen pois- sulkeminen)	Nedokromiili Tilade	Sympatomimeetit Adrenalin Aiomir Bricanyl Buventol Ventilastin Ventoline
Roflumilasti Huom! Daxas (5vrk)			
Yskänlääkkeet kaikki			Fenyylipropnoliamiini Rinexin

(Sovijärvi ym. 2011.)

5.2 Harkinnanvaraiset vasta-aiheet

Spirometriatutkimuksessa on useita harkinnanvaraisia vasta-aiheita, jotka voivat estää potilaan pääsyn spirometriatutkimukseen. Harkinnanvaraisella vasta-aiheella tarkoitetaan sitä, että lääkäri harkitsee ja päättää voidaanko potilaalle suorittaa spirometriatutkimus vai ei. (Duodecim, 2014.)

- 1) Akuutin hengitystieinfektion aikana, eikä kahden viikon kuluessa paranemisesta suositella tehtäväksi spirometriapuhallutusta. Spirometriatutkimuksen tekeminen hengitystieinfektion aikana saattaa vaikuttaa tuloksiin siten, että arvot ovat normaalia pienempiä. (Ahonen ym. 2012.) Hengitystieinfektioita ovat muun muassa adenovirus, hinkuyskä, influenssa, keuhkoklamydia, parainfluenssavirus, rinovirus, RSV sekä legionella- ja mykobakteerian aiheuttamat hengitystieinfektiot. (THL 2013.)
- 2) Potilas, jolla on todettu yskösvärjäyspositiivinen tuberkuloosi, pääsee spirometriatutkimukseen vasta kun on antanut kolme negatiivista yskösvärjäysnäytettä. Näin estetään hoitohenkilökunnan tartuttaminen, sekä laitekontaminaatio. (Sovijärvi ym. 2011; Ahonen ym. 2012.) Keuhkotuberkuloosi on *Mycobac-*

- terium tuberculosis*- bakteerin aiheuttama yleisin tuberkuloosi muoto. Keuhko-tuberkuloosin oireita ovat kuukausia kestävä yskä, limainen yskös, laihtuminen sekä yleiskunnon heikkeneminen. (THL 2013.)
- 3) Ilmarinta estää spirometriapuhallutukset, sillä ilmarinta voi pahentua spirometriapuhalluksen yhteydessä. (Ahonen ym. 2012.) Ilmarinta syntyy, kun keuhkopussissa on jatkuvasti pieni alipaine. Ilmarinta syntyy, kun rintakehänlöpäisevä vamma, muodostaa yhteyden ulkoilman ja keuhkopussin välille. Ilmarinta voi myös muodostua ”sisäkautta”, kun pieni keuhkoputki tai laajentuneen keuhkorakkulan seinämä repeää, jolloin ilma pääsee virtaamaan keuhkoputkesta keuhkopussiin. (Terveyskirjasto 2011.)
 - 4) Keuhkotoimenpiteiden, esimerkiksi bronkoskopian eli keuhkoputken tähystyksen, bronkografian eli keuhkoputkien varjoainekuvauksen tai muiden hengitysteitä ärsyttävien toimenpiteiden jälkitilan vuoksi spirometriatutkimuksia voidaan tehdä vasta kolme vuorokautta toimenpiteen jälkeen. (Sovijärvi ym. 2011; Ahonen ym. 2012.)
 - 5) Raskauden loppuvaiheessa spirometriatutkimus saattaa estyä ennen aikaisen synnytyksen riskin vuoksi.
 - 6) Suu- ja kasvokivut, jotka vaikeuttavat puhalluksen suorittamista.
 - 7) Kipu (migreeni, kurkkukipu, peräpukamat), mikä tahansa kiputila, joka häiritsee puhalluksia.
 - 8) Erilaiset sydänongelmat estävät myös puhaltamisen, esimerkiksi tuore sydäninfarkti estää spirometriapuhallutuksen, sillä se saattaa aiheuttaa uuden infarktin. Epästabiili angina pectoris, jolla tarkoitetaan sydänperäistä rintakipua, estää myös spirometriapuhallutuksen potilaalle. Rytmihäiriöpotilaiden kohdalla spirometriapuhallutukset ovat myös harkinnanvaraisia, rytmihäiriökohtauksen riskin vuoksi. (Sovijärvi ym. 2011; Ahonen ym. 2012.)
 - 9) Dementia tai muut muisti sairaudet ja sekavuustilat estävät spirometriatutkimuksen, sillä potilas ei välttämättä osaa puhaltaa ohjeiden mukaisesti. Lisäksi myös pakkoinkontinenssi, eli virtsankarkailu aiheuttaa ongelmia spirometriatutkimuksessa, koska potilas ei puhalla kunnolla jännittäessään virtsankarkailua. (Sovijärvi ym. 2011; Ahonen ym. 2012.)

10) Tapauksessa, jossa spirometriatutkimukseen tuleva potilas ei ole noudattanut spirometriatutkimuksen esivalmistautumisohjeita tulee spirometriatutkimuksen toteuttamista harkita esimerkiksi yhdessä lähettävän lääkärin kanssa. (Ahonen ym. 2012.)

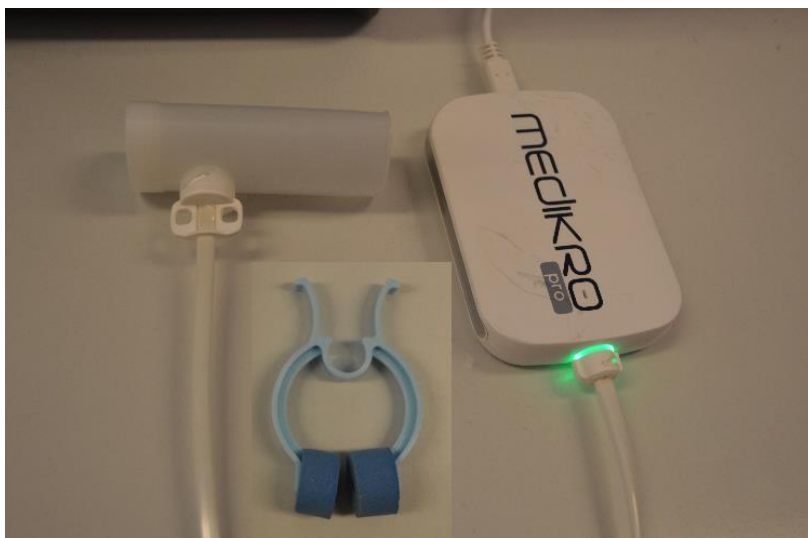
5.2.1 Varotoimet

Potilaille, jotka kantavat HI-virusta voidaan tehdä normaaliin tapaan spirometriatutkimus, mutta hoitaja tarvitsee suojakäsineet ja potilaan käyttämä suukappale ja muut tutkimusvälineet vaativat erikoiskäsittelyn. (Sovijärvi ym. 2012.) Potilaat, jotka ovat ESBL -kannan kantajia pääsevät spirometriatutkimuksiin myös normaalisti. ESBL-potilaiden käyttämät tutkimusvälineet sekä pinnat, joihin he ovat koskeneet vaativat kuitenkin myös erikoiskäsittelyn spirometriatutkimuksen jälkeen. (Heikkilä 11.11.2013.)

6 SPIROMETRIA LAITTEISTO JA LAADUNHALLINTA

6.1 Spirometria laitteisto

Spirometrialaitteistoon kuuluu tietokone, jossa on Spiro2000-ohjelma, medikron USB-liittimellä varustettu mittauslaite johon paineletku on kiinnitetty, sekä kertakäyttöiset virtausanturit ja nenäklipsut. (Medikro 2000.)



Kuva 4. Medikro-mittauslaite, nenäklipsu ja virtausanturi.

Laitteisto valmistellaan ja asennetaan käyttö valmiiksi ennen kuin tutkimuksia voidaan alkaa tekemään. Ensimmäisenä kiinnitetään USB-liittimellä varustettu Medikro-mittauslaite tietokoneeseen, tämän jälkeen käynnistetään tietokone. Kun tietokone on avautunut valitaan työpöydältä Spirometria-ohjelmisto. Ohjelmiston avauduttua näkymä on sama kuin seuraavassa kuvassa. (Medikro 2000.)



Kuva 5. Spirometriaohjelman aloitussivu.

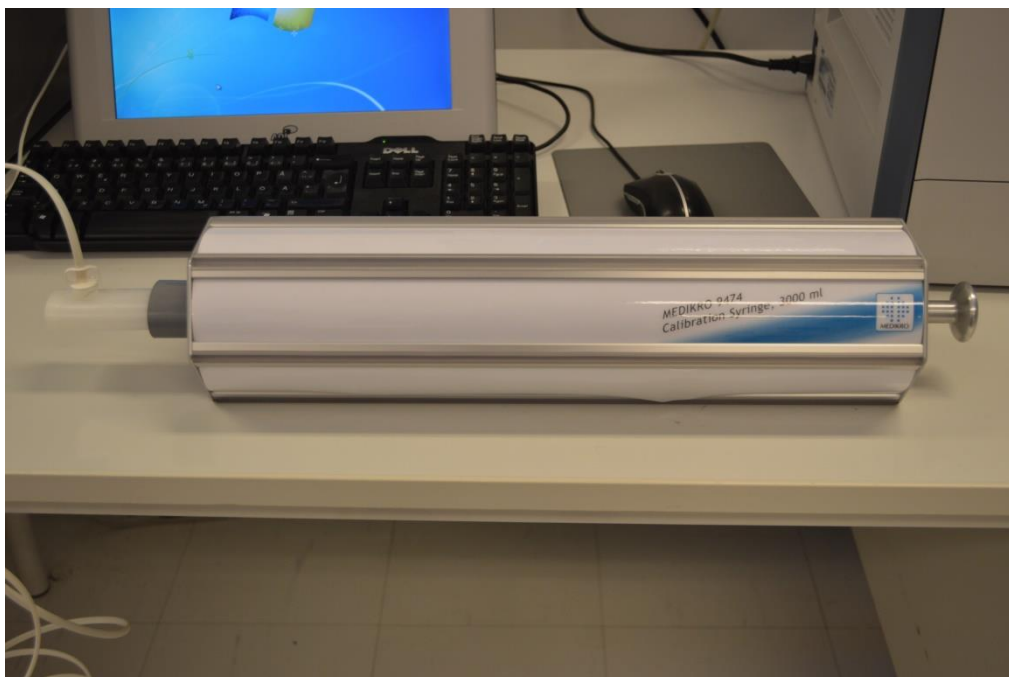
6.2 Vakiointi

Spirometriatutkimuksen tulee täyttää tiukat laatukriteerit, jotta tulokset eri laboratorioissa ja myös saman laboratorion sisällä eri aikoina tapahtuvissa mittauksissa olisivat vertailukelpoisia keskenään. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että mittausten tulee olla teknisesti tarkkoja ja niiden tulee olla hyvin toistettavia. Vakiointi tulee huomioida myös viitearvoihin ja tulkintaan.

- 1) Ympäristöolojen vakiointi on erityisen tärkeää spirometriatutkimusta aloittaessa. Puhallutushuoneen ilman tulee olla puhdasta, sekä kosteudeltaan ja lämpötilaltaan vakioitu. Huoneessa vallitseva ilmanpaine tulee kirjata koneelle tutkimushetkellä. Laboratorihuoneen tulee olla myös mahdollisimman meluton ja riittävän valaistu, jotta ohjeiden seuraaminen olisi potilaalle helpompaa.
- 2) Spirometrin tulee olla sellaisessa teknisessä kunnossa, että sillä pystytään mittaamaan haluttua fysiologista tapahtumaa tarkasti ja toistettavasti vääristämättä alkuperäistä fysiologista viestiä. Spirometrin mittaussominaisuudet eivät saisi muuttua spirometriatutkimuksen aikana.
- 3) Potilaan esivalmistelu ennen spirometriatutkimusta on yksi osa vakiointia.
- 4) Mittaus-, rekisteröinti- sekä suoritusmenetelmät tulee vakioida tutkimuskohtaisesti kaikissa laboratorioissa.
- 5) Mitattavat muuttujat ja käytetyt mittayksiköt tulee myös vakioida. Suomessa käytetään kansainvälisen mittajärjestelmän yksiköitä eli SI- järjestelmää.
- 6) Viitearvoihin verrataan saatua mittaustulosta. Viitearvot ovat vertailuarvoja samanikäisten, samankokoisten ja samaa sukupuolta ja etnistäustausta edustavien terveiden henkilöiden yhteen koottuja arvoja.
- 7) Vakioinnissa tulee huomioida myös tulokset. Tuloksissa ilmoitetaan mitatut arvot, vastaavat viitearvot sekä mitatun muuttujan prosentuaalinen osuus viitearvoista. Tuloksiin tulee lisätä spirometriakäyräkuvaaja ja lääkärin laatima kirjallinen lausunto.
- 8) Tulosten tulkinta on osa vakiointia (Kinnula ym. 2000.)

6.3 Laadunhallinta

Spirometrin kalibrointi tulee suorittaa päivittäin ja aina uuden anturierän käyttöön oton yhteydessä. Ennen kalibrointia laitteen tulee olla lämmennyt, jotta lämpötilakalibrointi olisi oikea. Spirometrin kalibrointi suoritetaan tiiviin kalibrointipumpun avulla, pumpun tilavuuden on oltava vähintään 3000 ml. Virtaustilavuuslaitteilla tilavuuskalibrointi perustuu siihen, että laitteelle ilmoitetaan kalibrointipumpun tilavuus, eli 3000 ml. Kalibroinnin suoritus vaihtelee laitekohtaisesti, joissakin laitteissa kalibroidaan vain yhdellä nopeudella, toisissa taas useammalla nopeudella. (Medikro 2000.)



Kuva 6. Kalibrointipumppu

Kalibroinnin toistettavuudessa suurin sallittu virheprosentti on 3-2 %. Kahden eri hoitajan tekemien ja kahden eripäivän kalibrointien välillä saa olla maksimissaan 3 %:n ero. Saman hoitajan tekemien kahden peräkkäisen kalibroinnin ero saa olla vain 2 %. (Sovijärvi ym. 2011.)

6.3.1 Tilavuuskalibroinnin suoritus

Ennen kalibroinnin aloitusta kiinnitetään Medikro-mittauslaitteiston paineanturi suukappaleeseen, ja suukappale kalibrointipumpun suulle. Kalibrointi aloitetaan painamalla spirometria-ohjelmiston aloitusnäytöltä kalibrointikuvaketta.

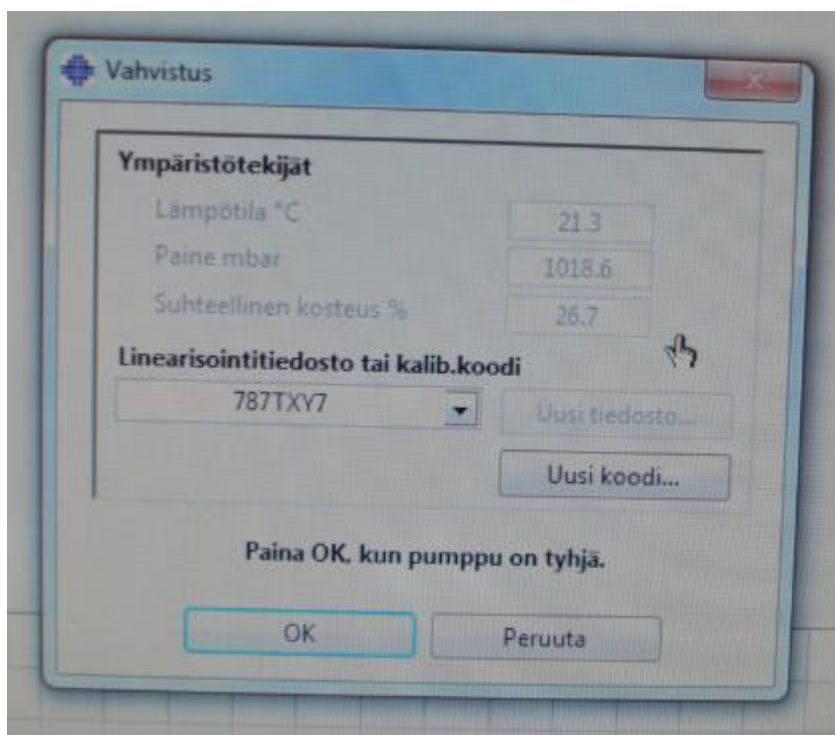


Kuva 7. Spirometriaohjelmiston aloitusikkunan kalibrointipainike.

Kuvakkeen painalluksen jälkeen avautuu uusi vahvistus-ikkuna, tässä vaiheessa tarkastetaan lämpö- ja ilmanpainemittarin avulla näyttääkö laitteen lämpötila ja ilmanpaine oikein, myös suhteellinen kosteusprosentti tarkastetaan. (Medikro 2000.)

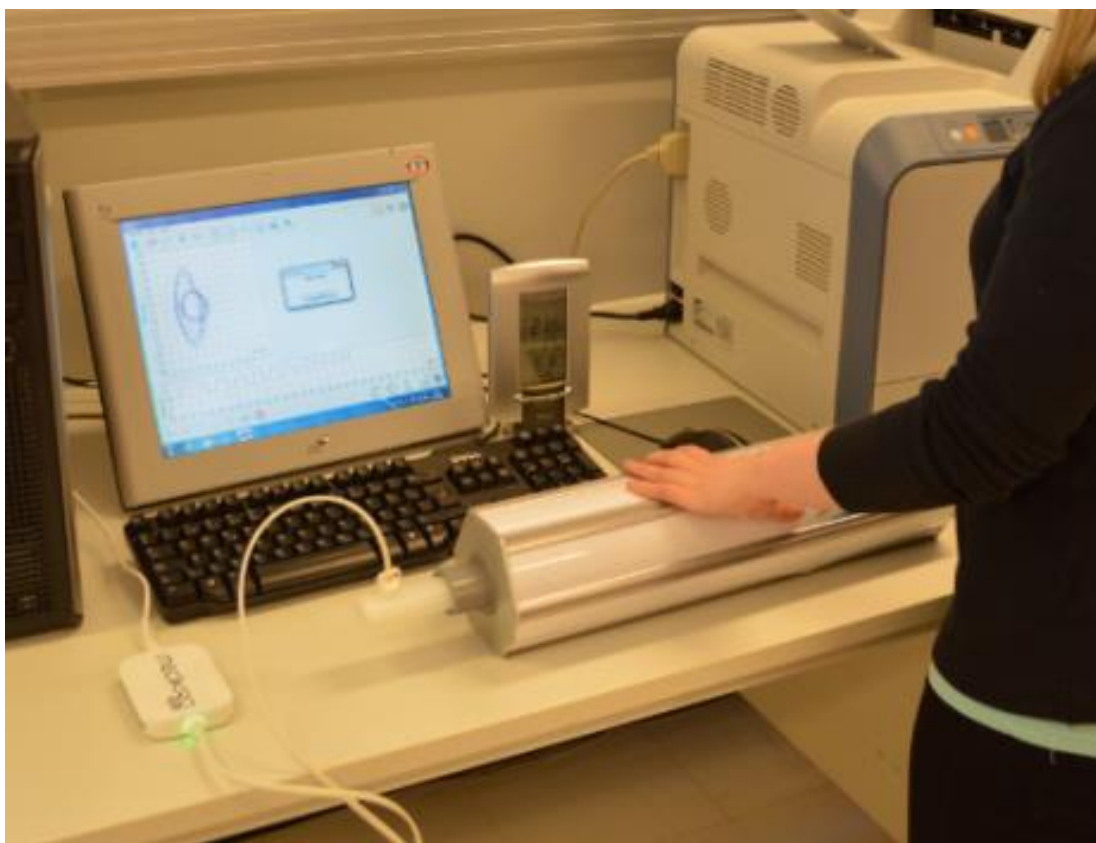


Kuva 9. Lämpö- ja ilmanpainemittari



Kuva 8. Kalibroinnin aloitusikkuna

Kun aloitusikkunan tiedot on tarkastettu, painetaan ok-painiketta. Laite pyytää tämän jälkeen täyttämään pumpun ja kun pumpu on täynnä, se pyytää tyhjentämään. Pumpun täyttö ja tyhjennys suoritetaan nopeasti, siten että mittausasteikolle piirtyy ovaalin muotoinen käyrä. Kalibroitaessa pumpun edessä ei saa olla estettä. Kun kalibrointi on valmis, painetaan ”Lopeta kalibrointi”-painiketta, tällöin avautuu uusi ikkuna, josta näkee kalibroinnin eron edelliseen kalibrointiin, jos kalibrointi on suoritettu hyväksyttävästi, voidaan kalibrointi hyväksyä, mikäli kalibrointi ei ole hyväksytty, tehdään se uudelleen. (Medikro 2000.)



Kuva 10. Kalibroinnin suoritus.

Virtaustilavuuskalibrointi

Virtaustilavuuskalibrointi suoritetaan siten, että virtausanturin pakkauksessa oleva koodi, syötetään tietokoneohjelman järjestelmään. (Medikro 2000.)

7 SPIROMETRIASUUREET JA NIIDEN PUHALLUKSIA

7.1 Hoitajan toimet ennen puhallutusta ja puhalluksen aikana

Ennen kuin potilas saapuu tutkimushuoneeseen, tulee hoitajan tarkistaa, että päivittäiset laadunhallintatoimenpiteet ovat suoritettu laitteille. Hoitajan tulee myös tarkastaa huoneen ilmanpaine, lämpötila sekä kosteusprosentti. Hoitajan tulee myös seurata tutkimushuoneen mahdollisia lämpötilamuutoksia koko työpäivän ajan ja kirjata mahdolliset muutokset ohjelmatietoihin. (Sovijärvi ym. 2011.)

Spirometriatutkimusta ennen hoitaja mittaa potilaalta pituuden ja painon ja kirjaa nämä tiedot ylös koneelle. Hoitaja kirjaa ylös ohjelmatietoihin myös mahdollisen keuhkolääkityksen sekä lääkkeiden ottoajankohdan. (Sovijärvi ym. 2011.)

Puhalluksen aikana hoitajan tulee varmistaa, että potilas istuu selkä suorana, käsinjohtamisessa tuolissa. Potilaan jalat tulee olla myös tukevasti maassa. Ryhdin ja kaulan asennon tulee pysyä hyvänä koko puhalluskokeen aikana. (Sovijärvi ym. 2011.) Potilaalta on myös tarpeellista löysätä kiristävät ja puristavat vaatteet. (Riski 08.04.2014.) Potilaalle annetaan nenänsulkija, jonka hän asettaa nenälleen ennen puhallutuksia. Tutkittavan suuhun asetetaan suukappale hampaiden väliin siten, että huulet painautuvat tiiviisti suukappaleen ympärille. Hoitajan tulee myös korostaa antaessaan ohjeita potilaalle, että tämän kieli tai sormi ei saa missään vaiheessa puhallamista tukkia virtausanturia. (Sovijärvi ym. 2011.)



Kuva 11. Spirometriapuhallusasento

Puhallutusten välissä tutkittavan annetaan levähtää, jolloin suukappaleen ja nenänsulkijan voi irrottaa hetkeksi. (Sovijärvi ym. 2011.)

Puhallutuksen aikana hoitaja käyttää sanastoa, joka tuntuu luontevimmalta ohjattaessa potilasta puhaltamaan spirometriapuhallukset. Hoitajan on hyvä näyttää potilaalle tarvittaessa myös mallipuhallus. (Sovijärvi ym. 2011.)

7.2 Ko- operaatio

Puhallutusten jälkeen kokeen suorittanut hoitaja kirjaa potilaan ko-operaation koneelle ylös, eli arvionsa siitä, kuinka potilas on suoriutunut puhalluksista ja millä asenteella potilas on puhallukset puhaltanut. Nykyään Medikron- ohjelmiin on tullut sivu, jonne on hoitajan on tarkoitus kirjoittaa reaaliaikaiset havaintonsa potilaan puhaltamisesta spirometriatutkimuksen aikana, esimerkiksi jos potilas yskii tai ei kuuntele hoitajan ohjeistusta. Ko-operaatiotiedot on tärkeää merkitä, sillä tiedot menevät tiedoksi tulosten tulkitsijalle, ja saattavat vaikuttaa tulosten tulkintaan. Ko-operaatiomerkinnot on tehtävä hienotunteisesti työyhteisössä sovituin tavoin. (Sovijärvi ym. 2011; Riski 08.04.2014.)

7.3 Suureet ja puhallutukset

Spirometriatutkimuksissa mitataan useita suureita, jotka ovat VC, FVC, FEV₁, FEV %, PEF, MEF50, MEF25, MMEF ja PIF.

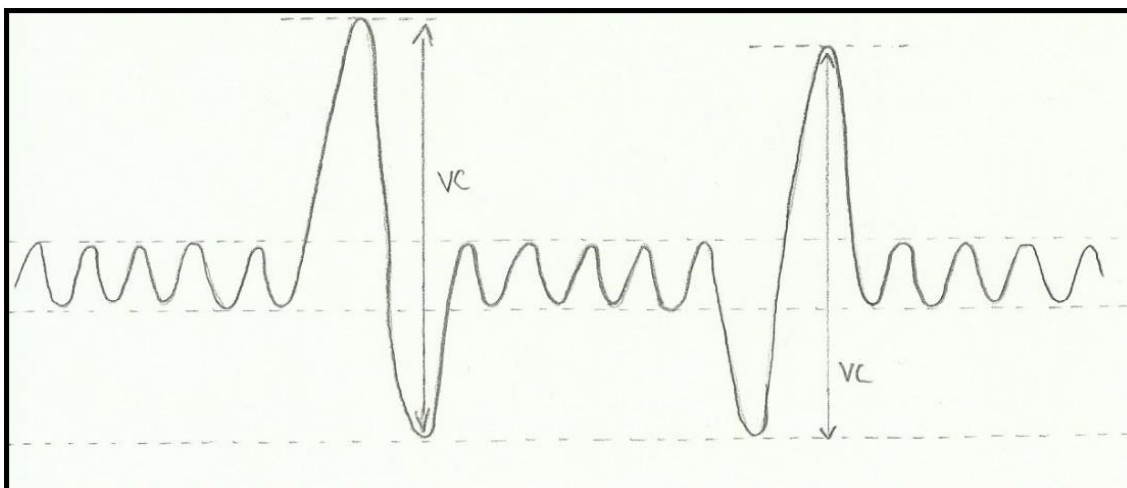
7.3.1 VC

VC:llä eli hitaalla vitaalikapasiteetilla tarkoitetaan sitä tilavuuseroa, joka saadaan normaalisti hengittäessä maksimaalisen uloshengityksen ja sisäänhengityksen erona. Hitaalla vitaalikapasiteetilla mitataan keuhkojen tilavuutta (Sovijärvi ym. 2012.) VC voidaan mitata kolmella eri tavalla; inspiratorinen vitaalikapasiteetti (IVC), ekspiratorinen vitaalikapasiteetti (EVC) ja kaksivaiheinen vitaalikapasiteetti (IC+ERV=VC). Näistä kolmesta IVC on suositeltavin tapa, kun taas viimeisintä suositellaan vain jos potilas hengästyy nopeasti eikä kykene useisiin maksimaalisiin puhalluksiin peräkkäin. (Sovijärvi ym. 1994; Wanger ym. 2005.) VC-arvo kertoo obstruktiopotilaan keuhkojen koon paremmin kuin FVC, sillä osalla potilaista ilmatiet salpautuvat nopeassa ulospuhalluksessa, jolloin FVC arvo jää liian matalaksi. VC- tutkimuksen antama tietoa potilaan keuhkojen koosta käytetään tutkimuksen laadunvarmistuksessa. VC- tutkimus tehdään aina ennen FVC-tutkimusta. (Riski 08.04.2014; GOLD.)

VC- tutkimuksessa kaikki puhallusvaiheet puhalletaan rauhallisesti.

- 1) Normaalia hengitystä, kunnes hengitys tasaantuu
- 2) Viimeisen uloshengityksen jälkeen hieman enemmän ilmaa keuhkoihin sisäänhengityksessä.
- 3) Keuhkot puhalletaan rauhallisesti tyhjiksi
- 4) Vedetään keuhkot rauhallisesti aivan täyteen
- 5) Ja viimeiseksi keuhkot puhalletaan rauhallisesti aivan tyhjiksi, jonka jälkeen palataan normaaliin hengitykseen.

VC-puhallus kannattaa tehdä myös toisin päin, eli ensin keuhkot täyteen ja sitten vasta niin tyhjiksi kuin saa. Potilaasta riippuen näin voi saada paremman tuloksen. (Heikkilä 11.11.2013.)



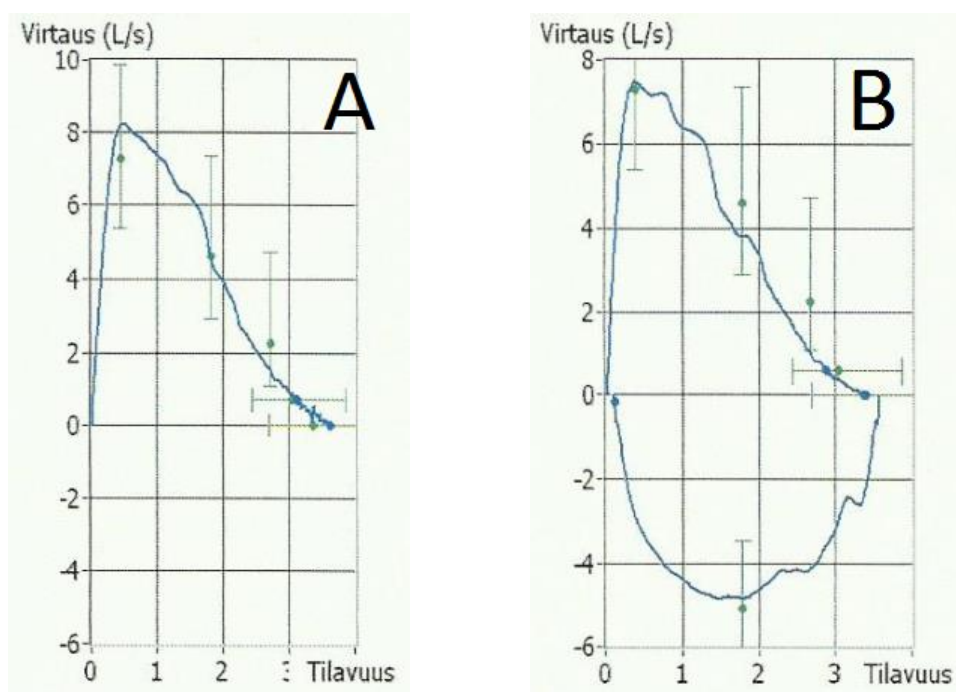
Kuva 12. Esimerkki VC-puhalluskäyrästä.

7.3.2 FVC

FVC:llä eli nopealla vitaalikapasiteetilla havainnollistetaan keuhkojen toiminnallista tilavuutta sekä hengityspalkeen liikkuvuutta. Nopealla vitaalikapasiteetilla tarkoitetaan siis keuhkojen maksimaalista uloshengitystilavuutta nopean uloshengityksen yhteydessä. (Kinnula & Sovijärvi 2005; Ganong 2005.)

- 1) Normaalia hengitystä
- 2) Keuhkot vedetään rauhallisesti täyteen ilmaa
- 3) Heti kun keuhkot ovat täynnä ilmaa, puhalletaan niin nopeasti, ja voimakkaasti ja pitkään keuhkot tyhjiksi kuin mahdollista. Ulospuhalluksen tulisi kestää vähintään kuusi sekuntia.
- 4) Kun keuhkot ovat tyhjä palataan normaaliin hengitykseen. Kun keuhkot ovat tyhjä vedetään ne reippaasti taas täyteen ilmaa ja palataan normaaliin hengitykseen.

Puhalluksia vaaditaan vähintään kolme kappaletta.



Kuva 13. Kuva A: Virtaus-tilavuuskäyrä. Kuva B: Virtaus-tilavuuskäyrä + inspirogrammi

7.3.3 FEV₁

FEV₁ eli uloshengityksen sekuntikapasiteetti-arvo kertoo, kuinka monta litraa potilas puhaltaa ilmaa ulos ensimmäisen sekunnin aikana voimakkaassa ulospuhalluksessa.

FEV₁ on tärkein keuhkohtaumatautipotilaan seulontatutkimus. (Käypähoito 2014.) Restriktiopotilaalla voi uloshengityksen sekuntikapasiteetti arvo olla sama kuin FVC-arvo. FEV₁ ei saa kuitenkaan koskaan olla suurempi kuin VC- arvo. (Sovijärvi ym. 2014.)

7.3.4 FEV %

FEV % = $FEV_1/VC \times 100$ tai $FEV_1/FVC \times 100$. FEV % kuvastaa sitä, kuinka monta prosenttia potilas sai koko ilmamäärästään ulos ensimmäisen sekunnin aikana. Henkilö, joka on terve, saa yli 80 % koko ilmamäärästään ulos ensimmäisen sekunnin aikana. (Sovijärvi ym. 2011.)

7.3.5 PEF

PEF -arvo eli uloshengityksen huippuvirtaus tai tilavuusvirta kertoo siitä, millä voimalla potilas saa keuhkoissa olevan ilman ulos nopeassa ulospuhalluksessa. PEF:ä puhallettaessa potilas käyttää myös hengityslihaksia. PEF- arvo kertoo potilaan suurten hengitysteiden halkaisijasta sekä niiden kunnosta. PEF -arvo saadaan puhallettaessa nopea vitaalikapasiteetti eli FVC. (Sovijärvi ym. 2011.)

7.3.6 MEF₅₀

MEF₅₀ eli uloshengitysvirtaus uloshengitystilavuuden puolivälin kohdalla FVC:stä. MEF₅₀- arvo kuvastaa sitä, mikä on potilaalla ilman ulosvirtaus silloin, kun hän on puhaltanut puolet koko ilmamäärästään ulos. MEF₅₀ kertoo siis keskisuurten sekä pienten ilmasteiden halkaisijan sekä kunnan. (Sovijärvi ym. 2011.)

7.3.7 MEF₂₅

MEF₂₅ eli uloshengitysvirtaus viimeisen tilavuusneljänneksen kohdalla FVC:stä. MEF₂₅- arvo kuvaa sitä, mikä potilaan ilman on virtaus silloin, kun tämä on puhaltanut ulos 75 % koko ilmamäärästään. MEF₂₅- arvo mittaa pienten ilmäteiden halkaisijaa sekä kuntoa. (Sovijärvi ym. 2011.) MEF₂₅- arvo pienenee erityisesti pienten ilmäteiden ahtaumassa. Arvo on myös erityisen riippuvainen puhallustekniikasta, toisin kuin esimerkiksi FEV₁-arvo. (Piirilä 2013.)

7.3.8 MMEF

MMEF eli uloshengityksen maksimaalinen keskivaiheen virtaus, tarkoittaa sitä suhdetta, joka saadaan laskemalla kahden keskimmäisen tilavuusneljänneksen tilavuus FVC:stä ja niiden puhaltamiseen käytetyn ajan suhde. (Sovijärvi ym. 2012.) Pienten ilmäteiden ahtaumassa MMEF pienenee erityisesti, mutta mikäli tuloksia pidetään luotettavana, voidaan MMEF-arvoa käyttää tulokinnan apusuurena (Piirilä 2013.)

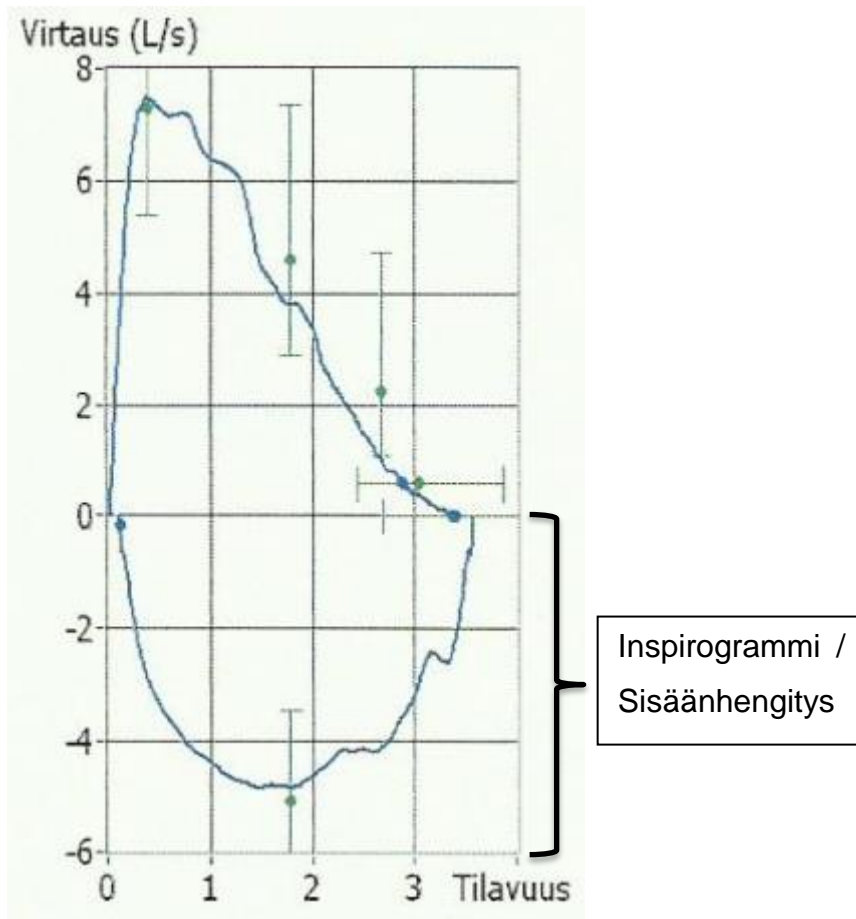
7.3.9 Sisäänhengityksen suuret

PIF eli sisään hengityksen huippuvirtaus. PIF mittaa nopeasti sisään hengitetyn ilman huippuvirtausta. PIF on ainoa sisään hengityksen suure, jolle on määritelty viitearvo. PIF tulee mitata erikseen voimakkaina sisäänhengityksinä, sillä PIF on hyvin riippuvainen suurtenhengitysteiden läpimitasta sekä käytetystä lihasvoimasta. Suureen mittaaminen on tärkeää epäiltäessä estettä sentraalisissa hengitysteissä, eli esimerkiksi henkitorven tai kurkunpään tasolla. Esteiden, esimerkiksi syövän vuoksi PIF-arvo pienenee. (Sovijärvi ym. 2012.)

PIF-puhallutus

FVC-puhalluksissa viimeinen vaiheen reipas sisään veto ei aina onnistu, mutta sisäänhengityksen voi puhalluttaa myös erikseen neuvomalla potilasta puhaltamaan samalla tavalla kuin FVC-puhallus, mutta ulos puhallusta ei puhalluteta täysillä, vaan reippaasti, keuhkot melkein tyhjiksi ja tämän jälkeen vetämään keuhkot reippaasti täyteen. (Heikkilä 11.11.2013.)

FIV₁ eli sisäänhengityksen sekuntitilavuus, on ilmamäärä jonka potilas kykenee hengittämään reippaasti sisään ensimmäisen sekunnin aikana syvän uloshengityksen jälkeen. (Kustannus Oy Duodecim.)



Kuva 14. Virtaus-tilavuuskäyrä.

8 BRONKODILAATIOKOE

Diagnostiseen spirometriatutkimukseen kuuluu oleellisena osana bronkodilataatiokoe. Tämän kokeen avulla on tarkoitus selvittää, onko spirometriakokeen avulla todettu obstruktio palautuva vai ei. Astmalle on tyypillistä palautuva obstruktio, joten bronkodilataatiokoe käytetäänkin erityisesti juuri astmadiagnosoinnissa. Spirometriatutkimuksen yhteydessä on hyvä suorittaa automaattisesti myös bronkodilataatiokoe, mikäli spirometriatutkimus on paljastanut obstruktion ja mikäli mitään vasta-aihetta bronkodilataatiokokeen suorittamiseksi ei ole esimerkiksi sydämen rytmihäiriöitä. Koetta voidaan myös käyttää astmalääkityksen tehon arviointiin. Bronkodilataatiokoe ei suositella tehtävän, mikäli potilas on sairastanut alle kaksi viikkoa ennen bronkodilataatiokokeen suorittamista jonkin akuutin keuhkosairauden. Bronkodilataatiokokeen vasta-aiheena edellisen lisänä on myös se, että bronkoskopiasta tai jostakin muusta hengitysteitä ärsyttävästä toimenpiteestä tulee olla kulunut kolme vuorokautta. (Sovijärvi & Piirilä 2012.)

Taulukko 5. Bronkodilataatiokokeen aiheet.

Obstruktiolöydös spirometriassa	Suure	Viitearvosta
	FEV ₁ /FVC FEV ₁ /VC	< 88 %
	MEF ₅₀	aikuisilla < 62-63 % lapsilla < 63-64 % (VC:n tai FVC:n olessa normaali)
Epäily astmasta tai COPD:stä		
	FEV ₁	< 90 % ja/tai
	FVC	< 80 %
	PEF	< 75 %
	MEF ₅₀	aikuisilla < 62-63 % lapsilla < 63-64 %

(Sovijärvi ym. 2011.)

Kokeen suoritus:

1. Spirometriatutkimuksessa on saatu kolme yhteneväistä mittausta ennen koetta
2. Inhalaatioaerosolisäiliön ravistus
3. Suihkutetaan kaksi annosta aerosolia annostelukammioon (salbutamolia tai terbutaliinia)
4. Varmistetaan, että suukappale on tiiviisti potilaan suussa
5. Potilasta pyydetään vetämään lepouloshengityksen jälkeen keuhkot rauhallisesti täyteen ilmaa annostelukammioista ja tämän jälkeen pidättämään hengitystä 5-10 sekuntia.
6. Menettely toistetaan ½-1 minuutin kuluttua
7. Tehdään uusi spirometriatutkimus 10 minuutin kuluttua. (Sovijärvi & Piirilä 2012.)

Mikäli kyseessä on lapsipotilas tai potilas joka ei kykene suorittamaan bronkodilatiokoetta yllä mainitulla tavalla, voidaan koe suorittaa seuraavasti;

1. Spirometriatutkimuksessa on saatu kolme yhteneväistä mittausta ennen koetta
2. Inhalaatioaerosolisäiliön ravistus
3. Suihkutetaan kaksi annosta aerosolia annostelukammioon (salbutamolia tai terbutaliinia)
4. Varmistetaan, että suukappale on tiiviisti potilaan suussa
5. Potilasta pyydetään hengittelemään annostelukammioon rauhallisesti kymmenen kertaa ja pidättämään viimeisen sisään vedon jälkeen hetken aikaa hengitystä.
6. Menettely toistetaan ½-1 minuutin kuluttua
7. Tehdään uusi spirometriatutkimus 15 minuutin kuluttua. (Sovijärvi ym. 2011; Heikkilä 11.11.2013.)

Taulukko 6. Merkitsevän bronkodilaatiiovasteen rajat.

	Muutos % lähtöarvosta	Vähimmäismuutos	
Astmalle diagnostisen muutoksen rajat			
FVC	+ 12 %	0,20	I
FEV ₁	+ 12 %	0,20	I
Astmalle viitteellisen muutoksen rajat			
PEF	+ 23 %	1,0	I s-1
MMEF	+ 33 %	0,4	I s-1
MEF ₅₀	+ 36 %	0,5	I s-1
MEF ₂₅	+ 56 %	0,3	I s-1
AEFV	+ 25 %		

(Sovijärvi ym. 2011.)

9 HYVÄKSYMISKRITEERIT

9.1 Yhden puhalluksen hyväksymiskriteerit

- 5) Käyrässä ei saa olla artefaktoja. Käyrässä ei saa näkyä siis merkkejä siitä, että tutkittavan kurkunpää olisi sulkeutunut kesken puhalluksen tai ilmaa olisi päässyt vuotamaan suupielistä. Suukappale ei myöskään saa olla ahtautunut esimerkiksi potilaan kielen tai sormen vuoksi. Virtausanturi ei saa olla likaantunut tai kostunut. Potilas ei saisi myöskään yskäistä puhalluksen ensimmäisen sekunnin aikana eikä MEF50:n tai MEF25:n kohdalla. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 6) Puhallus käyrän tulee olla yhtenäisesti etenevä eli puhallusvoiman tulee olla koko ajan maksimaalinen. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 7) Puhalluksen alun tulee olla riittävän nopea sekä voimakas. Virtaushuippu eli PEF tulee saavuttaa nopeasti ja käyrän huipun on oltava mahdollisimman terävä. Ekstrapoloidun tilavuuden eli EV:n tulee olla puhalluksen laskennallisessa aloituskohdassa eli uudessa nollakohdassa alle viisi prosenttia FVC:stä tai alle 150 millilitraa. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 8) Puhalluksen keston eli FET:n on oltava riittävän pitkä. Aikuisilla ja yli 10-vuotiailla lapsilla puhalluksen keston tulee olla vähintään kuusi sekuntia. Alle 10-vuotiailla lapsilla puhalluksen keston tulee olla vähintään kolme sekuntia. Puhalluksen hyväksymiseen vaaditaan myös, että puhalluksen lopussa tilavuus saa muuttua ainoastaan alle 25 millilitraa viimeisen sekunnin aikana. Puhallusaika (FET) tulee olla rekisteröitynä. (Sovijärvi ym. 2011.)

9.2 Tulosten toistettavuuskriteerit

- 4) FEV₁ eli uloshengityksen sekuntikapasiteetti. Kahden suurimman FEV₁- arvon ero saa olla korkeintaan 150 millilitraa, mutta jos FVC- arvo on alle yhden litran, sallittu ero on enintään sata millilitraa. (Sovijärvi ym. 2011.)
- 5) FVC eli nopea vitaalikapasiteetti. Kahden suurimman FVC- arvon ero saa olla korkeintaan 150 millilitraa, mutta jos FVC on alle yhden litran, sallittu ero on enintään sata millilitraa. (Sovijärvi ym. 2011.)

- 6) PEF eli uloshengityksen huippuvirtaus. Kahden suurimman PEF -arvon ero saa olla korkeintaan kymmenen prosenttia pienempään verrattuna. (Sovijärvi ym. 2011.)

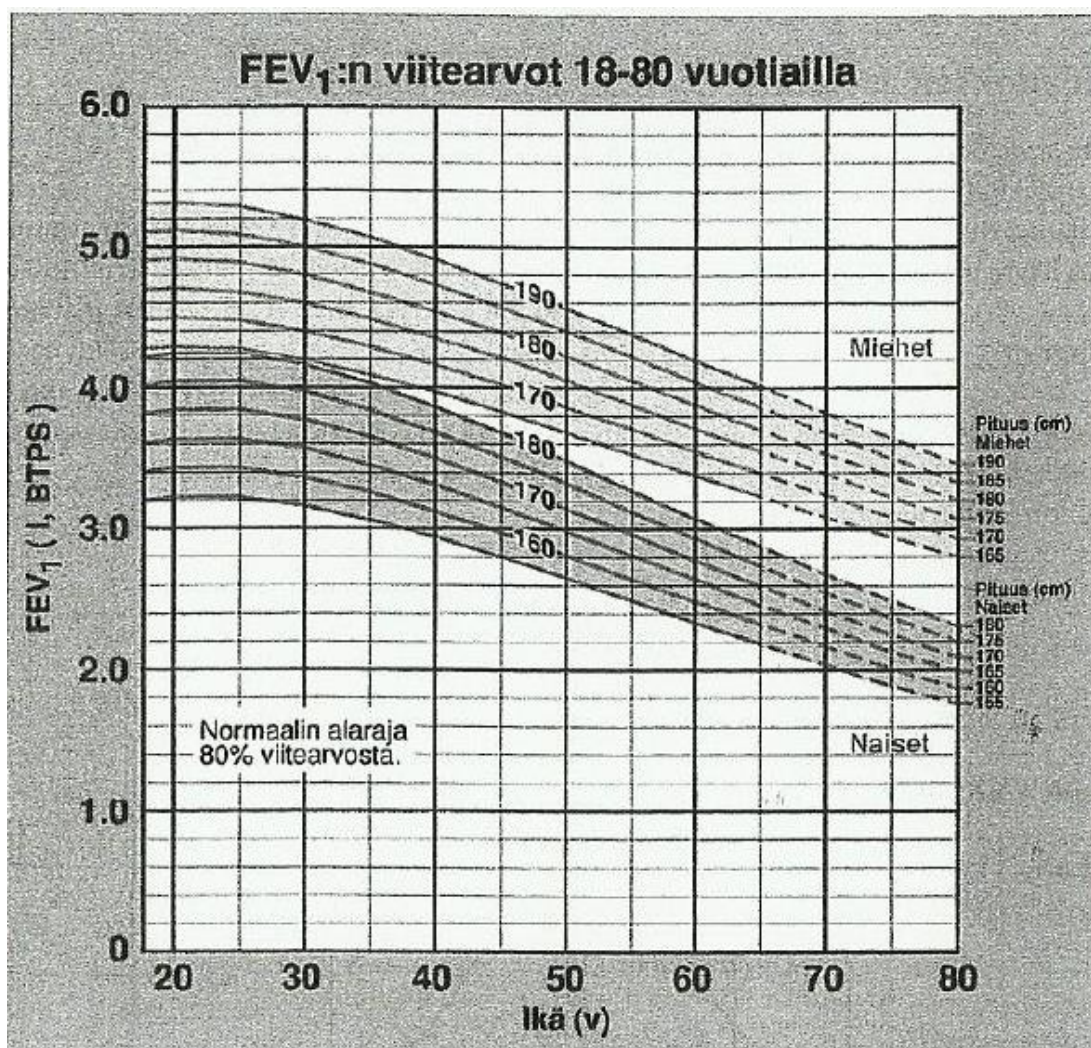
Taulukko 7. Tulosten toistettavuuskriteerit.

Kahden parhaan ero seuraavilla suureilla saa olle enintään:			Jos FVC on alle 1 litran, suurin sallittu ero on:	
FEV ₁	150	ml	100	ml
FVC	150	ml	100	ml
PEF	10	%		

(Sovijärvi ym. 2011.)

10 VIITEARVOT

Spirometriatutkimuksessa käytetään suomalaisilla ja saamelaisilla aikuisilla tutkittavilla Viljasen ym. viitearvoja. Suomalaisilla lapsilla käytetään Koillisen ym. viitearvoja. Keskieurooppalaisilla aikuisilla käytetään ECSC, Quanjer ym. (1983) -viitearvoja ja lapsilla suositellaan käytettäväksi Quanjer ym. (1995) – viitearvoja. Muilla etnisillä roduilla käytetään keskieurooppalaisia viitearvoja joista muodostetaan etnisen rodun edustajan viitearvot käyttämällä erillisiä korjauskertoimia, korjatut viitearvot ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia. Mikäli spirometriatutkimukseen tuleva on suomalaisen ja ulkomaalaisen vanhemman jälkeläinen suositellaan käytettäväksi suomalaisia viitearvoja, joissakin tapauksissa voidaan suorittaa vertailua myös keskieurooppalaisiin viitearvoihin.



Kuva 15. FEV₁-viitearvomogrammit Viljanen ym. (1982) viitearvojen mukaan. (Sovijärvi 2011.)

11 VIRHELÄHTEET

Spirometriatutkimuksessa voidaan jakaa virhelähteet neljään eri luokkaan. Virhelähteitä ovat spirometriatutkimuksen suorittajan virheet, potilaasta johtuvat virheet, laittevirheet ja tulosten tulkinnassa tapahtuvat virheet. (Sovijärvi ym. 2004.)

Spirometriatutkimuksen suorittajasta johtuvia virhelähteitä ovat virheellinen kalibrointi, virheellisesti täytetyt esitiedot (pituus, ikä, sukupuoli), väärin valitut viitearvot (aikuiset, lapset, väärä rotu). Spirometriatutkimuksen suorittajan puhallukseen vaikuttavaa virheellistä toimintaa on potilaan huono ohjaus ja kannustus, jotka voivat johtaa nenänsulkijan puuttumiseen, väärään puhallusasentoon, ilmavuotoon suupielistä. Kostunut virtausanturi on myös yksi virhelähde kuin myös se että potilaan käsi tai sormi peittää anturin takaseinää tai paineletkua. Spirometriatutkimuksen suorittajasta johtuvia virhelähteitä ovat myös mittaus- ja laskenta virheet sekä väärät mittaus tulosten valinnat. (Sovijärvi ym. 2004.)

Virheellinen puhallustekniikka ja huono yhteistyöhalukkuus ovat potilaasta johtuvia virhelähteitä, myös puhallusta häiritsevät oireet (esimerkiksi rintakipu ja yskä), löysä hammasproteesi ja lääkitys, joka ei ole ohjeiden mukainen aiheuttavat virheitä spirometriatutkimuksessa. (Sovijärvi ym. 2004.)

Laitteen aiheuttamia virheitä ovat anturivirheet, ohjelmavirheet, ilmavuodot, piirturin virheet, sekä tietokoneen ja laskentayksikön virheet. (Sovijärvi ym. 2004.)

12 TULOSTEN TULKINTAA

12.1 Suureiden valinta tulostukseen

Suureita tulostukseen valitessa ei sovelleta verhoikäyräperiaatetta, vaan valitaan onnistuneista käyristä, se missä on suurin FEV_1 ja FVC. Näiden kahden arvon avulla lasketaan FEV_1/FVC . Suurimpien VC ja FEV_1 -arvojen avulla lasketaan FEV_1/VC . Tulostukseen valitaan, myös se käyrä, jossa $FEV_1 + FVC$ saavat suurimman summan, käyrästä jossa summa on suurin tulostetaan virtausarvot, esimerkiksi PEF, MEF_{50} , MEF_{25} ja MMEF. (Sovijärvi 2011.)

Arvioitaessa obstruktiota ja restriksiota käytetään suurinta vitaalikapasiteettia (FVC tai VC) ja pienintä FEV_1 ja vitaalikapasiteetin suhdetta (FEV_1/VC tai FEV_1/FVC). (Sovijärvi 2011.)

12.2 Obstruktion ja restriktion kriteerit

Tuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon obstruktion ja restriktion kriteerit. Obstruktiossa keuhkoputkien ahtaus, josta johtuu virtauksen hidatuminen, alentaa obstruktioille tyypillisesti FEV_1 -arvoa, tästä johtuen FEV_1/FVC tai FEV_1/VC -suhde on alle viitearvon 88 %. Pienten ilmateiden ahtautuessa MEF_{50} , MEF_{25} ja MMEF pienenevät, näissä tilanteissa FVC tai VC voi olla normaali, mutta edellä mainitut arvot kuten MEF_{50} kuitenkin olla alle viitearvon (aikuisilla <62-63 % ja lapsilla <63-64 %), obstruktiossa voi ilmetä myös molemmat kriteerit tai se voi täyttää vain toisen. (Sovijärvi 2011; Piirilä 2013.)

Restriktio tarkoittaa keuhkojen tilavuuden pienenemistä. Restriktiossa on tyypillisesti normaalit virtausarvot, mutta VC- tai FVC -arvot alenevat. Virtausarvojen ollessa normaalit FEV_1/FVC tai FEV_1/VC -suhteet pyrkivät suurenemaan. Virtausarvot ja FEV_1 voivat pienentyä kun restriktio on riittävän voimakas. (Piirilä 2013.)

13 ASTMA, KEUHKOAHTAUMATAUTI JA PEF

13.1 Astma

Astma on pitkäaikainen keuhkoputkien limakalvojen tulehdussairaus. Limakalvon tulehduksen taustalla on yleensä erilaiset allergeenit tai mikrobit, kuten virukset ja bakteerit. Pitkään kestäneenä ja toistuvana limakalvon tulehdus aiheuttaa keuhkojen toiminnan häiriöitä sekä keuhkoputkien ahtautumista. Useilla astmaa sairastavilla henkilöillä on voimakas keuhkoputkien supistumistaipumus, mikä ilmenee oireiluna erilaisten ärsykkeiden yhteydessä. Pitkään jatkuneessa sekä vaikkas astmassa potilaan keuhkoputkiin saattaa kehittyviä pysyviä rakenteellisia muutoksia, kuten sidekudoksen lisääntymistä limakalvossa. (Haahtela 2011.)

Astma oireyhtymä, jonka kehittymiseen vaikuttavat niin perintötekijät kuin ympäristönvaikutukset, mutta niiden vaikutukset astman kehittymisessä on yksilöllistä. Astmalle on tyypillistä, että se puhkeaa sairaudeksi silloin, kun perintötekijöiltään astmalle altis yksilö joutuu olosuhteisiin, jotka saavat oireet esille. (Backman- Juntunen & Peura 2002.)

Astmaa sairastaa noin kuusi prosenttia väestöstä ja lisäksi viidellä prosentilla on ajoittain astman kaltaisia oireita. Astma on yleisin lasten pitkäaikaissairaus. (Haahtela 2011.) Astmalle tyypillisiä oireita ovat pitkittynyt limainen yskä, ajoittainen hengenahdistus, hengityksen vinkuna ja väsymys. (Laitinen & Räsänen 2000; Haahtela 2011.)

Astmaa epäiltäessä potilaalta otetaan laboratoriossa perusverenkuva, veren eosinofiilit, ysköksien eosinofiilisolut ja selvitetään allergiataipumus ihopistokokeella. Potilaalta tulee kuunnella myös keuhkot lääkärin vastaanotolla, sillä astmalle on tyypillistä vinkuvat hengityssänet erityisesti nopeassa uloshegityksessä. Potilaalle, jolla on oireena pitkäaikainen yskä ja joka tupakoi suoritetaan yleensä myös keuhkoröntgen, jotta suljetaan pois mahdollinen keuhkosityöpä. Keuhkojen toimintakokeiden avulla lopulta osoitetaan astmalle tyypillinen palautuva hengitysteiden ahtaus. Spirometriatutkimuksen avulla potilaalta mitataan keuhkojen tilavuudet sekä puhalluksien maksimaaliset ilmavirtausnopeudet. Spirometriatutkimus tulee suorittaa ennen mahdollisen astamalääkityksen aloittamista. Spirometriatulokset tulee pohjautua

kolmeen yhteneväiseen puhallukseen , jotka on toteutettu maksimaalisella puhallusvoimalla sekä mahdollisimman pitkään ulos puhaltaen. Spirometriatutkimukseen yhdistetään myös yleensä astmaa tutkittaessa bronkodilataatiokoe, jolla voidaan tutkia obstruktion palautuvuutta. Bronkodilataatiokokeessa annetaan peruspuhalluksien jälkeen potilaalle inhalaatiokammionvkautta kaksi annosta keuhkoputkia laajentavaa lääkettä. Lääkkeen annetaan vaikuttaa 15 minuuttia, jonka jälkeen spirometria puhallutukset uusitaan. Ahtauman parantuessa merkittävästi laajentavan lääkkeen oton jälkeen potilaalla on astma. (Piirilä&Sovijärvi 2000.)

13.2 Keuhkohtaumatauti

Keuhkohtaumatauti eli KAT, on eteneväsairaus keuhkoissa, se ahtauttaa keuhkoputkia jotka kuljettavat keuhkoihin ilmaa. Keuhkohtauma tauti tunnetaan myös nimellä COPD, joka tulee englanninkielisestä nimestä chronic obstructive pulmonary disease. (Käypähoito 2014.) Suomessa COPD:n esiintyvyys on noin 6 %, sairaus on alidiagnosoitu sillä arviolta puolet sairastuneista on ilman diagnoosia. (Katajisto ym. 2013.)

Eri ihmisillä sairaus ilmenee ja oireilee eri tavalla. COPD:n sairauskokonaisuuteen liittyy kolme tekijää, krooninen bronkiitti, enfyseema ja etenevä krooninen hengitysteiden ahtauma. Kroonisella bronkiitilla tarkoitetaan tilannetta, jossa potilaalla on ollut yskää tai ysköksiä vähintään kolmen kuukauden ajan kahtena peräkkäisenä vuonna. Enfyseemalla taas tarkoitetaan keuhkorakkuloiden tuhoutumista terminaalisten ilmaiteiden distaalipuolella. Keuhkorakkuloiden tuhoutuminen näkyy diffuusiokapasiteetin pienenemisenä, eli se heikentää keuhkojen hapenottokykyä. (Katajisto ym. 2013.) Pahenemisvaiheet esimerkiksi keuhkoputken tulehdukset liittyvät sairauteen, ja niiden seurauksena keuhkojen toimintakyky huononee pysyvästi. Sairauden kanssa esiintyy myös yleisesti keuhkolaajentumaa ja astmaa. (Käypähoito 2014.)

Keuhkohtaumataudin diagnosointiin käytetään spirometriaa, jolla todetaan mahdollinen obstruktio. Spirometriatutkimuksessa etsitään merkkejä keuhkoputkien ahtautumisesta. Ahtautumisesta kertovat alentuneet arvot FEV:ssä ja FEV₁/FVC:ssä. COPD:ssä obstruktio säilyy keuhkoputkia laajentavan lääkkeen jälkeenkin, FEV₁/FVC-arvo jää alle 70 % normaali arvoista. Osalla COPD-potilaista saattaa esiintyä myös dynaamista restriktiota, josta johtuen FVC- arvo alenee ja siitä seurau-

ksena FEV₁/FVC-arvo kasvaa. Keuhkoputkia laajentavan lääkkeen vaikutus, eli bronkodilaatiovaste, jää COPD:ssä yleensä alle 12 %:iin. Joissakin tapauksissa vaste voi olla yli 12 %, mutta se ei tarkoita että potilaalla olisi astma, epävarmoissa tapauksissa käytetään steroidihoitokoetta erotusdiagnostiikkana astman ja COPD:n välillä. COPD suljetaan pois mikäli keuhkofunktio palautuu normaaliksi steroidihoidon jälkeen. (Katajisto ym. 2013; Käypähoito 2009.)

Keuhkohtaumataudin yhteydessä muissakin keuhkojen toimintakokeissa voi esiintyä muun muassa keuhkojen kokonaiskapasiteetin (TLC) ja jäännösilmatilavuuden (RV) suurentumista, lisäksi vitaalikapasiteetti (VC) voi olla pienentynyt. COPD:n vuoksi PEF-arvo on matala, eikä siihen vaikuta keuhkoputkia laajentava lääke. Emfyseeman vuoksi diffuusiokapasiteetti (DL,CO) yleensä pienenee. (Katajisto ym. 2013.)

13.3 PEF, erillisellä mittarilla

PEF voidaan mitata myös erillisellä PEF -mittarilla. PEF arvo riippuu suuresti potilaan käyttämästä hengityselinvoimasta, jolloin esimerkiksi hengityselinten heikkous ja rintakehän liikkuvuutta pienentävät sairaudet pienentävät PEF -arvoa. (Sovijärvi ym. 2012.)

Puhalluksen vaiheet PEF -mittarilla:

- 1) Asetetaan mittari 0-asentoon.
- 2) Keuhkot vedetään täyteen ilmaa, mittari ei saa olla vielä tässä vaiheessa suussa.
- 3) Mittari asetetaan suuhun, siten että suukappale tulee hampaiden väliin ja huulet tiiviisti suukappaleen ympärille.
- 4) Nopea maksimaalinen ulospuhallus, jonka kesto on noin 1 sekunti.
- 5) Tulos merkitään muistiin.
- 6) Puhallus toistetaan yleensä kolme kertaa, jos tulokset ovat hyväksyttäviä. Puhallukset hyväksytään, kun kahden suurimman PEF -arvon välinen ero on alle 20 l/min, mikäli ero on suurempi, tehdään lisäpuhalluksia.
- 7) Suurin PEF -arvo merkitään tulokseksi. (Sovijärvi ym. 2012.)

HUOM: Mittari nollataan joka puhalluksen jälkeen.



Kuva 16. PEF-mittari.

Innostavia ja mielenkiintoisia lukuhetkiä sinulle!

Toivottavat, Sara Anttila ja Merina Eronen

LÄHTEET

Ahonen, O.; Blek-Vehkaluoto, M.; Sirkka, E.; Partamies, S.; Sulosaari, V.; Uski-Tallqvist, T. 2012. Kliininen hoitotyö Sisätauteja, kirurgisia leikkauksia ja syöpätauteja sairastavan hoito. 1.painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Fimlab laboratoriot Oy. Ohjekirja. Potilasohjeet. Virtaustilavuus-spirometria: Spirometriatutkimukseen vaikuttavat lääkkeet. 8.10.2013. [viitattu 16.10.2013].
http://www.laboratoriokeskus.fi/lake/ohjekirja/nayta.tmp?siivu_id=193;setid=5802

Ganong William, 2005, Rewiew of medical physiology. Twenty-Second Edition.

GOLD, Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Spirometry for health care providers. Viitattu 27.03.2014. http://www.goldcopd.org/uploads/users/files/GOLD_Spirometry_2010.pdf

Katajisto, M.; Harju, T.; Kinnula, V. 2013. Keuhkohtaumatauti. Teoksessa Kaarteenaho, R.; Brander, P.; Halme, M.; Kinnula, V. (toim.) Keuhkosairaudet. 1. Painos. Kustannus Oy Duodecim.

Kinnula, V.; Laitinen, L.; Tukiainen, P. 2000. Keuhkosairaudet. Duodecim 2., uudistettu painos Helsinki.

Kinnula, V. & Sovijärvi, A. 2005. Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa Kinnula, V.; Brander P. E. & Tukiainen P. (toim.) Keuhkosairaudet. 3. uudistettu painos. Hämeenlinna: Kustannus OY Duodecim

Kustannus Oy Duodecim. Lääketieteen termit. 2014. Viitattu 24.02.2014.
http://www.terveysportti.fi.ezproxy.turkuamk.fi/terveysportti/rex_terminologia.koti

Käypä hoito. Suositukset. Keuhkohtaumatauti. Viitattu 11.03.2014.
<http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suositukset/naytaartikkeli/tunnus/hoi06040#s1>

Laakso, M. & Matilainen, E. 2012. Spirometria. Terveysportti. Viitattu 27.09.2013
<http://www.terveysportti.fi.ezproxy.turkuamk.fi/dtk/shk/koti>

Leppäluoto, J.; Kettunen, R.; Rintamäki, H.; Vakkuri, O.; Vierimaa, H.; Lätti, S. 2013. Anatomia ja fysiologia- Rakenteesta toimintaan. Sanoma Pro Oy 3.,uudistettu painos. Helsinki.

Mustajoki Pertti, 2011. Ilmarinta. Terveyskirjasto Duodecim. Viitattu 24.10.2013
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00816

Nienstedt, W. & Kallio, S. 2010. Luut js ytimet- ihmiselimistö lyhyesti. WSOY 12.painos, Helsinki.

Piirilä, P. 2013. Keuhkojen toiminnan tutkiminen. Teoksessa Kaarteenaho, R.; Brander, P.; Halme, M.; Kinnula, V. (toim.) Keuhkosairaudet. Duodecim. 22-38.

Piirilä, P. & Sovijärvi, A. 2012. Bronkodilaatiokoe. Teoksessa Sovijärvi, A.; Ahonen, A.; Hartiala, J.; Länsimies, E.; Savolainen, S.; Turjanmaa, V. Kliinisen fysiologian perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Pietinalho, A.; Piirilä, P.; Poussa, T.; Lindholm, T.; Siukola, A.; Sovijärvi, A. 2010. Spirometriatutkimusten laatu on Suomessa jo hyvä- Valtakunnallisen kyselytutkimuksen tulokset. Lääkärilehti 43/2010, 3505-3512. Viitattu 27.09.2013 <http://www.fimnet.fi.ezproxy.turkuamk.fi/cgi-cug/brs/artikkeli.cgi?docn=00003478>

Sand, O.; Sjaastad, Ø.; Haug, E.; Bjälje, J.; Toverud, K. 2011. Ihminen- Fysiologia ja anatomia. WSOYpro Oy 1.painos. Helsinki

Sovijärvi, A.; Ahonen, A.; Hartiala, J.; Länsimies, E.; Savolainen, S.; Turjanmaa, V. 2012. Kliinisen fysiologian perusteet. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Sovijärvi, A.; Kainu, A.; Malmberg, P.; Pekkanen, L.; Piirilä, P. 2011. Spirometria- ja PEF- mittausten suoritus ja tulkinta. MOODI 3/2011, 12.painos. Helsinki.

Sovijärvi, A.; Piirilä, P.; Korhonen, O.; Louhiluoto, E.; Pekkanen, L. 2004. Spirometria- ja PEF- mittausten suoritus ja arviointi. Moodi erillisjulkaisu 69. painos. Suomen Kliinisen Fysiologian Yhdistyksen ja Suomen Keuhkolääkäriyhdistyksen suositus.

Sovijärvi, A. & Terho, E. 2013. Tavallinen keuhkojen toimintakoe eli spirometria. Duodecim, Terveyskirjasto. Viitattu 27.03.2014.

http://www.terveysportti.fi.ezproxy.turkuamk.fi/dtk/alg/koti?p_artikkeli=alg00065&p_haku=spirometria

Sovijärvi, A.; Uusitalo, A.; Länsimies, E.; Vuori, I. 1994. Kliininen fysiologia. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy

Terveyskirjasto Duodecim. 2013. Vasta-aihe. Viitattu 24.10.2013

http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=Ilt03681

THL. Taudit ja mikrobit. Bakteeritaudit. Tuberkuloosi. 2013. Viitattu 24.10.2013.

http://www.thl.fi/fi_FI/web/infektiaudit-fi/tuberkuloosi

THL. Taudit ja mikrobit. Tautiryhmittäin. Hengitystieinfektiot. 2013. Viitattu 24.10.2013.

http://www.thl.fi/fi_FI/web/infektiaudit-fi/hengitystieinfektiot

Wanger, J.; Clausen, J.L.; Coates, A.; Pedersen, O.F.; Brusasco, V.; Burgos, F.; Casaburi, R.; Crapo, R.; Enright, P.; van der Grinten, C.P.M.; Gustafsson, P.; Hankinson, J.; Jensen, R.; Johnson, D.; MacIntyre, N.; McKay, R.; Miller, M.R.; Navajas, D.; Pellegrino, R. & Viegi, G. 2005. Standardisation of the measurement of lung volumes. European Respiratory journal, volume 26, number 3.

