

**”TERVETULOA  
KLIINISEN FYSIOLOGIAN  
LABORATORIOON  
HENGITYSELMISTÖN  
TUTKIMUKSIIN”**

Esite Pirkanmaan sairaanhoitopiirin  
Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen  
kliinisen fysiologian laboratorion potilaille

Essi Nikkinen  
Sanna Tuominen

Opinnäytetyö  
Lokakuu 2012  
Bioanalytiikan  
koulutusohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Bioanalytiikan koulutusohjelma

NIKKINEN, ESSI & TUOMINEN, SANNA:

”Tervetuloa klinisen fysiologian laboratorioon hengityselimistön tutkimuksiin”

Esite Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen klinisen fysiologian laboratorion potilaille

Opinnäytetyö 85 sivua, josta liitteitä 10 sivua

Lokakuu 2012

---

Klininen fysiologia on tieteenala, joka tutkii potilaiden elintoimintoja ja niiden säätelyä. Tutkimuksissa mitataan, analysoidaan ja tulkitaan fysikaalisia ilmiöitä. Klininen fysiologia sisältää hengityselimistön, sydän- ja verenkiertoelimistön sekä ruoansulatuselimistön tutkimuksia. Mittauksia voidaan tehdä levossa, rasituksessa tai altistusten yhteydessä. Mittausten kesto vaihtelee, ne voivat olla kertamittauksia tai vuorokausiseurantoja.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen (AKU) kanssa. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan hengityselimistön tutkimuksia, koska ne ovat yleisimpiä AKU:n klinisen fysiologian laboratoriossa tehtäviä tutkimuksia. Työn tarkoituksena oli tuottaa esite, jossa kerrotaan Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksesta, sen klinisen fysiologian laboratorion ja siellä tehtävistä hengityselimistön tutkimuksista. Tavoitteena oli, että esitteen avulla potilaiden tieto hengityselimistön tutkimuksista lisääntyy.

Työ toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä. Opinnäytetyö koostuu raportista ja tuotoksesta. Raportti sisältää luvut Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksesta, hengityselimistön anatomiasta ja fysiologiasta, hengityselimistön tutkimuksista sekä hyvän esitteen ominaisuuksista. Hengityselimistön tutkimuksista käsitellään spirometria, diffuusiokapasiteetti, metakoliinialtistus, impulssioskillometria ja kehopletysmografia. Lisäksi raportissa kerrotaan toiminnallisesta opinnäytetyöstä menetelmänä sekä opinnäytetyöprosessista ja sen tuotoksesta.

Opinnäytetyön tuotoksena tehtiin hengityselimistön tutkimuksista kertova esite AKU:n klinisen fysiologian laboratorion potilaille. Esitteessä kerrotaan yleistä tietoa AKU:sta ja näistä tutkimuksista tekstin ja kuvien avulla. Esite on suunnattu aikuisille potilaille. Esitteessä on kahdeksan A5-kokoista sivua ja se sisältää 8 valokuvaa. Esitettä ei julkais-  
ta ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto Theseuksessa.

---

Asiasanat: diffuusiokapasiteetti, esite, hengityselimistö, impulssioskillometria, kehopletysmografia, klininen fysiologia, metakoliinialtistus, spirometria

## ABSTRACT

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

NIKKINEN, ESSI & TUOMINEN, SANNA:

"Welcome to the Clinical Physiology Laboratory for Examinations of the Respiratory System"

A Brochure for the Patients of the Clinical Physiology Laboratory of Medical Imaging Center of the Pirkanmaa Hospital District

Bachelor's thesis 85 pages, appendices 10 pages  
October 2012

---

Clinical physiology is a branch of science that examines patients' vital functions and how these functions are regulated in the human body. Clinical physiology includes examinations of respiratory, cardiovascular and gastrointestinal systems. The measurements of the examinations can be performed during rest, straining or in challenge tests. The duration of these measurements varies from one-time to long-term measurements.

The objective of this thesis was to produce a concise and informative brochure for the patients of the clinical physiology laboratory of Medical Imaging Center of the Pirkanmaa Hospital District. In the brochure there is basic information about Medical Imaging Center and about five different examinations of the respiratory system. These examinations are spirometry, diffusing capacity, methacholine challenge test, impulse oscillometry and body plethysmography. This study was outlined for the examinations of the respiratory system because they are the most common examinations in the clinical physiology laboratory of Medical Imaging Center. The target group of this brochure is adult patients.

This thesis was functional in nature and it consists of two parts: the report and the output. The report comprises information about Medical Imaging Center, basic anatomy and physiology of the respiratory system, the examinations of respiratory system and the characteristics of a good brochure.

---

Key words: body plethysmography, brochure, clinical physiology, diffusing capacity, impulse oscillometry, methacholine challenge test, respiratory system, spirometry

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	KUVANTAMISKESKUS- JA APTEEKKILIIKELAITOS.....	7
3	HENGITYSELIMISTÖN ANATOMIA JA FYSIOLOGIA .....	8
	3.1 Anatomia .....	8
	3.2 Fysiologia .....	11
4	HENGITYSELIMISTÖN TUTKIMUKSIA.....	13
	4.1 Spirometria .....	13
	4.2 Diffuusiokapasiteetti .....	23
	4.3 Metakoliinialtistus .....	33
	4.4 Impulssioskillometria .....	38
	4.5 Kehopletysmografia .....	45
5	HYVÄN ESITTEEN OMINAISUUKSIA.....	53
	5.1 Sisältö .....	53
	5.2 Visuaalinen ilme.....	53
	5.2.1 Sivunsommittelu .....	54
	5.2.2 Typografia.....	54
	5.2.3 Kuvat.....	55
	5.2.4 Värit .....	56
	5.2.5 Paperin laatu .....	57
6	TARKOITUS, TAVOITE JA TEHTÄVÄT .....	59
7	TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ .....	60
	7.1 Toiminnallinen opinnäytetyö menetelmänä .....	60
	7.2 Opinnäytetyöprosessi .....	61
	7.3 Opinnäytetyön tuotos .....	63
8	POHDINTA.....	64
9	LÄHTEET .....	69
10	LIITTEET.....	76
	Liite 1. Hengityselimistön tutkimuksissa esiintyvät lyhenteet .....	76
	Liite 2. Spirometriatutkimukseen vaikuttavat lääkkeet .....	80
	Liite 3. Metakoliinialtistuskokeeseen vaikuttavat antihistamiinilääkkeet.....	82
	Liite 4. Sopimus esitteen kuvien ottamisesta .....	83
	Liite 5. Lupa lapsen kuvaamiseen esitettä varten .....	84
	Liite 6. Lupa laitteiden kuvaamiseen opinnäytetyötä varten.....	85

## 1 JOHDANTO

Kliininen fysiologia tutkii potilaiden elintoimintoja ja niiden säätelymekanismeja. Tutkimusten avulla pyritään selvittämään, mistä potilaiden kokemat oireet johtuvat. (Suomen bioanalytikkoliitto ry 2011.) Tutkimukset perustuvat lähes aina fysiologisista ilmiöistä tehtyihin fysikaalisiin mittauksiin sekä niiden analysointiin ja tulkintaan (Korhonen, Turjanmaa & Sovijärvi 2012, 12). Tutkimuksissa mitataan elimistön sähköisiä, mekaanisia ja metabolisia tapahtumia levossa, kuormituksessa tai altistusten yhteydessä. Mittaukset voidaan tehdä kertamittauksina tai vuorokausiseurantoina. (Suomen bioanalytikkoliitto ry 2011.)

Potilaskontakti on merkittävässä osassa klinisen fysiologian laboratoriossa tehtävissä tutkimuksissa. Tutkimukset ovat suhteellisen pitkiä ja potilas on läsnä koko tutkimuksen ajan. (Suomen bioanalytikkoliitto ry 2011.) Tämä opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen (AKU) klinisen fysiologian laboratorion kanssa. Opinnäytetyönä on tarkoitus tehdä esite, joka sisältää tietoa AKU:sta, klinisen fysiologian laboratoriosta, sen henkilöstörakenteesta sekä yleisimmistä siellä tehtävistä hengityselimistön tutkimuksista. Saimme aiheen AKU:n klinisen fysiologian laboratoriosta. Esitteelle on tarvetta, koska laboratorioon ei ole aikaisemmin tehty sellaista. Esite on suunnattu aikuisille potilaille.

Aihe on rajattu siten, että käsittelemme hengityselimistön tutkimuksia mahdollisimman monipuolisesti. Opinnäytetyöhön sisältyy yleisimmät AKU:n klinisen fysiologian laboratoriossa tehtävät hengityselimistön tutkimukset sekä lisäksi keuhopletysmografiatutkimus. Nämä yleisimmät hengityselimistön tutkimukset ovat virtaustilavuusspirometria, diffuusiokapasiteetti, metakoliinialtistus ja impulssioskillometria. Keuhopletysmografiatutkimus on AKU:ssa merkittävästi harvinaisempi tutkimus kuin muut opinnäytetyössä käsiteltävät tutkimukset, mutta se päätettiin sisällyttää työhön tutkimuksen erikoisluonteen vuoksi. (Heikkilä 2011.)

Opinnäytetyön teoriaosuus koostuu neljästä asiakokonaisuudesta. Ensin kerrotaan opinnäytetyön kannalta olennaista yleistä tietoa AKU:sta. Tämän jälkeen käsitellään perus-

tietoja hengityselimistön anatomiasta ja fysiologiasta. Sitten esitellään opinnäytetyössä käsiteltävät hengityselimistön tutkimukset. Liitteeseen 1 on koottu hengityselimistön tutkimuksissa esiintyvät lyhenteet. Teoriaosuuden lopuksi tarkastellaan, millainen on hyvä esite sekä sisällöltään että ulkonäöltään. Teoriaosuuden jälkeen kerrotaan opinnäytetyön tavoite, tarkoitus ja tehtävät. Opinnäytetyön lopuksi esitellään toiminnallinen opinnäytetyö menetelmänä sekä kerrotaan opinnäytetyöprosessista ja sen kulusta.

Mielestämme aihe on tärkeä, koska kliinisen fysiologian laboratoriossa tarvitaan hyvää vuorovaikutusta hoitohenkilökunnan ja potilaiden välillä. Esitteen avulla potilaat saavat tietoa hengityselimistön tutkimuksista. Tavoitteena on, että tämä helpottaa näiden tutkimusten suorittamista ja vähentää potilaiden jännittyneisyyttä. Lisäksi potilaat saavat tietää, mitä muita hengityselimistön tutkimuksia laboratoriossa suoritetaan. Valitsimme aiheen, koska olemme koko opintojemme ajan olleet kiinnostuneita kliinisestä fysiologiasta. Opinnäytetyön tekemisen avulla saamme mahdollisuuden tutustua paremmin kliinisen fysiologian hengityselimistön tutkimuksiin. Näitä tietoja ja taitoja voimme hyödyntää myöhemmin työelämässä.

## 2 KUVANTAMISKESKUS- JA APTEEKKILIIKELAITOS

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos (AKU) on osa Pirkanmaan sairaanhoitopiiriä. AKU tuottaa terveydenhuollon yksiköille ja potilaille klinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen, radiologian ja klinisen neurofysiologian tutkimuksia. Lisäksi AKU:ssa on kuvantamisarkisto ja liikelaitos tarjoaa fyysikko- ja koulutuspalveluja. AKU:ssa tehdään myös tutkimusta. (Kuvantamiskeskus 2011.) AKU:ssa on yhteensä noin 400 työntekijää (Pulkinen 2012).

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos koostuu viidestä yksiköstä. Ne ovat klinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikkö (KFI), klinisen neurofysiologian yksikkö (KNF), radiologian yksikkö (RAD), lääketieteellisen fysiikan yksikkö (FYY) sekä apteekki (APT). KFI sisältää klinisen fysiologian laboratorion (KLF) ja isotooppilaboratorion (KIL). Radiologian yksikkö on suurin. Sen tutkimusten osuus AKU:n kokonaistutkimusmäärästä on lähes 90 %. Klinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön tutkimusten osuus AKU:n kokonaistutkimusmäärästä on sen sijaan hieman vajaa 8 % ja klinisen neurofysiologian yksikön hieman vajaa 3 %. KFI- yksikössä tehtiin vuonna 2011 yhteensä noin 23 000 potilastutkimusta, joista KLF- laboratorion tutkimuksia oli noin 13 000, KIL- laboratorion noin 6 000 ja KLF- sekä KIL- laboratorioden etälääketiedetutkimuksia noin 4 000. (Pulkinen 2012.)

Klinisen fysiologian laboratoriossa tehdään hengityselimistön, sydän- ja verenkiertoelimistön sekä ruoansulatuselimistön tutkimuksia (Kuvantamiskeskus 2012). Hengityselimistön tutkimuksia tehdään eniten, toiseksi eniten sydän- ja verenkiertoelimistön tutkimuksia ja vähiten ruoansulatuselimistön tutkimuksia (Heikkilä 2011). Klinisen fysiologian laboratoriossa työskentelee noin 10 lääkäriä, fyysikko, osastonhoitaja, hieman vajaa 20 hoitajaa ja neljä osastosihteeriä. Hoitajina laboratoriossa voivat toimia bioanalyytikot sekä laboratorio- ja sairaanhoitajat. (Heikkilä 2012; Pulkinen 2012.)

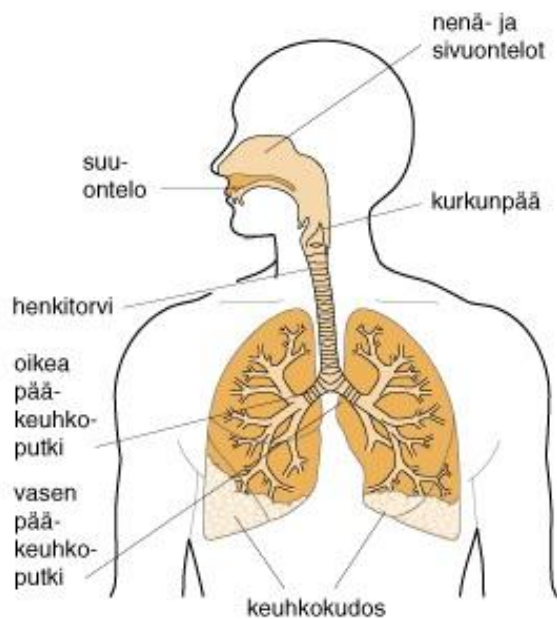
### 3 HENGITYSELIMISTÖN ANATOMIA JA FYSIOLOGIA

#### 3.1 Anatomia

Hengityselimistö koostuu ylä- ja alahengitysteistä, keuhkokudoksesta sekä hengityslihakista. Ylähengitysteihin kuuluvat suuontelo ja nenäontelo sekä sen sivuontelot, nielu sekä kurkunpää ja alahengitysteihin henkitorvi sekä keuhkoputket. (Leppäluoto ym. 2007, 198–199; Hiltunen ym. 2010, 354; Sovijärvi & Salorinne 2012, 55.) Hengitysteiden tärkein tehtävä on lämmittää, kostuttaa ja puhdistaa hengitysilma sen kulkeutuessa alveoleihin eli keuhkorakkuloihin sekä suojata elimistöä infektioilta (Leppäluoto ym. 2007, 201; Sovijärvi & Salorinne 2012, 55). Hengitysteiden sisäpintaa peittää valekerrostunut, värekarvainen hengitystie-epiteeli (Tortora & Derrickson 2009, 883; Hiltunen ym. 2010, 354).

Henkitorvi jakautuu oikeaksi ja vasemmaksi pääkeuhkoputkeksi, jotka työntyvät keuhkoihin keuhkoportin kohdalla (Tortora & Derrickson 2009, 883; Sand ym. 2011, 359). Keuhkoputket koostuvat rustosta ja ne haarautuvat lukuisia kertoja muodostaen bronkuspuun (Sand ym. 2011, 359; Sovijärvi & Salorinne 2012, 56). Ruston osuus vähenee keuhkoputkissa asteittain ja rustottomia haaroja kutsutaan ilmatiehyiksi eli bronkioleiksi (Leppäluoto ym. 2007, 201; Sand ym. 2011, 359). Niistä pienimpien sisäpinnalla on värekarvatonta, limaa erittämätöntä yhdenkertaista kuutioepiteeliä (Tortora & Derrickson 2009, 883; Sand ym. 2011, 359). Keuhkoputkia ympäröivistä keuhkovaltimoista ja -laskimoista sekä ison verenkierron bronkioleja ympäröivistä pienistä verisuonista muodostuu bronkuspuuta ympäröivä vaskulaaripuu (Leppäluoto ym. 2007, 201; Sand ym. 2011, 362). Kuviossa 1 on esitetty ylä- ja alahengitystiet.





KUVIO 1. Ylä- ja alahengitystiet (Salonen & Saano 2003, muokattu)

Keuhkot ovat parilliset, kartion muotoiset elimet, jotka sijaitsevat rintakehän sisällä rintaontelossa (Tortora & Derrickson 2009, 885; Sand ym. 2011, 361). Niitä ympäröi lähes kokonaan yhdenkertaisesta levyepiteelistä muodostunut pleura eli keuhkopussi (Leppäluoto ym. 2007, 201; Sand ym. 2011, 361). Avoinna olevasta keuhkojen tyvestä kulkevat pääkeuhkoputket. Pleuran sisäkalvo eli viskeraalinen lehti on tiiviisti keuhkoja vasten ja ulkokalvo eli parietaalinen lehti on kiinnittynyt rintakehään, palleaan ja keuhkojen välissä olevaan sidekudostilaan eli välikarsinaan. (Leppäluoto ym. 2007, 201; Tortora & Derrickson 2009, 885; Sand ym. 2011, 361–362.) Näiden kalvojen välissä olevassa ohuessa tilassa eli pleuraontelossa on voitelunesteenä muutama millilitra pleuranestettä. Sen ansiosta hengityksen liikkeistä johtuvan hankauksen aiheuttama kitka jää mahdollisimman pieneksi ja kalvot pääsevät liikkumaan toisiaan vasten vaivattomasti. (Leppäluoto ym. 2007, 201; Tortora & Derrickson 2009, 885; Hiltunen ym. 2010, 357–358.)

Oikea keuhko on jakautunut kolmeen ja vasen, pienempi keuhko, kahteen lohkoon (Tortora & Derrickson 2009, 883; Sand ym. 2011, 362). Jakautumisen ansiosta keuhkot täyttyvät tehokkaammin ja niiden liikkuvuus paranee hengityksen aikana. Lohkot ovat jakautuneet edelleen oikeassa keuhkossa kymmeneksi segmentiksi ja vasemmassa keuhkossa kahdeksaksi. Jokaiseen segmenttiin menee oma keuhkoputken haaransa. (Sand

ym. 2011, 362.) Pienimpien keuhkoputkien haarat päättyvät rypäleterttumaisiin alveolisäkkeihin (Leppäluoto ym. 2007, 201; Sand ym. 2011, 359).

Keuhkokudos koostuu suurimmaksi osaksi ilman täyttämistä alveoleista, joissa tapahtuu kaasujen vaihto keuhkojen ja verenkierron välillä (Hiltunen ym. 2010, 357). Keuhkoissa on alveoleja yhteensä noin 300–500 miljoonaa ja niiden ansiosta hengitysepiteelipinta-ala on 70–100 neliometriä (Leppäluoto ym. 2007, 201; Tortora & Derrickson 2009, 889; Sand ym. 2011, 360). Alveolien läpimitta vaihtelee 0,1 ja 0,4 mm:n välillä. Pienimmillään ne ovat uloshengityksen loppuvaiheessa ja suurimmillaan sisäänhengitysvaiheessa. Keuhkokudoksessa on alveolien lisäksi kollageeni- ja kimmosäikeitä. (Hiltunen ym. 2010, 357.)

Alveolien sisäpinta koostuu yhdenkertaisesta levyepiteelistä, jossa on myös makrofageja ja surfaktanttisoluja (Leppäluoto ym. 2007, 201; Tortora & Derrickson 2009, 888; Sand ym. 2011, 360). Makrofagit fagosytoivat pieniä hiukkasia, jotka ovat päässeet alveoleihin asti. Surfaktanttisolut tuottavat proteiinien ja fosfolipidien seosta, jonka tarkoituksena on pienentää pintajännitystä. Seoksen ansiosta alveolit eivät painu uloshengityksessä kasaan ja sisäänhengityksessä niiden laajeneminen helpottuu. (Tortora & Derrickson 2009, 888; Sand ym. 2011, 360.)

Alveolien väleissä kulkee runsas määrä hiussuonia, joiden yhteenlaskettu pinta-ala on yhtä suuri kuin alveolien (Hiltunen ym. 2010, 357; Sand ym. 2011, 360). Kaasujen vaihto tapahtuu alveoli-ilman ja hiussuonten veren välillä olevan erittäin ohuen seinämän läpi. Tämä seinämä rakentuu hiussuonen seinämän endoteelisoluista ja alveolien yksinkertaisesta levyepiteelistä sekä niiden välissä olevasta yhteisestä tyvikalvosta. Diffuusiomatka jää erittäin lyhyeksi, jolloin kaasujen vaihto on tehokasta ja nopeaa. (Leppäluoto ym. 2007, 201; Tortora & Derrickson 2009, 888–889; Sand ym. 2011, 360; Sovijärvi & Salorinne 2012, 61.)

Hengityslihakset koostuvat sisään- ja uloshengityslihaksista. Sisäänhengityslihaksista tärkeimmät ovat rinta- ja vatsaontelon välissä sijaitseva pallea sekä ulommat kylkiväli- lihakset ja uloshengityslihaksista sisemmät kylkiväli- lihakset. Uloshengityksen apulihaksina käytetään vatsalihaksia. (Leppäluoto ym. 2007, 202–203; Hiltunen ym. 2010, 359;

Sovijärvi & Salorinne 2012, 57, 59.) Uloshengityслиhaksia tarvitaan ainoastaan voimakkaassa hengityksessä, sen sijaan lepouloshengityksessä ei tarvita lihastyötä (Hiltunen 2010, 358–359; Sand 2011, 362–364; Sovijärvi & Salorinne 2012, 57, 59).

### 3.2 Fysiologia

Hengitettäessä ilman sisältämä happi ( $O_2$ ) siirtyy soluihin ja hiilidioksidi ( $CO_2$ ) pois soluista. Hengitystapahtuma koostuu neljästä osasta, jotka ovat keuhkotuuletus eli ventilaatio, alveolien ja ilman välillä tapahtuva kaasujen vaihto, kaasujen kuljetus veressä sekä veren ja kudosten välillä tapahtuva kaasujen vaihto. (Tortora & Derrickson 2009, 890; Hiltunen ym. 2010, 353; Sand ym. 2011, 356; Sovijärvi & Salorinne 2012, 55.)

Keuhkotuuleuksessa ilma siirtyy alveoleihin ja sieltä ulos. Ilma saadaan virtaamaan paine-erojen avulla, sillä ilma virtaa aina suuremmasta paineesta pienempään. Paineenvaihtelut saadaan aikaan laajentamalla ja supistamalla keuhkoja. Tähän tarvitaan hengityслиhaksia. (Leppäluoto ym. 2007, 209; Tortora & Derrickson 2009, 890; Hiltunen ym. 2010, 358–359, 364; Sand ym. 2011, 356, 362–364; Sovijärvi & Salorinne 2012, 57.)

Keuhkotuuleuksen säätely on automaattista ja se tapahtuu ydinjatkeen hengityskeskuksessa. Hengityskeskus sisältää sisään- ja uloshengityskeskukset. Hengitystä säädellään humoraalisesti veren mukana kulkeutuvien aineiden sekä neuraalisesti hermoimpulssien välityksellä. Neuraalinen säätely vaikuttaa keuhkotuuletukseen voimakkaammin kuin humoraalinen. (Hiltunen ym. 2010, 371–372; Sand ym. 2011, 373–374.)

Humoraalisista säätelytekijöistä tärkein on hiilidioksidi. Se liukenee veteen muodostaen hiilihappoa. Hiilihapon dissosioituessa eli hajotessa muodostuu hengitystä stimuloivia vetyioneja, jotka lisäävät hiilidioksidin vaikutusta. Myös hapen puute on humoraalinen säätelytekijä, mutta sen vaikutus ei ole yhtä merkittävä. Kaulavaltimoiden ja aortankaaren seinämissä on kemoreseptoreja, jotka reagoivat valtimoveren happi- ja hiilidioksidipaineisiin. Kemoreseptoreja sijaitsee myös hengityskeskuksen ydinjatkeessa. Ne reagoivat aivo-selkäydinnesteen vetyioneihin. Tämä vetyionimäärä riippuu veren hiilidioksidipaineesta. Neuraalinen säätely tapahtuu keuhkoputkiin ja keuhkoihin liitty-

neiden reseptorien välityksellä. Nämä reseptorit säätelevät hengitysliikkeiden rytmiä. (Hiltunen ym. 2010, 371–372; Sand ym. 2011, 373–374.)

Keuhkoissa tapahtuu hapen vaihto alveolien ja ilman välillä. Koska elimistön solut kulluttavat happea, kudoksista keuhkoihin saapuvan veren happiosapaine on alhaisempi kuin alveoli-ilman. Happi diffundoituu korkeammasta happiosapaineesta alhaisempaan eli alveoleista niitä ympäröiviin hiusverisuoniin. (Tortora & Derrickson 2009, 896–899; Hiltunen ym. 2010, 366–367, 369–370; Sand ym. 2011, 356, 362–369.) Tämän jälkeen happi kulkeutuu verenkierron mukana kudoksiin. Happi on pääasiallisesti sitoutuneena veren hemoglobiiniin, mutta sitä kulkeutuu myös vereen liuenneena. Hapen osapaine on suurempi veressä kuin kudostesteessä ja solujen sisällä se on pienin. Tästä syystä kudoksissa happi kulkeutuu hiussuonten seinämien läpi kudostesteeseen ja edelleen solujen sisään. (Leppäluoto ym. 2007, 213–214; Hiltunen ym. 2010, 370; Sand 2011, 367–371.)

Saman periaatteen mukaisesti solujen aineenvaihdunnassa syntyvä hiilidioksidi diffundoituu soluista kudostesteeseen ja edelleen vereen. Hiilidioksidi kulkeutuu veren mukana keuhkoihin kolmessa muodossa: fysikaalisesti liuenneena, hemoglobiinin proteiiniosaan ( $\text{Hb-CO}_2$ ) sitoutuneena ja bikarbonaattina ( $\text{HCO}_3^-$ ). Suurin osa hiilidioksidista on bikarbonaatti-muodossa. (Leppäluoto ym. 2007, 216–217; Tortora & Derrickson 2009, 903; Hiltunen ym. 2010, 371; Sand ym. 2011, 371.) Keuhkoissa tapahtuu hiilidioksidin vaihto alveolien ja ilman välillä. Hiilidioksidi diffundoituu alveoli-ilmaan, sillä keuhkoihin saapuvan veren hiilidioksidiosapaine on suurempi kuin alveoli-ilman. (Tortora & Derrickson 2009, 896–899; Hiltunen ym. 2010, 366–367; Sand ym. 2011, 369–372.)

## 4 HENGITYSELIMISTÖN TUTKIMUKSIA

### 4.1 Spirometria

Spirometriatutkimus on yleisin keuhkofunktioitutkimus. Suomessa näitä tutkimuksia tehdään vuosittain lähes 500 000 kappaletta. (Sovijärvi ym. 2011, 77; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 79.) Tutkimuksen yleisyys selittyy sillä, että se on tärkein keuhkojen toimintakoe aikuisilla ja yli kuusivuotiailla lapsilla (Davis 2006, 11; Lange, Mullholland & Kreider 2009, 608; Sovijärvi ym. 2011, 79; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 82). Spirometriatutkimuksessa mitataan keuhkojen tilavuutta ja tuuletuskykyä sekä tuuletuskyvyn mahdollisia häiriöitä, niiden luonnetta, vaikeusastetta ja palautuvuutta (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 79; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 82). Tuuletuskyvyn häiriön luonne voi olla obstruktiivinen tai restriktiivinen (Lange ym. 2009, 608; Levy ym. 2009, Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 79; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 82). Obstruktio tarkoittaa keuhkoputkien ahtautumista ja restriktio keuhkotilavuuden pienenemistä (Lange ym. 2009, 135; Sovijärvi & Salorinne 2012, 68).

### Indikaatiot ja kontraindikaatiot

Spirometriatutkimuksen indikaatioita ovat hengityselimistön sairauksien diagnostiikka ja hengitykseen liittyvien oireiden syyn selvittäminen (Miller ym. 2005b, 320; Lange ym. 2009, 609; Levy ym. 2009, 135; Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 79; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 82). Spirometriatutkimuksen avulla diagnosoitavia hengityselimistön sairauksia ovat muun muassa astma, keuhkohtaumatauti (COPD), keuhkokudoksen sairaudet ja neuromuskulaariset sairaudet (Levy ym. 2009, 135; Sovijärvi ym. 2011, 79). Spirometrian avulla tutkittavia hengitykseen liittyviä oireita ovat muun muassa hengenahdistus, yskä ja hengityksen vinkuminen (Lange ym. 2009, 609; Sovijärvi ym. 2011, 79).

Spirometriatutkimuksen avulla arvioidaan myös sairauden vaikeusastetta ja seurataan sen kulkua sekä arvioidaan keuhkolääkityksen ja säde- tai leikkaushoidon vaikutuksia.

Lisäksi tutkimusta käytetään riskiryhmien seulontaan sekä työkyvyn arviointiin ja sen avulla voidaan arvioida potilaan leikkaus- tai toimenpidekelpoisuutta. (Miller ym. 2005b, 320; Lange ym. 2009, 609; Levy 2009, 135; Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 79; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 82.) Riskiryhmiin kuuluvia seulottavia potilaita ovat muun muassa tupakoitsijat ja työssään hengityselimistön sairauksille altistuvat henkilöt (Lange ym. 2009, 609; Levy 2009, 135; Sovijärvi ym. 2011, 79).

Spirometriatutkimuksella on myös joitain kontraindikaatioita. Potilas ei saa olla sairastanut hengitystieinfektiota kahteen viikkoon ennen tutkimusta eikä hänellä saa olla alle kuukauden vanhaa sydäninfarktia. Potilaalla ei myöskään saa olla vakavia rytmihäiriöitä, rinta- tai vatsakipua eikä hän saa kärsiä rasitusrintakivusta. (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 79; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 80.) Lisäksi potilaalla ei saa olla keuhkotuberkuloosia tai ilmarintaa (Lange ym. 2009, 136; Sovijärvi ym. 2011, 79, 81; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 80).

Lisäksi spirometriatutkimusta ei voida suorittaa välittömästi keuhkotoimenpiteen, kuten bronkoskopian eli keuhkoputken täyhystyksen, eikä sydän-, vatsa- tai silmäleikkauksen jälkeen. Myös dementia tai sekavuus, tutkimuksen suorittamista haittaava suu- tai kasvokipu, pakkoinkontinenssi eli yliaktiivinen rakko sekä ennenaikaisen synnytyksen riski raskauden loppuvaiheessa ovat esteitä tutkimuksen suorittamiselle. (Lange ym. 2009, 136; Sovijärvi ym. 2011, 79.) Potilaan kokemaa kipua, huonovointisuutta ja pahoinvointia voivat vaikuttaa potilaan suorituskykyyn ja siten myös tutkimustuloksiin (Lange ym. 2009, 609; Levy ym. 2009, 136).

### **Potilaan valmistautuminen tutkimukseen**

Ennen spirometriatutkimusta potilaalla saattaa olla rajoituksia keuhkolääkitysten käytämisessä. Muut lääkkeet potilas voi ottaa normaalisti. Keuhkolääkityksen rajoitukset vaihtelevat riippuen siitä, mitä spirometrialla tutkitaan. (Lange ym. 2009, 609; Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 81; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 80.) Ennen diagnostista tutkimusta potilas ei saa käyttää keuhkoputkiin vaikuttavia lääkkeitä (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 81). Spirometriatutkimukseen vaikuttavat lääkkeet on esitetty liittees-

sä 2. Aika, jonka potilaan tulee olla ilman lääkitystä, vaihtelee lääkeaineesta riippuen (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 81). Mikäli spirometriatutkimuksessa halutaan arvioida astmalääkityksen vaikutusta, potilas ottaa normaalin keuhkolääkityksen myös tutkimuspäivänä (Sovijärvi ym. 2011, 81). Astmatutkimukset suoritetaan aina samaan aikaan vuorokausivaihtelun vuoksi (Kinnula 2010). Spirometriatutkimuksella voidaan tutkia myös jonkin yksittäisen keuhkolääkeaineen vaikutuksia. Tällöin potilas ottaa ennen tutkimusta vain tämän lääkeaineen. Mikäli tutkimuksella arvioidaan potilaan työkykyä tai leikkauskelpoisuutta, potilas ottaa normaalin keuhkolääkityksen ennen tutkimusta. (Sovijärvi ym. 2011, 81.)

Potilas ei saa tupakoida neljään tuntiin ennen tutkimusta. Kahvia, teetä, kolajuomia, energiajuomaa tai muita piristäviä aineita ei saa juoda kahteen tuntiin ennen tutkimusta. (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 81.) Ennen tutkimusta tulee välttää raskaita aterioita, mutta täysin ravinnotta ei kuitenkaan saa tulla tutkimukseen (Lange ym. 2009, 609; Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 81). Potilas ei saa nauttia alkoholipitoisia juomia vuorokauteen ennen tutkimusta (Sovijärvi ym. 2011, 81; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 80). Kaksi tuntia ennen tutkimusta potilaan tulee välttää voimakasta fyysistä rasitusta (Lange ym. 2009, 609; Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 81; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 80). Ennen tutkimuksen suorittamista potilaan on levättävä vähintään 15 minuuttia (Kinnula 2010; Sovijärvi 2012a, 80). Tutkimuspäivänä potilaan kannattaa välttää liian kireitä vaatteita, sillä ne voivat vaikuttaa maksimaaliseen sisään- ja uloshengityskykyyn (Lange ym. 2009, 609; Levy ym. 2009, 135). Ennen tutkimusta potilaan kannattaa käydä WC:ssä, sillä täysi rakko voi haitata tutkimuksen suorittamista (Levy ym. 2009, 135).

### **Tutkimuksen kulku**

Ennen tutkimuksen aloittamista potilaalta varmistetaan, ettei hänellä ole tutkimuksen suorittamista estäviä kontraindikaatioita (Miller ym. 2005b, 323; Levy ym. 2009, 135). Tämän jälkeen kirjataan potilaan pituus ja paino sekä sukupuoli ja rotu viitearvojen laskentaa varten (Miller ym. 2005b, 323; Lange ym. 2009, 609; Sovijärvi ym. 2011, 82). Lisäksi kirjataan potilaan käyttämä keuhkolääkitys ja lääkkeiden viimeisin ottoajankoh-

ta. Myös potilaan tupakointihistoria kirjataan. (Miller ym. 2005b, 323; Sovijärvi ym. 2011, 82.)

Tutkimuksen ajan potilas istuu tuolissa selkä suorana. Häntä ohjeistetaan pitämään hyvä ryhti ja kaulan asento koko tutkimuksen ajan. Potilaalle laitetaan nenänsulkija ja hän laittaa suukappaleen suuhunsa. (Miller ym. 2005b, 323; Lange ym. 2009, 135; Sovijärvi ym. 2011, 82; Sovijärvi ym. 2012b, 83.) Häntä ohjeistetaan laittamaan suukappale siten, että se on hampaiden välissä ja huulet ovat tiiviisti sen ympärillä. Tekohampaat voidaan poistaa tutkimuksen ajaksi, mikäli tämä on tarpeellista laadukkaita puhalluksia varten. (Sovijärvi ym. 2011, 82.)

Staattisessa spirometriassa suoritetaan hitaan vitaalikapasiteetin (VC) mittausta (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 85). Sitä käytetään sekä obstruktion että restriktion diagnostiikassa (Sovijärvi ym. 2011, 85). Nämä puhallukset ovat rauhallisia ja ne suoritetaan ensimmäisenä, ennen dynaamisen spirometrian puhalluksia (Kinnula 2010; Sovijärvi 2011, 85).

Hidas vitaalikapasiteetti voidaan mitata joko uloshengitysvitaalikapasiteettina (ekspiratorinen vitaalikapasiteetti EVC) tai sisäänhengitysvitaalikapasiteettina (inspiratorinen vitaalikapasiteetti IVC). Ekspiratorinen vitaalikapasiteetti mitataan siten, että potilas hengittää ensin keuhkonsa maksimaalisen täyteen ilmaa ja sen jälkeen puhalttaa keuhkonsa maksimaalisen tyhjiksi. (Miller ym. 2005b, 329.) Inspiratorinen vitaalikapasiteetti mitataan siten, että potilas puhalttaa normaalin hengityksen jälkeen keuhkonsa maksimaalisen tyhjiksi ja heti sen jälkeen hengittää keuhkonsa maksimaalisen täyteen ilmaa (Miller ym. 2005b, 329; Kinnula 2010; Sovijärvi 2011, 85).

Hidas vitaalikapasiteetti mitataan yhteensä kolme kertaa ja suurin kolmesta mittaustuloksesta rekisteröidään (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 85). Mittaus on luotettava, kun suurimman ja toiseksi suurimman mittaustuloksen ero ei ole yli 200 millilitraa (Kinnula 2010). AKU:ssa tämä ero saa olla 150 millilitraa ja mikäli nopea vitaalikapasiteetti (FVC) on alle litran, ero saa olla maksimissaan 100 millilitraa (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011i, 4).



Dynaamisessa spirometriassa potilasta ohjeistetaan hengittämään ensin normaalia lepo-hengitystä (Lange ym. 2009, 135). Tämän jälkeen potilas hengittää keuhkonsa aivan täyteen ilmaa. Alle yhden sekunnin tauon jälkeen potilas puhalttaa ulos maksimaalisella voimalla keuhkonsa niin tyhjiksi kuin mahdollista. (Lange ym. 2009, 135; Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 82.) Hoitaja kannustaa potilasta maksimaalisen uloshengityksen aikana, jotta potilas pääsee parhaaseen mahdolliseen suoritukseen (Lange ym. 2009, 135–136). Tutkimuksessa pyritään saamaan aikaiseksi kolme toisiinsa nähden yhdenmukaista virtaus-tilavuuskäyrää (Miller ym. 2005b, 326, Sovijärvi ym. 2011, 82). Puhalluksia ei suoriteta peräjälkeen, vaan potilaan annetaan levätä puhallusten välissä. Levon ajaksi potilaalta poistetaan suukappale. Ei ole suositeltavaa, että potilas tekee yhteensä yli kahdeksaa puhallusta. (Sovijärvi ym. 2011, 82.)

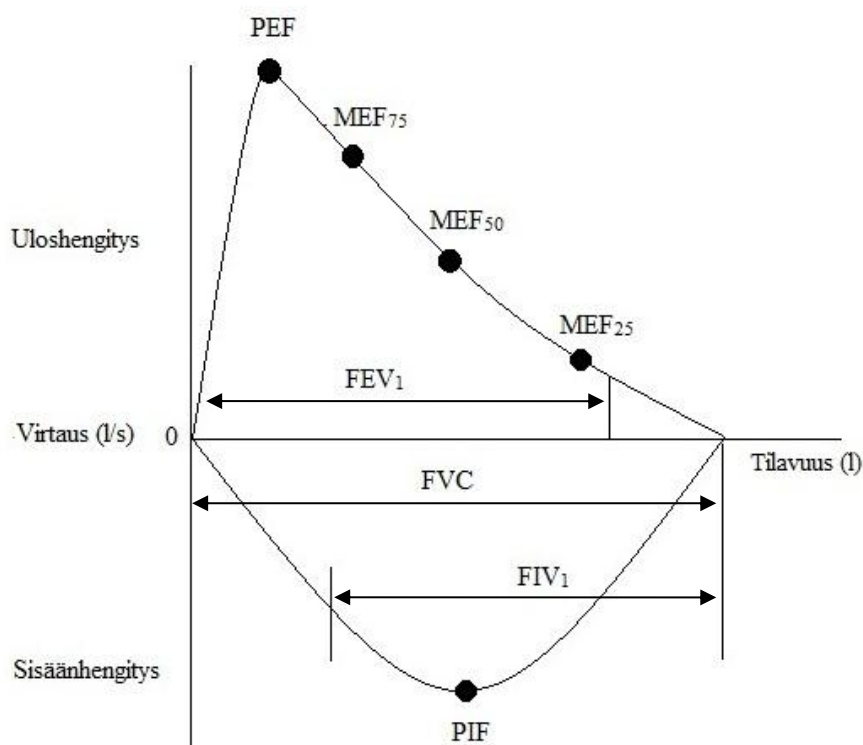
Dynaamisessa spirometriassa mitataan useita suureita. Näitä suureita ovat nopea vitaalikapasiteetti (FVC), uloshengityksen sekuntikapasiteetti ( $FEV_1$ ),  $FEV_1$ :n prosenttinen osuus FVC:stä ( $FEV\%$ ), uloshengityksen huippuvirtaus (PEF) sekä virtaus tilavuuden ollessa 75 %, 50 % ja 25 % FVC:stä ( $MEF_{75}$ ,  $MEF_{50}$ ,  $MEF_{25}$ ). (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 84; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 83–84.)

Yksittäinen puhallus täyttää spirometriatutkimuksen kriteerit, mikäli käyrässä ei esiinny artefaktoja, kuten ilmavuotoja suupielistä tai yskäyksiä. Lisäksi käyrän tulee edetä yhteensä, puhalluksen alun olla riittävän voimakas ja nopea sekä sen keston riittävän pitkä. (Miller ym. 2005b, 325; Sovijärvi ym. 2011, 84.) Uloshengityksen keston tulee olla vähintään kuusi sekuntia aikuisilla ja yli 10- vuotiailla lapsilla sekä kolme sekuntia alle 10- vuotiailla lapsilla (Miller ym. 2005b, 325; Levy ym. 2009, 609; Sovijärvi ym. 2011, 84). Puhallukset täyttävät toistettavuuden kriteerit, kun suurimman ja toiseksi suurimman  $FEV_1$ - arvon ero on korkeintaan 150 millilitraa, suurimman ja toiseksi suurimman FVC- arvon ero korkeintaan 150 millilitraa ja suurimman ja toiseksi suurimman PEF- arvon ero korkeintaan 10 % pienempään verrattuna. Teknisesti laadukkaista puhalluksista valitaan se, jonka  $FEV_1$ :n ja FVC:n summa on suurin. (Miller ym. 2005b, 325; Sovijärvi ym. 2011, 85.)

Inspiratorisella spirometrialla voidaan täydentää aiemmin esitettyä ekspiratorista spirometriaa. Se antaa lisätietoa erityisesti silloin, kun potilaalla epäillään suurten hengitys-

teiden, kuten henkitorven, ahtaumaa. Inspiratorinen spirometria suoritetaan normaalisti heti ekspiratorisen jälkeen. Tarvittaessa se voidaan tehdä myös erillisellä tutkimuskerrolla. Tärkein inspiratorisessa spiometriassa mitattava suure on sisäänhengityksen huippuvirtaus (PIF) ja tämän lisäksi voidaan mitata sisäänhengityksen sekuntikapasiteetti ( $FIV_1$ ) ja sisäänhengityksen nopea vitaalikapasiteetti (FIVC). (Sovijärvi ym. 2011, 92.) Kuviossa 2 on esitetty dynaaminen spiometriakäyrä ja sen suureet.

Spirometriatutkimuksen yhteydessä voidaan suorittaa lisäksi juoksurasituskoee. Lapsilla se suoritetaan vapaana ulkojuoksuna ja aikuisilla juoksumattorasituksena. Juoksumattorasituksessa potilaan keuhkoihin johdetaan tutkimuksen ajan kylmää ilmaa. Lapsilla rasitus tehdään ulkona ympäri vuoden. Rasitusspirometriatutkimuksen avulla tutkitaan rasituksen aiheuttamaa hengitystieobstruktiota eli rasitusastmaa. (Suomalainen Lääkäri-seura Duodecim 2006, 11; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011g, 1; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012d, 1.)



KUVIO 2. Dynaaminen spiometriakäyrä ja sen suureet (Sovijärvi ym. 2011, 83, muokattu)

## Bronkodilataatiokoe

Bronkodilataatiokokeessa tutkitaan keuhkoputkien obstruktion palautuvuutta keuhkoputkia avaavan lääkkeen vaikutuksesta. Tutkimuksen avulla voidaan siis todeta palautuva eli reversiibeli obstruktio. Tällaisena bronkodilatoivana lääkkeenä käytetään beetasympatomimeettia, esimerkiksi salbutamolia. Reversiibeli obstruktio viittaa astmaan. (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 90; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 93–94.)

Bronkodilataatiokoe suoritetaan, mikäli perusvaiheen spirometriassa havaitaan obstruktio tai potilaalla on epäily astmasta tai keuhkohtaumataudista. Obstruktiossa  $FEV_1/FVC$  tai  $FEV_1/VC$  on laskenut alle 88 prosenttiin viitearvosta ja/tai  $MEF_{50}$  on laskenut viitearvoon nähden samalla, kun FVC tai VC ovat normaalit. (Sovijärvi ym. 2011, 87, 90; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 92.) Bronkodilataatiokoetta voidaan käyttää myös astman lääkehoidon riittävyyden arviointiin (Kinnula 2010; Sovijärvi ym. 2011, 90; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 92). Bronkodilataatiokokeen kontraindikaatioita ovat rintakipu puhalluksen yhteydessä ja sydämen rytmihäiriöt. Bronkodilataatiokoe voidaan suorittaa raskauden aikana. Tutkimus on mahdollista suorittaa myös siinä tapauksessa, että potilas on ottanut astmalääkityksen tutkimuspäivänä. (Sovijärvi ym. 2011, 90.)

Bronkodilataatiokokeessa potilaalle annetaan annostelukammion avulla bronkodilatoivaa lääkettä inhalaatioaerosolisäiliöstä. Salbutamolia suihkautetaan annostelukammioon 2 annosta, yhteensä 0,2 milligrammaa. Tämän jälkeen potilasta pyydetään rauhallisen maksimaalisen uloshengityksen jälkeen vetämään keuhkonsa täyteen ilmaa annostelusäiliöstä ja pidättämään tämän jälkeen hengitystä noin kymmenen sekunnin ajan. Sitteen odotetaan minuutti ja toistetaan bronkodilatoivan lääkkeen anto. Tällöin salbutamolin kokonaisannos tutkimuksessa on 0,4 milligrammaa. Lääkkeen annetaan vaikuttaa 10–15 minuuttia ja tämän jälkeen spirometriatutkimus tehdään uudelleen. (Miller ym. 2005b, 327; Sovijärvi ym. 2011, 91; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 92.) Astmalle diagnostisen muutoksen rajat bronkodilataatiokokeessa on esitetty taulukossa 1 ja astmalle viitteellisen muutoksen rajat taulukossa 2. Kokonaisuudessaan spirometriatutkimus yhdistettynä bronkodilataatiokokeeseen kestää AKU:ssa noin 45 minuuttia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2010b, 1). Rasiusspirometriatutkimus kestää yhteensä noin

1,5 tuntia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011h, 1; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012c, 1).

TAULUKKO 1. Astmalle diagnostisen muutoksen rajat bronkodilataatiokokeessa (Pellegrino ym. 2005, 959–960; Sovijärvi & Haahtela 2006, 1721; Sovijärvi ym. 2011, 91, muokattu)

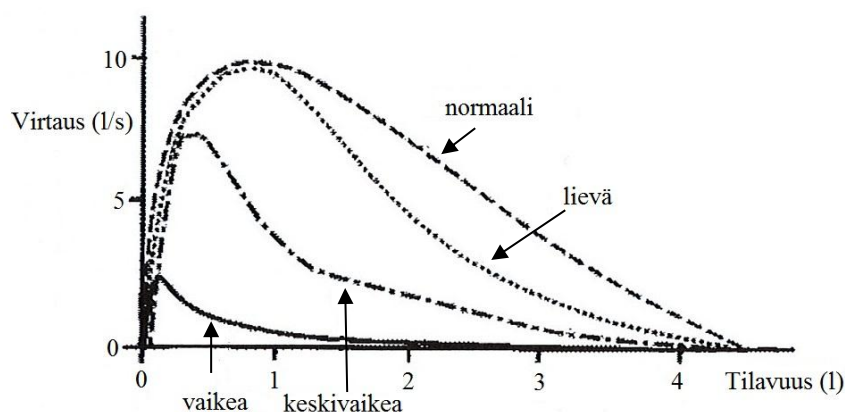
Suure	Muutos lähtöarvosta (%)	Vähimmäismuutos (l)
FVC	+ 12	0,20
FEV <sub>1</sub>	+ 12	0,20

TAULUKKO 2. Astmalle viitteellisen muutoksen rajat bronkodilataatiokokeessa (Sovijärvi ym. 2011, 91; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 93, muokattu)

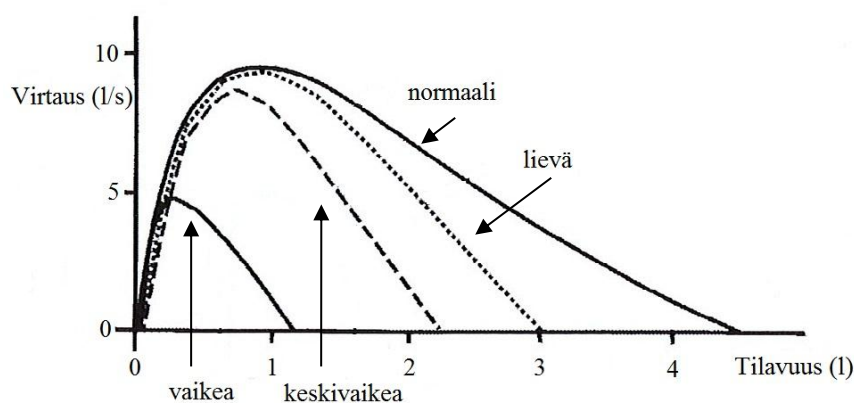
Suure	Muutos lähtöarvosta (%)	Vähimmäismuutos (l/s)
PEF	+ 23	1,0
MEF <sub>50</sub>	+ 36	0,5
MEF <sub>25</sub>	+ 56	0,3

## Tulosten tulkinta

Spirometriatulosten tulkinta suoritetaan vertaamalla tutkimuksissa saatujen suureiden arvoja viitearvoihin. Suomessa aikuisille käytetään Viljasen (1982) viitearvoja. Myös käyrien muoto vaikuttaa tulosten tulkintaan. Käyristä tutkitaan obstruktiota ja restriktiota. (Sovijärvi ym. 2011, 87; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 92.) Astma ja keuhkohtaumatauti ovat obstruktiivisia keuhkosairauksia (Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2006, 6; Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2009, 4; Sovijärvi & Salorinne 2012, 68). Restriktiivisiä keuhkosairauksia ovat muun muassa alveoliitti eli keuhkorakkulatulehdus ja fibroosi (Kinnula 2010). Fibroosi on sairaus, jossa sidekudos korvaa hiljalleen keuhkukudoksen, jolloin keuhkojen kaasujenvaihtokyky heikkenee (Mustajoki 2012). Restriktio voi aiheutua myös rintakehän tai rintarangan poikkeavuuksista sekä liikalihavuudesta (Kinnula 2010). Kuviossa 3 on esitetty bronkusobstruktion vaikeusasteet ja kuviossa 4 restriktion vaikeusasteet.



KUVIO 3. Bronkusobstruktion vaikeusasteet (Sovijärvi ym. 2011, 86, muokattu)



KUVIO 4. Restriktion vaikeusasteet (Sovijärvi ym. 2011, 86, muokattu)

Astmassa potilaan  $FEV_1$ ,  $FEV\%$ , PEF,  $MEF_{50}$  ja  $MEF_{25}$  ovat yleensä pienentyneet. Sen sijaan VC ja FVC ovat yleensä normaalilla tasolla. Bronkodilataatiokokeessa potilaalla havaitaan merkittävä vaste bronkodilatoivalle lääkkeelle. Keuhkohtaumataudissa  $FEV_1$ ,  $FEV\%$  ja PEF pienentyvät jatkuvasti. Taudin ollessa alkuvaiheessa mittaustulokset voivat olla viitearvoihin nähden normaalit. Sen sijaan  $MEF_{50}$  ja  $MEF_{25}$  laskevat viitearvoihin nähden jo taudin alkuvaiheessa ennen kuin potilas edes kokee mitään oireita. Yleensä myös FVC pienenee. Erotuksena astmaan, keuhkohtaumataudissa ei todeta bronkodilataatiokokeessa vastetta. Restriktiivisissä keuhkosairauksissa VC ja FVC pienenevät. Myös  $FEV_1$  ja PEF pienenevät. Samalla  $FEV\%$  on viitearvojen mukainen. Bronkodilataatiokokeessa ei esiinny vastetta restriktiivisissä keuhkosairauksissa. (Kin-nula 2010.)

## Laadunhallinta

Ennen tutkimuksen suorittamista spirometri tulee kalibroida (Miller ym. 2005b, 322; Levy ym. 2009, 609; Sovijärvi ym. 2011, 82; Sovijärvi ym. 2012b, 83). Kalibrointeja on kahdenlaisia: tilavuus- ja lämpötilakalibrointi. Tilavuuskalibrointi tehdään päivittäin ja sen lisäksi aina, kun uusi anturi otetaan käyttöön. Kalibrointi tehdään kolmen litran kalibrointipumpulla. Mitattu tilavuus saa poiketa  $\pm 3 \%$  pumpun tilavuudesta. Lämpötilakalibrointi tehdään yhdestä kahteen kertaan vuorokaudessa. (Sovijärvi ym. 2011, 82.) Lisäksi on mahdollista suorittaa biologisia kontroleja (Lange ym. 2009, 609; Levy ym. 2009, 134). Sen suorittaa terve ja tupakoimaton henkilö, jolla ei ole hengityselimistön sairauksia. Biologisen kontrollin avulla voidaan kontrolloida laitteiston toimivuutta terveillä henkilöillä saatujen tulosten perusteella. (Levy ym. 2009, 134.)

AKU:ssa käytetään Sensor Medics Vmax- spirometrialaitteistoa. Se kalibroidaan kolmen litran kalibrointipumpulla aamuisin ja lisäksi suoritetaan kalibroinnin verifiointi keskipäivällä. Kalibrointi tehdään aina myös silloin, kun virtausanturi vaihdetaan tai irrotetaan kesken päivän. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011i, 2; Paulamäki 2011, 1.) Verifiointilla tarkastetaan, että virtausanturi mittaa samat tilavuudet nopeilla ja hitailla virtauksilla. Lisäksi verifiointilla varmistetaan, että virtausanturi on pysynyt riittävän lähellä sitä tilaa, jossa se oli kalibrointihetkellä eli tilavuudet pysyvät  $\pm 3 \%$  sisällä pumpun tilavuudesta. Verifiointi ei onnistu, jos tutkimusolosuhteet, eli lämpötila tai ilmanpaine, muuttuvat tutkimushuoneessa merkittävästi tai mitta-anturi on likaantunut. Erillistä lämpötilakalibrointia ei siis tarvita, koska laitteistossa on erillinen lämpötilan ja ilmanpaineen mittausta. (Paulamäki 2011, 2-3.) Lisäksi Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksessa tehdään biologiset kontrollit kerran kuukaudessa (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011i, 6).

Spirometriatutkimuksen virheet voivat johtua laitevirheistä, tutkimuksen suorittajan virheistä, potilaasta johtuvista virheistä ja tulosten tulkitsijan virheistä. Laitevirheitä voivat olla muun muassa ilmavuodot, anturivirheet ja tietokoneen virheet. Tutkimuksen suorittajan virheitä voivat olla muun muassa virheet potilaan ohjauksessa, nenäsulkijan puuttuminen, väärä puhallusasento ja virheellinen kalibrointi. Potilaasta johtuvat virheet

voivat aiheutua muun muassa potilaan huonosta yhteistyöstä tai puhallustekniikasta ja puhallusta häiritsevistä oireista, kuten yskästä tai rintakivusta. (Sovijärvi ym. 2011, 93.)

Lisäksi on erittäin tärkeää estää infektioiden tartunta potilaisiin ja henkilökuntaan tutkimuksen aikana. Infektiot voivat tarttua joko suorasti tai epäsuorasti. Käsihygieniasta on huolehdittava jokaisen potilaan välillä ja mikäli testin suorittajalla on käsien iho rikki, kädet pitää suojata käsineillä. Kaikki tarvikkeet, jotka voidaan käyttää uudelleen, kuten suukappaleet, tulee desinfioida tai steriloida jokaisen potilaan jälkeen. Lisäksi laitteistossa käytetään bakteerisuodatinta potilaan suukappaleen ja virtausanturin välissä. (Miller ym. 2005a, 155–156.)

## **4.2 Diffuusiokapasiteetti**

Diffuusiokapasiteettitutkimus on yleisin keuhkokudoksen toiminnan tarkasteluun käytetty kliininen menetelmä. Suomessa näitä tutkimuksia tehdään vuosittain noin 10 000 kappaletta. (Piirilä & Sovijärvi 2006, 565.) Keuhkojen diffuusiokapasiteetti antaa tietoa siitä, miten hengityskaasu siirtyy keuhkoista kapillaariverenkiertoon (American Thoracic Society 1995, 2185; Salorinne 2012, 101). Diffuusiokapasiteettitutkimuksen tärkein tehtävä on arvioida keuhkokudoksen toimintakykyä. Tutkimuksesta saatu tulos antaa lisätietoa keuhkojen kaasujenvaihduntakyvystä muiden keuhkofunktio tutkimustulosten ohella. (Salorinne 2012, 101–102.)

## **Indikaatiot ja kontraindikaatiot**

Diffuusiokapasiteettitutkimuksella on useita indikaatioita. Tutkimusta voidaan käyttää emfyseeman eli keuhkolaajentuman diagnosoinnissa sekä sen vaikeusasteen arvioinnissa. (American Association for Respiratory Care 1999; Salorinne 2012, 101–102.) Emfyseema voi aiheuttaa potilaalle hidastuneen uloshengitysvirtauksen ja siten keuhkohtaumataudin. Tämä johtuu emfyseeman aiheuttamasta keuhkojen kimmovoimien pienemisestä. Diffuusiokapasiteettitutkimusta käytetään astman ja keuhkohtaumataudin

erotusdiagnostiikassa epäselvissä tapauksissa. (Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2009, 2, 5.)

Diffuusiokapasiteettitutkimus on hyvä suorittaa määräajoin potilaille, jotka sairastavat keuhkofibroosia, muita sidekudossairauksia tai alveoliittia eli alveolitulehdusta, sillä tutkimuksen avulla voidaan seurata näiden sairauksien vaikeusastetta ja hoitovastetta. (American Association for Respiratory Care 1999; Salorinne 2012, 101–102.) Diffuusiokapasiteettitutkimuksella voidaan selvittää lisäksi potilaan keuhkojen toimintakykyä keuhkoembolian eli keuhkoveritulpan tai erilaisten keuhkotulehdusten paranemisen jälkeen (American Association for Respiratory Care 1999; Piirilä & Sovijärvi 2006, 569).

Diffuusiokapasiteettitutkimuksesta on hyötyä myös sarkoidoosin ja kystisen fibroosin seulonnessa ja seurannassa (American Association for Respiratory Care 1999; Piirilä & Sovijärvi 2006, 565; Salorinne 2012, 102). Sarkoidoosi on keuhkokudosta vahingoittava tulehduksellinen sairaus (Pietinalho 2009, 1235). Kystinen fibroosi on aineenvaihduntasairaus, jossa liman erittyminen hengitysteissä on lisääntynyt (Hengityслиitto 2012). Lisäksi tutkimuksen avulla on mahdollista selvittää hengenahdistuksen ja hypoksemian eli veren vähähappisuuden syitä (Piirilä & Sovijärvi 2006, 565; Salorinne 2012, 102). Diffuusiokapasiteettitulosta voidaan hyödyntää myös hoitopäätösten tekemisessä ja potilaan työkyvyn tai leikkauskelpoisuuden arvioinnissa (Piirilä & Sovijärvi 2006, 565).

Diffuusiokapasiteettitutkimusta ei tule suorittaa, mikäli potilaalla on akuutti hengitystieinfektio tai potilaan astma on pahenemisvaiheessa. Joskus kuitenkin tutkimus halutaan suorittaa nimenomaan näissä tilanteissa, jotta saataisiin tutkittua niistä aiheutuvaa häiriötä. (Salorinne 2012, 102.) Tutkimusta ei voida suorittaa välittömästi bronkoskopian eli keuhkoputken tähystyksen tai bronkografian eli keuhkoputkien varjoainetutkimuksen jälkeen (Sovijärvi & Piirilä 2012a, 79–80). Lisäksi hoitamaton tuberkuloosi, akuutti sydäninfarkti ja rintakipu ovat tutkimuksen kontraindikaatioita (American Association for Respiratory Care 1999; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 79–80). Tutkimusta ei voida tehdä henkilöille, jotka ovat yliherkkiä hiilimonoksidille. Lisäksi sekavat potilaat tai potilaat, jotka kärsivät lihasten hallitsemattomuudesta eivät voi suorittaa diffuusiokapasiteettitutkimusta. (American Association for Respiratory Care 1999.)



## Potilaan valmistautuminen tutkimukseen

Mittaustilanne tulee vakioda hyvin, sillä monet normaaliin elämiseen liittyvät asiat vaikuttavat diffuusiokapasiteetin hetkelliseen arvoon (Salorinne 2012, 102). Potilaan on hyvä istua ennen tutkimusta rauhallisesti paikoillaan tutkimuslaboratoriossa 5–15 minuutin ajan, koska fyysisen rasituksen jälkeen keuhkojen verenkierto on runsaampaa kuin lepotilanteessa. Tämä voi aiheuttaa virheellisen korkean diffuusiokapasiteettituloksen. (American Thoracic Society 1995, 2189; Salorinne 2012, 102.)

Ennen diffuusiokapasiteettitutkimusta potilas ei saa tupakoida 12–24 tuntiin (American Thoracic Society 1995, 2190; Salorinne 2012, 102). Mikäli potilas ei kykene pitämään näin pitkää taukoa, tupakointi tulee kuitenkin lopettaa viimeistään 4 tuntia ennen tutkimuksen aloittamista. Tupakan sisältämä hiilimonoksidi häiritsee tutkimusta ja se puoliintuu verestä noin 5,5 tunnissa ilmaa hengitettäessä. (Salorinne 2012, 102.) AKU:ssa suositellaan 12 tunnin taukoa tupakoinnista (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2010a, 1).

Potilaasta tulee olla lähiaikoina määritetty veren hemoglobiinipitoisuus, sillä sen avulla vakiodaan diffuusiokapasiteettitulos (Salorinne 2012, 102). AKU:ssa määritetään potilaan hemoglobiini, jos sitä ei ole mitattu viimeisen kuukauden aikana (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 1–2). Potilaan mahdollinen lisähapen saanti keskeytetään kymmentä minuuttia ennen tutkimuksen aloittamista, jos se on mahdollista (MacIntyre ym. 2005, 724). Muilta osin valmistautumisohjeet ovat samat kuin spiometriatutkimuksessa (American Thoracic Society 1995, 2189; American Association of Respiratory Care 1999).

## Tutkimuksen kulku

Ennen tutkimuksen alkua potilaalle selostetaan tutkimuksen kulku riittävän yksityiskohtaisesti (Jensen & Crapo 2003, 778; MacIntyre ym. 2005, 724; Miller ym. 2005a, 154). Tämän jälkeen kirjataan potilaan pituus ja paino sekä sukupuoli ja rotu viitearvojen laskentaa varten. Potilaalta varmistetaan, ettei hänellä ole tutkimuksen suorittamista estä-

viä kontraindikaatioita ja hänen käyttämänsä lääkeaineet ja niiden viimeisin ottoajan-kohta kirjataan. (Miller ym. 2005a, 154.) Myös potilaan tupakointihistoria kirjataan ja huomioidaan tulosten tulkinnassa (MacIntyre ym. 2005, 724; Miller ym. 2005a, 154).

Diffuusiokapasiteettitutkimuksessa potilas hengittää testikaasuseosta, joka sisältää happea, typpeä sekä lisäksi 0,2–0,25 % hiilimonoksidia (CO) ja 5–8 % jotain merkkiaine-kaasua (Piirilä & Sovijärvi 2006, 565). Tutkimuksessa käytetään hiilimonoksidia, koska se diffundoituu samalla tavalla kuin happi ja sen ottokykyä on suhteellisen helppo mitata (Jensen & Crapo 2003, 777). Helium (He) ja metaani (CH<sub>4</sub>) ovat yleisimmät merkkiaine-kaasut (MacIntyre ym. 2005, 726). Niiden avulla voidaan mitata sisäänhengitetyn hiilimonoksidin laimenemista sekä arvioida keuhkojen alveolaarinen tilavuus (Jensen & Crapo 2003, 778). Heliumin lisäksi voidaan käyttää jotain toista jalokaasua, kuten neonia (Jensen & Crapo 2003, 778; Piirilä & Sovijärvi 2006, 565). AKU:ssa merkkiaineena käytetään metaania (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 3). Merkkiaineen tulee olla kemiallisesti ja biologisesti inerttiä eli reagoimatonta. Lisäksi sen ominaisuuksien, kuten viskositeetin ja diffuusiokyvyn tulee olla samankaltaisia kuin hiilimonoksidin. Merkkiaine-kaasua ei saa esiintyä normaalissa hengitysilmassa. (MacIntyre ym. 2005, 725–726.)

Kokonaisdiffuusiokapasiteetin mittaamiseen hiilimonoksidin avulla ( $D_{LCO}$ ) on käytettävissä kolme erilaista menetelmää: kertahengitysmenetelmä (single breath), tasapainomenetelmä (steady state) sekä tasapainottamismenetelmä (rebreathing) (Salorinne 2012, 102). Niistä yleisimmin käytetään kertahengitysmenetelmää, jossa hengityksen pidätys-aika on 10 sekuntia (American Thoracic Society 1995, 2185; Piirilä & Sovijärvi 2006, 565). Myös AKU:ssa tutkimus suoritetaan kertahengitysmenetelmää käyttäen (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 1). Tästä syystä diffuusiokapasiteettitutkimus kuvataan tässä opinnäytetyössä kertahengitysmenetelmää käyttäen. Tällöin testilaitteisto koostuu kaasulähteestä, spirometrasta ja kaasuanalysaattorista. (MacIntyre ym. 2005, 722.) AKU:ssa on käytössä Sensor Medics Vmax -diffuusiokapasiteettilaitteisto (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 1).

Diffuusiokapasiteettitutkimuksen alussa potilas istuu tuoliin mukavasti, asettaa suukappaleen ja nenänsulkijan paikoilleen ja hengittää normaalia lepo hengitystä (Jensen &

Crapo 2003, 778; MacIntyre 2005, 724). Diffuusiokapasiteettitutkimus alkaa hitaan vitaalikapasiteetin mittauksella (Piirilä & Sovijärvi 2006, 565). Vitaalikapasiteetti voidaan mitata inspiratorisena tai ekspiratorisena (Miller ym. 2005b, 329).

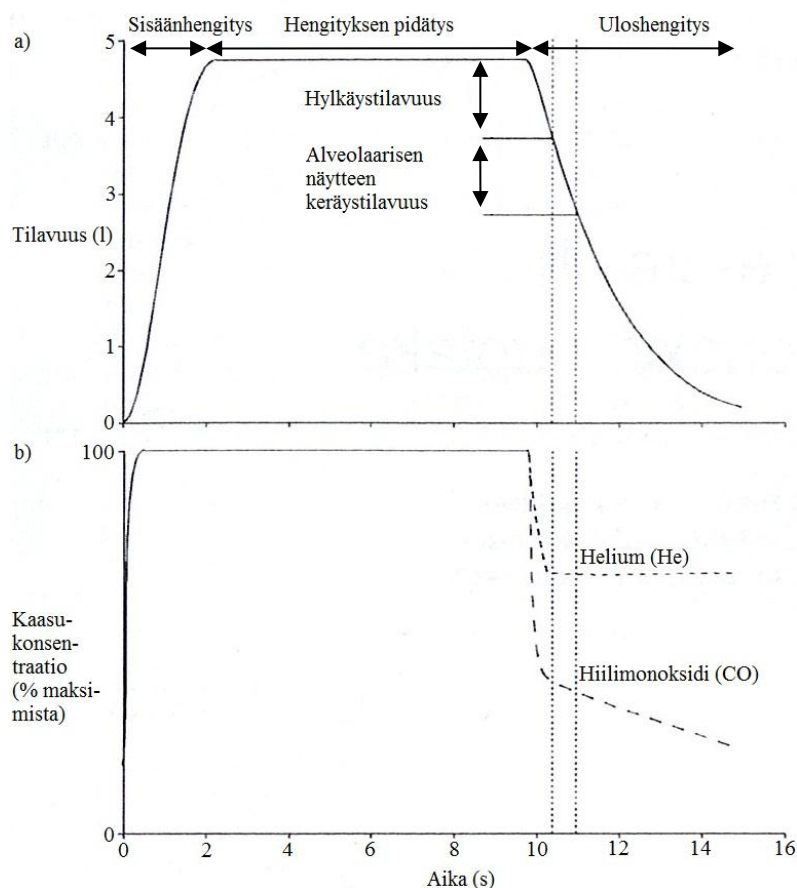
Tämän jälkeen potilas hengittää nopeasti testikaasuseosta keuhkoihinsa (Piirilä & Sovijärvi 2006, 565). Sisäänhengitetyn kaasuseoksen tilavuuden tulisi olla 90 % alussa mitatusta hitaan vitaalikapasiteetin tilavuudesta. Tällöin voidaan varmistaa, että testikaasu pääsee keuhkoihin asti. (American Thoracic Society 1995, Jensen & Crapo 2003, 779; 2189; Salorinne 2012, 103.) Sisäänhengityksen tulee olla riittävän voimakas, jottei sisäänhengitetty kaasu täytä vain anatomista kuollutta tilavuutta eli niitä hengityselimistön osia, joissa ei tapahdu diffuusiota. Mikäli sisäänhengitys jää vajaaksi, hiilimonoksidin diffuusio ei tapahdu kokonaan. (Jensen & Crapo 2003, 779.) Terveillä potilailla sisäänhengityksen tulee tapahtua alle 2,5 sekunnin kuluessa ja potilailla, joilla on keskivaikea tai vaikea hengitystieobstruktio, alle 4 sekunnin kuluessa (American Thoracic Society 1995, 2189).

Seuraavaksi potilas pidättää noin 10 sekunnin ajan hengitystä (Jensen & Crapo 2003, 778; MacIntyre 2005, 725; Piirilä & Sovijärvi 2006, 565). Tällöin keuhkorakkuloista siirtyy passiivisen diffuusion avulla hiilimonoksidia vereen painegradientin suuntaan (Piirilä & Sovijärvi 2006, 565). Potilas ei saa tehdä minkäänlaisia sisään- eikä uloshengityksliikkeitä hengityksen pidättämisen aikana, sillä niistä aiheutuvat painegradientin muutokset voivat suurentaa tai pienentää diffuusiokapasiteettitulosta (MacIntyre ym. 2005, 725; Piirilä & Sovijärvi 2006, 566).

Tämän jälkeen potilas puhalttaa keuhkonsa rauhallisesti melkein tyhjiksi. Uloshengityksen tulee olla mahdollisimman tasainen ja tapahtua ilman epäröintejä tai keskeytyksiä. Uloshengityksen alkuvaiheessa potilas puhalttaa ulos hylkäystilavuuden, joka koostuu anatomisesta sekä laitteesta johtuvasta kuolleesta tilavuudesta. Laitteiston kuolleella tilavuudella tarkoitetaan suukappaleeseen ja mahdollisiin suodattimiin jäänyttä ilmaa. Hylkäystilavuudeksi suositellaan 750 millilitraa. Mikäli potilaan vitaalikapasiteetti on alle 2 litraa, hylkäystilavuus on 500 millilitraa. (MacIntyre ym. 2005, 723, 725.)

Seuraavaksi laite laskee automaattisesti alveolaarisen näytteen keräystilavuuden, josta saadaan määritettyä hiilimonoksidin ja heliumin konsentraatiot. Alveolaarisen näytteen keräys aloitetaan, kun potilas on hengittänyt ulos hylkäystilavuuden. Keräystilavuudeksi suositellaan 0,5–1,0 litraa. (MacIntyre ym. 2005, 725.) AKU:ssa näytteen keräystilavuus on 1 litra. Tutkimusta ei voida suorittaa luotettavasti, jos potilaan vitaalikapasiteetti on alle 1,2 litraa. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 3.)

Kuviossa 5 on esitetty keuhkojen tilavuus ja kaasujen konsentraatiot ajan funktiona diffuusiokapasiteettitutkimuksessa käytettäessä kertahengitysmenetelmää. Ylemmässä kuviossa (a) on esimerkki keuhkoissa olevasta ilmamäärästä sisäänhengityksen, hengityksen pidätyksen ja uloshengityksen aikana. Kuvioon on merkitty myös hylkäystilavuus ja alveolaarisen näytteen keräystilavuus. Alemmassa kuviossa (b) voidaan nähdä heliumin ja hiilimonoksidin konsentraatiot uloshengityksen aikana. Pystysuorilla piste- viivoilla on merkitty molemmissa kuvioissa se ajankohta, jolloin alveolaarinen näyte kerätään. (MacIntyre ym. 2005, 723, 727.)



KUVIO 5. Keuhkojen tilavuus ja kaasujen konsentraatiot ajan funktiona diffuusiokapasiteettitutkimuksessa käytettävässä kertahengitysmenetelmää (MacIntyre ym. 2005, 723, 727, muokattu)

Tulosten tulkintaa varten potilaalla tulee olla vähintään kaksi toistettavaa puhallusta, joiden tulokset saavat erota toisistaan maksimissaan  $\pm 10\%$  tai  $1 \text{ mmol/min} \times \text{kPa}$  (MacIntyre 2005, 728). AKU:ssa rajana pidetään  $0,5 \text{ mmol/min} \times \text{kPa}$  (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 3). Kuitenkaan yli viittä puhallusta ei tule suorittaa (Jensen & Crapo 2003, 782). Mittausten välillä pitää olla vähintään 4–5 minuutin tauko, jotta testikaasut ehtivät eliminoidua keuhkoista (American Thoracic Society 1995, 2190; American Association for Respiratory Care 1999; Jensen & Crapo 2003, 779). Mikäli potilaalla on obstruktiivinen sairaus, mittausten välissä olevan tauon tulee olla pidempi, vähintään 10 minuuttia (MacIntyre ym. 2005, 726).

Diffuusiokapasiteetti voidaan määrittää jakamalla minuutin aikana siirtyneen kaasun tilavuus keuhkorakkuloiden ja keuhkoihussuonten välisellä osapaineella (kaava 1) (Sa-

lorinne 2012, 101). Diffuusiokapasiteetti on sitä suurempi, mitä enemmän hiilimonoksidia siirtyy hengityksen pidättämisen aikana alveoleista verenkiertoon (Piirilä & Sovijärvi 2006, 566; Salorinne 2012, 103). Kaasujen diffuusio yksittäisessä alveolissa on riippuvainen alveoliseinämän paksuudesta, keuhkokapillaarin seinämän läpäisevyydestä sekä punasolun ja kapillaarin välissä sijaitsevan plasmakerroksen paksuudesta. Lisäksi diffuusiokapasiteettiin vaikuttavat punasolujen solukalvon läpäisevyys ja hemoglobiinipitoisuus. (Piirilä & Sovijärvi 2006, 566.)

$$D_L = \frac{\dot{V}}{P_A - P_c} \quad (1)$$

Kaavassa 1  $D_L$  tarkoittaa diffuusiokapasiteettia,  $\dot{V}$  minuutin aikana siirtyneen kaasun tilavuutta,  $P_A$  keuhkorakkuloiden osapainetta ja  $P_c$  keuhkokuhiussuonten osapainetta (Salorinne 2012, 101).

Kertahengitysmenetyksessä keuhkojen kokonaisdiffuusiokapasiteetti hiilimonoksidia käytettäessä ( $D_{LCO}$ ) määritetään sisään- ja uloshengitetyn hiilimonoksidipitoisuuden avulla (kaava 2). Alveolaarinen keuhkotilavuus ( $V_A$ ) määritetään heliumin laimentuneen pitoisuuden avulla (kaava 3). Helium laimenee sitä enemmän, mitä suuremmat potilaan keuhkot ovat. Saatu kokonaisdiffuusiokapasiteetti on hyvä suhteuttaa potilaan alveolaariseen tilavuuteen ( $V_A$ ), koska keuhkojen tilavuus vaikuttaa diffuusiokapasiteettiin. Näin saadaan määritettyä spesifinen diffuusiokapasiteetti ( $D_{LCO}/V_A$ ) (kaava 4). (Piirilä & Sovijärvi 2006, 566.)

$$D_{LCO} = \left( \frac{K \times V_A}{t} \right) \times \ln \frac{F_{ICO} \times F_{AHE}}{F_{IHE} \times F_{ACO}} \quad (2)$$

$$V_A = \frac{F_{IHE}}{F_{AHE}} \times (V_{IN} - V_{DI}) \quad (3)$$

$$D_{LCO}/V_A = \frac{D_{LCO}}{V_A} \quad (4)$$

Kaavoissa 2–4  $D_{LCO}$  tarkoittaa kokonaisdiffuusiokapasiteettia.  $K$  on vakio ja  $t$  tarkoittaa hengityksen pidätyksen kestoa.  $F_I$  on sisäänhengitetyn kaasun ja  $F_A$  alveolaarisen kaasun

osuus. CO tarkoittaa hiilimonoksidia ja He heliumia.  $V_{IN}$  tarkoittaa sisäänhengitystilavuutta ja  $V_{DI}$  kuollutta tilavuutta. (Salorinne 2012, 103.)

Kokonaisdiffuusiokapasiteettiarvolle tehdään hemoglobiinikorjaus (American Thoracic Society 1995, 2194; Piirilä & Sovijärvi 2006, 566). Hemoglobiinilla korjattu  $D_{LCO}$ -tulos antaa tietoa spesifisemmin keuhkokudoksen toimintakapasiteetista. Sen sijaan korjaamaton arvo kertoo keuhkokudoksen kaasujenvaihduntakapasiteetista kokonaisuutena (Piirilä & Sovijärvi 2006, 566). Molemmat arvot huomioidaan tulosten tulkinnassa (American Thoracic Society 1995, 2194). Tutkimus kestää AKU:ssa noin 30 minuuttia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2010a, 1). AKU:ssa tutkimus voidaan suorittaa myös spirometriatutkimuksen yhteydessä, jolloin tutkimusten kesto on yhteensä noin 60 minuuttia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2010c, 1).

### **Tulosten tulkinta**

Suomessa diffuusiokapasiteettitutkimuksen tulosten tulkinnassa käytetään Viljasen (1982) viitearvoja (Piirilä & Sovijärvi 2006, 567). Ne perustuvat edellä esitettyyn kerta-hengitysmenetelmään, jossa potilas hengittää keuhkoihinsa testikaasuseosta 90 prosenttiin asti hitaasta vitaalikapasiteetistaan. Monessa muussa maassa potilas hengittää testikaasuseosta 100 prosenttiin asti. (Salorinne 2012, 103.) Tutkimusvastaus muodostuu vähintään kahden parhaimman ja toistettavimman tuloksen keskiarvosta (Jensen & Crapo 2003, 782; MacIntyre ym. 2005, 731). Diffuusiokapasiteettitutkimuksen tärkein muuttuja on kokonaisdiffuusiokapasiteetti ja sen mekanismia selvitetään muiden muuttujien avulla (Piirilä & Sovijärvi 2006, 569).

Normaalisti diffuusiokapasiteettiarvo voi vaihdella samalla potilaalla noin 5 % eri mitauspäivinä (Piirilä & Sovijärvi 2006, 568). Diffuusiokapasiteetti pysyy varsin normaalina silloin, kun keuhkosairauden vaikutus toiminnalliseen keuhkokudokseen on pieni (Salorinne 2012, 104). Diffuusiokapasiteettiarvo voi suurentua sairauksissa, joissa keuhkojen verekkyyks on lisääntynyt (American Thoracic Society 1995, 2186; Salorinne 2012, 105). Verekkyyks voi lisääntyä muun muassa sydämen lievässä vajaatoiminnassa ja hiippaläpän ahtaumassa näiden sairauksien alkuvaiheessa. Kun sairaudet etenevät

krooniseen vaiheeseen, diffuusiokapasiteettiarvo pienenee potilaalle kehittyvästä fibroosista johtuen. (Salorinne 2012, 105.)

Normaalia pienempiä diffuusiokapasiteettiarvoja mitataan potilailla, jotka sairastavat erilaisia sidekudossairauksia tai alveoliitteja eli keuhkorakkulatulehduksia. Alveoliitissa diffuusiomatka kasvaa, jolloin kaasujen siirtyminen huononee. (Salorinne 2012, 105.) Lisäksi diffuusiokapasiteettiarvo pienenee anemian, sarkoidoosin ja kystisen fibroosin yhteydessä (American Thoracic Society 1995, 2186). Tupakointi tuhoaa alveoleja ja tästä johtuen diffuusiokapasiteettiarvo laskee (American Thoracic Society 1995, 2186; Piirilä & Sovijärvi 2006, 567). Spesifinen diffuusiokapasiteetti pienenee interstitiaalisissa keuhkosairauksissa ja keuhkolaajentumassa. Interstitiaalisissa keuhkosairauksissa alveolin välitilassa on tulehdusreaktio. (Salorinne 2012, 105.)

### **Laadunhallinta**

Laitteiston tilavuuden mittausjärjestelmä tulee kalibroida huolellisesti vähintään kerran päivässä kolmen litran pumpulla (Jensen & Crapo 2003, 779; MacIntyre ym. 2005, 723; Piirilä & Sovijärvi 2006, 569). Kalibrointi suoritetaan kahdesti päivässä laboratorioissa, joissa tutkimuksia suoritetaan paljon. Kalibrointipumpun on oltava hyvässä kunnossa. (Jensen & Crapo 2003, 779.) AKU:ssa laite kalibroidaan kahdesti päivässä (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 2).

Laite nollataan ennen jokaista tutkimusta ja lisäksi sen suorittamisen jälkeen. Laite suorittaa nollauksen huuhtelemalla laitteiston kuolleen tilavuuden huoneilmalla, jotta edellisen potilaan mahdollinen uloshengitysilma huuhtoutuu pois. (MacIntyre ym. 2005, 723.) Laite suorittaa myös kaasukalibroinnin automaattisesti ennen jokaista testiä (Jensen & Crapo 2003, 779). Lisäksi päivittäin laitteistolle suoritetaan vuototesti. Mikäli laitteisto vuotaa, huoneilmaa pääsee kaasujärjestelmään. Tällöin näyte laimenee ja testi-kaasujen konsentraatiot pienenevät. (American Thoracic Society 1995, 2188.)

Biologinen kontrolli tulee tehdä vähintään kolmen kuukauden välein. Sen voi suorittaa esimerkiksi laboratorion terve ja tupakoimaton työntekijä. Mikäli nämä tutkimustulok-



set poikkeavat yli 10 % aikaisemmista tunnetuista tutkimustuloksista, testi suoritetaan uudelleen. Jos edelleen saadaan sama arvo, järjestelmä tarkastetaan huolellisesti muun muassa mahdollisten vuotojen osalta. (MacIntyre ym. 2005, 724.) AKU:ssa biologiset kontrollit suoritetaan kerran kuukaudessa ja lisäksi silloin, jos laitteistossa epäillään vikaa. Lisäksi laitetoimittaja huoltaa laitteiston kerran vuodessa. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 4.) Tautien tarttuminen tulee estää diffuusiokapasiteettitutkimuksessa samalla tavalla kuin spirometriatutkimuksessakin (Miller ym. 2005a, 155–156).

Tutkimukseen voi aiheutua virheitä laitteistosta, ympäristöstä tai potilaasta johtuen. Virhettä voivat aiheuttaa muun muassa laitteiston vuodot, kaasuseoksen väärät sekoitus-suhteet, riittämättömästi suoritettu kalibrointi ja hemoglobiinikorjauksen puuttuminen. (American Thoracic Society 1995, 2188; 2194; Jensen & Crapo 2003, 779; Piirilä & Sovijärvi 2006, 566, 569; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 5.) Potilaasta voi aiheutua virhettä, jos hengitetyn kaasuseoksen tilavuus jää alle 90 prosenttiin hitaasta vitaalikapasiteetista tai ilmaa karkaa suupielistä hengityksen pidätyksen aikana. (American Thoracic Society 1995, 2189; Jensen & Crapo 2003, 779; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011c, 5; Salorinne 2012, 103.) Lisäksi tutkimukseen voi aiheutua virhettä, jos sisäänhengitys on liian hidas, sisään- tai uloshengitys tapahtuu epätasaisesti tai uloshengitetyn ilman tilavuus on suurempi kuin sisäänhengitetty ilmämäärä (MacIntyre ym. 2005, 725).

### 4.3 Metakoliinialtistus

Metakoliinialtistus perustuu keuhkoputkien supistumisherkkyyden mittaamiseen. Astmalle on tyypillistä, että epäspesifiset ärsykkeet lisäävät keuhkoputkien supistumisherkkyyttä. Keuhkoputkia supistavana lääkkeenä käytetään metakoliinihydrokloridia. Altistus voidaan suorittaa myös histamiinialtistuksena histamiinidifosfaatin avulla. (Malmberg 2009, 68; Sovijärvi ym. 2012, 129.) Metakoliinihydrokloridi on kuitenkin turvallisempi, sillä se ei aiheuta yhtä paljon sivuvaikutuksia kuin histamiinidifosfaatti (Sovijärvi ym. 2012, 129).

Metakoliini kuuluu parasympatomimeetteihin ja se aiheuttaa kolinergista stimulaatiota (Koulu 2001, 195; Birnbaum & Barreiro 2007, 1932). Parasympatomimeetit ovat asetyylikoliinin kaltaisia aineita, jotka stimuloivat parasympaattista eli tahdosta riippumatonta hermostoa. Parasympatomimeetit vaikuttavat keuhkoputkiin supistamalla niiden sileää lihaksistoa ja lisäämällä rauhasen eritystä. (Birnbaum & Barreiro 2007, 1932; Koulu 2007, 197, 199.)

### **Indikaatiot ja kontraindikaatiot**

Metakoliinialtistusta käytetään astman diagnosointiin ja hoidon seurantaan sekä astmalääkkeiden vaikutuksen arviointiin (Malmberg 2009, 68; Sovijärvi ym. 2012, 129). Tutkimusta käytetään erityisesti lievän astman diagnosointiin silloin, kun potilaalla on oireita, mutta astmaa ei ole saatu diagnosoitua spirometrian ja bronkodilataatiokokeen perusteella. Tällöin näissä tutkimuksissa ei siis ole havaittu merkittävää palautuvaa hengitystieobstruktiota. (American Thoracic Society 2000, 309; Birnbaum & Barreiro 2007, 1933.)

Astmaan viittaavia oireita ovat muun muassa hengityksen vinkuminen, yskä ja hengenahdistus (American Thoracic Society 2000, 309; Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2006, 3; Birnbaum & Barreiro 2007, 1933). Nämä oireet ilmaantuvat yleensä raskauden aikana tai sen jälkeen, altistuttaessa kylmälle ilmalle tai allergeeneille sekä sairastettaessa hengitystieinfektioita. Metakoliinialtistuskoe on hyvä tutkimus myös astman poissulkemiseen. (American Thoracic Society 2000, 309; Birnbaum & Barreiro 2007, 1933.)

Tutkimusta koskevat kaikki samat kontraindikaatiot kuin spirometriatutkimustakin (American Thoracic Society 2000, 310; Birnbaum & Barreiro 2007, 1933; Malmberg 2009, 68–69; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 79–80; Sovijärvi ym. 2012, 130–131). Näiden lisäksi tutkimuksen kontraindikaationa on huomattavasti alentunut ventilaatiokapasiteetti. Tällä tarkoitetaan, että FEV<sub>1</sub> on alle 1,5 litraa tai alle 60 % viitearvosta. Tutkimusta ei myöskään voida suorittaa raskauden tai imetyksen aikana. (American Thoracic Society 2000, 310; Birnbaum & Barreiro 2007, 1933; Sovijärvi ym. 2012, 131.) Metako-

liinialtistuskoea ei kannata suorittaa, mikäli potilas ei kykene puhaltamaan riittävän laadukkaita spirometriapuhalluksia. Tekniseltä laadultaan huonot puhallukset voivat johtaa jopa väärin positiivisiin tuloksiin. (American Thoracic Society 2000, 310; Birnbaum & Barreiro 2007, 1932.)

### **Potilaan valmistautuminen tutkimukseen ja tutkimuksen kulku**

Ennen tutkimusta potilaan tulee pitää taukoa keuhkoputkiin vaikuttavista lääkeaineista lääkärin ohjeen mukaisesti (American Thoracic Society 2000, 312; Malmberg 2009, 69). Lääkeaineiden osalta valmistautumisohjeet ovat samat kuin spirometriatutkimuksessa. Lisäksi antihistamiinilääkitys tulee keskeyttää. (Birnbaum & Barreiro 2007, 1933; Sovijärvi ym. 2012, 130.) Metakoliinialtistuskokeeseen vaikuttavat antihistamiinilääkkeet on esitetty liitteessä 3. Muiltakin osin potilaan valmistautumisohjeet ovat samat kuin spirometriatutkimuksessa (American Thoracic Society 2000, 312; Birnbaum & Barreiro 2007, 1933; Sovijärvi & Piirilä 2012a, 80; Sovijärvi ym. 2012, 131).

Ennen tutkimuksen aloittamista potilaalta varmistetaan, ettei hänellä ole tutkimuksen suorittamista estäviä kontraindikaatioita. Tämän jälkeen kirjataan potilaan pituus ja paino sekä sukupuoli ja rotu viitearvojen laskentaa varten. (American Thoracic Society 2000, 310; Miller ym. 2005a, 154.) Potilaan käyttämät keuhkoputkiin vaikuttavat lääkeaineet ja niiden viimeisin ottoajankohta sekä tupakointihistoria kirjataan (American Thoracic Society 2000, 310; Birnbaum & Barreiro 2007, 1933).

Tämän jälkeen potilaalle selostetaan tutkimuksen kulku pääpiirteissään. Vaikka tutkimus ei yleensä aiheuta oireita, potilaalle tulee kertoa mahdollisesti ilmenevistä oireista, kuten yskästä ja lievästä hengenahdistuksesta. Potilaalle voi myös aiheutua tutkimuksesta vakavia oireita, mutta tämä on hyvin harvinaista. Tästä mahdollisuudesta pitää kuitenkin kertoa. Ennen tutkimusta potilaalle annetaan mahdollisuus käydä WC:ssä. (American Thoracic Society 2000, 311.)

Tutkimus on luotettavin, kun se suoritetaan standardoidulla dosimetrisellä menetelmällä eli metakoliinin annosta nostetaan koko tutkimuksen ajan annostelukaavion mukaisesti

(Sovijärvi ym. 2012, 132). AKU:ssa on käytössä Spira Elektro 2 -dosimetri (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011e, 3). Tutkimuksessa käytettävät metakoliinianokset ovat peräisin Niemisen (1992) tutkimuksesta. Annostelukaavio on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Metakoliinialtistuskokeessa käytettävä annostelukaavio (Niemi 1992, 1538; Sovijärvi ym. 2012, 133, muokattu)

Vaihe	Metakoliini-konsentraatio (mg/ml)	Inhalaatioiden lukumäärä	Kumulatiivinen annos (µg)
1	2,5	1	18
2	2,5	3	72
3	2,5	11	270
4	25	3	810
5	25	10	2600

Ennen metakoliinin annostelua potilas puhaltaa vähintään kolme dynaamista spirometriapuhallusta, joista määritetään FEV<sub>1</sub> (Sovijärvi ym. 2012, 131). Koska FEV<sub>1</sub> on metakoliinialtistuskokeen tärkein seurattava suure, sen mittaustulosten tulee olla koko tutkimuksen ajan riittävän toistettavia keskenään. Teknisesti laadukkaista puhalluksista valitaan se, jonka FEV<sub>1</sub>- arvo on korkein. (Sovijärvi ym. 2012, 131.)

Spirometriapuhallusten jälkeen metakoliinia annetaan annostelukaavion mukaisesti viiden minuutin välein (Sovijärvi ym. 2012, 131). Dosimetri annostelee metakoliinia jokaisella annostelukerralla puolen sekunnin ajan siitä lähtien, kun potilas on hengittänyt keuhkoihinsa 10 millilitraa ilmaa. Tutkimuksen ajan potilas hengittää normaalia lepo-hengitystä ja hengitystilavuuden tulee olla noin 0,5 ± 0,1 litraa. Sisäänhengityksen huippuvirtaus ei saa ylittää arvoa 0,5 l/s. (Sovijärvi ym. 2012, 131, 133.)

Jokaisen annoksen jälkeen potilas puhaltaa kaksi FEV<sub>1</sub>- puhallusta aina 90 sekunnin kuluttua inhalaatiosta (Malmberg 2009, 69; Sovijärvi ym. 2012, 131). AKU:ssa puhallukset suoritetaan 3 minuuttia inhalaation jälkeen (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011e, 6). Metakoliinin annostelu lopetetaan, mikäli FEV<sub>1</sub>- arvo laskee yli 20 % lähtöarvosta (Birnbau & Barreiro 2007, 1932; Sovijärvi ym. 2012, 131). Kun potilas on saanut viimeisen metakoliiniannoksen, hänelle annetaan yhteensä 0,4 milligrammaa

salbutamolia aerosolimuodossa, samalla tavalla kuin bronkodilataatiokokeessakin (Sovijärvi ym. 2012, 131). Potilas saa lähteä tutkimuksesta vasta, kun FEV<sub>1</sub>- arvo on palautunut 90 prosenttiin lähtöarvoon verrattuna (Birnbau & Barreiro 2007, 1933–1934; Sovijärvi ym. 2012, 131). Tutkimus kestää AKU:ssa noin tunnin (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011d, 1).

On mahdollista, että potilas saa yliherkkyyssreaktion, koska tutkimuksessa mitataan hengitysteiden supistumisherkkyyttä. Potilasta ei saa jättää tutkimuksen aikana yksin. Lisäksi tutkimusta suoritettaessa laboratoriossa tulee aina olla paikalla lääkäri mahdollisen hätätilanteen varalle. (American Thoracic Society 2000, 310–311; Birnbau & Barreiro 2007, 1933; Sovijärvi ym. 2012, 131.) Hätätilanteessa potilaalle annetaan adrenaliini-injektio (American Thoracic Society 2000, 310–311).

### Tulosten tulkinta

Metakoliinialtistuskokeessa tehdään tulkintaa varten annosvastekuvaaja, jossa x- akselilla on metakoliiniannos mikrogrammoina (µg) ja y- akselilla FEV<sub>1</sub>- arvo prosentteina lähtöarvosta. Tutkimuksen tulos luetaan annosvastekuvaajasta. Tulos on se kumulatiivinen annos metakoliinia, jolla FEV<sub>1</sub>- arvo laskee 20 % lähtötason FEV<sub>1</sub>- arvosta. Tästä annoksesta käytetään nimitystä PD20FEV<sub>1</sub> (PD = provocative dose). (Malmberg 2009, 69.) Potilaalle voidaan diagnosoida astma, jos supistumisherkkyyys on vähintään kohtalainen eli PD20FEV<sub>1</sub> on alle 600 µg (Sovijärvi & Haahtela 2006, 1721; Malmberg 2009, 69). Supistumisherkkyyden arviointi on esitetty tarkemmin taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Supistumisherkkyyden arviointi metakoliinialtistuskokeen avulla (Nieminen 1992, 1539–1541; Sovijärvi ym. 2012, 133, muokattu)

Keuhkoputkien epäspesifinen supistumisherkkyyys	Kumulatiivinen annos PD20FEV <sub>1</sub> (µg)
voimakas	≤ 150
kohtalaisen voimakas	151 – 600
lievä	601 – 2600
ei poikkeava	> 2600

## Laadunhallinta

Ennen tutkimusta spirometrialaitteisto kalibroidaan kuten spirometriatutkimuksessakin (Miller ym. 2005, 322; Levy ym. 2009, 609; Sovijärvi ym. 2011, 82; Sovijärvi ym. 2012b, 83). Lisäksi spirometrialaitteistolle tehdään biologinen kontrolli kerran kuukaudessa (Heikkilä 2012). Tutkimus ei ole luotettava, elleivät annostelijat ja sumuttimet toimi tarkasti, sillä on tärkeää, että metakoliinia annostellaan täsmälleen oikea määrä (Nieminen ym. 1988, 896; Malmberg 2009, 69). Tämän vuoksi annostelijoita ja sumuttimia on huollettava säännöllisesti. Käytettävän metakoliinin tulee olla korkealaatuista eikä se saa olla vanhentunutta. (Malmberg 2009, 69.) Suomessa tutkimusten luotettavuutta lisää käytössä oleva automaattinen dosimetri, joka annostelee metakoliiniaerosolia oikean määrän suoraan keuhkoihin (Sovijärvi ym. 2012, 130).

Spirometriapuhallusten osalta virhettä metakoliinialtistuskokeeseen voivat aiheuttaa samat tekijät kuin spirometriatutkimuksessakin (Sovijärvi ym. 2011, 93). AKU:ssa metakoliinialtistuskokeessa on käytössä sama spirometrialaitteisto kuin spirometriatutkimuksessa (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011e, 2). Tautien tarttuminen tulee estää metakoliinialtistuskokeessa samalla tavalla kuin spirometriatutkimuksessa (Miller ym. 2005a, 155–156). Työturvallisuutta voidaan lisätä suunnittelemalla laboratorion ilmastointi siten, että henkilökunnan altistuminen metakoliinille jää mahdollisimman pieneksi (Malmberg 2009, 69).

## 4.4 Impulssioskillometria

Astma on yleisin lapsuudessa tavattava pitkäaikaissairaus. Useimmiten siihen sairastutaan ennen kouluikää, 2–6- vuotiaana. (Malmberg ym. 2001, 1; Komarow ym. 2011, 191.) Leikki-ikäisten puutteellinen yhteistyökyky vaikeuttaa keuhkojen toiminnan mittaamista. Impulssioskillometriatutkimus (IOS) voidaan kuitenkin tehdä lepo hengityksen aikana, jolloin yhteistyön tarve jää vähäiseksi. Tämän ansiosta tutkimus soveltuu leikki-ikäisten lasten keuhkojen toiminnan mittaamiseen. (Malmberg ym. 2001, 1; Komarow ym. 2011, 197.) Impulssioskillometriatutkimus on potilaalle turvallinen ja kivuton. Lisäksi tutkimus on potilaalle suhteellisen helppo suorittaa. (Komarow ym. 2011, 197.)

## **Indikaatiot ja kontraindikaatiot**

Impulssioskillometriatutkimusta käytetään leikki-ikäisten lasten astman ja kystisen fibroosin varhaiseen diagnosointiin sekä astman vaikeusasteen, sen lääkehoidon vaikutusten ja hoitotasapainon arviointiin (Malmberg ym. 2001, 10; Komarow 2011, 194). Tutkimusta voidaan käyttää antamaan lisävarmistusta astmalääkityksen aloittamiselle silloin, kun potilaalla on pitkittynyttä hengitystieoireilua, kuten yskää, rasituksen yhteydessä ilmenevää hengästymistä tai hengityksen rohinaa, mutta astman kliiniset tunnusmerkit eivät ole täyttyneet. Impulssioskillometriatutkimuksen avulla voidaan mitata myös keskosten krooniseen keuhkosairauteen liittyviä toimintahäiriöitä. (Malmberg ym. 2001, 10.) Lisäksi tutkimusta voidaan käyttää astman, kroonisen keuhkoputkentulehduksen ja emfyseeman eli keuhkolaajentuman erotusdiagnostiikassa. Tutkimus voidaan tehdä myös sellaisille vanhemmille lapsille ja aikuisille, joilla on oireita, mutta spirometriatulokset on normaali tai joiden yhteistyökyky ei ole riittävä spirometriatutkimuksen suorittamiseen. (Komarow ym. 2011, 195–197.)

Tutkimusta ei voida suorittaa, mikäli potilaalla on akuutti hengitystieinfektio tai sen paranemisesta ei ole kulunut vielä kahta viikkoa (Sovijärvi & Piirilä 2012, 79). AKU:ssa tutkimuksen yhteydessä mahdollisesti tehtävää ulkorasitusta ei suoriteta, mikäli potilaalla on jo lähtötilanteessa obstruktio tai epävaka sydänvika (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 1).

## **Potilaan valmistautuminen tutkimukseen ja tutkimuksen kulku**

Potilaan valmistautuminen tutkimukseen on samanlainen kuin spirometriatutkimuksessa. Myös lääkityksessä potilaan tulee noudattaa lääkärin ohjeita, samalla tavalla kuin spirometriatutkimuksessa. (Sovijärvi & Piirilä 2012a, 79–81.) Mikäli tutkimuksen yhteydessä suoritetaan ulkojuoksu, lapsen tulee välttää rasittavaa liikuntaa ennen tutkimusta ja hänelle tulee ottaa mukaan ulkolämpötilan mukainen vaatetus (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011f, 1).

Tutkimuksen alussa lapselle selostetaan tutkimuksen kulku (Komarow ym. 2011, 193). Lapsen huoltajalta varmistetaan, ettei lapsella ole tutkimuksen suorittamista estäviä kontraindikaatioita. Lisäksi lapsen käyttämät lääkeaineet sekä niiden viimeisin ottoajan kohta kirjataan. (Miller ym. 2005a, 154.) Lapsi istuu tutkimuksen ajan ryhdikkäästi tuolissa ja pitää päätä suorassa (Bisgaard & Klug 1995, 2069; Komarow ym. 2011, 193). Lapselle laitetaan nenänsulkija, häntä neuvotaan asettamaan huulet tiukasti suukappaleen ympärille ja pitämään kieli suukappaleen alapuolella (Malmberg ym. 2001, 2; Komarow 2011, 193). Tutkimuksen ajan lapsen poskia on tuettava käsin, jotta oskillaatioiden eli paineaaltojen aiheuttama ylähengitysteiden venyvyys saadaan minimoitua. Venyvyyttä ei saada kuitenkaan täysin poistettua. (Malmberg ym. 2001, 2, 6; Komarow ym. 2011, 194.) Tutkimuksen aikana tulee välttää jalkojen ristiin laittamista, sillä se supistaa vatsalihaksia, jolloin keuhkotilavuus voi pienentyä (Komarow ym. 2011, 193).

Tutkimuksen suorittaa lasten kanssa paljon työskennellyt hoitaja (Komarow ym. 2011, 193). Ensin suoritetaan vähintään kolme, noin 30 sekuntia kestävä, impulssioskillometrimittaus (Larsen ym. 2009, 862). Mittauksen ajan lapsi hengittää lepo hengitystä rauhallisesti suukappaleen kautta (Malmberg ym. 2001, 3; Larsen ym. 2009, 862). AKU:ssa on käytössä JAEGER MasterScreen Impulse Oscillometry System - tutkimuslaitteisto ja yksi mittaus kestää noin 15–30 sekuntia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 2, 4).

Tämän jälkeen tehdään bronkodilataatiokoe, jonka avulla arvioidaan korjautuvaa obstruktiota (Malmberg ym. 2001, 1) Lapselle annetaan inhalaatioina salbutamolia 0,3 milligrammaa lasten annostelukammion (Babyhaler) avulla (Malmberg ym. 2001, 2). AKU:ssa bronkodilatoivana lääkkeenä käytettävää salbutamolia annostellaan alle 10-vuotiaille lapsille 0,3 milligrammaa kolmena 0,1 milligramman suuruisena suihkauksena minuutin välein. Yli 10-vuotiaille annostellaan 0,4 milligrammaa kahtena 0,2 milligramman suuruisena suihkauksena minuutin välein. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 5.) Viisitoista minuuttia lääkkeen annostelun jälkeen suoritetaan vähintään kolme impulssioskillometrimittaus (Malmberg ym. 2001, 2; Larsen ym. 2009, 862). Tutkimus kestää AKU:ssa noin tunnin (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011a, 1).



Rasituskoeimpulssioskillometria suoritetaan diagnoosin varmistamiseksi silloin, kun epäillään rasisastmaa leikki-ikäisellä tai nuorella. Tällöin tutkimuksen yhteydessä suoritetaan ulkojuoksu. (Malmberg ym. 2001, 10; Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2006, 11.) AKU:ssa lapselle tehdään ennen juoksua vähintään kolme impulssioskillometriamittausta (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 5). Tämän jälkeen potilaan keuhkot auskultoidaan ja hänen kokemansa oireet kirjataan (Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2006, 11; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 5).

Seuraavaksi lapsi juoksee ulkona turvallisella paikalla kahdeksan minuutin ajan (Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2006, 11). Ennen ulkojuoksua lapsen rintakehälle laitetaan sykevyö ja lapsen ranteen ympärille kiinnitetään sykemittari. Hoitaja ottaa ulkojuoksuun mahdollisen potilaan kokeman hengenahdistuksen varalta mukaan hengitysteitä avaavan salbutamolilääkkeen, adrenaliinikynän sekä puhelimen. Ensimmäinen minuutti lämmitellään ja seuraavien seitsemän minuutin ajan juostaan. Ulkojuoksussa huomioidaan sääolosuhteet. Syketason tulee olla juoksun aikana yli 85 % iän mukaisesta maksimisykkeestä. Iänmukaisesti arvioitu maksimisyke lasketaan kaavalla  $205 - (\frac{1}{2} \times \text{ikä})$ . Juoksun aikana tarkkaillaan lapsen vointia ja jaksamista. Tutkimus voidaan keskeyttää, mikäli lapsella ilmenee selkeä hengitystieobstruktio tai muita oireita tai, jos hänen kuntonsa romahtaa. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 5–6.)

Juoksun jälkeen kirjataan juoksun kesto, sen aikaiset oireet ja juoksuolosuhteet (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 6). Impulssioskillometria tutkimus sekä keuhkojen auskultointi, oireiden kirjaaminen tehdään heti rasituksen jälkeen sekä viiden ja kymmenen minuutin kuluttua rasituksesta (Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2006, 11–12). AKU:ssa auskultointi ja impulssioskillometria tutkimus suoritetaan lisäksi myös 15 minuutin kuluttua rasituksesta. Jokaisessa rasituksen jälkeisessä tutkimuksessa mitauksia tehdään kaksi. Bronkodilataatiokoe suoritetaan aina ulkojuoksun yhteydessä samoin kuin aikaisemmin on kuvailtu. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 6.) Rasituskoeimpulssioskillometria tutkimus kestää AKU:ssa noin kaksi tuntia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011f, 1).

Impulssioskillometria on pakotetun oskillaatiotekniikan (FOT) erikoismuoto (Bisgaard & Klug 1995, 2073; Komarow ym. 2011, 191). Pakotetussa oskillaatiotekniikassa tutki-

taan hengityksen mekaniikkaa pienten ulkoisten oskillaatioiden eli paineaaltojen avulla, jotka ohjataan potilaan hengitysteihin (Smith, Reinhold & Goldman 2005, 72; Komarow ym. 2011, 191). Impulssioskillometria tutkimuksessa ulkoinen paineaaltogeneraattori tuottaa pienellä paineella keuhkoihin kulkeutuvia, suuhun suunnattuja oskillaatioita. Niiden taajuus vaihtelee 5–20 hertzin (Hz) välillä. Lepohengityksen aikana mitataan oskillaatioiden vaikutusta hengitysvirtaukseen ja suupaineeseen. (Malmberg ym. 2001, 2–3; Komarow ym. 2011, 191–192.)

Oskillaatioiden avulla saadaan määritettyä hengityselimistön impedanssi ( $Z_{rs}$ ) (kaava 5) (Malmberg ym. 2001, 2–3; Komarow ym. 2011, 191–192). Se koostuu kaikista niistä voimista, jotka vastustavat impulssin eli vaihtelevan ilmapirran etenemistä hengitysteissä (Malmberg ym. 2001, 2). Impedanssi jaetaan kahteen osaan, resistanssiin ( $R_{rs}$ ) ja reaktanssiin ( $X_{rs}$ ). Resistanssi tarkoittaa hengitysteiden virtausvastusta ja reaktanssi kuvastaa keuhkojen elastisia ominaisuuksia. Resistanssi ja reaktanssi esitetään oskillaatiotaajuuden funktiona. Resonanssitaajuudeksi ( $F_r$ ) kutsutaan sitä taajuutta, jolla hengityselimistön elastiset ja inertiaominaisuudet kumoavat toisensa ja reaktanssi saa arvon nolla. Lisäksi tutkimuksen avulla voidaan määrittää resistanssin riippuvuus oskillaatiotaajuudesta ( $dR_{rs}/df$ ). (Malmberg ym. 2001, 2; Komarow ym. 2011, 192.)

$$Z_{rs} = \sqrt{R_{rs}^2 + X_{rs}^2} \quad (5)$$

Rintakehän koko, muoto ja kudiskoostumus vaikuttavat siihen, kuinka matalat ja korkeat taajuudet etenevät hengitysteissä. Matalimmat taajuudet pääsevät tunkeutumaan pieniin hengitysteihin asti, kun taas suuret taajuudet saavuttavat vain suuret hengitystiet. Hengitysteiden resistanssi on kääntäen verrannollinen ikään, etenkin matalilla taajuuksilla. Tämä tarkoittaa sitä, että nuoremmilla lapsilla hengitysteiden resistanssi on korkeampi kuin vanhemmilla lapsilla tai aikuisilla. (Komarow ym. 2011, 192.)

Tulokset lasketaan 3–5 toistettavimmasta ja teknisesti laadukkaimmasta käyrästä. Niissä hengityksen tulee olla säännöllistä eikä artefaktoja saa esiintyä. Hengityksen tulee olla riittävän pitkä, eri lähteistä riippuen 20–40 sekuntia. (Malmberg ym. 2001, 3; Marotta ym. 2003, 318; Larsen ym. 2009, 862; Komarow ym. 2011, 194.) AKU:ssa lepo hengityksen kesto on 15–30 sekuntia. Tulokseksi valitaan kolmesta teknisesti laadukkaim-

masta ja toistettavimmasta mittauksesta paras. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 4-5.)

### **Tulosten tulkinta**

Lapsilla viitearvot perustuvat lähinnä seisomapituuteen. On todettu, ettei iällä, istumapituudella, painolla, sukupuolella tai kehon pinta-alalla ole niinkään merkitystä viitearvojen kannalta. (Malmberg ym. 2001, 4.) Leikki-ikäisillä käytetään Suomessa Malmbergin ym. (2001) viitearvoja. Tätä vanhemmille käytetään keskieurooppalaisia viitearvoja. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 7.)

Erilaisten hengityselimistön sairauksien tulosprofiileja impulssioskillometriassa on esitetty taulukossa 5. Resistanssin ja reaktanssin muutokset, jotka tapahtuvat 5 Hz:n taajuudella, ovat astmadiagnostiikan kannalta tärkeimmät. (Bisgaard & Klug 1995, 2071; Malmberg ym. 2001, 8.) Perifeerisiä eli ylempien hengitysteiden obstruktiivisia sairauksia ovat muun muassa astma ja krooninen bronkiitti eli keuhkoputkentulehdus. Sentraalinen obstruktio sijaitsee alemmissa hengitysteissä. (Komarow ym. 2011, 194.) AKU:ssa tutkimuksessa merkittävään obstruktion viittaa resistanssin nousu 5 Hz:n taajuudella yli 40 % ja reaktanssin lasku yli 60 %. Potilaalla on merkittävä vaste bronkodilataatiokokeessa, jos resistanssi laskee 5 Hz:n taajuudella yli 37 %, impedanssi yli 35 % ja resonanssitaajuus yli 44 %. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 7.) Potilaalla voi olla astma, vaikka rasisuskoeimpulssioskillometrian tulos olisikin normaali (Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2006, 12). Restriktiivisissä keuhkosairauksissa reaktanssi pienenee. Resistanssi sen sijaan pysyy normaalina. (Komarow ym. 2011, 194.)

TAULUKKO 5. Hengityselimistön sairauksien tulosprofiileja impulssioskillometriassa (Malmberg ym. 2001, 8, muokattu)

Suure	Perifeerinen obstruktio	Sentraalinen obstruktio	Keuhkokudoksen fibroosi
$R_{rs5}$	suurenee	suurenee	pysyy ennallaan
$R_{rs20}$	pysyy ennallaan	suurenee	pysyy ennallaan
$dR_{rs}/df$	pienenee	pysyy ennallaan	pysyy ennallaan
$X_{rs5}$	pienenee	pysyy ennallaan	pienenee
$F_r$	suurenee	pysyy ennallaan	suurenee

Taulukossa 5  $R_{rs5}$  tarkoittaa resistanssia 5 Hz:n taajuudella,  $R_{rs20}$  resistanssia 20 Hz:n taajuudella,  $dR_{rs}/df$  oskillaatiotaajuutta,  $X_{rs5}$  reaktanssia 5 Hz:n taajuudella ja  $F_r$  resonanssitaajuutta (Malmberg ym. 2001, 3).

### Laadunhallinta

Laite kalibroidaan päivittäin kolmen litran kalibrointipumpulla ja referenssiresistanssilaitteen (0,2 kPa/l/s) avulla. Tilavuuskalibrointi suoritetaan useilla kokonaisilla pump-pauksilla eri virtausnopeuksilla. (Marotta ym. 2003, 318; Komarow ym. 2011, 193.) AKU:ssa tehdään viisi sisään- ja ulospumppausta ja referenssikalibrointi suoritetaan vähintään kerran viikossa tilavuuskalibroinnin jälkeen. Lisäksi suoritetaan säännöllisesti biologinen kontrolli. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 3, 8.) Impulssioskillometrituloksen luotettavuutta voidaan mitata koherenssiarvon avulla. Koherenssi tarkoittaa ilmavirran ja paineen välistä korrelaatiota. (Komarow ym. 2011, 193.) AKU:ssa koherenssin tulee olla 5 Hz:n (CO5Hz) ja 10 Hz:n taajuudella (CO10Hz) lähellä arvoa 1,0. Hyväksytyn alaraja on 0,7. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2011b, 5.) Tautien tarttuminen tulee estää impulssioskillometritutkimuksessa samalla tavalla kuin spirometritutkimuksessa (Miller ym. 2005a, 155–156).

Artefaktoja tutkimukseen voivat aiheuttaa yskiminen, nieleminen, puhuminen ja kielen liikkeet (Malmberg ym. 2001, 3; Larsen ym. 2009, 862; Komarow ym. 2011, 193). Nämä häiriöt voidaan havaita jo tutkimuksen aikana ohjelmiston avulla, joka mittaa reaaliaikaisesti hengityselimistön impedanssia. Artefaktat näkyvät aika-akselilla impedanssin nopeina muutoksina. (Malmberg ym. 2001, 3.) Muita häiriöitä voi aiheutua epäsäännöl-

lisestä hengittämisestä, hyperventiloinnista ja nenäsulkijasta tai suukappaleesta aiheutuvista vuodoista. Myös suukappaleen eteen työntyvä kieli tai hetkellinen glottiksen eli äänihuulten väliin jäävän raon sulkeutuminen voi aiheuttaa häiriötä. Häiriötä voi aiheutua myös, mikäli potilas ei ole tutkimuksen aikana riittävän rentoutunut. (Komarow ym. 2011, 193.) Tutkimuksen aikana ilmaantuvia virhelähteitä on mahdollista välttää kiinnittämällä huomiota lapsen hengitystekniikkaan, asentoon, ylähengitystieperäisiin vuotoihin ja muihin häiriöitä aiheuttaviin tekijöihin (Bisgaard & Klug 1995, 2073).

#### **4.5 Kehopletysmografia**

Kehopletysmografiatutkimus eli body box ei ole yhtä yleinen kuin spirometriatutkimus, mutta sen avulla voidaan saada merkittävää diagnostista lisätietoa hengityselimistöstä (Goldman, Smith & Ulmer 2005, 15; Crieé ym. 2011, 961). Kehopletysmografiatutkimus eroaa spirometriatutkimuksesta siten, että kehopletysmografiatutkimuksessa mitataan potilaan normaalia lepo hengitystä eikä maksimaalisen hengityksen mittauksia tehdä (Malmberg, Piirilä & Sovijärvi. 2003, 193; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 91). Kehopletysmografiatutkimuksen avulla voidaan tutkia spirometriatutkimusta paremmin sentraalisten eli alempien hengitysteiden obstruktioita ja niiden vaikeusasteita. Spirometriatutkimus on sen sijaan parempi pienten hengitysteiden obstruktioiden tutkimisessa. (Malmberg ym. 2003, 192, 194.) Spirometria- ja kehopletysmografiatutkimukset siis täydentävät toisiaan (Malmberg ym. 2003, 192, 194; Goldman ym. 2005, 15; Crieé ym. 2011, 961).

#### **Indikaatiot ja kontraindikaatiot**

Kehopletysmografiatutkimusta käytetään restriktiivisten keuhkosairauksien luonteen tutkimiseen (American Association for Respiratory Care 2001, 506; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 98). Tutkimuksella voidaan tutkia myös obstruktiivisia keuhkosairauksia, kuten bulloosista emfyseemaa eli rakkulaista keuhkolaajentumaa ja kystistä fibroosia (American Association for Respiratory Care 2001, 506; Sovijärvi & Malmberg 2012, 143). Lisäksi tutkimusta käytetään restriktiivisten ja obstruktiivisten keuhkosairauksien ero-

tusdiagnostiikassa. Tutkimusta voidaan käyttää myös hoidon vaikutuksen arvioimiseen. Kehopletysmografiatutkimuksen avulla on mahdollista mitata keuhkojen tilavuuksia myös sellaisilla potilailla, jotka eivät kykene puhaltamaan spirometriapuhalluksia. Tutkimukseen voidaan yhdistää bronkodilataatiokoe, jolloin saadaan mitattua mahdollinen hengitystieobstruktion korjautuvuus. (American Association for Respiratory Care 2001, 506; Malmberg ym. 2003, 192, 194–195.)

Tutkimuksessa on samat kontraindikaatiot kuin spirometriatutkimuksessa. Lisäksi tutkimusta ei voida suorittaa, jos potilas kärsii klaustrofobiasta eli suljetun paikan kammosta tai jos hänet on kytketty kiinni laitteisiin, jotka eivät mahdu pletysmografiin. Tutkimusta ei myöskään voida suorittaa, jos potilas saa jatkuvaa happihoitoa, jota ei voida keskeyttää tutkimuksen ajaksi. Lisäksi sekavat potilaat tai potilaat, jotka kärsivät lihasten hallitsemattomuudesta eivät voi suorittaa kehopletysmografiatutkimusta. (American Association for Respiratory Care 2001, 506.)

### **Potilaan valmistautuminen tutkimukseen ja tutkimuksen kulku**

Potilaan valmistautuminen tutkimukseen on samanlainen kuin spirometriatutkimuksessa. Myös lääkityksessä potilaan tulee noudattaa lääkärin ohjeita, samalla tavalla kuin spirometriatutkimuksessakin. (Sovijärvi & Piirilä 2012a, 79–81.) Ennen tutkimuksen alkua potilaalle selostetaan tutkimuksen kulku riittävän yksityiskohtaisesti. Tämän jälkeen kirjataan potilaan pituus ja paino sekä sukupuoli ja rotu viitearvojen laskentaa varten. Potilaalta varmistetaan, ettei hänellä ole tutkimuksen suorittamista estäviä kontraindikaatioita ja hänen käyttämänsä lääkkeaineet ja niiden viimeisin ottoajankohta kirjataan. Myös potilaan tupakointihistoria kirjataan. (Miller ym. 2005a, 154.)

Potilas asettuu tutkimuksen ajaksi istumaan ilmatiiviiseen kehopletysmografiin (Goldman ym. 2005, 20; Wanger ym. 2005, 514; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 97). Kehopletysmografi on esitetty kuvassa 1. Pletysmografin ovi suljetaan. Potilas istuu pletysmografissa ja hengittää lepo hengitystä. Oven sulkemisen jälkeen odotetaan hetken aikaa, jotta pletysmografin paine ehtii tasoittua ja sen sisältämä ilma lämmetä ja kostua. (Goldman

ym. 2005, 20; Malmberg ym. 2005, 192; Wanger ym. 2005, 514.) AKU:ssa odotusaika on 30 sekuntia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012a, 3).



KUVA 1: Kehopletysmografi (Kuva: Hanna Valle 2012)

Tämän jälkeen potilasta ohjeistetaan laittamaan huulet tiiviisti suukappaleen ympärille ja nenänsulkija paikoilleen (Malmberg ym. 2005, 192; Goldman ym. 2005, 20). Potilas hengittää virtausanturiin kytketyn suukappaleen kautta. Potilaan tulee istua tutkimuksen ajan ryhdikkäästi ja pitää hyvä kaulan ja niskan asento. Hammasproteesia ei tarvitse poistaa. (Wanger ym. 2005, 514; Goldman ym. 2005, 20.) Tämän jälkeen potilas hengittää hetken aikaa normaalia lepo hengitystä virtausanturiin ennen tutkimuksen aloittamista (Goldman ym. 2005, 20).

Tutkimuksen alkaessa potilasta ohjeistetaan hengittämään pinnallista lepo hengitystä normaalia hengitystä suuremmalla taajuudella (Wanger ym. 2005, 514; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 98). AKU:ssa tavoiteltava hengitystaajuus on noin 60 kertaa minuutissa (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012a, 3). Oikean hengitystaajuuden löytämiseksi voidaan käyttää apuvälineitä, esimerkiksi vilkkuvaloa tai metronomia eli tahtimitaria. Potilas pitää tutkimuksen ajan käsiä kevyesti poskillaan, jottei poskien pullistuminen aiheuta virhettä tutkimukseen. (Malmberg ym. 2005, 192; Wanger ym. 2005, 514.)

Virtausanturi mittaa hengitysvirtauksen ja samanaikaisesti mitataan myös pletysmografien paineenvaihteluita. Hengitysvirtauksen ja paineenvaihteluiden avulla saadaan määritettyä hengitysteiden virtausvastus ( $R_{aw}$ ) (kaava 6). Konduktanssi ( $G_{aw}$ ) saadaan laskettua hengityksen virtausvastuksen käänteislukuna (kaava 7). Spesifinen virtausvastus ( $sR_{aw}$ ) saadaan määritettyä kertomalla hengitysteiden virtausvastus tutkimuksen seuraavassa vaiheessa määritettävällä rintaontelon kokoonpuristuvalla kaasutilavuudella ( $FRC_B$ ) (kaava 8). Spesifinen konduktanssi ( $sG_{aw}$ ) saadaan määritettyä kertomalla konduktanssi rintaontelon kokoonpuristuvalla kaasutilavuudella (kaava 9). (Malmberg ym. 2003, 190–191.)

$$R_{aw} = \frac{\Delta P_A}{\dot{V}} \quad (6)$$

Kaavassa 6  $\Delta P_A$  tarkoittaa keuhkojen alveolipaineen muutosta ja  $\dot{V}$  hengitysvirtausta (Malmberg ym. 2003, 190).

$$G_{aw} = \frac{1}{R_{aw}} \quad (7)$$

$$sR_{aw} = R_{aw} \times FRC_B \quad (8)$$

$$sG_{aw} = G_{aw} \times FRC_B \quad (9)$$

Tämän jälkeen ilmavirtaus suljetaan hetkellisesti läpällä. On tärkeää, että potilas jatkaa läpystä huolimatta samanlaisia hengitysliikkeitä kuin aiemminkin, sillä tällöin voidaan mitata rintakehän liikkeistä johtuva paineenmuutos pletysmografien sisällä ja alveolipaineen muutosta vastaava paineen muutos läppää vasten. Soveltamalla Boylen lakia pysytään nyt mittaamaan rintaontelon kokoonpuristuva kaasutilavuus (kaava 10). (Sovijärvi & Piirilä 2012b, 97–98.) Boylen lain mukaan suljetussa tilassa paine on kääntäen verrannollinen tilavuuteen (Goldman ym. 2005, 21; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 97). Rintaontelon kokoonpuristuvaan kaasutilavuuteen sisältyy myös ansailma eli ventiloimaton kaasutilavuus. Terveillä henkilöillä ansailman suuruus voi olla 0,3 litraa ja vaikeassa obstruktiossa jopa 3–4 litraa. Ansailman vuoksi tilavuuksista voi tulla kehopletysmografiatutkimuksessa liian suuria. (Sovijärvi & Piirilä 2012b, 97–98.) Kehopletysmogra-



fiset mittaukset pyritään toistamaan kolme kertaa (Goldman ym. 2005, 22; Wanger ym. 2005, 514).

$$FRC_B = \frac{\Delta P_B}{\Delta P_A} \times (P_{atm} - P_{H_2O}) \quad (10)$$

Kaavassa 10  $\Delta P_A$  tarkoittaa keuhkojen alveolipaineen muutosta,  $\Delta P_B$  paineen muutosta pletysmografin sisällä,  $P_{atm}$  ilmanpainetta ja  $P_{H_2O}$  keuhkoissa olevan kyllästyneen vesihöyryn painetta (Malmberg ym. 2003, 186).

Tämän jälkeen potilas laskee kädet alas poskiltaan ja hengittää hetken normaalisti virtausanturiin. Sitten suoritetaan hitaan vitaalikapasiteetin (VC) mittaus. (Malmberg ym. 2003, 192; Goldman ym. 2005, 27; Wanger ym. 2005, 514.) Vitaalikapasiteetin mittaus voidaan suorittaa joko inspiratorisena tai ekspiratorisena (Wanger ym. 2005, 514). Näin saadaan määritettyä lisäksi keuhkojen kokonaistilavuus (TLC), jäännöstilavuus (RV), uloshengityksen varatila (ERV) ja sisäänhengityksen tilavuus (IC) (Goldman ym. 2005, 27).

Uloshengityksen varatila saadaan mitattua, kun potilas puhalttaa keuhkonsa rauhallisesti aivan tyhjiksi. Jäännöstilavuus saadaan määritettyä vähentämällä rintaontelon kaasutilavuudesta lepo hengityksessä uloshengityksen varatila (kaava 11). Totaalikapasiteetti saadaan määritettyä lisäämällä jäännöstilavuus inspiratoriseen vitaalikapasiteettiin (kaava 12). Sisäänhengityskapasiteetti saadaan määritettyä vähentämällä totaalikapasiteetista rintaontelon kaasutilavuus lepo hengityksessä (kaava 13). (Goldman ym. 2005, 27.)

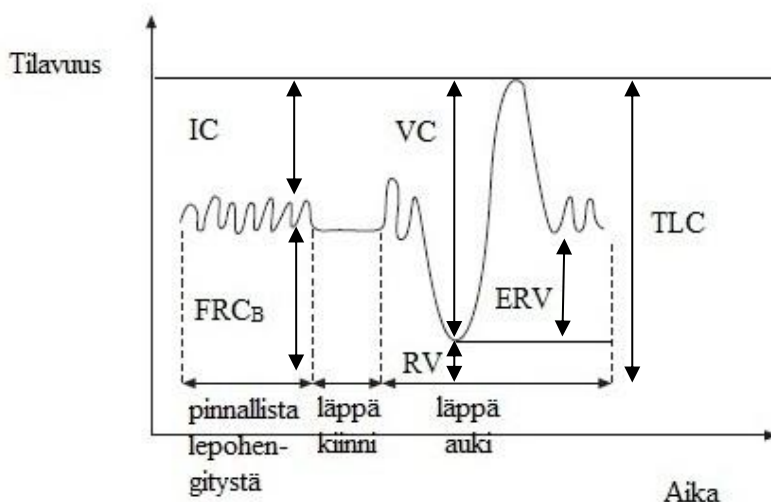
$$RV = FRC_B - ERV \quad (11)$$

$$TLC = RV + IVC \quad (12)$$

$$IC = TLC - FRC_B \quad (13)$$

Kehopletysmografiatutkimukseen voidaan yhdistää myös spirometriatutkimus, jolloin saadaan määritettyä lisäksi  $FEV_1$  ja FVC (Goldman ym. 2005, 27). AKU:ssa tutkimuksen yhteydessä hitaan vitaalikapasiteetin mittaamisen jälkeen suoritetaan aina spirometriatutkimus ja bronkodilataatiokoe. Bronkodilataatiokokeessa tehdään uudelleen kaikki

edellä mainitut mittaukset. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012a, 3.) AKU:ssa tutkimus kestää kokonaisuudessaan noin reilun tunnin (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012b, 1). Kuviossa 6 on esitetty kaavakuvio keuhkotilavuuksista ja -kapasiteeteista tutkimuksen aikana.



KUVIO 6. Kaavakuvio keuhkotilavuuksista ja -kapasiteeteista keuhkopletysmografiatutkimuksen aikana (Wanger ym. 2005, 513, muokattu). Kuviossa 6 IC tarkoittaa sisäänhengityskapasiteettia,  $FRC_B$  rintaontelon kokoonpuristuvaa kaasutilavuutta, VC vitalikapasiteettia, RV jäännöstilavuutta, ERV uloshengityksen varatilaa ja TLC keuhkojen kokonaistilavuutta (Goldman ym. 2005, 27).

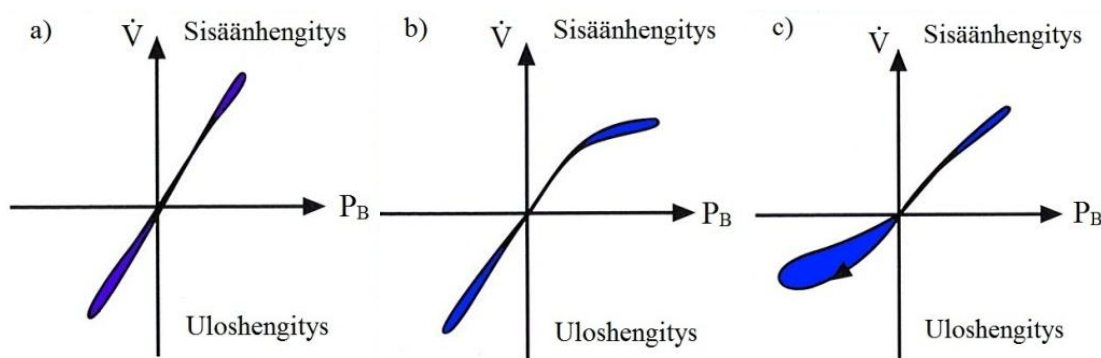
### Tulosten tulkinta

Kehopletysmografialla mitattuja keuhkotilavuuksia ja muita suureita verrataan terveiltä henkilöiltä mitattuihin viitearvoihin (Goldman ym. 2005, 29; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 98). Viitearvojen laadinnassa on huomioitu potilaan sukupuoli, ikä, pituus, paino ja rotu (Miller ym. 2005a, 154; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 98). Suomessa käytetään aikuisille Viljasen (1982) viitearvoja (Sovijärvi & Piirilä 2012b, 98).

Kehopletysmografialla saadaan mitattua restriktiota eli keuhkotilavuuden pientymistä. Restriktio voi aiheutua eri syistä. Tilavuusrestriktiossa totaalikapasiteetti pienenee. Obstruktiiviset keuhkosairaudet voivat aiheuttaa dynaamista restriktiota. Tällöin keuhkojen totaalikapasiteetti on normaali, mutta vitalikapasiteetti pienenee. Dynaaminen

restriktio johtuu pienten ilmateiden salpautumisesta. Myös rintakehän liikkeiden rajoittuminen, keuhkokudostuho, keuhkomuutokset ja keuhkoputkiston obstruktiivinen sairaus voivat aiheuttaa restriktiota. Erilaiset restriktiot antavat erilaiset tulosprofiilit. (Sovijärvi & Piirilä 2012b, 98.)

Keuhkoputkien ahtauman astetta ja sen palautuvuutta voidaan arvioida hengityksen virtausvastuksen ja spesifisen konduktanssin avulla. Hengityksen virtausvastus kasvaa ja konduktanssi pienenee hengitysteiden ahtautuessa. Myös paine/virtauskäyrät muuttuvat hengitysteiden obstruktiossa. Kuviossa 7 on esitetty paine/virtauskäyrien muuttuminen hengitystieobstruktiossa. Ensimmäisessä käyrässä (a) virtaus on normaali. Toisessa käyrässä (b) potilaalla on sentraalisten eli alempien hengitysteiden obstruktio. Tämä näkyy kuvaajassa inspiratorisen osan kaareutumisena. Kolmannessa käyrässä (c) potilaalla on perifeeristen eli ylempien hengitysteiden obstruktio. Tämä näkyy kuvaajassa ekspiratorisen osan avautumisena. (Malmberg ym. 2005, 191–195.)



KUVIO 7. Paine/virtauskäyrien muuttuminen hengitystieobstruktiossa (Malmberg ym. 2003, 191, muokattu)

### Laadunhallinta

Ennen tutkimuksen suorittamista kehopletysmografialaitteisto tulee kalibroida. Biologinen kontrolli suoritetaan kuukauden välein. (Wanger ym. 2005, 514–515.) AKU:ssa laitteisto kalibroidaan aamulla, päivällä ennen potilastutkimuksia sekä virtausanturin pesun tai vaihdon jälkeen. Laitteessa on automaattinen ilmanpaineen, lämpötilan ja kosteuden mittaus. Lisäksi laitteistolle tehdään säännöllisesti biologinen kontrolli. (Kuvan-

tamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012a, 2, 4.) Tautien tarttuminen tulee estää kehople-tysmografiatutkimuksessa samalla tavalla kuin spirometria tutkimuksessakin (Miller ym. 2005a, 155–156).

Tutkimuksen luotettavuuden kannalta on tärkeää, että pletysmografi on ilmatiivis eikä siinä ole vuotoja. Virhettä tutkimukseen voivat aiheuttaa paineanturiletkuston vuoto sekä vuoto suupielestä tai nenästä. Lisäksi poskien pullistuminen hengitettäessä läppää vasten voi aiheuttaa virhettä. Vuodot on helppo huomata, sillä ne näkyvät paine-virtauskäyrässä silmukan avautumisena. (Malmberg ym. 2003, 192; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 99.) Lisäksi paine- ja virtausanturien häiriöt tai potilaan puutteellinen yhteistyö voivat aiheuttaa virhettä tutkimukseen (Malmberg ym. 2003, 192; Sovijärvi & Piirilä 2012b, 99).

## 5 HYVÄN ESITTEEN OMINAISUUKSIA

### 5.1 Sisältö

Kaikessa kirjoittamisessa tulee huomioida kohderyhmä. Jos lukijat ovat maallikkoja, tekstissä kannattaa käyttää yksinkertaisia ilmauksia ja välttää ammattitermejä. (Lohtaja & Kaihovirta-Rapo 2007, 59.) Tarkoituksena on, että lukija ymmärtää tekstin jokaisen sanan (Torkkola, Heikkinen & Tiainen 2002, 14; Kniivilä, Lindblom-Yläne & Mäntynen 2007, 130; Lohtaja & Kaihovirta-Rapo 2007, 78). Teksti kirjoitetaan hyvällä yleiskielellä ja puhekieltä vältetään (Torkkola ym. 2002, 46; Lohtaja & Kaihovirta-Rapo 2007, 78, 81). Lisäksi tekstin ymmärrettävyyttä lisäävät riittävän lyhyet lauseet ja virkkeet. Niiden pituudeksi suositellaan 5–10 sanaa. (Lohtaja & Kaihovirta-Rapo 2007, 78, 81.)

Otsikointiin kannattaa kiinnittää huomiota, sillä sen tehtävänä on herättää lukijan mielenkiinto ja kertoa tuotteen sisällöstä. Otsikot on hyvä suunnitella siten, että ne erottuvat muusta tekstistä koon ja mahdollisesti myös visuaalisen ilmeen avulla. (Koskinen 2001, 78.) Väliotsikoita kannattaa käyttää, sillä ne jakavat tekstin pienempiin osiin ja parantavat näin luettavuutta (Torkkola ym. 2002, 39; Raninen & Rautio 2003, 139). Hyvä otsikko on ytimekäs eikä sisällä esimerkiksi lyhenteitä tai välimerkkejä (Lohtaja & Kaihovirta-Rapo 2007, 80, 88).

### 5.2 Visuaalinen ilme

Esitteen toimiva visuaalinen ilme ja värikkyys herättävät luottamusta organisaatiosta sekä lisäävät sen uskottavuutta, vakuuttavuutta ja ammattimaisuutta (Rope 1998, 179; Rope 2005b, 326). Usein organisaatioilla onkin vakiintunut visuaalinen linja, jota noudatetaan kaikissa sen julkaisuissa (Rope 1998, 179; Tarvainen & Pesonen 2003, 2; Nieminen 2004, 84). Se sisältää organisaation tunnuksen, tunnusvärit ja typografian (Tarvainen & Pesonen 2003, 5; Nieminen 2004, 90). Visuaalinen linja on yleensä graafikon suunnittelema ja sen avulla organisaatio tunnistetaan ja muistetaan paremmin.

Visuaaliseen ilmeeseen sisältyvät sivunsommittelu, typografia, kuvat, värivalinnat ja paperin laatu. (Tarvainen & Pesonen 2003, 4–6, 8.)

### 5.2.1 Sivunsommittelu

Hyvin toteutettu sivunsommittelu herättää lukijan mielenkiinnon ja parantaa tuotoksen ymmärrettävyyttä. Sivunsommittelu kannattaa suunnitella väljäksi ja ilmavaksi, sillä siten saadaan luotua rauhallinen vaikutelma. (Torkkola ym. 2002, 41, 53.) Asettelumalli eli taittopohja on sivunsommittelun perusta. Sen tarkoituksena on määrätä, kuinka sivu jaetaan. Asettelumalliin sisältyvät sivun koko, marginaalit, palstojen määrä, sivunumeroiden paikat sekä kuvien, kuvatekstien ja otsikoiden asettelu. (Koskinen 2001, 61; Tarvainen & Pesonen 2003, 4, 8.)

Sivun kokoon vaikuttavat muun muassa tuotteen käyttötarkoitus, huomioarvo ja helpokäyttöisyys. Käyttötarkoitukseen liittyvät olennaisesti tuotteen luettavuus ja käsiteltävyys. Huomioarvon avulla pyritään erottamaan tuote muista vastaavista tuotteista ja synnyttämään organisaatiosta positiivinen mielikuva. (Koskinen 2001, 62.)

Leveät marginaalit luovat ilmavan kokonaisuuden, kun taas kapeat tekevät sivusta tumman ja voivat saada sen näyttämään liian täydeltä (Torkkola ym. 2002, 58; Tarvainen & Pesonen 2003, 8). Palstojen määrä vaikuttaa luettavuuteen ja ulkoasuun (Koskinen 2001, 64). Sivukoko ja tekstin määrä vaikuttavat siihen, kuinka montaa palstaa kannattaa käyttää (Tarvainen & Pesonen 2003, 11). Tekstin luettavuus on parhaimmillaan, kun rivillä on 40–60 merkkiä. Merkkeihin lasketaan kirjaimet, välimerkit ja sanavälit. (Koskinen 2001, 64, 76; Torkkola ym. 2002, 58.)

### 5.2.2 Typografia

Typografia on graafisten elementtien muodostama kokonaisuus (Nieminen 2004, 98). Sen avulla voidaan parantaa tekstin luettavuutta, havainnollisuutta ja ymmärrettävyyttä (Koskinen 2001, 67; Tarvainen & Pesonen 2003, 28). Typografiaan vaikuttavat muun

muassa käytettävä kirjain ja sen pistekoko, merkkiväli, sanaväli, riviväli, tavutus ja tekstin asettelu (Koskinen 2001, 74; Tarvainen & Pesonen 2003, 30; Huovila 2006, 88).

Kirjaimen valinnassa tulee kiinnittää huomiota sen luettavuuteen ja symboliikkaan (Tarvainen & Pesonen 2003, 28; Huovila 2006, 88). Kirjaimet jaetaan kirjaintyypleihin, jotka ovat ulkomuodoltaan samankaltaisia (Huovila 2006, 88). Kirjaintyypleistä yleisimmät ovat antiikva ja groteski. Antiikva- kirjasintyyliissä kirjaimien eri osien paksuus vaihtelee ja kirjainten ylä- ja alaosissa on pääteviivat. Groteski- kirjasintyyliissä sen sijaan kirjaimet ovat tasapaksuisia eikä niissä käytetä päätteitä. (Tarvainen & Pesonen 2003, 23; Huovila 2006, 88–89.) Antiikva- kirjasintyyplejä ovat esimerkiksi Times New Roman sekä Bodoni ja groteski- kirjasintyyplejä Arial sekä Franklin Gothic (Huovila 2006, 89–90).

Pistekoko valitaan paperin koon ja tekstin määrän mukaan. Liian pieni pistekoko tekee tekstistä vaikealukuisen ja liian suuri hidaslukuisen tai epähoukuttelevan. (Tarvainen & Pesonen 2003, 30.) Pienaakkosia käytetään väliotsikoissa ja leipätekstissä suuraakkosten sijaan, sillä pienaakkoset ovat helppolukuisempia ja miellyttävämpiä silmälle (Tarvainen & Pesonen 2003, 29; Nieminen 2004, 95; Lohja & Kaihovirta-Rapo 2007, 78). Pääotsikoissa voidaan kuitenkin käyttää myös suuraakkosia (Tarvainen & Pesonen 2003, 29; Nieminen 2004, 95). Teksti kannattaa asetella paperille väljästi ja jakaa kapaleisiin. Ei ole suositeltavaa käyttää useampaa typografista tehokeinoa, eli lihavointia, kursivointia, sisentämistä tai keskittämistä, samanaikaisesti. (Lohtaja & Kaihovirta-Rapo 2007, 78.)

### 5.2.3 Kuvat

Hyvässä esitteessä on paljon kuvia ja mahdollisimman vähän tekstiä, sillä kuvat kiinnittävät ensimmäisenä lukijan huomion (Rope 1998, 178; Koskinen 2001, 80; Rope 2005a, 112; Rope 2005b, 328). Lukijan mielenkiinnon herättämisen lisäksi kuvilla on muitakin tehtäviä, kuten tekstisisällön täydentäminen ja sen ymmärrettävyyden lisääminen (Koskinen 2001, 80–81; Torkkola ym. 2002, 40; Tarvainen & Pesonen 2003, 47). Kuva voi

myös antaa lisätietoa tekstiin ja rikastuttaa ulkoasua (Torkkola ym. 2002, 40; Tarvainen & Pesonen 2003, 47).

Ei kannata kuvata ainoastaan laitteita, sillä kuvat, joissa on lisäksi ihmisiä ja toimintaa, lisäävät lukijan mielenkiintoa (Rope 1998, 178; Koskinen 2001, 80; Rope 2005a, 112; Rope 2005b, 328). Suuri kuva herättää lukijan huomion paremmin kuin pieni (Koskinen 2001, 80). Kuvien tekniseen laatuun, eli terävyyteen ja tarkkuuteen, kannattaa kiinnittää huomiota (Tarvainen & Pesonen 2003, 48). Värikuvat koetaan kiinnostavampina kuin mustavalkokuvat (Koskinen 2001, 82).

#### 5.2.4 Värit

Värejä käytetään muun muassa tunnusväreinä, selventäjinä ja muistin tehostajina (Rihloma 1997, 106). Lisäksi väreillä voidaan korostaa, osoittaa ja järjestellä asioita. Värien avulla on myös mahdollista erottaa asioita, muun muassa otsikkotasoja, toisistaan. (Tarvainen & Pesonen 2003, 54.)

Kannattaa käyttää selkeitä väriyhtymiä, jottei ulkoasusta tule kirjava (Nieminen 2004, 187). Vastaväripareja, esimerkiksi punaista ja vihreää, tulee välttää (Koskinen 2001, 77, 87). Tekstin ja taustan väreillä on myös vaikutusta ulkoasun lisäksi tekstin luettavuuteen. Teksti erottuu parhaiten taustastaan, kun tekstin ja taustan välinen kontrasti on riittävän suuri. (Koskinen 2001, 77, 87; Tarvainen & Pesonen 2003, 57; Arnkil 2007, 147.) Musta tai mahdollisimman tumma teksti valkoisella pohjalla on helppolukuisinta (Koskinen 2001, 77; Arnkil 2007, 147).

Värisävyjä käytetään luomaan erilaisia tunnelmia (Nieminen 2004, 187). Värien käytöllä voidaan myös vaikuttaa tuntemuksiin, viihtyvyyteen ja mielialaan (Karg, Sidles & Sutherland 2005, 15). On tutkittu, että kirkkaat värit, kuten valkoinen, punainen, sininen, violetti ja vihreä herättävät suurimmalla osalla positiivisia mielleyhtymiä kun taas tummat värit, kuten ruskea, musta ja harmaa negatiivisia. Näitä positiivisia mielleyhtymiä ovat muun muassa onnellisuus, innostuneisuus ja rentoutuneisuus ja negatiivisia sen sijaan levottomuus, tylsyys ja surullisuus. (Hemphill 1996, 277.) Taulukossa 6 on esitet-



ty eri värien psykologisia vaikutuksia ja symboliikkaa. On kuitenkin muistettava, etteivät nämä vaikutukset ja symboliikka ole yksiselitteisiä vaan niiden kokeminen riippuu muun muassa kulttuurista ja asiayhteydestä (Arnkil 2007, 146).

TAULUKKO 6. Värien psykologisia vaikutuksia ja symboliikkaa (Rihlama 1997, 107–110; Kaya & Epps 2004, 399–400; Nieminen 2004, 193; Karg ym. 2005, 15, muokattu)

Väri	Psykologinen vaikutus	Mielleyhtymä
Vihreä	rauhallisuus, levollisuus	luonto, puut
Keltainen	iloisuus, energisyys	aurionvalo, kukkivat kukat
Sininen	rauhallisuus, rentoutuneisuus, viileys, surullisuus	taivas, vesi
Punainen	lämpöisyys, dynaamisuus, hermostuneisuus, intohimo	rakkaus, veri, tuli, pahuus
Violetti	rauhallisuus, viileys, surullisuus	kukat, toivo
Valkoinen	rauhallisuus, viattomuus, puhtaus, valoisuus, tylsyys	hyve, lumi, kyyhkynen
Musta	surullisuus, masentuneisuus, pelokkuus, vihaisuus, mystisyys	kuolema, yö, suru
Harmaa	surullisuus, masentuneisuus, tylsyys	sumu, pilvinen sää
Ruskea	tavallisuus, tasaisuus	maanläheisyys, arkisuus, savi, maa
Oranssi	innostuneisuus, aktiivisuus, lämpöisyys	appelsiini

### 5.2.5 Paperin laatu

Paperin laadulla on merkitystä organisaatiosta saatavaan yleisvaikutelmaan (Rope 1998, 179). Paperin valinta vaikuttaa painotuotteen ulkoasuun, luottavuuteen, värien toistumiseen ja kestävyys (Raninen & Rautio 2003, 247). Käytettävä paperi voi olla kiiltävä-, puolimatta- tai mattapintainen (Raninen & Rautio 2003, 247; Tarvainen & Pesonen 2003, 64).

Mattapintainen paperi on päällystämätöntä ja karheapintaista (Raninen & Rautio 2003, 247). Paperin sileys ja päällysteiden määrä vaikuttavat sen kiiltävyyteen (Koskinen 2001, 37; Raninen & Rautio 2003, 247). Myös paperin paksuudessa on eroja. Kiiltäväpintainen päällystetty valkoinen paperi antaa parhaimman kuvanlaadun kirkkaiden värin ansiosta, mutta tekstin lukeminen voi olla hankalaa. (Koskinen 2001, 36, 38; Raninen & Rautio 2003, 247; Tarvainen & Pesonen 2003, 64.) Mattapaperille painetut kuvat eivät ole yhtä tarkkoja, mutta se herättää arvokkaan, hillityn ja tyylikkään vaikutelman (Raninen & Rautio 2003, 247; Tarvainen & Pesonen 2003, 64). Silkkimatta paperi soveltuu paljon tekstiä ja kuvia sisältävään julkaisuun (Tarvainen & Pesonen 2003, 64). Myös hinnalla on usein suuri vaikutus paperin valintaan (Koskinen 2001, 43; Tarvainen & Pesonen 2003, 64).

## 6 TARKOITUS, TAVOITE JA TEHTÄVÄT

Opinnäytetyönä on tarkoitus tuottaa tiivis kirjallinen esite, joka sisältää tietoa Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksesta, sen kliinisen fysiologian laboratoriosta ja henkilöstörakenteesta sekä laboratoriossa suoritettavista hengityselimistön tutkimuksista. Tavoitteena on lisätä potilaiden tietoa laboratoriossa tehtävistä hengityselimistön tutkimuksista.

Kliinisen fysiologian laboratoriossa tehdään monia erilaisia hengityselimistön tutkimuksia ja potilaan tullessa laboratorioon hän näkee toiminnasta vain pienen osan. Opinnäytetyön tuotoksena syntyvän esitteen avulla potilas saa lisää tietoa tutkimuksesta, johon hän on tulossa ja lisäksi pääsee tutustumaan myös muihin laboratoriossa tehtäviin hengityselimistön tutkimuksiin. Näin potilas muodostaa laboratorion toiminnasta selkeämmän kokonaiskuvan. Tavoitteena on myös, että esitteen antaman tiedon ansiosta potilaan jännittyneisyys vähenee, jolloin tutkimuksen tekeminen helpottuu. Omina tavoiteina on laajentaa tietämystä kliinisen fysiologian hengityselimistön tutkimuksista sekä kehittää yhteistyö-, neuvottelu- ja vuorovaikutustaitoja.

Opinnäytetyössä tehtävinä on selvittää:

1. Millainen on Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos ja sen kliinisen fysiologian laboratorio?
2. Mitä hengityselimistön tutkimuksia laboratoriossa tehdään?
3. Mihin nämä tutkimukset perustuvat, mitä niillä tutkitaan ja miten ne tehdään?
4. Millainen on hyvä esite?

## 7 TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ

### 7.1 Toiminnallinen opinnäytetyö menetelmänä

Toiminnallisen opinnäytetyön ideana on tehdä jokin käytäntöön soveltuva tuote. Tämä tuote voi olla ohje tai opastus, vaihtoehtoisesti se voi olla myös esimerkiksi tapahtuman järjestäminen. Toteutustapa vaihtelee. Mahdollisia toteutustapoja ovat esimerkiksi kansio, vihko, opaslehti, cd-rom, kotisivut tai näyttely. (Vilkka & Airaksinen 2003, 9, 51.)

Tuotteen lisäksi toiminnalliseen opinnäytetyöhön sisältyy kirjallinen raportti (Vilkka & Airaksinen 2003, 65). Raportissa kerrotaan teoreettinen tausta, tutkimuksen tavoite ja tarkoitus sekä kuvataan käytetty menetelmä (Kniivilä ym. 2007, 56; Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 250). Toiminnallisen opinnäytetyön menetelmäosiossa selvitetään, miten opinnäytetyöprosessi eteni ja miten tuote tehtiin (Vilkka & Airaksinen, 65).

Ammattikorkeakoulussa tehtävät opinnäytetyöt ovat käytännönläheisiä ja aiheet työelämälähtöisiä. Opinnäytetyön avulla opiskelija osoittaa, että hänellä on riittävät tiedot ja taidot opiskelemaltaan alalta. Opiskelijan kannalta on hyödyllistä, jos opinnäytetyön aihe on saatu työelämästä. Tällöin opiskelija kehittyy ammatillisesti enemmän opinnäytetyöprosessin aikana ja hän saa myös mahdollisuuden luoda suhteita työelämään. (Vilkka & Airaksinen 2003, 10, 16.)

Toiminnallisessa opinnäytetyössä tulee kiinnittää huomiota tuotteen persoonallisuuteen ja yksilöllisyyteen, jotta tuote erottuu positiivisesti muista vastaavanlaisten aihepiirien tuotteista. Tuotteen pitää kuitenkin olla toimeksiantajan toiveiden mukainen esimerkiksi sisällön ja ulkoasun suhteen. Tuotteen tekemisessä kannattaa kiinnittää huomiota tuotteen muotoon, käytettävyyteen ja informatiivisuuteen sekä lisäksi sen houkuttelevuuteen, johdonmukaisuuteen ja selkeyteen. (Vilkka & Airaksinen 2003, 53.)

## 7.2 Opinnäytetyöprosessi

Saimme opinnäytetyömme aiheen Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen klinisen fysiologian laboratoriosta syyskuun 2011 puolivälissä. Pyysimme tämän jälkeen sähköpostilla tarkennusta siitä, millainen esite laboratorioon halutaan. Sitten aloimme suunnitella opinnäytetyötä ja ideoimaan esitteen ulkoasua ja sisältöä.

Lokakuun 2011 alussa aloitimme opinnäytetyösuunnitelman kirjoittamisen. Esittelimme suunnitelmamme opinnäytetyösuunnitteluseminaarissa lokakuun 2011 puolivälissä ja ohjaavat opettajamme sekä opponenttimme antoivat suunnitelmasta palautetta. Muokkasimme suunnitelmaa saadun palautteen perusteella.

Alun perin opinnäytetyöhömmme oli tarkoitus sisällyttää kaikki yleisimmät AKU:n klinisen fysiologian laboratoriossa tehtävät tutkimukset. Marraskuun 2011 lopussa kävimme klinisen fysiologian laboratoriossa keskustelemassa opinnäytetyöstä tarkemmin työelämäohjaajamme kanssa. Saimme palautetta opinnäytetyösuunnitelmasta. Tässä tapaamisessa huomasimme myös, että jos käsittelemme työssä kaikki yleisimmät tutkimukset, opinnäytetyöstä tulee liian laaja. Työelämäohjaajamme ehdotti meille, että rajaisimme aiheen koskemaan joko hengityselimistön, sydän- ja verenkiertoelimistön tai ruoansulatuselimistön tutkimuksia. Myös ammattikorkeakoulun ohjaavat opettajat hyväksyivät aiheen rajauksen. Valitsimme aiheeksi hengityselimistön tutkimukset, koska niitä tehdään AKU:ssa eniten. Tästä syystä koimme, että hengityselimistön tutkimuksia käsittelevästä esitteestä on eniten hyötyä klinisen fysiologian laboratorioon tuleville potilaille.

Työelämäohjaajamme kanssa käydyn keskustelun pohjalta päätimme rajata aihetta edelleen koskemaan yleisimpiä AKU:n klinisen fysiologian laboratoriossa tehtäviä hengityselimistön tutkimuksia sekä keuhkopletysmografiatutkimusta. Päivitimme opinnäytetyösuunnitelman aiheen rajauksen mukaiseksi ja teimme siihen tarvittavat korjaukset. Saimme opinnäytetyösuunnitelman valmiiksi ja opinnäytetyön luvat allekirjoitettua joulukuun 2011 viimeisellä viikolla.

Aloitimme opinnäytetyön raporttiosuuden kirjoittamisen joulukuun 2011 alussa. Lupien kirjoittamisen jälkeen, tammikuussa 2012, kokosimme raporttiosuuden rakenteen ja jatkoimme sen kirjoittamista. Saimme raporttiosuuden ensimmäisen version valmiiksi huhtikuun 2012 alkupuolella. Tämän jälkeen muokkasimme vielä raporttiosuuteen liitettäviä kuvoita ja lähetimme raporttiosuuden kuvien kanssa kommentoitavaksi ohjaaville opettajille huhtikuun 2012 puolivälissä. Muokkasimme raporttiosuutta kommenttien perusteella ja lähetimme sen AKU:lle kommentoitavaksi. Toukokuun 2012 alussa muokkasimme raporttiosuutta AKU:sta annetun palautteen perusteella. Heinäkuun 2012 lopussa lähetimme raporttiosuuden vielä kerran AKU:lle ja ohjaaville opettajille kommentoitavaksi. Viimeistelimme raporttiosuuden palautteen perusteella elokuun 2012 loppupuolella.

Saimme esitteen tekoon yhteistyökumppaniksi graafisen suunnittelijan, Hanna Vallen. Hän lupautui ottamaan ja editoimaan kuvat esitettä ja raporttiosuutta varten sekä antamaan vinkkejä esitteen ulkoasun suunnitteluun. Saimme luvan käyttää tuttavamme lasta impulssioskillometriaan liittyvissä kuvissa. Muissa esitteen kuvissa esiinnyimme itse. Huhtikuun 2012 loppupuolella teimme kirjallisen sopimuksen esitteen kuvien ottamisesta sekä luvat lapsen kuvaamisesta esitettä varten ja laitteiden kuvaamisesta. Sopimukset ja luvat on esitetty liitteissä 4–6.

Kävimme huhtikuun 2012 loppupuolella AKU:ssa suunnittelemassa esitteen kuvauksia etukäteen ennen varsinaista kuvauspäivää. Teimme käynnin perusteella kuvaussuunnitelman. Kuvauspäivän aluksi allekirjoitimme sopimus- ja lupapaperit sekä suunnitelimme päivän kuvausaikataulun. Päivän lopuksi valitsimme graafisen suunnittelijan avustuksella kuvat, jotka hän editoi esitettä ja raporttia varten.

Huhtikuun 2012 lopussa aloitimme esitteen sisällön ja ulkoasun suunnittelun raporttiosuuteen kirjoittamiemme hyvän esitteen ominaisuuksien perusteella. Kuvauspäivänä näytimme keskeneräisen esitteemme graafiselle suunnittelijalle ja hän antoi sen ulkoasusta meille palautetta ja korjausehdotuksia. Muokkasimme esitettä palautteen perusteella ja teimme siitä kaksi hieman erilaista versiota. Annoimme versiot AKU:lle kommentoitavaksi heinäkuussa 2012. Saimme palautetta esitteen ulkoasusta ja sisällöstä ja

muokkasimme esitettä AKU:n toivomusten mukaiseksi. Lopullinen esite oli valmis syyskuussa 2012.

### **7.3 Opinnäytetyön tuotos**

Esite on tehty Microsoft Office Word 2010 -ohjelmistolla. Esitteessä on kahdeksan A5-kokoista sivua ja se sisältää kahdeksan värikuvaa. Esitteessä on yleistä tietoa Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelayoksesta sekä viidestä siellä tehtävästä hengityselimistön tutkimuksesta eli spirometriasta, diffuusiokapasiteetista, metakoliinialtistuskokeesta, impulssioskillometriasta ja kehopletysmografiasta. Jokainen tutkimus on esitelty omalla sivullaan.

Esitteessä on siniset kehykset. Tekstin väri on musta ja esitteen taustaväri valkoinen. Leipäteksti on pistekokoa 12 ja otsikot 16. Esitteen etukannessa on Pirkanmaan sairaanhoitopiirin ”Elämän tähden” -logo ja takakannessa Tampereen ammattikorkeakoulun logo. Esitettä ei julkaista ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto Theseuksessa. Esite annettiin Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelayokseksi sähköisessä muodossa sekä Word- että pdf- dokumentteina, jolloin sen päivittäminen on helppoa.

## 8 POHDINTA

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli tuottaa Pirkanmaan sairaanhoitopiirin Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen kliinisen fysiologian laboratorion potilaille hengityselimistön tutkimuksista ja laboratorion kertova tiivis esite. Tavoitteena oli lisätä esitteen avulla potilaiden tietoa viidestä hengityselimistön tutkimuksesta: spirometriasta, diffuusiokapasiteetista, metakoliinialtistuskokeesta, impulssioskillometriasta ja keuhopletysmografiasta. Henkilökohtaisina tavoitteinamme oli lisätä tietotaitojamme näiden tutkimusten osalta sekä kehittää neuvottelu-, yhteistyö- ja vuorovaikutustaitojamme.

Alun perin tarkoituksena oli, että graafinen suunnittelija Hanna Valle olisi suunnitellut esitteen graafisen ulkoasun. AKU:ssa kuitenkin toivottiin, että esitettä voidaan päivittää ja sen sisältöä muuttaa. Graafisella suunnittelijalla on käytössään ainoastaan taitto-ohjelma, jolla esite saataisiin tehtyä vain ei-päivitettävässä pdf- muodossa. Tästä syystä esite päätettiin tehdä Microsoft Office Word 2010 -ohjelmistolla. Tämän ohjelmiston graafiset ominaisuudet ovat niin rajatut, ettei graafinen suunnittelija halunnut vastata ulkoasun suunnittelusta. Hän antoi meille kuitenkin esitteen ulkoasun suunnittelua koskevia neuvoja.

Pyrimme kirjoittamaan esitteen tekstit siten, että kohderyhmämme eli aikuiset potilaat ymmärtäisivät ne mahdollisimman hyvin. Vältimme mahdollisuuksien mukaan hankalia ammattitermejä ja käytimme mahdollisimman hyvää yleiskieltä. Pyrimme kirjoittamaan helposti ymmärrettäviä lyhyitä lauseita aina, kun se oli mahdollista. Esitteen värimaailmaksi valittiin sininen Pirkanmaan sairaanhoitopiirin logon perusteella. Lisäksi halusimme luoda sinisellä värillä positiivisen miellelyhtymän sekä rauhallisen ja rentoutuneen tunnelman. Taustaväriksi valitsimme valkoisen, koska se luo hyvän kontrastin mustalle tekstille.

Valitsimme kirjasintyypiksi Arialin, koska se on selkeä ja helposti luettava. Käytimme leipätekstissä pistekokoa 12, sillä näin yhdelle riville saatiin mahtumaan 40–60 merkkiä. Raporttiosuuden perusteella tekstin luettavuus on tällöin parhaimmillaan. Otsikoi-



den pistekooksi valittiin 16, jotta ne erottuvat paremmin muusta tekstistä. Väliotsikoiden ja palstojen käyttöä emme kokeneet tarpeelliseksi tekstin vähäisen määrän vuoksi. Pyrimme tekemään marginaaleista mahdollisimman leveät. Jouduimme kuitenkin tekemään tässä asiassa kompromissin, jotta saimme esitteeseen mahtumaan mahdollisimman paljon kuvia ja kaiken oleellisen informaation tekstiin.

Pyrimme sisällyttämään esitteeseen mahdollisimman paljon kuvia sen havainnollistavuuden lisäämiseksi. Tarkoituksenamme oli myös lisätä lukijan mielenkiintoa kuvissa laitteiden lisäksi esiintyvien ihmisten avulla. Esitteen rajallisen pituuden vuoksi emme voineet käyttää kovin suuria kuvia. Varmistimme kuvien hyvän laadun ja edustavuuden käyttämällä valokuvauksessa apuna graafista suunnittelijaa Hanna Vallea. Esitteen paperin laatuun emme voineet vaikuttaa, sillä AKU huolehtii esitteen painatuksesta. Raporttiosuuden pohjalta annoimme kuitenkin AKU:lle suosituksen, että silkkimatta paperi soveltuu parhaiten esitteen paperilaaduksi.

Teimme ohjeiden ja raporttiosuutemme perusteella esitteestä AKU:lle kaksi erilaista versiota. Näissä versioissa oli erilainen kuvien ja tekstin asettelu sekä erilainen sinisen värisävy. Esitteen testaaminen käytännössä olisi voinut lisätä opinnäytetyömme luotettavuutta. Ajan puutteen ja työn laajuuden vuoksi emme kuitenkaan voineet suorittaa testausta.

Toimimme prosessin aikana yhteistyössä sekä keskenämme että ohjaavien opettajien ja työelämäohjaajan kanssa. Kaikkia osapuolia tyydyttävän kokonaisuuden aikaansaaminen vaati paljon neuvottelua ja kompromisseja. Merkittävimpänä oppimanamme asiana pidämmekin sitä, että vuorovaikutus- ja yhteistyötaitomme kehittyivät. Osa käsittelemistämme tutkimuksista, kuten spirometria ja diffuusiokapasiteetti, olivat meille tuttuja, koska olemme tehneet niitä käytännössä työelämäharjoittelussa AKU:n klinisen fysiologian laboratoriossa. Sen sijaan impulssioskillometriasta ja kehopletysmografiasta emme tienneet kovinkaan paljoa. Erityisesti näistä tutkimuksista saimme prosessin aikana merkittävästi lisää tietoa. Toisaalta onnistuimme syventämään tietämystämme myös jo meille tutuista tutkimuksista. Lisäksi hengityselimistön tutkimuksiin liittyvä termistö tuli tutuksi ja syventyi sekä englanninkielen taitomme kehittyi lukiessamme tieteellisiä artikkeleita.

Pyrimme huomioimaan opinnäytetyössämme eettiset periaatteet. Pyysimme kirjallisen luvan lapsen kuvaamiseen esitteeseen otettavia valokuvia varten (liite 5). Muissa kuvissa esiinnyimme itse. Potilaita ei kuvattu. Valokuvat otti graafinen suunnittelija Hanna Valle. Teimme hänen kanssaan valokuvaamisesta kirjallisen sopimuksen (liite 4). Lisäksi teimme AKU:n kanssa kirjallisen sopimuksen laitteiden kuvaamisesta (liite 6). Esitteessä olevista valokuvista poistettiin laitteiden merkit ja logot.

Saimme käyttöömmme opinnäytetyötä varten tutkimuksiamme koskevat työ- ja potilasohjeet sähköisessä muodossa. Hävitimme ohjeet sen jälkeen, kun emme enää tarvinneet niitä. Opinnäytetyöprosessin ajaksi saimme käyttöömmme AKU:n luottamuksellisia asiakirjoja. Estimme niiden joutumisen ulkopuolisten näkyville säilyttämällä asiakirjoja lukollisessa kaapissa. Hävitimme asiakirjat silppuamalla ne käytön jälkeen. Tiedustelimme Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksesta kertovaan lukuun tietoja AKU:n toimistosihteeriltä. Kysyimme sähköpostilla luvan näiden tietojen julkaisemiseen opinnäytetyössä.

Opinnäytetyömmme luotettavuutta lisää se, että olemme käyttäneet teoriaosuudessa mahdollisimman luotettavia sekä useita eri lähteitä. Olemme merkinneet lähteet ja lähdeviitteet tarkasti ohjeiden mukaisesti. Valtaosa käyttämistämme lähteistä on alle kymmenen vuotta vanhoja. Hengityselimistön tutkimuksia käsittelevässä luvussa käytimme myös joitain vanhempia lähteitä. Perustelemme niiden käyttöä sillä, että alan asiantuntijat ovat käyttäneet näitä lähteitä viimeaikaisissa julkaisuissaan sekä sillä, että halusimme käyttää mahdollisimman alkuperäisiä menetelmäjulkaisuja. Hyvän esitteen ominaisuuksia käsittelevässä luvussa käytimme myös vanhempia lähteitä, koska uskomme, ettei sitä koskeva tieto vanhene kovin nopeasti. Pyrimme käyttämään mahdollisimman paljon myös kansainvälisiä lähteitä ja tieteellisiä artikkeleita. Joidenkin tutkimusten kohdalla jouduimme käyttämään myös osittain AKU:n työohjeita raporttiosuuden lähteinä. Tämä johtuu siitä, että näistä tutkimuksista oli haasteellista saada tietoa kirjallisuudesta.

Valokuvauksen osalta opinnäytetyömmme luotettavuutta lisää se, että suunnittelimme kuvaustilanteet ja kuvakulmat sekä kuvauspäivän aikataulun etukäteen. Kuvauspäivänä tiesimme tarkalleen, mistä huoneista, tilanteista ja välineistä sekä missä järjestyksessä

kuvat otamme. Suunnitelmasta oli erittäin paljon hyötyä kuvauspäivän sujuvuuden kannalta.

Kävimme muutamaa viikkoa ennen kuvauksia hakemassa kliinisen fysiologian laboratorion nenänsulkijan ja suukappaleen lasta varten, jotta hän sai rauhassa kotona totutella niihin. Tässä tilanteessa huomasimme, että ensimmäiseksi kuvaukseen suunnittelemamme lapsi oli vielä liian nuori toimimaan yhteistyössä kuvaustilanteen vaatimalla tavalla. Onneksi tämä tuli ilmi riittävän ajoissa ja ehdimme löytämään toisen, hieman vanhemman, lapsen kuvausta varten. Haimme myös hänelle nenänsulkijan ja suukappaleen laboratorion harjoittelua varten.

Varmistimme kuvien edustavuuden heti kuvien ottamisen jälkeen AKU:n kliinisen fysiologian laboratorion hoitajilta. Huomasimme kuitenkin itse myöhemmin, ettei esitteen impulssioskillometria tutkimuksen kuvassa lapsen niskan asento ole aivan paras mahdollinen. Pyrimme sisällyttämään raporttiosuuteen vain sellaisia kuvia ja kuvioita, jotka antavat lisäarvoa tekstille. Tästä syystä raportissa on kuva ainoastaan pletysmografista.

Opinnäytetyömme luotettavuutta lisää se, että toimeksiantaja, ohjaavat opettajat ja opponentit tarkastivat raportin ja esitteen sekä antoivat niistä korjausehdotuksia. Luetuimme raportin ja esitteen myös useammilla sellaisilla henkilöillä, joilla ei ole aikaisempaa tietämystä hengityselimistön tutkimuksista. Teimme korjauksia saadun palautteen perusteella. Näin varmistimme, että tekstimme on ymmärrettävää eikä siinä ole liikaa ammattitermejä.

Yritimme saada työhömmme liitteiksi eri tutkimusten viitearvot. Emme onnistuneet kuitenkaan löytämään niitä kirjallisuudesta. Kysyimme viitearvoja myös AKU:sta, mutta heilläkään ei ole niitä kirjallisessa muodossa vaan laitteet laskevat ne automaattisesti potilaan tietojen perusteella. Samoin yritimme saada työhömmme metakoliinialtistuskokeen annosvastekuvaajaa. Onnistuimme kuitenkin löytämään ainoastaan histamiinialtistuskokeen annosvastekuvaajan. Kysyimme myös annosvastekuvaajaa AKU:sta, mutta heilläkään ei ole sitä. Näistä syistä tutkimusten viitearvot ja metakoliinialtistuskokeen annosvastekuvaaja puuttuvat työstämme.

Ehdotamme jatkotutkimusaiheeksi opinnäytetyöllemme esitteen testaamista sellaisilla henkilöillä, joilla ei ole aikaisempaa tietoa kliinisen fysiologian laboratorioissa tehtävistä hengityselimistön tutkimuksista. Tällaisia henkilöitä voisivat olla esimerkiksi muut kuin terveystieteen opiskelijat. Muiksi jatkotutkimusaiheiksi ehdotamme AKU:n kliinisen fysiologian laboratorioon tehtäviä esitteitä sydän- ja verenkiertoelimistön sekä ruoansulatuselimistön tutkimuksista. Ehdotamme jatkotutkimusaiheeksi myös AKU:n kliinisen fysiologian tutkimuksia esittelevää videota. Sitä voitaisiin esittää potilaille esimerkiksi laboratorion odotusaulassa.

Kirjasimme tiukat aikataulutavoitteet opinnäytetyön suunnitelmaan. Tavoitteenamme oli saada suunnitelma valmiiksi ja luvat haettua joulukuun loppuun mennessä. Tämä suunnitelma toteutui. Tavoitteenamme oli lisäksi saada teoria valmiiksi maaliskuun 2012 loppuun mennessä ja esitteen ensimmäinen versio kommentoitavaksi toukokuun 2012 loppuun mennessä. Näiltä osin huomasimme tavoitteemme olevan liian tiukkoja. Annoimme teoriaosuuden ensimmäisen version kommentoitavaksi huhtikuun 2012 puolivälissä ja esitteen ensimmäisen version heinäkuun 2012 puolivälissä. Saimme opinnäytetyömme kuitenkin jo hyvissä ajoin kesällä 2012 viimeistelyä vaille valmiiksi. Teimme viimeiset viimeistelyt raporttiin ja esitteeseen syyskuussa 2012.

Mielestämme opinnäytetyön aihe oli niin mielenkiintoinen, että saimme säilytettyä motivaation koko opinnäytetyöprosessin ajan. Haastetta prosessiin aiheutti käsiteltävien tutkimusten suuri määrä. Tästä syystä emme voineet paneutua yksittäisiin tutkimuksiin niin syvästi kuin olisimme halunneet. Saimme mielestämme kuitenkin koottua tärkeimmät asiat suhteellisen tiiviiksi kokonaisuudeksi. Koimme haastavaksi löytää luotettavia lähteitä joidenkin tutkimusten, kuten impulssioskillometrian ja kehopleysmografian, kohdalla. Sen sijaan esimerkiksi spirometriatutkimuksesta tietoa oli saatavilla todella paljon. Aluksi myös englanninkielisten lähteiden kääntäminen tuotti hankaluuksia, mutta se helpottui termistön tullessa tutuksi. Kirjoitimme työn teoriaosuutta osin yhdessä ja osin kumpikin itsenäisesti ja koimme haastavaksi saada tekstistä yhtenäisen. Tästä syystä luimme myös toistemme kirjoittamia osuuksia ja hioimme niiden sisältöä ja sanavalintoja yhdessä. Yhteistyö sekä opinnäytetyön tekijöiden välillä että ammattikorkeakoulun ja työelämän ohjaajien kanssa sujui mielestämme erittäin hyvin.

## 9 LÄHTEET

American Association for Respiratory Care. Clinical Practice Guideline. 2001. Body Plethysmography: 2001 Revision & Update. *Respiratory Care* 46 (5), 506–513.

American Association for Respiratory Care. Clinical Practice Guideline. 1999. Single-Breath Carbon Monoxide Diffusing Capacity, 1999 Update. *Respiratory Care* 44 (5), 539–546.

American Thoracic Society. 2000. Guidelines for Metacholine and Exercise Challenge Testing–1999. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 161 (1), 309–329.

American Thoracic Society. 1995. Single-breath Carbon Monoxide Diffusing Capacity (Transfer Factor). *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 152 (6), 2185–2198.

Arnkil, H. 2007. Värit havaintojen maailmassa. Helsinki: Taideteollinen korkeakoulu.

Birnbaum, S. & Barreiro, T. 2007. Methacholine Challenge Testing: Identifying Its Diagnostic Role, Testing, Coding and Reimbursement. *Chest* 131(6), 1932–1935.

Bisgaard, H. & Klug, B. 1995. Lung Function Measurement in Awake young Children. *European Respiratory Journal* 8 (12), 2067–2075.

Crieé, C., Soricther, S., Smith, H., Kardos, P., Merget, R., Heise, D., Berdel, D., Köhler, D., Magnussen, H., Marek, W., Mitfessel, H., Rasche, K., Rolke, M., Worth, H. & Jörres, R. 2011. Body plethysmography – Its principles and clinical use. *Respiratory Medicine* 105 (7), 959–971.

Davis, S. 2006. Spirometry. *Paediatric respiratory reviews* 7 (1), 11–13.

Goldman, M., Smith, H. & Ulmer, W. 2005. Whole-body plethysmography. *European Respiratory Monograph* 31 (10), 15–43.

Heikkilä, L. Bioanalyttikko. 2011. Henkilökohtainen tiedonanto 23.11.2011.

Heikkilä, L. bioanalyttikko. 2012. Oppariasiaa. Sähköpostiviesti. leena.heikkila@pshp.fi. Luettu 15.3.2012.

Hemphill, M. 1996. A Note on Adults' Color-Emotion Associations. *The Journal of Genetic Psychology*. 157 (3), 275–280.

Hengitysliitto. 2012. Kystinen fibroosi. Luettu 26.3.2012. <http://www.heli.fi>

Hiltunen, E., Holmberg, P., Jyväskylä, E., Kaikkonen, M., Lindblom-Yläne, S., Nienstedt, W. & Wähälä, K. 2010. Galenos. Johdanto lääketieteen opintoihin. 1.–4. painos. Helsinki: WSOYpro.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Huovila, T. 2006. "Look". Visuaalista viestisi. Helsinki: Inforviestintä.

Jensen, R. & Crapo, R. 2003. Diffusing Capacity: How to Get it Right. *Respiratory Care* 48 (8), 777-782.

Karg, B, Sidles, C. & Sutherland, R. 2005. Graphic designer's print + color. Handbook. All you Need to Know about Color and Print from Concept to Final Output. Gloucester: Rockport Publishers.

Kaya, N. & Epps, H. 2004. Relationship Between Color and Emotion: A Study of College Students. *College Student Journal*. 38 (3), 396–405.

Kinnula, V. 2010. Keuhkojen toimintakokeet. Lääkärin käsikirja. Julkaistu 6.8.2010. Päivitetty 17.9.2010. Luettu 25.12.2011. <http://www.terveysportti.fi>

Kniivilä, S., Lindblom-Ylänne, S. & Mäntynen, A. 2007. Tiede ja teksti. Tehoa ja taitoa tutkielman kirjoittamiseen. 1. painos. Helsinki: WSOY.

Komarow, H., Myles, I., Uzzaman, A. & Metcalfe, D. 2011. Impulse Oscillometry in the Evaluation of Diseases of the Airways in Children. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 106 (3), 191–199.

Korhonen, I., Turjanmaa, V. & Sovijärvi A. 2012. Kliinisen fysiologian metodiikan perusteet. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen E. (toim.) Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. 1. painos. Helsinki: Duodecim, 12–16.

Koskinen, P. 2001. Hyvä painotuote. Helsinki: Inforviestintä.

Koulu, M. 2001. Kolinergistä stimulaatiota aiheuttavat lääkeaineet. Teoksessa Koulu, M. & Tuomisto, J. (toim.) Farmakologia ja toksikologia. Kuopio: Medicina, 191–202.

Koulu, M. 2007. Kolinergistä stimulaatiota aiheuttavat lääkeaineet. Teoksessa Koulu, M. & Tuomisto, J. (toim.) Farmakologia ja toksikologia. Kuopio: Medicina, 197–206.

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011a. Impulssioskillometria. Potilasohje. Laadittu 27.12.2011. Luettu 9.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011b. Impulssioskillometria, bronkodilataatiokoe – impulssioskillometria rasiuksella. Työohje. Laadittu 4.1.2011. Luettu 10.4.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012a. Kehopletysmografia (Body Box). Työohje. Laadittu 5.1.2012. Luettu 22.3.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011c. Keuhkojen diffuusiokapasiteetti. Työohje. Laadittu 13.12.2011. Luettu 22.3.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2010a. Keuhkojen diffuusiokapasiteetin mittaaminen. Potilasohje. Laadittu 15.7.2010. Luettu 22.3.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2012b. Keuhkojen tilavuuksien määrittäminen - Bodypleetysmografia (body box). Potilasohje. Laadittu 30.12.2011. Luettu 9.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011d. Keuhkoputkien metakoliinialtistus. Potilasohje. Laadittu 15.4.2011. Luettu 9.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011e. Keuhkoputkien metakoliinialtistus. Työohje. Laadittu 7.12.2011. Luettu 15.3.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012c. Kliininen rasituskoe juoksumatolla - rasitusastmatutkimus. Työohje. Laadittu 13.4.2012. Luettu 29.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2012d. Kliininen rasituskoe juoksumatolla - rasitusastmatutkimus. Työohje. Laadittu 5.1.2012. Luettu 29.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011f. Rasitusimpulssioskillometria. Potilasohje. Laadittu 27.12.2011. Luettu 10.4.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011g. Rasitusspirometria. Työohje. Laadittu 7.12.2011. Luettu 10.4.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011h. Rasitusspirometria (lapset). Potilasohje. Laadittu 14.4.2011. Luettu 9.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2010b. Virtaus-tilavuusspirometria. Potilasohje. Laadittu 20.10.2010. Luettu 9.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2010c. Virtaus-tilavuusspirometria ja keuhkojen diffuusiokapasiteetin mittaaminen. Potilasohje. Laadittu 20.10.2010. Luettu 9.5.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. 2011i. Virtaus-tilavuusspirometria (Virtaus-tilavuusspirometria bronkodilataatiotestillä). Työohje. Laadittu 7.12.2011. Luettu 15.3.2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus. 2012. Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Luettu 21.2.2012. <http://www.kuvantamiskeskus.fi>

Kuvantamiskeskus. 2011. Otteita elämästä. Luettu 5.10.2011. <http://www.kuvantamiskeskus.fi>

Lange, N., Mulholland, M. & Kreider, M. 2009. Spirometry: Don't Blow It! Chest 136 (2), 608–614.

Larsen, G., Morgan, W., Heldt, G., Mauger, D., Boehmer, S., Chinchilli, V., Lemanske, R., Martinez, F., Strunk, R., Szefer, S., Zeiger, R., Taussig, L., Bacharier, L., Guilbert, T., Radford, S. & Sorkness, C. 2009. Impulse Oscillometry versus Spirometry in a Long-Term Study of Controller Therapy for Pediatric Asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 123 (4), 861–867.

Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2007. *Anatomia + fysiologia. Rakenteesta toimintaan*. Helsinki: WSOY.

Levy, M., Quanjer, P., Booker, R., Cooper, B., Holmes, S. & Small, I. 2009. Diagnostic Spirometry in Primary Care. Proposed standards for general practise compliant with American Thoracic Society and European Respiratory Society recommendations. *Primary Care Respiratory Journal* 18 (3), 130–147.

Lohtaja, S. & Kaihovirta-Rapo, M. 2007. Tehoa työelämän viestintään. Puhu kuulijalle, kirjoita lukijalle. Helsinki: WSOYpro.

MacIntyre, N., Crapo, R., Viegi, G., Johnson, D., van der Grinten, C., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Enright, P., Gustafsson, P., Hankinson, J., Jensen, R., McKay, R., Miller, M., Navajas, D., Pedersen, O., Pellegrino, R. & Wanger, J. 2005. Standardisation of the Single-breath Determination of Carbon Monoxide Uptake in the Lung. *European Respiratory Journal* 26 (4), 720–735.

Malmberg, P. 2009. Keuhkoputkien histamiini- ja metakoliinialtistus: vakiointi ja laaduntarkkailu. *Moodi* 33 (1), 68–69.

Malmberg, P., Pelkonen, A., Poussa, T., Pohjanpalo, A., Haahtela, T. & Turpeinen, M. 2001. Oskillometrian viitearvoista tukea pienten lasten astmadiagnostiikkaan. *Duodecim* 117 (1), 1–10.

Malmberg, P., Piirilä, P. & Sovijärvi, A. 2003. Hengitysmekaniikan tutkiminen. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) *Klininen fysiologia ja isotooppilääketiede*. Helsinki: Duodecim, 188–202.

Marotta, A., Klennert, M., Price, M., Larsen, G. & Liu, A. 2003. Impulse Oscillometry Provides an Effective Measure of Lung Dysfunction in 4-year-old Children at Risk for Persistent Asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 112 (2), 317–322.

Miller, M., Crapo, R., Hansinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Enright, P., van der Grinten, C., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D., MacIntyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O., Pellegrino, R., Viegi, G. & Wanger, J. 2005a, General considerations for lung function testing. *European Respiratory Journal* 26 (1), 153–161.

Miller, M., Hankinson, J., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C., Gustafsson, P., Jensen, R., Johnson, D., Macintyre, N., McKay, R., Navajas, D., Pedersen, O., Pellegrino, R., Viegi, G. & Wanger, J. 2005b. Standardisation of spirometry. *European Respiratory Journal* 26 (2), 319–338.



Mustajoki, P. 2012. Keuhkofibroosi (keuhkojen sidekudoistuminen). Julkaistu 23.1.2012. Luettu 14.3.2012. <http://www.terveyskirjasto.fi>

Nieminen, M., Lahdensuo, A., Kellomäki, L., Karvonen, J. & Muittari, A. 1988. Methacholine bronchial challenge using a dosimeter with controlled tidal breathing. *Thorax* 43 (11), 896–900.

Nieminen, M. 1992. Unimodal distribution of bronchial hyperresponsiveness to methacholine in asthmatic patients. *Chest* 102 (5), 1537–1543.

Nieminen, T. 2004. Visuaalinen markkinointi. Helsinki: WSOY.

Paulamäki, L. 2011.  $V_{\max}$  (Sensormedics) virtaustilavuusspirometrin kalibrointi ja verifiointi. PSHP/AKU kliinisen fysiologian laboratorio.

Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., van der Grinten, C., Gustafsson, P., Hankinson, J., Jensen, R., Johnson, D., MacIntyre, N., McKay, R., Miller, M., Navajas, D., Pedersen, O. & Wanger, J. 2005. Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal* 26 (5), 948–968.

Pietinalho, A. 2009. Salakavala sarkoidoosi. *Suomen lääkirilehti* 64 (13), 1235–1241.

Piirilä, P. & Sovijärvi, A. 2006. Keuhkojen diffuusiokapasiteettimittaus keuhkokudoksen toiminnan arvioinnissa. *Suomen lääkirilehti* 61 (6), 565–569.

Pulkkinen, A. toimistosihteeri. 2012. Kysymyksiä AKU:sta opinnäytetyötä varten. Sähköpostiviesti. [anneli.pulkkinen@pshp.fi](mailto:anneli.pulkkinen@pshp.fi). Luettu 21.2.2012.

Raninen, T. & Rautio, J. 2003. Mainonnan ABC. Käsikirja. 1. painos. Helsinki: WSOY.

Rihlana, S. 1997. Värioppi. 6. uusittu painos. Helsinki: Rakennustieto.

Rope, T. 1998. Business to Business markkinointi. 2. painos. Porvoo: WSOY.

Rope, T. 2005a. Markkinoinnilla menestykseen. Hehkeys- ja ilahduttamismarkkinointi. Helsinki: Inforviestintä.

Rope, T. 2005b. Suuri markkinointikirja. Helsinki: Talentum.

Salonen, R. & Saano, V. 2003. Hengityselimistö ja sen tehtävät. Laadittu 3.11.2003. Luettu 3.9.2012. <http://www.terveysportti.fi>

Salorinne, Y. 2012. Kaasujenvaihdunnan tutkiminen levossa. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Duodecim, 101–106.

Sand, O., Sjaastad, Ø., Haug, E., Bjälle, J. & Toverud, K. 2011. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. 1. painos. Helsinki: WSOYpro.

Smith, H., Reinhold, P. & Goldman, M. 2005. Forced Oscillation Technique and Impulse Oscillometry. *European Respiratory Monograph* 10 (34), 72–105.

Sovijärvi, A. & Haahtela, T. 2006. Astman diagnostiset kriteerit muuttuneet. Myös spirometrian laatukriteerit uudistuivat. *Suomen lääkärilehti* 61 (15–16), 1721–1722.

Sovijärvi, A., Kainu, A., Malmberg, P., Pekkanen, L. & Piirilä, P. 2011. Spirometria- ja PEF- mittausten suoritus ja tulkinta, 12. painos. *Moodi* 35(3), 77–100.

Sovijärvi, A. & Malmberg, P. 2012. Keuhkojen toimintakokeiden valinta. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vänninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Duodecim, 141–152.

Sovijärvi, A., Nieminen, M., Malmberg, P. & Laitinen, L. 2012. Keuhkoputkien epäspesifiset altistuskokeet. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vänninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Duodecim, 129–136.

Sovijärvi, A. & Piirilä, P. 2012a. Keuhkojen toimintakokeisiin valmistautuminen. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vänninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Duodecim, 79–81.

Sovijärvi, A. & Piirilä, P. 2012b. Ventilaatiokyvyn ja keuhkotilavuuksien mittaukset. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vänninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Duodecim, 82–99.

Sovijärvi, A. & Salorinne, Y. 2012. Hengityselimistön fysiologiaa ja patofysiologiaa. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vänninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet*. Helsinki: Duodecim, 55–78.

Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 2006. Astma. Käypä hoito. Julkaistu 19.5.2006. Luettu 14.3.2012. <http://www.kaypahoito.fi>

Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. 2009. Keuhkohtaumatauti. Käypä hoito. Julkaistu 16.11.2009. Luettu 14.3.2012. <http://www.kaypahoito.fi>

Suomen bioanalytikkoliitto ry. 2011. Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Luettu 5.10.2011. <http://www.bioanalytikkoliitto.fi>

Tarvainen, J & Pesonen, S. 2003. Julkaisun tekeminen. 1. painos. Jyväskylä: Docendo.

Torkkola, S, Heikkinen, H. & Tiainen, S. 2002. Potilasohjeet ymmärrettäviksi: opas potilasohjeiden tekijöille. Helsinki: Tammi.

Tortora, G. & Derrickson, B. Principles of anatomy and physiology 2. Maintenance and continuity of the human body. 12. painos. New York: John Wiley & Sons.

Viljanen, A. 1982. Reference Values for Spirometric, Pulmonary Diffusing Capacity and Body Plethysmographic Studies. *The Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*. 159 (42), 5–50.

Vilkka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. 1.–2. painos. Helsinki: Tammi.

Wanger, J., Clausen, J., Coates, A., Pedersen, O., Brusasco, V., Burgos, F., Casaburi, R., Crapo, R., Enright, P., van der Grinten, C., Gustafsson, P., Hankinson, J., Jensen, R., Johnson, D., Macintyre, N., McKay, R., Miller, M., Navajas, D., Pellegrino, R. & Viegi, G. 2005. Standardisation of the measurement of lung volumes. *European Respiratory Journal* 26 (3), 511–522.

## 10 LIITTEET

### Liite 1. Hengityselimistön tutkimuksissa esiintyvät lyhenteet

1 (4)

CO5Hz	Koherenssi eli ilmapirran ja paineen välinen korrelaatio 5 Hz:n taajuudella impulssioskillometria tutkimuksessa
CO10Hz	Koherenssi 10 Hz:n taajuudella impulssioskillometria tutkimuksessa
D <sub>L</sub>	Diffuusiokapasiteetti. Saadaan määritettyä jakamalla minuutin aikana siirtyneen kaasun tilavuus keuhkorakkuloiden ja keuhkohiussuonten välisellä osapaineella. Kuvastaa keuhkojen kaasujensiirtokykyä.
D <sub>LCO</sub>	Keuhkojen kokonaisdiffuusiokapasiteetti kertahengitysmenettelmässä hiilimonoksidia käytettäessä. Saadaan määritettyä sisään- ja uloshengitetyn ilman hiilimonoksidipitoisuuden avulla.
D <sub>LCO</sub> /V <sub>A</sub>	Spesifinen diffuusiokapasiteetti. Saadaan määritettyä jakamalla potilaan kokonaisdiffuusiokapasiteetti keuhkojen alveolaarisella tilavuudella.
dR <sub>rs</sub> /df	Resistanssin taajuusriippuvuus. Saadaan määritettyä jakamalla hengityselimistön resistanssi oskillaatio- eli paineaaltotaajuudella.
ERV	Uloshengityksen varatila. Maksimaalinen ilmamäärä, jonka potilas kykenee puhaltamaan ulos vielä normaalin le-pouloshengityksen jälkeen.
EVC	Ekspiratorinen vitaalikapasiteetti. Maksimaalinen ilmamäärä, jonka potilas kykenee puhaltamaan ulos keuhkoistaan maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen.
FEV <sub>1</sub>	Uloshengityksen sekuntikapasiteetti. Maksimaalinen ilmamäärä, jonka potilas kykenee puhaltamaan ulos maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen ensimmäisen sekunnin aikana.

(jatkuu)

2 (4)

FEV %	FEV <sub>1</sub> :n prosenttinen osuus FVC:stä
FIV <sub>1</sub>	Sisäänhengityksen sekuntikapasiteetti. Maksimaalinen il- mamäärä, jonka potilas kykenee hengittämään sisään mak- simaalisen uloshengityksen jälkeen ensimmäisen sekunnin aikana.
FIVC	Sisäänhengityksen nopea vitaalikapasiteetti. Maksimaalinen ilmamäärä, jonka potilas kykenee nopeasti hengittämään si- sään maksimaalisen uloshengityksen jälkeen.
F <sub>r</sub>	Resonanssitaajuus. Taajuus, jolla reaktanssi saa arvon nolla. Tällöin hengityselimistön elastiset ja inertiaominaisuudet kumoavat toisensa.
FRC <sub>B</sub>	Rintaontelon kokoonpuristuva kaasutilavuus kehopletysmo- grafiatutkimuksessa. Kuvastaa keuhkoihin ja hengitysteihin jäävää ilmamäärää normaalin uloshengityksen jälkeen.
FVC	Nopea vitaalikapasiteetti. Maksimaalinen ilmamäärä, jonka potilas kykenee nopeasti puhaltamaan ulos keuhkoistaan maksimaalisen sisäänhengityksen jälkeen. Kuvastaa keuhko- jen toiminnallista tilavuutta.
G <sub>aw</sub>	Konduktanssi. Saadaan määritettyä kehopletysmografiatut- kimuksessa R <sub>aw</sub> :n käänteislukuna.
IC	Sisäänhengityskapasiteetti. Maksimaalinen ilmamäärä, jonka potilas kykenee hengittämään sisään normaalin lepouloshen- gityksen jälkeen.
IVC	Inspiratorinen vitaalikapasiteetti. Maksimaalinen ilmamäärä, jonka potilas kykenee hengittämään sisään maksimaalisen uloshengityksen jälkeen.
MEF <sub>25</sub>	Virtaus tilavuuden ollessa 25 % FVC:stä
MEF <sub>50</sub>	Virtaus tilavuuden ollessa 50 % FVC:stä
MEF <sub>75</sub>	Virtaus tilavuuden ollessa 75 % FVC:stä

3 (4)

PD20FEV <sub>1</sub>	Metakoliinialtistuskokeessa se kumulatiivinen annos meta-koliinia, jolla FEV <sub>1</sub> - arvo laskee 20 prosenttia lähtötason FEV <sub>1</sub> - arvosta.
PEF	Uloshengityksen huippuvirtaus. Potilaan uloshengityksen maksimaalinen virtausnopeus.
PIF	Sisäänhengityksen huippuvirtaus. Potilaan sisäänhengityksen maksimaalinen virtausnopeus.
R <sub>aw</sub>	Hengitysteiden virtausvastus. Saadaan määritettyä kehople-tysmografiatutkimuksessa jakamalla alveolipaineen muutos hengitysvirtauksella.
R <sub>rs</sub>	Hengityselimistön resistanssi. Tarkoittaa hengityselimistön virtausvastusta impulssioskillometritutkimuksessa.
R <sub>rs5</sub>	Resonanssi 5 Hz:n taajuudella
R <sub>rs20</sub>	Resonanssi 20 Hz:n taajuudella
RV	Jäännöstilavuus. Ilmamäärä, joka jää keuhkoihin potilaan maksimaalisen uloshengityksen jälkeen.
sG <sub>aw</sub>	Spesifinen konduktanssi. Saadaan määritettyä kehople-tysmografiatutkimuksessa kertomalla konduktanssi rintaontelon kokoonpuristuvalla kaasutilavuudella.
sR <sub>aw</sub>	Spesifinen virtausvastus. Saadaan määritettyä kehople-tysmografiatutkimuksessa kertomalla hengitysteiden virtausvas-tus FRC <sub>B</sub> :lla. Kuvastaa potilaan hengitysteiden kokoa.
TLC	Keuhkojen kokonaiskapasiteetti eli kokonaistilavuus. Saa-daan määritettyä laskemalla VC ja RV yhteen.
V <sub>A</sub>	Alveolaarinen keuhkotilavuus. Saadaan määritettyä mittaa-malla heliumin laimentuminen hengityksen pidätyksen aika-na.
VC	Hidas vitaalikapasiteetti. Voidaan mitata joko inspiratorisena (IVC) tai ekspiratorisena (EVC) vitaalikapasiteettina. Kuvas-taa keuhkojen tilavuutta.

4 (4)

$X_{rs}$	Hengityselimistön reaktanssi. Kuvastaa hengityselimistön elastisia ominaisuuksia impulssioskillometriatutkimuksessa.
$X_{rs5}$	Reaktanssi 5 Hz:n taajuudella.
$Z_{rs}$	Hengityselimistön impedanssi. Koostuu kaikista niistä voimista, jotka vastustavat impulssin eli vaihtelevan ilmavirran etenemistä. Jaetaan resistanssiin ( $R_{rs}$ ) ja reaktanssiin ( $X_{rs}$ ).

**Liite 2. Spirometriatutkimukseen vaikuttavat lääkkeet**

1 (2)

**Antikolinergit:**

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
24 h	Atrodual
	Atrovent
	Atrovent comp.
	Ipramol
	Ipratropiumbromid
	Ipraxa
4 vrk	Spiriva

**Fenyylipropanoliamiini:**

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
12 h	Rinexin

Kortikosteroidit, mikäli tutkitaan tilannetta,  
jossa ei oletettavasti ole steroidivaikutusta:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
4 vk	Aerobec
	Alvesco
	Asmanex
	Beclomet
	Budenofalk
	Budesonid
	Dexametason
	Entocort
	Flixotide
	Hydrocortison
	Medrol
	Novopulmon
	Prednisolon
	Prednison
	Pulmicort
	Solomet

**Leukotrieeniantagonistit:**

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
3 vrk	Accolate
	Montelukast
	Singulair
	Astecon

(jatkuu)



2 (2)

Natriumkromoglikaatti ja nedokromiili:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
12 h	Lomudal
24 h	Tilade

Sympatomimeetit:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
12 h (tavalliset)	Adrenalin
	Airomir
	Bricanyl
	Buventol
	Ventilastin
	Ventoline
48 h	Foradil
	Formoterol
	Oxis
	Serevent
7 vrk	Onbrez

Sympatomimeetti ja antihistamiini:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
5 vrk	Duact

Teofylliinit:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
3 vrk	Aminocont
	Nuelin depot
	Retafyllin
	Theofol
	Theofol comp

Muut keuhkoputkiin vaikuttavat lääkkeet:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
5 vrk	Daxas

Steroidi ja pitkävaikutteinen sympatomimeetti- yhdistelmävalmiste:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
48 h, mikäli tutkitaan sympatomi-meettivastetta ja 4 viikkoa, jos halutaan poissulkea myös steroidivaikutus	Innovair
	Seretide
	Symbicort

Yskänlääkkeet:

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke
3 vrk	Kaikki

(Sovijärvi ym. 2011, 80)

**Liite 3. Metakoliinialtistuskokeeseen vaikuttavat antihistamiinilääkkeet**

Aika ilman lääkettä ennen tutkimusta	Lääke (kauppanimi)
5 vrk	Aerinaze
	Aerius
	Alzyr
	Atarax
	Benadryl
	Cetirizin
	Cirrus
	Clarityn
	Fexofenadine
	Gardex
	Heinix
	Histanova
	Histec
	Kestine
	Levazyr
	Levocetirizin
	Lomfast
	Loratadin
	Nefoxef
	Postafen
	Rinomar
	Senirex
	Telfast
	Tuulix
	Xyzal
	Zyrtec

(Sovijärvi ym. 2011, 81)

#### Liite 4. Sopimus esitteen kuvien ottamisesta

Teemme opinnäytetyönä esitettä hengityselimistön tutkimuksista Pirkanmaan sairaanhoitopiiriin kuuluvan Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen (AKU) klinisen fysiologian laboratorioon. Esite sisältää tietoa AKU:sta, sen klinisen fysiologian laboratoriosta sekä laboratoriossa suoritettavista yleisimmistä hengityselimistön tutkimuksista. Esite on suunnattu aikuisille potilaille. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä esitteen avulla potilaiden tietoa laboratoriossa tehtävistä yleisimmistä hengityselimistön tutkimuksista. Yleisimmät AKU:ssa tehtävät hengityselimistön tutkimukset ovat spirometria, diffuusiokapasiteetti, metakoliinialtistus, impulssioskillometria ja kehopletysmografia.

Pyydämme graafiselta suunnittelijalta suostumusta opinnäytetyön ja esitteen kuvien ottamiseen. Kuvat otetaan siten, etteivät laitteiden nimet näy. Osallistuminen on vapaaehtoista. Graafinen suunnittelija saa kuviin tekijänoikeudet. AKU:lle annetaan esitteen ja sen kuvien käyttö- ja muokkausoikeudet. Opinnäytetyön tekijät saavat käyttö- ja muokkausoikeuden opinnäytetyön raporttiosuudessa käytettäviin kuviin. Graafisen suunnittelijan nimi mainitaan kuvien yhteydessä opinnäytetyössä ja esitteessä. Esitettä jaetaan ilmaiseksi AKU:n klinisen fysiologian laboratorion potilaille. Esitettä ei käytetä myyntitarkoituksiin. Esitettä ei julkaista Internetissä. Opinnäytetyö julkaistaan ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto Theseuksessa ilman esitettä. Opinnäytetyön tekijät maksavat graafiselle suunnittelijalle kuvaamisesta aiheutuvat kustannukset.

Tampereella \_\_\_\_ / \_\_\_\_ 2012,

Graafinen suunnittelija:

Opinnäytetyön tekijät:

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

AKU:n klinisen fysiologian  
osastonhoitaja:

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

## Liite 5. Lupa lapsen kuvaamiseen esitettä varten

Teemme opinnäytetyönä esitettä hengityselimistön tutkimuksista Pirkanmaan sairaanhoitopiiriin kuuluvan Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen (AKU) klinisen fysiologian laboratorioon. Esite sisältää tietoa AKU:sta, sen klinisen fysiologian laboratoriosta sekä laboratoriossa suoritettavista yleisimmistä hengityselimistön tutkimuksista. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä esitteen avulla potilaiden tietoa laboratoriossa tehtävistä yleisimmistä hengityselimistön tutkimuksista. Yleisimmät AKU:ssa tehtävät hengityselimistön tutkimukset ovat spirometria, diffuusiokapasiteetti, metakoliinialtistus, impulssioskillometria ja kehopletysmografia.

Pyydämme lupaa lapsenne kuvaamiseen esitteen impulssioskillometriasta kertovaan osuuteen. Impulssioskillometritutkimuksen avulla tutkitaan leikki-ikäisten lasten keuhkojen toimintaa. Kuvaustilanteessa lapsi istuu tuolissa ryhdikkäästi ja hengittää normaalisti pitäen huulia suukappaleen ympärillä. Lapsen nenä suljetaan muovisella nenäkapaleella ja hänen poskiaan tuetaan kevyesti käsillä. Lapsen kasvot näkyvät kuvassa. Tutkimusta ei oikeasti suoriteta kuvaustilanteessa. Lisäksi otetaan kuva tutkimukseen kuuluvasta ulkojuoksutilanteesta. Kuvaustilanne on kivuton.

Osallistuminen on vapaaehtoista. Saatte mahdollisuuden nähdä ja hyväksyä kuvat ennen niiden julkaisemista esitteessä. Lapsen nimeä ei mainita esitteessä. Esitettä jaetaan ilmaiseksi AKU:n klinisen fysiologian laboratorion potilaille. Esitettä ei käytetä myyntitarkoituksiin. Esitettä ei julkaista Internetissä. Opinnäytetyö julkaistaan ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto Theseuksessa ilman esitettä.

Tampereella \_\_\_\_ / \_\_\_\_ 2012,

Lapsen nimi: \_\_\_\_\_

Lapsen huoltajat:

Opinnäytetyön tekijät:

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

AKU:n klinisen fysiologian  
osastonhoitaja:

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

## Liite 6. Lupa laitteiden kuvaamiseen opinnäytetyötä varten

Teemme opinnäytetyönä esitettä hengityselimistön tutkimuksista Pirkanmaan sairaanhoitopiiriin kuuluvan Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen (AKU) kliinisen fysiologian laboratorioon. Esite sisältää tietoa AKU:sta, sen kliinisen fysiologian laboratoriosta sekä laboratoriossa suoritettavista yleisimmistä hengityselimistön tutkimuksista. Esite on suunnattu aikuisille potilaille. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä esitteen avulla potilaiden tietoa laboratoriossa tehtävistä yleisimmistä hengityselimistön tutkimuksista. Yleisimmät AKU:ssa tehtävät hengityselimistön tutkimukset ovat spirometria, diffuusiokapasiteetti, metakoliinialtistus, impulssioskillometria ja kehopleysmografia.

Pyydämme AKU:sta kliinisen fysiologian laboratoriosta lupaa laitteiden kuvaamiseen opinnäytetyön raporttia ja esitettä varten. Kuvat otetaan siten, etteivät laitteiden nimet näy. Esitettä ei julkaista Internetissä. Opinnäytetyö julkaistaan ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto Theseuksessa ilman esitettä.

Tampereella \_\_\_\_ / \_\_\_\_ 2012,

AKU:n kliinisen fysiologian  
osastonhoitaja:

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

Opinnäytetyön tekijät:

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys