

**SAVONIA**

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
SOSIAALI-, TERVEYS- JA LIIKUNTA-ALA

# SPIROERGOMETRIA

Ohjausvideo

TEKIJÄ/T Maria Moilanen

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Tutkinto-ohjelma Bioanalyytikon tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Maria Moilanen	
Työn nimi Spiroergometria - ohjausvideo	
Päiväys 22.11.2023	Sivumäärä/Liitteet 56/2
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Kuopion yliopistollinen sairaala klinisen fysiologian, isotooppilääketieteen ja neurofysiologian yksikkö	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomessa kansantaudeiksi on luettu muun muassa sydän- ja verisuonitaudit, krooniset keuhkosairaudet sekä astma ja allergiat. Sydän- ja verisuonitauteihin lukeutuva sepelvaltimotauti on kansansairaus ja noin 173 000 suomalaisella oli erityiskorvausoikeus sepelvaltimotaudin lääkitykseen vuonna 2018. Sepelvaltimotaudin kuolleisuus ja sairastuvuus on vähentynyt, mutta tulevaisuudessa tapausmäärät todennäköisesti lisääntyvät väestön ikääntyessä.</p> <p>Spiroergometria voidaan suorittaa, kun halutaan tietää, johtuuko potilaan oireet sydämen vai keuhkojen toiminnallisesta häiriöstä vai onko kyseessä lihasperäinen syy. Spiroergometriatutkimuksen avulla on mahdollista diagnosoida sairauksia sekä arvioida leikkausriskiä ja työkykyä. Tutkimuksessa on mahdollista selvittää samanaikaisesti keuhkojen ja sydämen toimintaa. Tutkimuksessa mitataan rasituksen aikana kaasujenvaihduntaa, EKG-käyrää, verenpainetta sekä happisaturaatiota. Spiroergometria on erikoistutkimus, jota on mahdollista suorittaa klinisen fysiologian yksikössä tai liikuntafysiologian yksikössä.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin kehittämistyönä, joka koostuu kirjallisesta tuotoksesta sekä toiminnallisesta osuudesta eli ohjausvideosta. Työn toimeksiantajana toimi Kuopion yliopistollisen sairaalan klinisen fysiologian, isotooppilääketieteen ja klinisen neurofysiologian yksikkö. Kehittämistyön tarkoitus oli tuottaa ohjausvideo Kuopion yliopistollisen sairaalan klinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön tarpeeseen. Videon avulla potilas pääsee tutustumaan tutkimuksen kulkuun sekä valmistautumaan tutkimukseen.</p> <p>Kehittämistyön tavoitteena on lisätä potilaan ymmärrystä klinisen rasituskokeen suorittamisesta ja siihen valmistautumisesta jo ennen tutkimukseen saapumista. Videon avulla potilas saa tietää, mitä tutkimuksessa tapahtuu, ja näin ollen tutkimus on helpompi suorittaa. Tutkimuksen ohjaajan työtä helpottaa myös se, että potilas tietää tutkimuksen kulun etukäteen. Videota voidaan käyttää myös työntekijöiden perehdytyksessä ja opetustilanteissa.</p> <p>Kehittämistyön raportissa käytettiin luotettavaa sekä ajankohtaista tutkimus- ja teorian tietoa. Kehittämistyössä suunniteltiin ja toteutettiin ohjausvideo, jonka avulla potilas voi tutustua tutkimuksen kulkuun sekä saa tietoa, mitä tutkimuksessa tapahtuu. Video voi myös osaltaan edistää spiroergometriatutkimuksen laadukasta suoritusta.</p>	
<p>Avainsanat</p> <p>spiroergometria, ergospirometria, ohjausvideo, klininen fysiologia</p>	

Field of Study Social Services, Health and Sports	
Degree Programme Degree Programme in Biomedical Laboratory Science	
Author(s) Maria Moilanen	
Title of Thesis Spiroergometry - educational video	
Date 22.11.2023	Pages/Appendices 56/2
Client Organisation /Partners Kuopio University Hospital Clinical Physiology, Nuclear Medicine and Clinical Neurophysiology Department	
<p><b>Abstract</b></p> <p>In Finland, cardiovascular disease, chronic lung diseases, asthma and allergies have been considered national diseases. Coronary artery disease, which is classified as cardiovascular disease, is a national disease, and about 173,000 Finns were entitled to special compensation for coronary artery disease medication in 2018. The mortality and morbidity of coronary artery disease has decreased, but the number of cases will probably increase in the future as the population ages.</p> <p>The cardiopulmonary exercise test can be performed when one wants to know whether the patient's symptoms are caused by a functional disorder of the heart or lungs or whether it is a muscular cause. With the help of the cardiopulmonary exercise test, it is possible to diagnose diseases and assess the risk of surgery and the ability to work. In cardiopulmonary exercise testing, it is possible to study the function of lungs and the heart at the same time. During the exercise gas exchange, ECG curve, blood pressure and oxygen saturation are measured. The cardiopulmonary exercise test is a special examination that can be performed in the clinical physiology unit or the exercise physiology unit.</p> <p>The thesis was implemented as a development work, which consists of a written report and a functional part, which is the guidance video. The client organization of this development work was Clinical Physiology, Nuclear Medicine and Clinical Neurophysiology Department of Kuopio University Hospital. The purpose of the development work was to produce a guidance video for the needs of the Clinical Physiology and Nuclear Medicine Department of Kuopio University Hospital. With the help of the guidance video, the patient can familiarize the course of the examination and get information about what is happening in the examination.</p> <p>The aim of the development work is to increase the patient's understanding of performing the cardiopulmonary exercise test and preparation for the examination. With the help of the guidance video, the patient gets to know what is happening in the examination and thereby it is easier to perform the examination. In the examination, the instructor's work is also made easier by the fact that the patient knows the course of the examination in advance. The video can also be used in employee initiation and teaching situations.</p> <p>In the thesis report, reliable and current research and theoretical information was utilized. In the thesis process, a guidance video was designed and implemented. The video allows the patient to familiarize the course of the examination and get information about what is happening in the examination. The video can also contribute to the high-quality performance of the cardiopulmonary exercise test.</p>	
<p><b>Keywords</b></p> <p>cardiopulmonary exercise test, spiroergometry, guidance video, clinical physiology</p>	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
2	SPIROERGOMETRIATUTKIMUKSEN MITTAUKSET .....	7
2.1	Spirometria.....	7
2.2	Maksimaalinen voluntaarinen ventilaatiokyky .....	8
2.3	EKG-käyrä .....	8
2.4	Verenpaine .....	9
2.5	Happisaturaatio .....	11
2.6	Hengityskaasujen ja -tilavuuksien mittaus .....	11
2.6.1	Hapenkulutus ja maksimaalinen hapenottokyky .....	11
2.6.2	Ventilaatiokynnykset .....	12
2.6.3	Happipulssi ja ventilatoriset muuttujat .....	13
3	FYYSISTÄ SUORITUSKYKYÄ RAJOITTAVAT TEKIJÄT .....	15
3.1	Respiratoriset tekijät .....	15
3.1.1	Keuhkohtaumatauti .....	15
3.1.2	Astma .....	16
3.1.3	Keuhkofibroosi.....	17
3.2	Sydänperäiset tekijät.....	18
3.2.1	Sydämen vajaatoiminta .....	18
3.2.2	Sepelvaltimotauti .....	20
3.3	Lihavuus.....	21
4	SPIROERGOMETRIATUTKIMUKSEN SUORITUS.....	23
4.1	Esivalmistelut.....	23
4.2	Lepovaihe.....	24
4.3	Rasitusvaihe .....	26
4.4	Tutkimuksen lopetus ja palautumisvaihe.....	26
4.5	Tutkimuksen tuloksien tulkinta ja virhelähteet.....	27
4.6	Potilasturvallisuus .....	28
5	POTILASOHJAUS .....	31
5.1	Potilasohjaus .....	31
5.2	Laadukas potilasohjaus .....	31
5.3	Video-ohjaus .....	32

6	KEHITTÄMISTYÖN TARKOITUS JA TAVOITE .....	34
7	KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS.....	35
7.1	Suunnittelu .....	35
7.2	Toteutus.....	35
7.2.1	Ohjausvideon toteutus ja kuvaaminen.....	36
7.3	Arviointi.....	37
8	ARVIOINTI.....	40
8.1	Kehittämistyön toteutuksen ja tuotoksen pohdinta .....	40
8.2	Eettisyys ja luotettavuus.....	41
8.3	Ammatillinen kasvu .....	42
8.4	Tuotoksen hyödynnettävyys ja kehittämisideat .....	43
	LÄHTEET .....	45
	LIITE 1: VIDEON KÄSIKIRJOITUS .....	51
	LIITE 2: WEBROPOL-KYSELY .....	56

## KUVALUETTELO

KUVA 1.	Mason-Likarin kytkennät (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a) .....	9
KUVA 2.	Ohjausvideon pituus.....	38
KUVA 3.	Videon vastaavuus vastaajan tietämyksestä spiroergometriatutkimuksen kulusta. ....	38
KUVA 4.	Kertojan puheen selkeys ja ymmärrettävyys. ....	39
TAULUKKO 1.	Borgin asteikko (mukaillen Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a).....	25
TAULUKKO 2.	Potilaan tuntemukset (mukaillen Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a) .....	25
TAULUKKO 3.	Oireiden voimakkuus (mukaillen Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a).....	25
TAULUKKO 4.	Tutkimuksen suorittajan havainnot (mukaillen Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a) .....	27

On väitetty, ettei lääketieteessä ole toista yhtä paljon suorituskykyyn vaikuttavista sairauksista tietoa antavaa ja kustannustehokasta tutkimusta kuin spiroergometria (Glaab & Taube 2022,1). Spiroergometriassa mitataan rasituksen aikana kaasujenvaihduntaa sekä elektrokardiografiaa (EKG) eli tutkimuksessa tutkitaan samanaikaisesti sydämen ja keuhkojen toimintaa. Kaasujenvaihdunnan ja EKG-käyrän lisäksi rasituksen aikana mitataan verenpainetta sekä happisaturaatiota ja seurataan sydämen rytmiä. Kansainvälisessä kirjallisuudessa spiroergometriasta käytetään ensisijaisesti nimeä cardiopulmonary exercise test eli CPT tai CPET. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642.)

Spiroergometria suoritetaan, kun halutaan tietää, johtuvatko potilaan oireet sydämen vai keuhkojen toiminnallisesta häiriöstä vai onko kyse lihasperäisistä syistä (Piirilä & Sovijärvi 2013, 1251; Glaab & Taube 2022, 1). Kliinisiä käyttöaiheita ovat suorituskyvyn rajoittumisen erotusdiagnoosiikka, rasitushengenahdistuksen syyn selvittäminen, rasitusventilaation poikkeavuuksien selvittäminen, leikkaus- ja toimenpideriskien selvittäminen, sydänpotilaiden ennusteen arviointi, työkyvyn arviointi ja hoidon tehon ja kuntoutuksen arviointi. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018c.)

Suorituskykyä rajoittavat tekijät voivat olla respiratorisia eli hengitykseen liittyviä, sydänperäisiä tai esimerkiksi lihavuudesta johtuvia. Hengitykseen liittyviä sairauksia, joita spiroergometrian avulla voidaan diagnosoida, ovat esimerkiksi keuhkoastma, astma ja keuhkofibroosi. Sydänperäinen rajoittuminen voi johtua sepelvaltimotautista tai sydämen vajaatoiminnasta. (Piirilä & Sovijärvi 2013, 1255–1259; Piirilä & Tikkanen 2021, 1646–1647.) Tutkimuksella on siis diagnostista arvoa. Tutkimuksen merkitystä lisää se, että Suomessa kansantauteihin lukeutuu sydän- ja verisuonitaudit, astma ja allergia sekä krooniset keuhkosairaudet (Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos 2019). Sepelvaltimotauti lukeutuu sydän- ja verisuonitauteihin ja noin 173 000 suomalaisella oli erityiskorvausoikeus sepelvaltimotaudin lääkitykseen vuonna 2018. Esiintyvyys Itä-Suomessa on puolitoistakertainen Lounais-Suomeen verrattuna. Vielä 1960-luvulla Suomi oli työikäisten miesten sepelvaltimokuolleisuudessa maailman kärkisijoilla. Vaikka kuolleisuus ja sairastuvuus on vähentynyt, tulevaisuudessa tapausmääriä todennäköisesti lisää väestön ikääntyminen. (Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos 2021.)

Kehittämistyön tilaajana toimii Kuopion yliopiston sairaalan (KYS) kliinisen fysiologian ja isotooppi-lääketieteen osasto. Kehittämistyön tarkoitus on tuottaa ohjausvideo Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön tarpeeseen. Videon avulla potilas pääsee tutustumaan tutkimuksen kulkuun sekä valmistautumaan tutkimukseen.

Kehittämistyön tavoitteena on lisätä potilaan ymmärrystä kliinisen rasituskokeen suorittamisesta ja siihen valmistautumisesta jo ennen tutkimukseen saapumista. Videon avulla potilas saa tietää, mitä tutkimuksessa tapahtuu ja näin ollen tutkimus on helpompi suorittaa. Tutkimuksen ohjaajan työtä helpottaa myös se, että potilas tietää tutkimuksen kulun etukäteen. Videota voidaan käyttää myös työntekijöiden perehdytyksessä ja opetustilanteissa. Valmis video tulee Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian yksikön käyttöön ja se julkaistaan sairaalan nettisivuilla.

## 2 SPIROERGOMETRIATUTKIMUKSEN MITTAUKSET

Spiroergometria antaa huomattavasti enemmän tietoa kuin tavanomainen rasitustesti. Spiroergometria yhdistää ventilaatiokynnyksen, hapenkulutuksen (VO<sub>2</sub>) ja hiilidioksidin tuotannon (VCO<sub>2</sub>) rutiininomaisiin fysiologisiin- ja suorituskypparametreihin, joita mitataan rasituskokeen aikana. (Mezzani 2017, 3.) Rasituskokeen aikana mitataan happisaturaatiota, EKG-käyrää, verenpainetta ja näiden lisäksi hengityskaasuja sekä -tilavuuksia. Ennen tutkimuksen alkua otetaan myös lepospirometria. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642.)

Spiroergometriassa tärkeimpiä mitattavia suureita ovat hapenkulutus sekä hiilidioksidin tuotto. Näiden kahden lisäksi mitataan hengitystaajuuden, hengitystilavuuden ja hengitysilman virtauksen dynaamisia muutoksia suhteessa rasituksen määrään ja sydämen lyöntitaajuuteen. (Piirilä & Sovijärvi 2013, 1251.)

### 2.1 Spirometria

Spirometria on kajoamaton tutkimus, jonka avulla selvitetään keuhkojen toimintaa. Tutkimuksen avulla voidaan mitata keuhkojen tilavuutta ja tuuletuskapasiteettiä. Tärkeimpiä suureita, joita spirometriassa mitataan, ovat nopea vitaalikapasiteetti (FVC), uloshengityksen sekuntikapasiteetti (FEV<sub>1</sub>), uloshengityksen huippuvirtaus (PEF), sekuntikapasiteetin ja nopean vitaalikapasiteetin suhde (FEV<sub>1</sub>/FVC) sekä hidas vitaalikapasiteetti (VC). (Zhranei, Ismail, Allah & Alzahrani 2021, 1.) Spirometrian avulla voidaan selvittää hengenahdistuksen, hengityksen vinkumisen ja pitkäkestoisen yskän syitä. Keuhkohtaumatauti ja astma diagnosoidaan pääsääntöisesti spirometrialöydösten pohjalta. Spirometriaa käytetään myös muun muassa keuhkolääkityksen vaikutuksen ja työkyvyn arviointiin sekä keuhkosairauksien kulun seurantaan. (Sovijärvi, Kainu, Malmberg, Guldbrand, Timonen & Piirilä 2021, 7.)

Spirometriaa varten tulee tutkittavan paino ja pituus mitata sekä ikä kirjata, jotta tuloksia voidaan verrata oikeisiin viitearvoihin. Tutkimuksen edellytyksenä on hyvä yhteistyötoiminta tutkittavan ja tutkimuksen suorittajan välillä. Puhalluksen hyväksymiskriteerit ovat: käyrässä ei saa olla artefakteja, käyrän tulee edetä yhteneväisesti, puhalluksen alun tulee olla nopea ja voimakas sekä nopean ulospuhalluksen päättymisen kriteerit täytyvät. Näitä kriteereitä ovat: ulospuhalluksen lopussa viimeisen sekunnin aikana tilavuus muuttuu enää alle 25 ml tai ulospuhallus on vähintään 15 sekuntia pitkä. Artefakteja voi syntyä esimerkiksi yskäisystä, kurkunpää sulkeutumisesta ja suupieliin ilma- vuodosta. (Sovijärvi ym. 2021, 12.)

Luotettavuuden varmistamiseksi tulee tutkittavan puhalltaa vähintään kolme yhdenmukaista virtaus- tilavuuskäyrää. Kahden suurimman arvon ero sekuntikapasiteetissa (FEV<sub>1</sub>) ja nopeassa vitaalikapasiteetissa (FVC) saa olla enintään 150 ml. Uloshengityksen huippuvirtauksen (PEF) suurimman ja toiseksi suurimman arvon ero saa olla enintään 10 % verrattuna pienimpään arvoon. Hitaan vitaalikapasiteetin (VC) suurimman ja toiseksi suurimman arvon ero saa olla enimmillään 150 ml tai 10 %. (Sovijärvi ym. 2021, 13.) Tutkimuksessa on useita virhelähteitä. Virhelähteet voivat olla laitteesta, tutkimuksen suorittajasta, potilaasta sekä tulosten tulkitsijasta johtuvia. (Sovijärvi ym. 2021, 23.)

## 2.2 Maksimaalinen voluntaarinen ventilaatiokyky

Maksimaalisesta voluntaarisesta ventilaatiokyvystä käytetään myös nimitystä maksimaalinen ventilaatiokapasiteetti eli MVV. Mittaus on hyvin rasittava potilaalle, joten sitä ei juurikaan käytetä ventilaatiotoiminnon mittarina. Mittauksen avulla voidaan kuitenkin saada selville sisään- ja uloshengityksessä mahdollisesti esiintyvät dynaamiset rajoitukset sekä keuhkojen ulkopuoliset rajoitukset, kuten hengityslihasten heikkoudesta tai rintaontelon jäykkyydestä johtuvat rajoitukset. Maksimaalisen voluntaarisen ventilaatiokyvyn mittaus on edellytys, jotta hengitysreservi voidaan laskea raskautsessa. (Sovijärvi, Malmberg & Piirilä 2018.)

MVV mittaus voidaan suorittaa spirometrilla. Edellytyksenä spirometrin käytössä MVV:n mittauksessa on, että laitteessa on kumulatiivisen tilavuuden mittausmahdollisuus ja että se pystyy rekisteröimään sekä sisään- että uloshengitystä. Mittauksessa potilas hengittää laitteeseen edestakaisin 15 sekunnin ajan. Tarkoituksena on hengittää niin syvään kuin pystyy omalla tahdilla tai niin, että hengitystaajuus on 40 kertaa minuutissa. Mittauksen avulla tulokseksi saadaan tahdonalainen minuuttiventilaatio, joka ilmoitetaan litroina minuutissa (l/min). (Sovijärvi, Malmberg & Piirilä 2018.) MVV voidaan myös laskea ja tarkistaa mittauksen onnistuminen FEV1:n eli sekuntikapasiteetin avulla kaavalla:  $MVV = 40 \times FEV1$  (Työohje 2022). Laskutavalla MVV:n arviointi on epätarkkaa, esimerkiksi sisäänhengitysvirtausta rajoittavat tekijät aiheuttavat epätarkkuutta (Sovijärvi ym. 2018). Edustava spirometriatutkimus antaa kuitenkin luotettavan pohjan maksimiventilaation määrittämiselle (Glaab & Taube 2022, 4).

## 2.3 EKG-käyrä

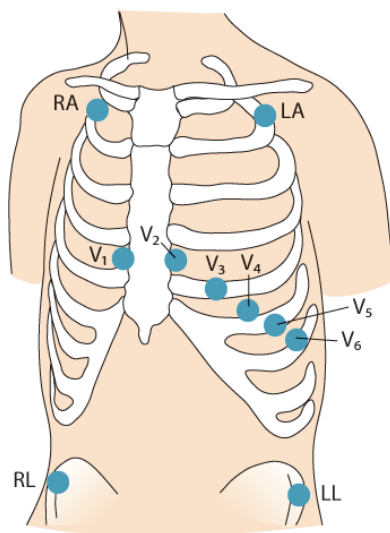
Elektrokardiografiassa eli EKG:ssä mitataan sydänlihassolujen biosähköistä toimintaa ajan funktiona. Elektrokardiografiasta käytetään monia nimityksiä, puhekielessä puhutaan sydänfilmistä, mutta voidaan käyttää myös termejä EKG-käyrä ja sydänsähkökäyrä. (Riski 2019, 10.) Kansainvälisesti EKG:n lyhenne on muuttunut ECG:ksi, joka tulee englannin kielen sanasta electrocardiogram. ECG:tä käytetään kansainvälisesti tutkimuksen lyhenteenä. (Riski 2019, 10; Rafie, Kashou & Noseworthy 2021, 505.)

EKG-kytkennällä tarkoitetaan eri tarkastelukulmia, joilla sydämen sähköistä toimintaa kuvataan. EKG-käyrässä on 12 kytkentää, joista kuusi on raaja- ja kuusi rintakytkentöjä. EKG-artefaktilla tarkoitetaan muutosta, joka havaitaan sydänfilmissä, mutta joka ei ole peräisin sydämen sähköisestä toiminnasta. EKG-artefakteja ovat sekä EKG-virheet, että EKG-häiriöt. EKG-virheitä ovat esimerkiksi elektrodien sijoitteluvirheet ja johtimien liittämismvirheet, joita voi sattua rekisteröintitilanteessa. EKG-häiriöitä ovat esimerkiksi liike-, lihasjännitys-, vaihtovirta- ja perustason vaellushäiriöt. (Riski 2019, 11.) Kansainvälisesti on vakioitu EKG-käyrän rekisteröinnin eri osavaiheita. Vakioinnin avulla on mahdollista vertailla henkilön eri kerroilla otettuja EKG-käyriä toisiinsa tai terveiden henkilöiden EKG-käyriin. Piirtonopeus, elektrodien paikat rintakehällä ja raajoissa, osa esivalmisteluista, standardivahvistus, lisäkytkentöjen rekisteröintitavat sekä kytkentöjen nimet ovat esimerkkejä, mitä EKG-rekisteröinnissä on vakioitu. Ihon käsittelyyn ei ole olemassa vakiointia, mutta iho suositellaan käsiteltävän huolellisesti elektrodien kohdalta. Ennen EKG-rekisteröintiä ihokarvat poistetaan rintakehältä. Iho pyyhitään taitoksella, joka on kostutettu alkoholiin ja ihon uloin ihosolukkerros poistetaan ihonkar-



hennusteipillä. Ihonkäsittely pienentää ihovastusta ja nopeuttaa sekä helpottaa EKG-käyrän rekisteröintiä ilman häiriöitä. (Riski 2019, 11–42.) EKG-käyrä antaa tietoa sydämen sähköisestä toiminnasta, kuten rytmin säännöllisyydestä, syketaajuudesta, sydämen seinämien rakenteesta sekä sydämen johtoratojen toiminnasta. EKG-käyrän avulla voidaan tunnistaa sepelvaltimokohtaus sekä arvioida sen sijaintia ja laajuutta. (Riski 2019, 11–12.)

Spiroergometriassa EKG-käyrä rekisteröidään käyttämällä Mason-Likar modifikaatiota. Mason-Likar modifikaatiossa rintakehän elektrodit ovat standardoiduilla paikoilla, mutta raajaelektrodit siirretään torsolle. (Francis 2016, 93; Vaidya 2017, 552.) Yläraajaelektrodit RA ja LA sijoitetaan solisluiden alapuolelle, solisluukuoppiin, ja alaraajaelektrodit RL ja LL sijoitetaan suoliluiden tyviin (kuva 1). Kytkenän tarkoituksena on vähentää liikkeestä johtuvaa artefaktia. (Francis 2016, 93.) Elektrodeina tutkimuksen aikana käytetään kertakäyttöisiä itseliimautuvia hopea-hopeakloridielektrodeja. Mason-Likar kytkentä eroaa normaalista 12-kytkentäjärjestelmästä esimerkiksi sillä, että frontaaliakseli on kääntynyt oikealle. Tämän vuoksi Mason-Likar kytkennän EKG-käyriä ei voida arvioida normaalin 12-kytkentäisen EKG-käyrän arviointiperustein. (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a.)



KUVA 1. Mason-Likarin kytkennät (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a)

## 2.4 Verenpaine

Valtimoiden sisällä olevaa painetta kutsutaan verenpaineeksi. Verenpaine ilmoitetaan paine-erona ja vertailutasona käytetään sydämen oikean eteisen tasoa. Systolinen paine eli SYS on korkein painearvo ja diastolinen paine eli DIA on matalin arvo. Valtimoverenpaineen täytyy olla riittävä, jotta pystytään ylläpitämään kudosaineenvaihduntaa. Alentunutta verenpainetta kutsutaan hypotensioksi ja pysyvästi kohonnutta verenpainetta hypertensioksi. (Saarenhovi & Turjanmaa 2018e.) Verenpaineen arvo ilmoitetaan elohopeamillimetreissä eli mmHg (Saarenhovi & Turjanmaa 2018c). Verenpaineen katsotaan olevan koholla, kun vastaanotto-olosuhteissa levossa mitattuna systolinen verenpaine on yli 140 mmHg ja diastolinen verenpaine on yli 90 mmHg. Verenpaine on ihanteellinen, jos se on alle 120/80 mmHg. (Saarenhovi & Turjanmaa 2018e.)

Verenpaine voidaan mitata invasiivisella tai noninvasiivisella menetelmällä. Invasiivisella eli suoralla menetelmällä verenpaine mitataan suonensisäisesti ja noninvasiivisella eli epäsuoralla menetelmällä

verenpaine mitataan painemansetin avulla, joka on kiedottu jonkin raajan osan ympärille. Invasiivista mittaamenetelmää käytetään, kun paineen taso halutaan tietää tarkasti esimerkiksi joissakin leikkauksissa ja tehohoidossa. (Saarenhovi & Turjanmaa 2018c.) Epäsuorilla mittaamenetelmillä verenpaine voidaan mitata joko ylä- tai alaraajasta. Yleensä verenpaine mitataan olkavarresta ja mittaamenetelmänä käytetään auskultatorista ja oskillometristä menetelmää. Mittausvaiheessa raajan ympärille kiedotun mansetin paine nostetaan yli systolisen paineen, tällöin verenkierto raajan distaalisissa pysähtyy täysin. (Saarenhovi & Turjanmaa 2018d.)

Auskultatorisessa mittaamenetelmässä mansetin sisäistä painetta lasketaan hitaasti, mutta tasaisella nopeudella. Kun virtauksia palautetaan paineen laskiessa, havaitaan kuuntelemalla virtausääniä eli Korotkoffin äänet, joita on mahdollista erottaa viittä eri vaihetta. Mansetin painetta laskiessa, tarkkaillaan painemittaria, joka on yhdistetty mansettiin. Korotkoffin äänien vaihe I eli vaihe, jossa virtausäänet alkavat kuulua, vastaa systolista painetta. Korotkoffin äänien vaihe V eli virtausäänien häviäminen vastaa parhaiten diastolista painetta. Aina virtausäänet eivät häviä ja jos näin on, käytetään diastolisen paineen määrittämiseen Korotkoffin äänien vaihetta IV. Mansetissa painetta lasketaan 2 mmHg/sydämen lyönti nopeudella ja luentatarkkuus verenpainetta mitattaessa on 2 mmHg. Kansainvälisen sopimuksen mukaan verenpaine ilmoitetaan systolinen/diastolinen paine. Automaattiset verenpainemittarit käyttävät useimmiten oskillometristä mittaamenetelmää. Oskillometrisellä mittaamenetelmällä äänien sijasta havainnoidaan mansettiin muodostuvia matalataajuisia pulsseja, kun mansetin painetta lasketaan. Lisäksi sähköisellä paineanturilla rekisteröidään jatkuvasti mansetin sisäistä painetta. (Saarenhovi & Turjanmaa 2018d.)

Verenpaineen epäsuoriin mittaamenetelmiin liittyy useita virhelähteitä. Virhelähteet voidaan jakaa mittaustekniikasta, mittajasta, mittaamenetelmästä ja mitattavasta johtuviin virheisiin. Mittalaitteesta johtuvia virheitä voidaan poistaa, kun huolehditaan mittalaitteiden kunnosta ja kalibroidaan laitteet riittävän usein. Mittajista johtuvat virheet vältetään, kun omaksutaan ja opitaan oikea mitaustekniikka. Oikeanlaisen mansetin valinnalla voidaan vähentää mitattavasta johtuvaa virhettä. Mittaamenetelmästä aiheutuvaa virhettä ei voida täysin poistaa, mutta sitä voidaan vähentää mitaamalla verenpaine useampaan kertaan. Automaattisen verenpainemittarin tarkkuus ei ole parempi kuin auskultatorisen mittauksen. Lisäksi automaattisten verenpainemittarien laadunvarmennus on haastavampaa kuin tavanomaisen menetelmän. Kliinisessä käytössä verenpaineen mittaukseen suositellaankin tavanomaista aneroidimittaria. (Saarenhovi & Turjanmaa 2018b.)

Verenpaineenmittausta käytetään paljon kliinisen fysiologian tutkimusten yhteydessä varsinkin verenkiertoelimistön vasteiden mittaamiseen testi- ja kuormituskokeissa. Verenpaineen mittaus tehdään lepotilassa sekä testin aikana, jolloin teknisesti oikean mittaustavan merkitys korostuu. (Saarenhovi & Turjanmaa 2018a.) Spiroergometriassa rasituksen aikana mitataan systolista verenpainetta kahden minuutin välein yleensä manuaalista verenpainemittaria käyttäen (Työohje 2022). Systolinen verenpaine nousee sydämen minuuttitilavuuden kasvaessa rasituksen voimistuessa, diastolinen verenpaine sen sijaan ei muutu tai saattaa laskea hieman (Youn & Kang 2015, 115). Jos systolinen verenpaine laskee yli 20 mmHg, katsotaan se rasituskokeen keskeytyksen aiheeksi. Samoin tulkitaan, jos systolinen verenpaine kohoaa 280 mmHg tai diastolinen verenpaine kohoaa 130 mmHg. (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a.)

## 2.5 Happisaturaatio

Valtimoveren happikylläisyyttä (SpO<sub>2</sub>) eli happisaturaatiota arvioidaan yleensä pulssioksimetrilla. Happikylläisyyden mittaaminen perustuu erilaisten valon aallonpituuksien absorptioon kudoksessa. Valtimoveren happikylläisyys voidaan mitata, koska hapettuneella ja pelkistyneellä hemoglobiinilla on erilaiset absorptio-ominaisuudet. (Piirilä, Salorinne & Malmberg 2018.) Mittaustarkkuus pulssioksimetrilla mitattaessa on yleensä  $\pm 1$  prosenttiyksikköä (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a). Laitteen antaman pulssisignaalin tulee vastata EKG:n antamaa syketaajuutta ja sen tulee olla säännöllinen. Signaaliin ja sen luotettavuuteen voi vaikuttaa virheellinen anturi, huono kontakti tai potilaan heikko ääreisverenkierto. Happisaturaatio valtimoveressä on n. 97 %, kun veri on kyllästetty hapella täysin. (Piirilä, Salorinne & Malmberg 2018.)

Spiroergometriassa pulssioksimetrian anturi kiinnitetään potilaan korvanlehteen, joka on puhdistettu etanolitaitoksella. SpO<sub>2</sub>-arvoa seurataan koko rasituksen ajan ja se kirjoitetaan ylös aika-ajoin tai tarvittaessa. Jos happikylläisyys laskee 3 prosenttiyksikköä tai enemmän, olisi se merkittävä löydös. (Työohje 2022.) Jos valtimoveren happikylläisyys laskisi alle 90 %, katsottaisiin se rasituskoheen keskeytyksen aiheeksi (Glaab & Taube 2022, 4; Työohje 2022).

## 2.6 Hengityskaasujen ja -tilavuuksien mittaus

Spiroergometriassa mitataan jatkuvasti hengitystilavuutta, minuuttiventilaatiota sekä hengitysfrekvenssiä. Mittaamiseen käytetään yleensä spirometria, joka mittaa virtausta (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018a.) Rasituksen aikana uloshengityksestä mitataan happi- ja hiilidioksidipitoisuudet (Glaab & Taube 2022, 4). Happipitoisuuden mittaamiseen käytetään yleensä paramagneettista O<sub>2</sub>-analyysaattoria. Hiilidioksidipitoisuutta mitataan CO<sub>2</sub>-analyysaattorilla, joka toimii infrapuna-absorptioperiaatteella. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018a.)

Tutkimuksessa hengitetään tiiviin nenä-suunaamarin tai suukappaleen kautta, jolloin hengitysilma voidaan imeä kaasunäytteitä. Mittauslaitteisto analysoi hengityskaasut jokaisesta hengenvedosta (single breath analysis) ja hengityskaasujen pitoisuuksia voidaan seurata lähes reaaliajassa (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018a; Glaab & Taube 2022, 4.) Tulosten tulkinnan kannalta tärkeimpiä spiroergometriassa mitattavia muuttujia ovat hapenkulutus sekä maksimaalinen hapenottokyky, ventilaatiokynnykset, happipulssi ja ventilatoriset muuttujat (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d; Piirilä & Tikkanen 2021, 1643–1645).

### 2.6.1 Hapenkulutus ja maksimaalinen hapenottokyky

Hapenkulutus moninkertaistuu rasituksessa, kun verrataan lepotasoon. Sillä kuvataan tutkittavan hengitykseen ja sydämeen liittyvää suorituskykyä ja se on spiroergometrian tärkein muuttuja (Piirilä & Tikkanen 2021, 1643.) Normaalit, terveet aikuiset voivat nostaa hapenkulutusta rasituksessa kuuksinkertaiseksi (Guazzi, Bandera, Ozemek, Systrom & Arena 2017, 1619). Hapenkulutus mitataan joko litroina tai millilitroina happea minuutissa (l/min tai ml/min) tai millilitroina kehon painokiloa kohden minuutissa (ml/min/kg) (Mezzani 2017, 5). Hapenkulutus voidaan ilmoittaa metabolisena yksikkönä (MET), joka kertoo, kuinka paljon suurempaa energiankulutus on verrattuna lepoon (Piirilä & Tikkanen 2021, 1643). Fyysisessä rasituksessa on välttämätöntä aerobiselle kapasiteetille, että

keho pystyy toimittamaan hapen mitokondrioihin. Sydämen minuuttitilavuus ja keuhkorakkuloiden diffuusio vaikuttavat keskeisesti hapen kuljetukseen mitokondrioihin. (Guazzi ym. 2017, 1619.)

Kun puhutaan fyysisestä kunnosta, puhutaan usein maksimaalisesta hapenottokyvystä, mutta siitä voidaan myös käyttää termiä maksimaalinen hapenkulutus (Kutinlahti 2021). Maksimaalinen hapenottokyky tai maksimaalinen hapenkulutus (VO<sub>2</sub> max) on parametri, joka kuvaa maksimaalista energiamäärää, mikä on saatavissa aerobisella aineenvaihdunnalla aikayksikköä kohden maksimaalisessa harjoituksessa (Mezzani 2017, 5). Toisin sanoen maksimaalisella hapenottokyvyllä tarkoitetaan kykyä kuljettaa happea sekä kykyä käyttää sitä maksimaalisessa rasituksessa. Kun kehoa kuormitetaan, sen energiantarve sekä hapenkulutus kasvaa. Tiettyyn rajaan asti hapenkulutus kasvaa suoraan viivaisesti suhteessa kuormitukseen. Kun tämä raja tulee vastaan, hapenkulutus ei kasva, vaikka kuormitusta lisättäisiin. Tällöin on saavutettu maksimaalinen hapenottokyky. (Kutinlahti 2021.) Maksimaalista hapenkulutusta ja sen vertailua viitearvoihin pidetään tärkeimpänä yksittäisenä aerobisen suorituskyvyn arviointiperusteena (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d).

Maksimaaliseen hapenkulutukseen vaikuttaa sydämen minuuttitilavuus ja toimivien lihasten kyky ottaa valtimoverestä happea. Terveillä ihmisillä siihen vaikuttaa myös liikuntaharjoittelun määrä, ikä, sukupuoli, pituus ja paino. (Sovijärvi, Piirilä, Laitinen 2018d.) Maksimaalinen hapenottokyky laskee keskimäärin 10 % vuosikymmenessä 30 ikävuoden jälkeen, mikä johtuu maksimisykkeeseen, sydämen iskutilavuuden, luustolihasverenkierron ja luustolihasaerobisen potentiaalin laskemisesta iän myötä. Miehillä maksimaalinen hapenottokyky on 10–20 % suurempi kuin samanikäisillä naisilla. Tämä johtuu miesten korkeammasta hemoglobiinipitoisuudesta sekä suuremmasta lihasmassasta ja sydämen iskutilavuudesta. (Mezzani 2017, 5.)

Kaikki patofysiologiset tilat, jotka vaikuttavat hapen kuljetukseen ilmasta mitokondrioon, vaikuttavat rasituksessa jonkun asteisesti maksimaalisen hapenottokyvyn heikkenemiseen suhteessa iän ja sukupuolen mukaisiin ennustettuihin arvoihin. Tätä huomataan usein esimerkiksi kroonisessa sydämen vajaatoiminnassa ja kroonisessa obstruktivisessa keuhkosairaudessa. Maksimaalisen hapenottokyvyn tiedetään kuvaavan potilaan rasituksen sietoa paljon luotettavammin kuin suorituskyvyn kuvaajat, jotka saadaan tavanomaisilla rasitustesteillä, kuten harjoituksen kesto tai maksimaalinen suorituskky (Mezzani 2017, 5.) Maksimaalinen hapenottokyvyn ja erityisesti ennustetun prosenttiosuuden mittaaminen on sydänpotilaiden toimintarajoitusten objektiivisessa arvioinnissa kultainen standardi. (Guazzi ym. 2017, 1619). Sydän- ja keuhkopotilailla maksimaalisen hapenottokyvyn määrittäminen ei yleensä onnistu, koska potilaan oireet aiheuttavat rasituksen keskeytyksen. Tällöin voidaan rasituksen viimeisen minuutin hapenkulutusta käyttää maksimiarvona (VO<sub>2</sub>peak). (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018b.)

## 2.6.2 Ventilaatiokynnykset

Spiroergometriassa ventilaatiokynnykset arvioidaan hengitysilmastasta. Ensimmäisestä kynnyksestä käytetään usein nimitystä anaerobinen kynnyks (AT). Toisesta kynnyksestä voidaan käyttää nimitystä respiratorinen kompensatiokynnyks. Joillakin hyväkuntoisilla henkilöillä voi maksimaalisessa rasituksessa esiintyä myös kolmas kynnyks. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1644.) Kirjallisuudesta löytyy lukuisia erilaisia termejä kuvaamaan ensimmäistä ja toista kynnyks, mutta käytettäväksi suositellaan termiä

”ventilaatio” kynnys. Tämä johtuu siitä, että nämä kaksi siirtymää havaitaan lisääntyneen rasituksen aiheuttamassa muutoksessa hengitykseen liittyvissä parametreissa, ei suorissa metabolisen homeostaasin muutoksen kuvauksissa. (Mezzani 2017, 6.)

Hiilidioksidin tuotanto ja hapenkulutus nousevat samassa suhteessa rasituksen alkuvaiheessa. Energianlähteenä rasituksessa ihminen käyttää glukoosia ja rasvahappoja, joita on molempia verenkierrossa, mutta myös varastoituneena. Kun hapekasta valtimoverta ei saada riittävästi, elimistö alkaa tuottamaan energiaa anaerobisesti. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642.) Rasituksen lisääntyessä saavutetaan energiantarve, jonka ylittyessä anaerobinen aineenvaihdunta aktivoituu ja veren maitohappopitoisuus nousee perustason yläpuolelle (Mezzani 2017, 5). Kun maitohappopitoisuus pääsee veressä kasvamaan, puhutaan I maitohappokynnyksestä. Tässä vaiheessa hengityksen minuuttiventilaatio kasvaa sekä uloshengityksen hiilidioksidipitoisuus lisääntyy nopeasti verrattuna hapenkulutukseen (I ventilaatiokynnys). (Piirilä & Tikkanen 2021, 1644.) Ensimmäinen ventilaatiokynnys saavutetaan yleensä 40–60 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta (Mezzani 2017, 6).

Kun maitohappopitoisuus rasituksen lisääntyessä kasvaa jälleen, puhutaan II maitohappokynnyksestä. II maitohappokynnys näkyy hengityksessä, ventilaatio lisääntyy hiilidioksidin tuotantoon verrattuna ja uloshengityksen loppuvaiheessa hiilidioksidi alkaa vähentyä. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1644.) Tätä vaihetta kutsutaan II ventilaatiokynnykseksi tai ”respiratoriseksi kompensatiopisteeksi” ja se saavutetaan yleensä noin 70–80 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta (Mezzani 2017, 6).

Ensimmäinen ja toinen ventilaatiokynnys ovat tärkeitä parametreja aerobisen harjoittelun intensiteetin määrittämiseen. Ventilaatiokynnykset eivät aina ole tunnistettavissa potilailla, joilla on vakavasti alentunut rasituksen sietokyky. Jos ensimmäistä ventilaatiokynnystä ei kyetä tunnistamaan, pidetään sitä tärkeänä negatiivisena ennusteena potilailla, joilla on pitkälle edennyt krooninen sydämen vajaatoiminta. (Mezzani 2017, 6.) Anaerobinen kynnys voi olla matala vähäisen liikunnan tai huonon yleiskunnon vuoksi (Piirilä & Sovijärvi 2013, 1252). Se on myös riippuvainen mahdollisista kardiorespiratorisista sairauksista sekä harjoittelun asteesta (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d).

### 2.6.3 Happipulssi ja ventilatoriset muuttujat

Spiroergometrian aikana mitataan hapenkulutuksen ja ventilaatiokynnysten lisäksi myös happipulssia ja ventilatorisia muuttujia, joita ovat hengitysreservi, ventilatoriset ekvivalentit, et-CO<sub>2</sub>, kuolleiden tilan ventilaatio, hengitysosamäärä ja virtaus-tilavuuskäyrä rasituksessa. Happipulssi kertoo hapenkulutuksesta suhteessa sydämen lyöntitaajuuteen. Happipulssi käyttäytyy eri tavoin keuhko- ja sydänpotilailla ja siihen vaikuttavat muun muassa sydämen iskutilavuus sekä lihasten hapenotto-kyky. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d.) Happipulssi antaa siis tietoa verenkierron kapasiteetista (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018c). Hengitysreservi (BR) kuvaa minuuttiventilaation riittävyyttä maksimirasituksessa. Jos hengitysreservi on alentunut, se viittaa suorituskyvyn ventilatoriseen rajoittumiseen. Alentunut hengitysreservi voi näkyä myös hyperventiloinnin yhteydessä, jolloin kyseessä on ventilaation säätelyhäiriö. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d.)

Ventilatorisia ekvivalentteja on kaksi: hiilidioksidin hengitysekvivalentti ja hapen hengitysekvivalentti. Hiilidioksidin hengitysekvivalentti on minuuttiventilaation suhde hiilidioksidin tuottoon ja hapen hen-

gitysekvivalentti on vastaavasti minuuttiventilaation suhde hapenkulutukseen. Nämä hengitysekvivalentit kuvaavat ventilaation suhdetta metaboliseen kaasujenvaihduntaan.  $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$  kuvaa uloshengityksen lopussa mitattua hiilidioksidipitoisuutta. Minuuttiventilaatio ylittää metabolisen tarpeen esimerkiksi hyperventilaation aikana. Hyperventilaatiossa siis hengitysekvivalentit nousevat poikkeuksellisen korkeiksi, lisäksi  $\dot{V}_E/\dot{V}_{O_2}$  laskee. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d.) Kuolleen tilan ventilaatio-osuus ( $\dot{V}_E/\dot{V}_T$ ) on kuolleen tilan ja kertahengitystilavuuden suhde (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d). Kuolleella tilalla tarkoitetaan keuhkoihin tulevaa ilmaa, joka jää niin sanotun anatomisen kuolleen tilan alueelle. Aikuisilla kuollut tila on noin 150–200 millilitraa. (Sovijärvi, Salorinne & Malmberg 2018.) Spiroergometria tutkimuksessa kuolleen tilan ventilaatio-osuus voidaan estimoida. Terveillä henkilöillä kuolleen tilan ventilaatio-osuus pienenee rasituksessa, mutta keuhkosairauksissa se voi suurentua. Kuolleen tilan ventilaatio-osuuden suureneminen on osoitus heikentyneestä ja patologisesta keuhkojen kaasujenvaihdunnasta. (Sovijärvi, Piirilä, Laitinen 2018d.)

Hengitysosamäärä (RQ) kertoo hiilidioksidin tuotannon ja hapen kulutuksen suhteen. Levossa hengitysosamäärä on terveillä ihmisillä noin 0,8 ja se nousee rasituksen aikana. Hengitysosamäärän nousminen johtuu maitohapon vapautumisesta, jonka anaerobinen metabolia aiheuttaa. (Sovijärvi, Piirilä, Laitinen 2018d.) Jotta rasituksen tiedetään olleen riittävä, tulee hengitysosamäärän nousta yli arvon 1. Tällöin rasitusta voidaan pitää objektiivisesti maksimaalisena ja tarpeeksi edustavana. (Sovijärvi & Tikkanen 2021, 1645.) Virtaus-tilavuuskäyrää eli virtaus-tilavuussilmukoita rekisteröidään rasituksen aikana eri rasitusportailta (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d). Virtaus-tilavuussilmukoita yritetään mitata 2–3 minuutin välein, joka tarkoittaa, että mitataan kertahengityksen syvyyttä (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642). Mahdollista uloshengitys- tai sisäänhengitysilman virtauksen tai tilavuuden rajoittumista voidaan havaita vertailemalla rasituksen aikana otettua virtaus-tilavuuskäyrää ennen rasitusta mitattuun maksimaaliseen spirometria-käyrään (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d).

### 3 FYYSISTÄ SUORITUSKYKYÄ RAJOITTAVAT TEKIJÄT

Spiroergometriaa käytetään kliinisen fysiologian yksiköissä kliinisessä käytössä sekä liikuntafysiologiassa määrittämään maksimaalista hapenottoa ja työkykyä. Tutkimuksen avulla on mahdollista diagnosoida sairauksia sekä arvioida leikkausriskiä ja työkykyä. Spiroergometrian avulla saadaan kuva henkilön aerobisesta kaasujenvaihduntakapasiteetista sekä anaerobisen metabolian ilmaantumisherkyydestä. Lisäksi saadaan tietoa verenkierron kapasiteetista ja ventilaation määrään liittyvistä poikkeavuuksista suhteessa rasisasteeseen, hiilidioksidin tuottoon ja hapenkulutukseen. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018c.) Tutkimuksia tehdään pääosin aikuisille, mutta se on mahdollista tehdä myös kouluikäisille lapsille (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642). Eri sairaustilojen patofysiologisista mekanismeista saadaan tietoa spiroergometriassa mitattavien muuttujien tulosprofiileista. Muuttujien avulla pystytään selvittämään rajoittumisen mekanismi ja syy. (Piirilä & Sovijärvi 2013, 1251–1255.)

#### 3.1 Respiratoriset tekijät

Suorituskyvyn rajoittuminen keuhkosairauksien yhteydessä voi johtua keuhkojen kaasujenvaihduntakyvyn alenemisesta, keuhkoputkien ahtautumisesta tai keuhkotilavuuden pienentymisestä. Rasituksen aikana hengitysvirtauksessa esiintyvää rajoittumista voidaan arvioida virtaustilavuussilmukoilla. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1646.) Virtaus-tilavuussilmukoiden avulla tutkitaan rasituksenaikaista hengitysmekaniikkaa. Ennen rasitusta lepovaiheessa otetaan maksimaalinen spirometriakäyrä, johon verrataan rasituksenaikaista virtaus-tilavuuskäyrää. (Piirilä & Sovijärvi 2013, 1255.)

Keuhkotuuletuksen tarkoituksenmukaisuutta voidaan mitata spiroergometrian yhteydessä. Kun keuhkotuuletuksen kasvu on voimakkaampaa kuin hiilidioksidin tuotanto, puhutaan hyperventilaatiosta. Hyperventilaatiossa myös hapenkulutus suurenee ja loppu-uloshengityksessä uloshengitysilman hiilidioksiditaso pienenee. Hengityksen säätelyn häiriö tai keuhko- ja sydänsairaudet sekundaarisena tai kompensatorisena tekijänä voivat johtaa hyperventilaatioon rasituksen aikana. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1646.)

Minuuttiventilaatio (VE) kuvaa keuhkojen tuuleutusta. Normaalisti ventilatorinen hengitysreservi (BR) jää rasituskokeessa ainakin 30 % maksimaalisesta tahdonalaisesta minuuttiventilaatiosta (MVV). Hengitysreservi kuitenkin pienenee hyperventilaation ja ventilaatiotoimintaa pienentävien keuhkosairauksien yhteydessä. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1646.)

##### 3.1.1 Keuhkoahtaumatauti

Keuhkoahtaumatauti eli COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) on yleinen sairaus, joka on estettävissä. Pääasiassa keuhkoahtaumatautia aiheuttaa tupakointi ja, mitä enemmän tupakansavulle altistuu, sen todennäköisempää on sairastua. (Keuhkoahtaumatauti: Käypä hoito -suositus, 2020; Harju & Katajisto 2021c.) Sairaudelle on tyypillistä krooninen tulehdus, jatkuvat hengitystieoireet sekä etenevä ilmasteiden ahtaus. Krooninen tulehdus syntyy, kun hengittäessä altistuu haitallisille kaasuille ja hiukkasille. Sairaudessa on kolme osatekijää: keuhkorakkuloiden tuhoutumisesta eli emfyseemasta ja keuhkoputkien ahtautumisesta eli obstruktiosta johtuva uloshengitysvirtauksen hidastuminen, krooninen keuhkoputkentulehdus sekä keuhkojen ulkopuoliset muutokset. Sairauden

ilmiasu vaihtelee potilaittäin ja vaikuttaa taudin kulun ja hoidon lisäksi ennusteeseen. Ilmiasun vaihteluun vaikuttaa esimerkiksi pahanemisvaiheiden esiintyminen, samanaikainen astma, emfyseeman ja obstruktion vaikeusaste, kroonisen keuhkoputkentulehduksen oireet sekä eosinofiilimäärä. (Keuhkohtaumatauti: Käypä hoito -suositus, 2020.)

On arvioitu, että noin 200 000 suomalaista sairastaa keuhkohtaumatautia. 60–69-vuotiaista naisista 2 % ja miehistä 5 % on raportoitu sairastavan lääkärin diagnosoimaa keuhkohtaumatautia. 80 vuotta täyttäneistä tautia on raportoitu sairastavan naisista 4 % ja miehistä 9 %. (Keuhkohtaumatauti: Käypä hoito -suositus, 2020.) Sairaus on alidiagnosoitu eli ilman diagnoosia on arviolta puolet sairastavista. Sairaus on yleinen ja sen esiintyvyys on maailmalaajuisesti kasvussa. Keuhkohtaumatauti on maailmassa kolmanneksi yleisin kuolinsyy. Suomessa tupakointi on syynä sairauteen yli 90 % tapauksista. Maailmanlaajuisesti sairauteen vaikuttavat ilmansaasteet ja passiivinen savun hengittäminen. On arvioitu, että 20–30 % tupakoijista sairastuu keuhkohtaumatautiin. (Harju & Katajisto 2021b.)

Keuhkohtaumatautia on mahdollista ehkäistä välttämällä kaasu-, pöly- ja huurualtistumisia työssä tai tupakkatuotteiden käyttöä ehkäisemällä. (Keuhkohtaumatauti: Käypä hoito -suositus, 2020.) COPD diagnosoidaan spirometrian avulla. Spirometriassa voidaan todeta obstruktio eli keuhkoputkien ahtautuminen. Keuhkohtaumataudin diagnoosi vaatii, että spirometriatutkimuksessa sekuntikapasiteetti (FEV1) ja sekuntikapasiteetin ja nopean vitaalikapasiteetin suhde (FEV1/FVC) ovat pienentyneet. Lisäksi kansainvälisen GOLD-määritelmän mukaan obstruktio pysyy ennallaan myös keuhkoputkia laajentavan lääkkeen jälkeen. (Harju & Katajisto 2021a.) Spiroergometriassa keuhkohtaumataudin tyypillinen löydös on korjautumaton obstruktio, joka ei muutu rästituksen aikana merkittävästi (Piirilä & Tikkanen 2021, 1646).

### 3.1.2 Astma

Astma on pitkäaikainen keuhkosairaus, johon voi sairastua missä iässä tahansa. Astmaan kuuluu hyperaktiivisuus eli keuhkoputkien lisääntynyt supistumisherkkyys. Siihen liittyy yleensä inflammaatio eli keuhkoputkien limakalvotulehdus. Tavallisimpia oireita ovat limaneritys, hengenahdistus, yskä, uloshengityksen vinkuminen ja painon tunne rintakehällä. (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022.) Oireet voivat vaihdella ja olla kohtausmaisia. Astman ilmentymiseen voivat vaikuttaa perintötekijät ja ympäristötekijät. (Kauppi & Lehtimäki 2021c.) Esimerkiksi astmaan sairastumisen riskiä voi suurentaa tupakointi tai tupakansavulle altistuminen (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022).

Suomessa astmaa sairastaa noin 10 % väestöstä (Kauppi & Lehtimäki 2021a) ja erityiskorvattaviin astmalääkkeisiin oikeutettuja vuonna 2019 oli noin 282 000 henkilöä (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022). Nykyaikaisten lääkkeiden ansiosta astman ennuste on parantunut sekä päivystyskäyntien ja sairaalahoitojen määrä vähentynyt. Astmakuolleisuus on vähäistä Suomessa, (Kauppi & Lehtimäki 2021c) vuonna 2019 astmakuolemia oli Suomessa 63 (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022).

Astma voidaan jakaa erilaisiin fenotyypeihin eli ilmiasuihin kliinisten piirteiden avulla, kuten oireiden vaikeuden, liitännäissairauksien, astman alkamisiän ja pahanemisvaiheiden esiintymisen mukaan. Astman jakaminen erilaisiin alatyyppeihin tulehdusmekanismin mukaan on tärkeää, jotta ymmärretään astman mekanismi ja hoitovaste paremmin. Tärkeimpiä astman alatyyppejä ovat allerginen



eosinofiilinen ja ei-allerginen eosinofiilinen astma. Huonommin tunnettuja astman alatyyppejä ovat neutrofiilinen ja vähägranulosyyttinen astma. (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022.)

Jos astmatulehdus jatkuu pitkään ja on voimakas, limakalvolle ja limakalvonlaiseen kudokseen voi aiheutua rakenteellisia muutoksia. Rakenteelliset muutokset voivat olla limakalvovaurioita, sileän lihaskerroksen ja tyvikalvon paksuuntumista ja verisuonten uudismuodostusta. Kun keuhkoputkien ahtautuminen on epätasaista ja vaihtelevaa, aiheuttaa se muutosta keuhkojen eri osien tuuletus-verenkiertosuhteeseen. Tämä muutos voi pienentää valtimoveren happipitoisuutta. Lievän ja alkavan astman oireilu on usein jaksoittaista ja keuhkojen toiminta on suurimmaksi osaksi normaalia. Tämä johtuu keuhkoputkien ahtautumisen vaihtelevuudesta. Keuhkoputkien ahtautuminen ja oireilu voi olla pysyvää sekä osin palautumatonta, tällöin kyseessä on vaikea astma. (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022.)

Astman diagnosointi perustuu oireiden sekä vaihtelevan tai lääkityksellä palautuvan keuhkoputkien ahtautumisen osoittamiseen (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022). Vaihteleva tai lääkityksellä palautuva keuhkoputkien obstruktio voidaan todeta spirometriatutkimuksella ja bronkodilataatiokokeella (Kauppi & Lehtimäki 2021b). Obstruktio voidaan todeta myös kahden viikon PEF-seurannalla, jossa puhallukset suoritetaan kaksi kertaa päivässä, aamulla ja illalla ennen avaavan lääkkeen ottamista sekä sen jälkeen (Astma: Käypä hoito -suositus, 2022). Spiroergometriassa astma voidaan nähdä virtauksen rajoittumisena, joka johtuu keuhkoputkien ahtautumisesta, sekä sekundaarisena hyperventilaationa (Piirilä & Tikkanen 2021, 1646).

### 3.1.3 Keuhkofibroosi

Idiopaattinen keuhkofibroosi (idiopathic pulmonary fibrosis, IPF) on sairaus, joka alkaa tuntemattomasta syystä (Rajala, Kaunisto, Lauri, Hodgson & Myllärniemi 2019, 857). Sairaus on yleensä vaikea ja etenevä keuhkoja fibrotisoiva eli arpeuttava. Keuhkofibroosi voi kuitenkin edetä arvaamattomasti sekä monella tapaa. (Kaarteenaho 2021a.) Taudinkulku on siis vaihteleva, mutta tauti on kuitenkin etenevä ja voi äkillisesti vaikeutua (Salomaa 2022).

Idiopaattinen keuhkofibroosi diagnosoidaan yleensä yli 60-vuotiailla. Sairauden ennuste on yleensä huono, kansainvälisten tutkimusten mukaan elinajan odote on keskimäärin 3–5 vuotta ja suomalaisten aineistojen mukaan elinajan odotteen mediaani on 3,5 vuotta. Suomalainen aineisto on kerätty ennen antifibroottisia lääkityksiä, joten lääkkeet todennäköisesti parantavan elinajan odotteen ennustetta. (Rajala ym. 2019, 857.) Suomessa idiopaattista keuhkofibroosia sairastaa noin 500–1000 henkilöä (Salomaa 2022). Sairaus on tavallisempi miehillä kuin naisilla (Kaarteenaho 2021b).

Idiopaattisen keuhkofibroosin yleisimmät oireet ovat hengenahdistus, yskä, ahdistus, uupumus ja masennus. Lisäksi on havaittu myös liike- ja lepokipua, kipu sijoittuu usein rinnan alueelle. Sairaus huonontaa potilaiden elämänlaatua merkittävästi kaikilla osa-alueilla. (Rajala ym. 2019, 857–858.) Avoterveydenhuollossa tehdään yleensä perusselvityksiä pitkittyneeseen yskään sekä hengenahdistukseen, mutta kun aletaan epäillä idiopaattista keuhkofibroosia, jatkotutkimukset tehdään erikoissairaanhoidossa. Alkuvaiheessa on tärkeä selvittää, onko potilaalla muita altistavia tekijöitä keuhkofibroosille, esimerkiksi nivelreumaa tai asbestialtistusta. (Kaarteenaho 2021b.)

Sairauden diagnosointi vaatii asiantuntemusta, mutta myös tiivistä yhteistyötä (Kaarteenaho 2021a). Kansainvälisessä suosituksessa on ehdotettu, että moniammatillisissa kokouksissa käsiteltäisiin potilaiden hoitoa ja diagnostiikkaa. Moniammatillisten kokousten avulla olisi mahdollista käsitellä tarkkaa erotusdiagnostiikkaa, hoitomahdollisuuksia sekä arvioida keuhkonsiirron mahdollisuutta. Diagnostointia varten tarvitaan siis moniammatillinen työryhmä, johon usein kuuluu keuhkolääkäri, patologi, keuhkoradiologiaan perehtynyt radiologi sekä tarvittaessa reumalääkäri. (Kaarteenaho 2021b.)

Keskeistä idiopaattisen keuhkofibroosin diagnosoinnissa on keuhkojen ohutleiketietokonetomografia eli HRTT. HRTT-kuvissa keuhkofibroosi ilmenee verkkomaisena kuvioituksena eli retikulaationa, johon voi liittyä arpeutumisesta johtuvaa laajentumista keuhkoputkissa eli traktiobronkiektasioita. Diagnoosi voidaan tehdä suurelle osalle potilaista tyypillisen HRTT-löydöksen sekä klinisen kuvan perusteella. Keuhkokudosnäytteen ottamista harkitaan, jos sairauden kliniset piirteet eivät sovi keuhkofibroosiin tai HRTT-löydös on epätyypillinen. Kaikilta potilailta keuhkokudosnäytettä ei voida ottaa huonon kunnan vuoksi. Tavallinen interstitiaalinen pneumonia eli UIP (usual interstitial pneumonia) on histopatologinen löydös, joka voidaan todeta histologisessa tutkimuksessa keuhkobiopsiasta. UIP-löydöstä voidaan nähdä idiopaattisen keuhkofibroosin lisäksi myös muissa keuhkokudoksen sairauksissa, kuten alveoliitissa ja kroonisessa allergiassa. (Rajala ym. 2019, 858–859.) UIP-löydökselle on tyypillistä vaihtelevuus histologisessa kuvassa. Osa keuhkokudoksesta voi säilyä normaalina, mutta paikoin esiintyy laajentuneita ilmateitä eli hunajakennomuutosta sekä tiivistä fibroosia. Myös tuoretta fibroosia voi esiintyä: tyypillistä sille ovat fibroblastifokukset. (Kaarteenaho 2021b.)

Idiopaattiseen keuhkofibroosiin ei ole olemassa parantavaa lääkettä. Lääkkeiden avulla voidaan kuitenkin hidastaa taudinkulkua (Kaarteenaho 2021b). Lääkkeiden vaikutus oireisiin sekä elämänlaatuun on kuitenkin vähäinen (Rajala ym. 2019, 861).

Spiroergometriatutkimuksessa selvittävien keuhkokudoksen sairauksien tyypillisiä löydöksiä ovat pienentynyt hengitysreservi, suuri hengitystaajuus, ventilaation kasvu suhteessa hiilidioksidin tuotantoon ja hapenkulutukseen, pieni kertahengitystilavuus sekä hypoksemia, joka syvenee rasituksessa ja johtuu diffuusiokapasiteetin pienenemisestä. Kertahengitystilavuus on rasituksen aikana melkein vitaalikapasiteetin suuruinen. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1646.)

### 3.2 Sydänperäiset tekijät

Sydämen pieni iskuilavuus (SV) on usein syynä sydänperäisessä suorituskyvyn rajoittumisessa. Pienen iskuilavuuteen vaikuttaa usein sydänsairaus, kuten sydämen rytmihäiriö, sydänlihaksen iskemiat ja eteisvärinä. Verenpainevaste rasituksen aikana voi jäädä matalaksi johtuen pienestä sydämen iskuilavuudesta. Kun verenpainevaste on pieni, sekä hapenkulutus että happipulssi jäävät pieniksi ja samaan aikaan ääreisverenkierron tehokkuus pienenee. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1647.)

#### 3.2.1 Sydämen vajaatoiminta

Sydämen vajaatoiminta on oireyhtymä, jonka taustalla voi olla erilaisia sydänsairauksia. Oireyhtymän syynä on verenkierron riittämättömyys elimistön tarpeisiin, mikä johtuu sydämen pumppauskyvyn pienentymisestä. Sydämen vajaatoiminta voidaan jakaa kahteen tyyppiin: systoliseen ja diastoliseen. Systolisesta sydämen vajaatoiminnosta on kyse, kun vasemman kammion ejektiofraktio eli pump-

pauskyky on pienentynyt, lyhenteenä käytetään HFrEF (Heart Failure with reduced Ejection Fraction). Diastolisessa sydämen vajaatoiminnassa ejektiofraktio on enintään lievästi pienentynyt tai normaali, lyhenteenä käytetään HFpEF (Heart Failure with preserved Ejection Fraction). (Sydämen vajaatoiminta: Käypä hoito -suositus, 2017.)

Sydämen vajaatoiminta kehittyy sydänlihaksen toimintaan ja ominaisuuksiin vaikuttavien muutosten seurauksena. Esimerkiksi sydänlihas voi vaurioitua sydänlihasiskemiassa tai sydäninfarktissa ja läppäviat sekä verenpaine voivat aiheuttaa paine- ja tilavuuskuormitusta sydänlihakseen. Sydämen vajaatoiminnan tyypillisiä oireita ovat heikentynyt suorituskyky, hengenahdistus, väsymys, pitkittynyt palautuminen ja nilkkaturvotus. Tyypillisiä löydöksiä ovat kohonnut kaulalaskimopaine, merkittävä sydämen sivuääni ja perifeeriset turvotukset. (Sydämen vajaatoiminta: Käypä hoito -suositus, 2017.)

Sydämen vajaatoimintaa esiintyy Suomessa 1–2 % koko väestöstä. Iän myötä esiintyvyys suurenee ja 70-vuotiaista 10 %:lla esiintyy sydämen vajaatoimintaa. Vajaatoiminnan syy selvitetään sen toteutuksen jälkeen, jotta potilaan hoito voidaan suunnitella asianmukaisesti. Sepelvaltimotauti, sydämen vasemman puolen läppäviat ja hypertensio eli kohonnut verenpaine ovat syynä noin 90 % sydämen vajaatoiminnasta. Loput 10 % johtuvat monista erilaisista syistä, kuten rytmihäiriöistä, synnynnäisistä sydänvicioista, kardiomyopatioista ja sydänlihastulehduksista. Tyypillistä sydämen vajaatoiminnalle on toistuvat pahenemisjaksot, joiden aikana yleensä tarvitaan sairaalahoitoa. Sydämen vajaatoiminnan ennuste voi vaihdella suuresti vaikeusasteen sekä muiden ennustetekijöiden mukaan. Lääkehoidon kehittymisen seurauksena ennuste on parantunut, mutta on edelleen huono iäkkäillä potilailla. Kuolleisuus on suuri edelleen, koska oireyhtymä kehittyy sydänsairauksien loppuvaiheena. Vuosittain kuolleisuus kroonisessa sydämen vajaatoiminnassa on noin 5–8 %. (Sydämen vajaatoiminta: Käypä hoito -suositus, 2017.)

Sydämen vajaatoiminta on vaikea tunnistaa ja ali- ja yli diagnostiikka on tavallista. Potilaan ennusteen ja hoidon kannalta on tärkeää saada oikea diagnoosi sekä vähentää viivettä. Diagnoosi annetaan kliinisten löydösten, oireiden, kuvantamislöydösten sekä tutkimustulosten avulla. Sydämen vajaatoiminnan diagnoosi siis vaatii oireiden ja kliinisten löydösten lisäksi osoitusta sydänsairaudesta. Sydänsairaus voidaan osoittaa EKG:n, Thorax-röntgenkuvauksen ja natriureettisten peptidien (P-proBNP) avulla. Sydämen vajaatoiminnassa EKG on harvoin normaali, mutta sen spesifisyys on rajallinen osoittamaan sydämen vajaatoimintaa. Thorax-röntgenkuvauksessa nähdään sydämen koko ja keuhkojen laskimoverekyyden avulla vasemman eteisen painetta. Jos röntgenkuvassa nähdään korostunutta verekkyyttä, on se vahva viite sydämen vajaatoiminnasta. Natriureettisten peptidien (NP) avulla voidaan määrittää vasemman kammion kuormittuneisuutta. Kun epäillään sydämen vajaatoimintaa, on suositeltavaa mitata NP-pitoisuus. Suurentuneet pitoisuudet viittaavat melko varmasti sydämen vajaatoimintaan. Sydämen vajaatoiminnan diagnoosi varmennetaan sydämen ultraäänitutkimuksella. Ultraäänitutkimuksen avulla saadaan usein selville vajaatoiminnan mekanismi sekä etiologia. (Sydämen vajaatoiminta: Käypä hoito -suositus, 2017.)

Spiroergometriaa käytetään sydämen vajaatoimintapotilailla, joilla harkitaan mekaanisen apupumpun asentamista tai sydämen siirtoa. Tutkimus on tärkeä, koska sen avulla saadaan mitattua potilaiden maksimaalinen hapenottokyky, joka on paras ennustetekijä vaikeassa sydämen vajaatoimin-

nassa. Spiroergometrian avulla voidaan myös arvioida ventilaation ja verenkierron osuutta hengenahdistukseen. (Sydämen vajaatoiminta: Käypä hoito -suositus, 2017.) Rasituksen aikana sydämen vajaatoimintapotilaalla voidaan havaita hengityksessä virtauksen rajoittumista ja sille tyypillistä pientä uloshengityksen lopputilavuutta (Piirilä & Tikkanen 2021, 1647).

### 3.2.2 Sepelvaltimotauti

Sydämen omia valtimoverisuonia kutsutaan sepelvaltimoiksi. Sepelvaltimoita on kaksi, vasen ja oikea. Ne lähtevät aortan alkuosasta ja sijaitsevat sydämen pinnalla. Sepelvaltimoiden tehtävä on tuoda ravinteita ja happea sydänlihakseen. (Parkkila 2023.) Kroonisessa sepelvaltimo-oireyhtymässä sepelvaltimoiden seinämiin kehittyy ateroskleroosia eli kyseessä on sydämen valtimoiden sairaus. (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022.) Ateroskleroosi eli valtimonkovettumatauti kehittyy hitaasti ja aiheuttaa valtimoihin ahtaumia ja tukoksia (Kettunen 2023). Sepelvaltimotauti lukeutuu sydän- ja verisuonisairauksiin ja se on Suomen yksi merkittävimmistä kansansairauksista syöpien lisäksi (Kettunen 2021). Suomessa vuonna 2020 erityiskorvattaviin lääkkeisiin kroonisessa sepelvaltimotaudissa sekä siihen liittyvän rasva-aineenvaihdunnan häiriössä oli oikeutettu 183 190 henkilöä (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022).

Sepelvaltimoiden ateroskleroosiksi kutsutaan tautia, joka on oireeton ja todettu kuvantamisen avulla. Kun potilaalla on oireita, hän on sairastanut aiemmin sepelvaltimotautikohtauksen tai hänet on aiemmin revaskularisoitu, puhutaan kroonisesta sepelvaltimo-oireyhtymästä. (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022.) Revaskularisaatio tarkoittaa, että potilaalle on tehty sepelvaltimoiden toimenpidehoitona joko pallolaajennus tai ohitusleikkaus (Porela, Romppanen & Juvonen 2023). Tyypillinen oire sepelvaltimotaudissa on rasituksessa ilmenevä kipu rintalastan takana, joka helpottaa nitraateilla tai levossa (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022).

Rintakipu voi alkaa sekä henkisessä että fyysisessä rasituksessa ja sitä kutsutaan nimellä angina pectoris (Kettunen 2021). Oireina voi myös olla rintakehällä tuntuva paine, epämukavuus, närästys, pahoinvointi, hengenahdistus tai suorituskyvyn merkittävä lasku (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022). Sepelvaltimotauti voi aiheuttaa äkkikuoleman, sydämen vajaatoiminnan tai sydäninfarktin (Kettunen 2021). Vakaa sepelvaltimoperäinen rintakipu -termiä käytetään, jos oireet esiintyvät pitkään samanlaisina ja samoissa tilanteissa (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022).

Sepelvaltimotaudin riskitekijöitä, joihin ei voi itse vaikuttaa, ovat sukupuoli ja ikä. Sepelvaltimotaudin esiintyvyys nousee iän myötä ja miehillä oireyhtymää esiintyy keskimäärin nuorempana kuin naisilla. Muita riskitekijöitä ovat perintötekijät sekä tupakointi, dyslipidemia eli suurentunut LDL-kolesterolipitoisuus, diabetes, hypertensio, vähäinen liikunta sekä runsas istuminen ja keskivartalolihavuus. Muita vaaratekijöitä ovat esimerkiksi munuaisten vajaatoiminta, muiden valtimoiden ateroskleroosi ja inflammatiot esimerkiksi matala-asteinen tulehdus, reumasairaudet, uniapnea ja psyykinen kuormitus. (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022.)

Kliininen tutkimus on perustutkimus, joka tehdään, kun potilaalla on rintakipua tai epäillään sepelvaltimotautia. Kliinisen tutkimuksen löydös on usein normaali, mutta voi paljastaa vaihtoehtoisen syyn

rintakivulle. Kaikilta potilailta rekisteröidään lepo-EKG, kun epäillään sepelvaltimotautia. EKG-rekisteröinti on usein normaali, mutta siinä voi kuitenkin näkyä sepelvaltimotautiin viittaavia löydöksiä. Perustutkimuksiin lukeutuu myös verenpaineen mittaaminen sekä laboratoriokokeista veren paastogluukoosi, lipidiarvot, perusverenkuva, kreatiinipitoisuus, HbA1C-pitoisuus sekä tarvittaessa ALAT. Thorax-röntgenkuvaus otetaan, jos se on erotusdiagnostiikan kannalta tarpeellista. Sepelvaltimoiden tietokonetomografialla (TT) voidaan todeta sepelvaltimotauti. TT-tutkimuksen avulla nähdään ahtaumien lisäksi ateroskleroosi ahtauttamattomissa sepelvaltimoissa. TT-tutkimusta käytetään erityisesti sulkemaan pois ahtauttava sepelvaltimotauti. Muita tutkimuksia, joita voidaan käyttää apuna sepelvaltimotaudin diagnostiikassa ovat kliininen rasituskoe, sydänlihaksen perfuusion isotooppikuvaus ja PET-kuvaus, rasisultraäänikuvaus, sepelvaltimoiden kajoava varjoainekuvaus ja sydämen ultraäänikuvaus. (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022.)

Rasituksessa sydänlihasiskemia voi estää sydämen iskutilavuutta suurentumasta sekä pienentää sydämen minuuttitulavuutta. Kun sydämen minuuttitulavuus on pienentynyt, hapenkulutus on normaalia vähäisempää. (Piirilä & Sovijärvi 2013, 1259.) Kliinisen rasituskokeen avulla saadaan tärkeää tietoa sepelvaltimotaudin ennusteesta. Iskemian lisäksi saadaan tietoa mahdollisista rytmihäiriöistä, verenpaineen rasitusasteesta, oireiden yhteydestä rasitukseen, sykkeen käyttäytymisestä sekä potilaan suorituskyvystä. (Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä: Käypä hoito -suositus, 2022.) Spiroergometriassa saadaan edellisten lisäksi tietoa myös keuhkojen toiminnasta (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642).

### 3.3 Lihavuus

Lihavuus on pitkäaikaissairaus, joka voidaan luokitella vyötärön ympäryksen ja painoindeksin (body mass index, BMI) mukaan. Lihavuuden kokonaisarviossa huomioidaan liitännäissairaudet painoindeksin sekä vyötärön ympäryksen ohella. Painoindeksi lasketaan: paino jaettuna pituuden neliöllä, jossa paino ilmoitetaan kilogrammoina ja pituus metreinä. (Lihavuus (lapset, nuoret ja aikuiset): Käypä hoito -suositus, 2023.)

Lihavuudessa kehossa on rasvakudosta normaalia suurempi määrä. Painoindeksi on käyttökelpoinen suhteellisen painon mittari, jonka avulla on mahdollista luokitella lihavuuden vaikeusaste. Painoindeksin avulla ei voida erottaa epätavallisten suuren lihasmassan tai turvotuksen aiheuttamaa painon nousua, mutta sillä on vahva yhteys rasvakudoksen määrään. Kansainvälisesti on sovittu ylipainon alkavan painoindeksi-arvosta 25 kg/m<sup>2</sup>. Tämän painoindeksi-arvon ylittyminen suurentaa riskiä sairastua moniin sairauksiin. Lihavuuden raja-arvona on kansainvälisesti hyväksytty painoindeksi 30 kg/m<sup>2</sup>, jonka ylittyminen suurentaa sairastumisriskiä selvästi. Kun painoindeksi on yli 30 kg/m<sup>2</sup>, vyötärön ympäryksen mittaaminen täydentää sen määrittystä. Vyötärölihavuudesta eli vyötärön ympäryksen suurenemisesta puhutaan silloin, kun sisäelimiin ja vatsaonteloon on kertynyt liiallista rasvakudosta. Merkittävänä vyötärölihavuuden alarajana kliinisessä työssä miehillä voidaan pitää arvoa 100 cm ja naisilla 90 cm. Nämä arvot myötäilevät metabolisen oireyhtymän määrittämisessä käytettyjä kansainvälisiä raja-arvoja. (Lihavuus (lapset, nuoret ja aikuiset): Käypä hoito -suositus, 2023.)

Suomessa arvioidaan olevan 2,5 miljoonaa yli 30-vuotiasta ylipainoista ihmistä, joiden painoindeksi on yli 25 kg/m<sup>2</sup>. Näistä ylipainoisista noin miljoona on lihavia eli heidän painoindeksinsä on yli 30

kg/m<sup>2</sup>. Lihavuuteen vaikuttaa monet sekä yhteiskunnalliset että yksilölliset tekijät. Lihavuus kuitenkin johtuu liiallisesta energiansaannista suhteessa energiankulutukseen. (Lihavuus (lapset, nuoret ja aikuiset): Käypä hoito -suositus, 2023.)

Kun lihavalla henkilöllä on rintakehällä ja vatsaontelossa rasvakudosta, se aiheuttaa rintaontelon seinämien venyvyyden ja tilavuuden pientymistä. Tällöin uloshengityksen varatila vähenee sekä pienet hengitystiet ahtautuvat dynaamisesti. Usein alkurasituksen aikana hapenkulutus ja hengitystyö kasvavat, koska vatsaontelon paine on kasvanut. Sisäänhengityksessä keuhkojen laajeneminen taapautuu tätä painetta vastaan ja tarvitaan suurempaa hapenkulutusta tehoyksikköä kohden verrattuna normaalipainoiseen henkilöön. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1646.)

Lihavuudessa virtaustilavuussilmukoista voidaan nähdä virtausrajoittuminen ja pienentynyt loppuuloshengitystilavuus. Keuhkomekaniikan häiriöiden ja hengitystyön suurenemisen takia lihavilla on oireilua, joka voidaan aistia rasituksen aikana hengästymisenä. Ylipaino voi vaikuttaa suorituskyyntiin, koska hapenkulutus suhtautettuna painoon on yleensä pieni. Laihduttamisen avulla voidaan parantaa suorituskyyntiä lisäksi rasituksen aikaista kaasujenvaihduntaa ja hengitysmekaniikkaa. (Piirilä ja Tikkanen 2021, 1647.)

## 4 SPIROERGOMETRIATUTKIMUKSEN SUORITUS

Kliininen rasituskoe jaetaan lepovaiheeseen, rasitus- tai kuormitusvaiheeseen ja palautumisvaiheeseen. Rasitusvaihe voidaan jakaa kahteen osaan: kuormittamattomaan vaiheeseen ja kasvavan rasituksen vaiheeseen. Alkumittausten perusteella potilaalle valitaan viitearvot, joihin suoritusta verrataan. Rasituskoe suoritetaan usein polkupyöräergometrillä oirerajoitteisesti, mutta se voidaan suorittaa myös juoksumatolla. Polkupyöräergometrillä on monia etuja: se on turvallinen, säästää niveliä ja aktivoi useita eri lihasryhmiä. Tutkimuksen onnistumisen kannalta on hyvä, ettei potilaan paino vaikuta ulkoiseen työkuormaan. (Glaab & Taube 2022, 3.) Tutkimuksessa pyritään oirerajoitteeseen maksimiin. Tällöin subjektiivinen rasitusaste on 90 % henkilön maksimista eli Borgin asteikolla 17–19/20. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1645–1647.) Rasituksen tiedetään olleen riittävä ja maksimaalinen, jos hengitysosamäärä nousee yli arvon 1. Myös rasituksen loppuvaiheessa tapahtuva hapenkulutuksen nousun pysähtyminen, hengitystaajuuden kasvu sekä syketaajuuden arvioitu maksimin saavuttaminen ovat merkkejä, että rasitus on ollut maksimaalista. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1645.)

Spiroergometriassa on samat vasta-aiheet kuin rasituskokeessakin (Piirilä & Tikkanen 2021, 1643). Ehdottomia vasta-aiheita ovat: akuutti infektiosairaus, epävakaa rasitusrintakipu, akuutti sydänfarkti tai sen epäily, hoitamaton vaarallinen rytmihäiriö, toisen tai kolmannen asteen eteiskammiokatkos, akuutti myokardiitti tai perikardiitti, akuutti keuhkoembolia, metabolinen sairaus tasapainotomassa vaiheessa tai jokin muu akuutti vaikea sairaus. Suhteellisia vasta-aiheita ovat: tuore vasen haarakatkos, nopea eteislepatus tai -värinä, keskivaikea tai vaikea hoitamaton astma, keskivaikea tai vaikea anemia, keuhkojen vajaatoiminta tai korkea lepoverenpaine. (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018b.)

### 4.1 Esivalmistelut

Ennen tutkimusta spiroergometrian tilavuus- ja kaasuanalyssaattorit kalibroidaan. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642). Kalibraation tarkoitus on varmistaa, että laitteet toimivat oikein (Glaab & Taube 2022, 4). Spirometrialaitteisto kalibroidaan useilla virtauksilla ja happi- ja hiilidioksidianalyssaattori kalibroidaan käyttämällä kahta tunnettua kaasupitoisuutta (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018a).

Potilas saa spiroergometriaa varten valmistautumisohjeet, joiden avulla hän osaa valmistautua tutkimukseen. Tutkimusta edeltävänä vuorokautena potilaan tulisi välttää rasitusta ja valvomista. Alkoholia ei saisi nauttia kahteen vuorokauteen ja tupakointia tulisi välttää vähintään neljä tuntia ennen tutkimusta. Kofeiinipitoisia juomia ei tulisi nauttia kahta tuntia ennen tutkimusta. Tutkimuspäivänä potilas saa ottaa lääkkeitä normaalisti, ellei lääkäri toisin määrää. Lyhytaikaisia nitroja, kuten Dinit-suihketta pitäisi välttää kaksi tuntia ennen tutkimusta, jos se on mahdollista. (Potilasohje 2021.) Olisi suositeltavaa syödä kevyt ateria noin 2–3 tuntia ennen tutkimusta. Lisäksi potilaan tulisi olla terve ja vapaa tartunnoista. (Glaab & Taube 2022, 4.)

Tutkimusta varten potilas tarvitsee mukaan urheilulliset housut ja kengät, joilla hän pystyy polkemaan pyörää (Glaab & Taube 2022, 4). Lisäksi potilaalla olisi hyvä olla mukana lista lääkkeistä, jotka ovat käytössä. Potilasohjeessa myös kerrotaan tutkimuspaikka, mitä tutkimuksessa tapahtuu sekä yhteystiedot kysymysten ilmaantuessa. (Potilasohje 2021.) Tutkimuksen alussa potilaalta varmistetaan

taan henkilöllisyys ja häneltä kysytään lääkitys, joka kirjataan ylös. Potilaalle kerrotaan myös tutkimuksen tarkoitus ja kulku. (Työohje 2022.) Lisäksi potilaan paino ja pituus mitataan, jotta saadaan määritettyä hänelle iän, koon ja sukupuolen mukaiset virtaus-tilavuusspirometrian viitearvot. Jotta saadaan valittua oikeat viitearvot, pitää myös etninen syntyperä kirjata ylös. (Sovijärvi ym. 2021, 7–10.)

#### 4.2 Lepovaihe

Lepovaiheessa potilaalta otetaan lepomittaukset eli lepospirometria, -EKG sekä -verenpaine (Piirilä & Sovijärvi 2021, 1642). Spirometriapuhallukset suoritetaan potilaan istuessa ja potilaan tulisi puhalttaa 2–3 teknisesti onnistunutta puhallusta. Spirometriapuhallusten jälkeen mitataan potilaan maksimaalinen voluntaarinen ventilaatiokyky. Mittauksen onnistuminen tarkistetaan ja varmistetaan myös las kemalla. (Työohje 2022.) Spirometriapuhallusten jälkeen potilas riisuu ylävartalon paljaaksi ja vaihtaa housut sekä kengät, joilla suorittaa tutkimuksen. Potilaalle kiinnitetään elektrodit Mason-Likar kytkentöjen mukaisesti hänen istuessaan ja kaapelivyö laitetaan potilaan vyötärölle sopivalle kireydelle sekä johtimet yhdistetään elektrodeihin. Kun elektrodit ovat kiinnitetty, otetaan EKG sekä mitataan verenpaine potilaan maataessa. (Työohje 2022.)

Kun lepomittaukset on tehty, siirytään polkupyörän päälle. Pulssioksimetri asetetaan potilaan korvanlehteen sekä pyörän satula ja ohjaustanko säädetään oikealle korkeudelle. Pyörän päällä mitataan vielä verenpaine potilaan istuessa ja lääkäri tekee tilannearvion potilaan lähetteen, esitietojen ja alkumittausten perusteella. Potilaan kasvoille asetetaan maski, jonka tulisi olla tiiviisti eikä saisi vuotaa. (Työohje 2022.)

Ennen tutkimuksen alkua käydään läpi kommunikointi käsimerkein (Glaab & Taube 2022, 4). Puhuminen ei ole tutkimuksen aikana mahdollista, joten potilasta opastetaan nostamaan käsi pystyyn, kun hän haluaa lopettaa kuormituksen. Potilaalle esitellään Borg-asteikko (taulukko 1), jota käytetään tutkimuksen aikana arvioimaan subjektiivista kuormittuneisuutta. Oireita arvioidaan taulukolla, jossa on oireen tyyppi (taulukko 2) ja oireen voimakkuus (taulukko 3) kuvattuna oireasteikolla 0–10. (Työohje 2022.)



TAULUKKO 1. Borgin asteikko (mukaillen Sovijärvi, Kettunen &amp; Savonen 2018a)

<b>BORG- Koetun kuormittuneisuuden asteikko</b>
6
7 Erittäin kevyt
8
9 Hyvin kevyt
10
11 Kevyt
12
13 Hieman rasittava
14
15 Rasittava
16
17 Hyvin rasittava
18
19 Erittäin rasittava
20 Äärimmäisen rasittava

TAULUKKO 2. Potilaan tuntemukset (mukaillen Sovijärvi, Kettunen &amp; Savonen 2018a)

<b>Potilaan oireen tyyppi</b>
1. Voimakas väsymys
2. Voimakas rintakipu tai hengenahdistus
3. Huimaus, koordinaatiovaikeudet, tajunnan hämärtyminen
4. Pahoinvointi
5. Voimakas pohjekipu tai raajojen väsyminen
6. Muu voimakas oire

TAULUKKO 3. Oireiden voimakkuus (mukaillen Sovijärvi, Kettunen &amp; Savonen 2018a)

<b>Subjekttiivinen oireiden voimakkuus Borgin asteikolla</b>
0 Ei ollenkaan
0,5 Erittäin heikko
1 Hyvin heikko
2 Heikko
3 Kohtalainen
4 Melko voimakas
5 Voimakas
6
7 Hyvin voimakas
8
9
10 Erittäin voimakas (melkein maksimaalinen)
XX Maksimaalinen

### 4.3 Rasitusvaihe

Rasitusvaihe voidaan jakaa kahteen vaiheeseen: niin sanottuun kuormittamattomaan vaiheeseen ja kuormitusvaiheeseen. Kuormittamaton vaihe kestää noin 2–3 minuuttia ja sen aikana vastusta ei lisätä, mutta potilaan tulisi pyöräillä 55–70 kierroksen minuuttivauhdilla (r/min). Kuormittamatonta vaihetta voidaan myös kutsua lämmittelyvaiheeksi. Hapenkulutus yleensä kaksinkertaistuu tässä vaiheessa. Varsinainen kuormitus tulisi kestää ainakin 8–12 minuuttia tai vähintään 5 minuuttia potilailla, joilla on vakavaa rajoittuneisuutta. (Glaab & Taube 2022, 4.) Aloituskuorman valinta tehdään potilaan kunto huomioiden ja kuormituksen tulisi kestää riittävän kauan (Mezzani 2017, 5). Liian voimakkaan kuormituksen valintaa tulisi välttää, koska siihen liittyy usein voimakasta hyperventilaatiota, anaerobisen kynnyksen määrittäminen ei onnistu sekä rasitus usein loppuu ennenaikaisesti maitohappoasidoosin vuoksi. Kun mietitään kuormituksen valintaa, portaikkokysymys on noussut hyödylliseksi ja käytännölliseksi. Potilailta voidaan esimerkiksi kysyä: Kuinka monta kerrosta pystyy kävelemään nopeasti pysähtymättä? Yksi kerros vastaa noin 50 Wattia, joka vastaa kuormituksessa 5W/min, jos rasitusvaihe kestää 10 minuuttia. Vastaavasti 3 kerrosta vastaa 125–150 Wattia ja kuormituksessa 15 W/min. Rasitusvaiheessa voidaan käyttää jatkuvasti kasvavaa ramppiprotokollaa, jossa rasitus kasvaa 2–15 sekunnin välein tai vakiona käytettyä rasitusprotokollaa, jossa vastus lisääntyy minuutti minuutilta 5–30 W/min askelin oirerajoitettuun maksimiin asti. (Glaab & Taube 2022, 3–4.) Yleensä aloituskuormaksi valitaan joko 10 W/min tai 20 W/min, jossa ergometri automaattisesti nostaa kuormaa 10 Watilla tai 20 Watilla minuutissa (Työohje 2022).

Potilas jatkaa polkemista uupumiseen asti, ellei rajoittavaa oiretta ilmaannu (Glaab & Taube 2022, 3). Tutkittavan tulisi pysyä noin 70–80 r/min (kierrosta minuutissa) vauhdissa koko kokeen ajan. Rasituksen lähentyessä loppuaan pyydetään potilasta lisäämään polkemistiheyttä suuremmaksi ja tätä tasoa pyritään ylläpitämään uupumiseen saakka. Hoitaja mittaa rasituksen aikana verenpainetta joka toinen minuutti, tarvittaessa useammin. Lisäksi rasituksen voimakkuutta kysytään ja mahdollisia oireita tiedustellaan. Rasituksen aikana hoitaja ja lääkäri tarkkailevat potilaan vointia, hengitystä, kasvojen väriä, SpO<sub>2</sub>-arvoa ja EKG-monitoria. Kuormituslaitteelle kirjataan potilaan oireet, subjektiivinen kuormittuneisuus, verenpaine ja SpO<sub>2</sub>. (Työohje 2022.) Virtaustilavuussilmukoita mitataan rasituksen aikana 2–3 minuutin välein eli rekisteröidään kertahengityksen syvyyttä rasituksessa. Tätä kertahengityksen syvyyttä suhtautetaan lepospirometriaan. (Piirilä & Sovijärvi 2021, 1642.) EKG-käyrää rekisteröidään ja tallennetaan koko rasituksen ajan. Jos käyrässä näkyy merkittävä artefakti, rasitus pitää lopettaa (Vaidya 2017, 552.) EKG-käyrässä seurataan mahdollisia muutoksia erityisesti rytmiä, syketasoa ja ST-tasoa. Kriittisimpiä löydöksiä ovat ST-tason muutokset ja rytmin häiriöiden kehittyminen. (Glaab & Taube 2022, 9.)

### 4.4 Tutkimuksen lopetus ja palautumisvaihe

Pääsääntöisesti spiroergometria tutkimus suoritetaan maksimaalisena oirerajoitteisena tutkimuksena (Työohje 2022). Tutkimus lopetetaan, jos potilaan oireet rajoittavat sitä tai tutkimuksen suorittajat havainnoivat jonkun (taulukko 4) lopettamissyistä. (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a; Työohje 2022). Muita lopettamissyitä ovat esimerkiksi, että toivottu tieto saavutetaan tai valtimoveren happikyllästyneisyys laskee alle arvon 90 % (Työohje 2022). Jos lopettamissyitä ei ilmaannu, rasitusta

jatketaan uupumus- ja rasittavuustasolle asti, joka vastaa Borgin asteikolla tasoa 17–19/20 (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a). Kun potilas ilmaisee halunsa lopettaa rasituksen, vastukset otetaan pois ja potilas jatkaa polkemista. Polkemista jatketaan noin 3–5 minuuttia verenpaineen tasaukseksi. (Glaab & Taube 2022, 3.) Rasituksen lopettamisyy kirjataan ylös (Työohje 2022).

TAULUKKO 4. Tutkimuksen suorittajan havainnot (mukaillen Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a)

Suorittajien havaintoihin perustuen
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. EKG:n rekisteröinti tai verenpaineen mittaus teknisesti epäluotettava</li> <li>2. ST-segmentin nousu tai lasku ei-Q-kytkennässä <math>\geq 4</math> mm</li> <li>3. Systolisen verenpaineen lasku yli 20 mmHg</li> <li>4. Kammiotakykardia</li> <li>5. Ektooppinen supraventrikulaarinen brady- tai takyarytmia</li> <li>6. II asteen eteis-kammiokatkoksen ilmaantuminen</li> <li>7. Ihon muuttuminen kalpean harmaaksi tai syanoottiseksi</li> </ol>

Palautumisvaiheessa potilaan hengitysarvoja seurataan kolmen minuutin ajan. Hengityskaasujen sekä -virtausten keräys lopetetaan tämän jälkeen, jos katsotaan, että ei ole enää tarvetta seurata niitä. Kun palautumista on kestänyt 5 minuuttia ja 5 sekuntia, laite tulostaa EKG-käyrän automaattisesti. Jos potilas voi hyvin, EKG-käyrän seuranta voidaan lopettaa. Spirometriapuhallukset otetaan palautumisvaiheessa eli polkemisen lopettamisesta 5 ja 10 minuutin kuluttua sekä tarvittaessa 15 minuutin kuluttua. Tässä vaiheessa spirometriapuhalluksista riittää yksi onnistunut puhallus. (Työohje 2022.) Palautumisvaiheessa spirometriapuhalluksista seurataan FEV1-arvoja eli uloshengityksen sekuntikapasiteettia. Näiden arvojen avulla voidaan tehdä arvio keuhkoputkien ahtautumisesta sekä niiden palautuvuudesta. (Piirilä & Tikkanen 2022, 1642.) Tarvittaessa kuormituksen jälkeen mitataan myös verenpaine ja keuhkot kuunnellaan. Potilaan on suositeltavaa pysytellä sairaalan tiloissa puoli tuntia ja palata takaisin laboratorioon, jos oireita ilmenee (Työohje 2022.)

#### 4.5 Tutkimuksen tuloksien tulkinta ja virhelähteet

Spiroergometriaan ei ole olemassa kattavia suomalaisia viitearvoja, joten käytännössä sovelletaan viitearvoja, jotka perustuvat muihin väestöihin. Yleisesti Suomessa käytetään Wasserman-Hansen viitearvoja, mutta myös Kochin ym. viitearvot ovat Suomessa käyttökelpoisia. Viitearvokokonaisuutta valittaessa tulisi ottaa huomioon mitattujen suureiden tietojenkäsittelymenetelmät, laadunvarmistusmenetelmät, väestön vastaavuus sekä tutkimusprotokolla. Viitearvokokonaisuudeksi valitaan se, joka parhaiten vastaa käytössä olevaa menetelmää. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d.)

Spiroergometriatutkimuksen laitteiston avulla saadaan paljon monipuolista tietoa rasituksen aikana kardiorespiratorisista ja metabolisista vasteista. Tulkintaan suositellaan käytettäväksi viitearvoja, jotka perustuvat normaaliaineistoon sekä raja-arvoja, joiden tiedetään kuvastavan sairauden ennustetta, vaikeusastetta tai muuta hyödyllistä tietoa. Oleellinen osa tulkintaa on tarkastella maksimaalisten arvojen ohella mittaussuureiden muutoksia kuormituksen aikana. Tulkinnan kannalta on siis

oleellista tarkastella kokonaisuutta sekä löydöksiä, jotka ovat merkityksellisiä klinisen ongelman kannalta. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018d.) Testi on sensitiivinen ja diagnostisesti laadukas, kun potilas saavuttaa 85 % iänmukaisen maksimisykkeen (220-ikä) tasosta, ja sen saavuttaminen kertoo myös hyvästä ennusteesta (Vaidya 2017, 553).

Happi- ja hiilidioksidianalysointien sekä spirometrin virheellinen kalibrointi voi johtaa tutkimuksen virheellisiin tuloksiin. Muita syitä voi olla esimerkiksi epäsoveluva kuormitusohjelma, letkuston tai suukappaleen vuoto tai toimimaton kosteusabsorberi. (Sovijärvi, Piirilä & Laitinen 2018b.)

#### 4.6 Potilasturvallisuus

Suomen laissa on säädetty, että jokaisella Suomessa pysyvästi asuvalla henkilöllä on oikeus laadultaan hyvään terveyden- ja sairaanhoitoon. Hoito on järjestettävä potilaalle niin, että hänen vammaustaan ja yksityisyyttään kunnioitetaan sekä hänen ihmisarvoansa ei loukata. Mahdollisuuksien mukaan potilaan kulttuuri, äidinkieli sekä yksilölliset tarpeet on otettava huomioon hoidossa sekä kohtelussa. (Laki potilaan asemasta ja oikeuksista 785/1992, §3.) Potilasta pitää hoitaa yhteisymmärryksessä hänen kanssaan. Potilaan kieltäytyessä tietystä hoidosta tai toimenpiteestä, on häntä hoidettava yhteisymmärryksessä hänen kanssaan mahdollisuuksien mukaan muulla lääketieteellisesti hyväksyttävällä tavalla. (Laki potilaan asemasta ja oikeuksista 785/1992, §6.)

Turvallinen hoito sekä palvelut perustuvat näyttöön ja ovat vaikuttavia. Lisäksi ne toteutetaan oikeaan aikaan ja oikein. (Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisuaika tuntematon.) Hoitosuositukset sekä näyttöön perustuva lääketiede edistävät potilasturvallisuutta ohjaamalla oikeille potilaille oikea-aikaisesti vaikuttavaa hoitoa (Komulainen 2014). Laadukkaan terveydenhuoltojärjestelmän peruskäsitteenä pidetään potilasturvallisuutta. Potilasturvallisuudella tarkoitetaan potilaan näkökulmasta, että hoidosta aiheutuu mahdollisimman vähän haittaa, mutta potilas saa tarvitsemansa ja oikean hoidon. (Autti & Keistinen 2014.) Sosiaali- ja terveysministeriö (STM) määrittelee asiakas- ja potilasturvallisuuden periaatteiksi ja toiminnoiksi, joiden avulla terveydenhuollon henkilöt ja organisaatio varmistavat palveluiden ja hoidon turvallisuuden sekä suojaavat potilaita vahingoittumasta. Turvallisuuteen liittyy laitteiden, tietojärjestelmien, tarvikkeiden, lääkkeiden sekä tilojen turvallinen ja asianmukainen käyttö sekä toimiva tiedonkulku. Kaikessa sosiaali- ja terveydenhuollon toiminnassa asiakas- ja potilasturvallisuustyön tehtävä on edistää turvallisuutta. Toimien, jotka edistävät turvallisuutta, tulee olla näyttöön perustuvia ja mitattavia. Turvallisuutta edistävät toimet tukevat ammattilaisten mahdollisuutta tehdä laadukasta työtä sekä ehkäisevät järjestelmään liittyviä virheitä. (Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisuaika tuntematon.) Potilasturvallisuuden laadun edistäminen on osa sosiaali- ja terveydenhuollon laadun ja riskien hallintaa (Helovuori, Kinnunen, Peltomaa & Pennanen 2011, 15).

Useissa laissa on säädetty koskien asiakas- ja potilasturvallisuutta (Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisuaikatuntematon). Terveydenhuoltolaissa on määritetty, että terveydenhuollon toiminnan tulee perustua näyttöön ja hyviin hoito- ja toimintakäytäntöihin. Laissa myös määritellään, että terveydenhuollon toiminnan tulee olla laadukasta, turvallista ja asianmukaisesti toteutettua. Laadunhallinnasta ja potilasturvallisuudesta on terveydenhuollon toimintayksikön laadittava suunnitelma. Suunnitelmaa laatiessa on otettava huomioon potilasturvallisuuden edistäminen yhteistyössä sosiaalihuollon

palvelujen kanssa. Asioita, joista suunnitelmassa sovitaan, säädetään sosiaali- ja terveysministeriön asetuksessa. (Terveysturvalaki 1326/2010, §8.)

Vaaratapahtuma on tilanne, josta potilaalle ei aiheudu haittaa, vaikka potilasturvallisuus vaarantuu (Helovuomaa ym. 2011, 16). Potilasturvallisuuden vaaratapahtumiin voi vaikuttaa moni eri tekijä. Prosessit, toimintaolosuhteet ja -tavat ovat usein ihmisten tekemien erehdysten taustalla. Näitä potilasturvallisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi ohjeistuksen puutteellisuus, epäselvyys, vaikeaselkoisuus tai tulkinnanvaraisuus, toimintatapojen epäyhtenäisyys ja riittämättömät tai heikot varmistusmenettelyt prosesseissa. (Helovuomaa ym. 2011, 63–64.) Fyysinen ympäristö vaikuttaa myös potilasturvallisuuteen. Vaaratapahtumia voi syntyä, jos ympäristössä on epäjärjestystä, ahtautta, häiriötekijöitä, huono valaistus tai epäpuhtautta. Hoitoympäristössä olevat välineet sekä kalusteet pitäisi tarkastaa säännöllisesti sekä niiden kuntoa ja käytettävyyttä tulisi valvoa. Potilastietojen dokumentoinnin puutteellisuus ja tiedonkulun katkeaminen voivat aiheuttaa riskejä. (Helovuomaa ym. 2011, 68–71.) Inhimilliset tekijät vaikuttavat potilasturvallisuuteen. Jotta virheitä ei sattuisi, korostetaan tarkkaavaisuutta ja huolellisuutta. Kaikki vaaratapahtumat, joille ei löydy parempaa selitystä, tulkitaan perinteisesti inhimilliseksi virheeksi. Näitä inhimillisiä tekijöitä voi olla erehdys, unohtaminen, tarkkaavaisuuden herpaantuminen, stressi, työkuorma, väsymys sekä vireystila. (Helovuomaa ym. 2011, 75–81.) Vaaratapahtumien ehkäisyssä on tärkeää ymmärtää niiden syntyyn myötävaikuttavat tekijät. Sosiaali- ja terveyshuollon organisaation turvallisuutta voidaan kehittää, jos puututaan oikeisiin asioihin ja selvitetään, mikä vaaran taustalla oli. (Helovuomaa ym. 2011, 20–21.)

Potilasturvallisuuden kansallisia toimijoita on useita. Toimijoilla on Suomessa merkityksellinen rooli potilasturvallisuuden edistäjinä. Niitä ovat sosiaali- ja terveysministeriö (STM), Terveysturvan ja hyvinvoinninlaitos (THL), aluehallintovirastot (AVI), lääkealan turvallisuus- ja kehittämiskeskus Fimea, potilasvakuuskeskus (PVK), sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira ja Suomen potilasturvallisuusyhdistys ry. (Helovuomaa ym. 2011, 42–44.)

Vaikka spiroergometriaa pidetään turvallisena tutkimuksena, sydäntapahtumia, hypoksemiaa ja vasovagaalista tai ortostaattista pyörtymistä voi esiintyä. Tämän takia kliinisen rasituskokeen aikana lääkäri on paikalla sekä hoitohenkilökunnan tulee kouluttautua säännöllisesti hätätilanteita varten. (Glaab & Taube 2022, 3.) Potilasturvallisuutta lisätään sillä, että hoitajilla ja lääkäreillä on riittävä koulutus. Hoitajilla riittävä koulutus on esimerkiksi bioanalytiikan ja sairaanhoitajan koulutus. Lääkäreiltä vaaditaan riittävää perehtyneisyyttä rasituskokeiden suorittamiseen sekä elvytystaidot. Riittävä lääkärin koulutus on esimerkiksi kliinisen fysiologian, kardiologian tai sisätautien erikoislääkärin koulutus. Lääkärin hyvällä ammattitaidolla varmistetaan kokeen turvallisuus sekä laadukas tutkimuksen suorittaminen. (Sovijärvi, Kettunen & Savonen 2018a.)

Potilasturvallisuutta lisää ennen spiroergometria tutkimuksen aloitusta lääkärin tekemä tilannearvio potilaasta. Tilannearviossa mietitään, onko tutkimukselle vasta-aiheita ja onko se turvallista suorittaa potilaalle. Tutkimus on potilaalle turvallinen eikä siitä aiheudu komplikaatioita, kun koe suoritetaan ohjeiden sekä hyväksytyjen standardien mukaan. (Työohje 2022.) Laitteiden laadunvalvonnasta sekä niiden käyttökunnosta huolehditaan kalibroimalla ne aina ennen kokeen alkua (Piirilä & Tikka-

nen 2021, 1642). Spiroergometriassa seurataan koko tutkimuksen ajan potilaan vointia sekä mahdollisia EKG-, verenpaine- sekä happisaturaatiomuutoksia. Komplikaatioihin myös varaudutaan pitämällä ensiapuvälineet ja lääkkeet saatavilla sekä kunnossa. (Työohje 2022.)

## 5 POTILASOHJAUS

### 5.1 Potilasohjaus

Potilasohjaukseksi kutsutaan tilannetta, jossa potilas saa neuvoja, ohjeita ja tietoa tutkimuksesta sekä siihen valmistautumisesta. Potilasohjauksen perustana on vuorovaikutus hoitajan ja potilaan välillä. Hyvän ohjauksen edellytyksenä on riittävät työntekijäresurssit sekä ammattitaito. Potilasohjauksen tavoitteena on, että potilas kokee saamansa tiedon olevan riittävä sekä ymmärtää sen. Tavoitteena on myös, että potilas on valmis ja motivoitunut noudattamaan annettuja ohjeita. (Friman, Kuparinen, Lehto & Liikanen 2021, 50.)

Potilasohjausta annettaessa tulee huomioida potilaan taustatekijät. Potilaina voi olla eri ikäisiä, vieraskielisiä, vammaisia sekä eri kulttuuritaustasta tulevia henkilöitä, joiden ohjauksessa tarvitsee paneutua potilaan tilanteeseen sekä lähestymistapa tulee olla kokonaisvaltaisempaa. Potilaslähtöisellä ohjauksella tarkoitetaan ohjausta, jossa käytetään apuna potilaalle soveltuvia menetelmiä esimerkiksi verkko- tai yksilöohjausta. (Friman ym. 2021, 50.) Potilasohjauksessa voidaan käyttää suullista ohjausta, kirjallisia ohjeita tai audiovisuaalisia menetelmiä (Abed, Himmel, Vormfelde & Koschack 2014, 17; Friman ym. 2021, 50).

Potilasohjeet antavat neuvontaa ja ohjausta, mutta kertovat aina tekijästään. Potilasohjeet luovat kuvaa organisaatiosta ja sen johtamistavoista sekä hoitoideologiasta. Sairaaloiden, terveyskeskusten sekä muiden hoitolaitosten on kehitettävä omanlaisensa tapa tehdä ohjeita ja hyvä ohje palvelee oman laitoksen henkilökuntaa ja potilaita. (Torkkola, Heikkinen & Tiainen 2002, 34.) Hyvässä ohjeessa tekstin pitäisi olla helposti ymmärrettävää sekä sisällöltään kattava ja kannustaa potilaan omaan toimintaan. Tärkeintä potilasohjeissa on kirjoittaa ohjeet yleiskielellä sekä sanastoltaan ja lauserakenteeltaan selkeästi. Ohjeiden ymmärrettävyyteen vaikuttaa asioiden esittämisjärjestys: jokaisella tekstillä pitäisi olla juoni, jota lukija pystyy seuraamaan. Potilasohjeissa asiat voidaan kertoa esimerkiksi aihepiireittäin, tärkeys- tai aikajärjestyksessä. Pääotsikolla kerrotaan, mitä aiheita ohje käsittelee. Väliotsikoiden tehtävä on selkeyttää ja keventää ohjetta eli auttaa hahmottamaan minkälaisista asioista teksti koostuu. (Hyvärinen 2005, 1769–1770.) Ohjeisiin lisätään yhteystiedot, jotta potilas voi ottaa yhteyttä lisäkysymyksien ilmaantuessa (Friman ym. 2021, 50).

Potilasohjausprosessi on järjestelmällinen ja etenee loogisesti. Se on myös tieteellisesti perusteltu ja suunniteltu toimintatapa. Potilasohjaus koostuu kahdesta suuresta toisistaan riippuvaisesta toiminnasta, opettamisesta ja oppimisesta. (Bastable 2016, 10.)

### 5.2 Laadukas potilasohjaus

Laadukas potilasohjaus tarkoittaa potilaslähtöistä, asianmukaisilla resursseilla ja vuorovaikutteisesti toteutettua, riittävää ja vaikuttavaa ohjausta. Potilaslähtöisyydellä tarkoitetaan, että ohjauksen suunnittelussa ja toteutuksessa potilaan taustatekijät otetaan huomioon. Potilasohjauksen laatu muodostuu ja siihen vaikuttaa resurssit, toteutus, riittävyys ja vaikutukset. (Kääriäinen 2007, 40.)

Potilaslähtöisen ohjauksen tavoitteena on turvata potilaalle vaikuttava ja riittävä ohjaus. Lisäksi tavoitteena on antaa potilaille mahdollisuus osallistua ohjauksen kehittämiseen. Jotta ohjaus on potilaslähtöistä, hoitohenkilökunnan täytyy toimia aktiivisesti tavoitteellisesti ja johdonmukaisesti ohjaus-tilanteissa. (Kääriäinen 2007, 41.)

Onnistunut potilasohjaus vaatii hyvin suunniteltua ja valmisteltua ohjaustilannetta. On tärkeää asettaa tavoitteet sekä tiedostaa potilaan tarpeet esimerkiksi, miten potilas parhaiten oppii. (Torkkola, Heikkinen & Tiainen 2002, 27–28.) Oppimistyyllillä tarkoitetaan tapaa, jolla ihminen käsittelee tietoa. Tunnistamalla ja hyväksymällä, että ihmiset oppivat eri tavalla ja heillä on erilaiset tarpeet sekä valmiustasot, hoitaja voi luoda ilmapiirin, jossa rohkaistaan ja kannustetaan potilaita oppimaan ja saavuttamaan täyden potentiaalinsa. (Bastable 2016, 97–111.)

Ei ole olemassa yhtä täydellistä ohjausmenetelmää, joka opettaa kaikkia oppijoita kaikissa olosuhteissa. Mikään ohjausmenetelmä ei myöskään ole tehokkaampi kuin toinen. Ihmiset oppivat parhaiten, kun ohjausmenetelmää käytetään toisen menetelmän kanssa yhdessä. (Bastable 2016, 380.) Suullisessa ohjauksessa on haittapuolena, että potilas voi unohtaa saamansa ohjauksen. Suullisen ohjauksen tueksi potilaalle voidaan antaa kirjallinen ohje. Kirjallisen ohjeen avulla potilas voi kerrata saatuja ohjeita sopivana ajankohtana sekä palauttaa mieleen ohjauksessa saamansa tiedon. On hyvä huomioida, että ohjauksen onnistumiseen vaikuttavat ohjaajan asiantuntemuksen lisäksi myös persoonalliset ominaisuudet, kuten äänenkäyttö sekä rauhallisuus. (Torkkola, Heikkinen & Tiainen 2002, 29.) Suullista ohjausta annettaessa on hyvä ottaa huomioon erityisesti äänenvoimakkuus, puhenopeus sekä sävy, sanojen ääntäminen, lausunta ja oikea kielioppi. Kannattaa myös vältellä turhia välisanoja. Puhetaitojen lisäksi kehonkieleen kannattaa kiinnittää huomiota esimerkiksi ottamalla katsekontaktia, osoittamalla innostusta sekä käyttämällä eleitä. (Bastable 2016, 383.)

### 5.3 Video-ohjaus

Ihmiset oppivat eri tavalla ja on tärkeää, että kaikki saisivat tietoa itselleen sopivassa muodossa. Toiset oppivat parhaiten lukemalla, toiset kuuntelemalla ja osa visuaalisien esitystapojen kautta. (Aluehallintovirasto julkaisuaika tuntematon.) Video-ohjausta voidaan käyttää potilasohjauksen välineenä esimerkiksi auttamalla selviytymään negatiivisista ajatuksista ja lisäämällä tietoa tietojen valintojen tekemisestä. On kuitenkin epäselvää, onko video-ohjaus tehokas tapa ohjata potilasta. Videot, joiden tehtävä on vähentää ahdistusta ennen toimenpidettä sekä parantaa selviytymiskeinoja, ovat olleet toimivia. On myös todettu, että ohjausvideot ovat tehokas tapa lisätä tietoa erityisesti avustamalla hoitovaihtoehtojen päätöksessä. (Abed ym. 2014, 17.)

Ohjausvideoiden avulla on mahdollista havainnollistaa asioita. Potilas pystyy myös itse päättämään, koska videon katsoo ja vastaanottaa ohjausta. (Friman ym. 2021, 53.) Videoiden avulla tietoa voi saada sairaalan ulkopuolella omaan tahtiin. Jolloin myös perhe ja ystävät voivat saada ohjausta sekä tietoa. Videon katsominen voi olla viihdyttävää ja sen voi toistaa tarvittaessa. (Abed ym. 2014, 17.)

Videoista monien ihmisten on helpompaa omaksua tietoa ja niistä hyötyvät erityisesti henkilöt, joilla on luki- ja oppimisvaikeuksia tai ihmiset, joilla on heikko suomen kielen taito (Aluehallintovirasto julkaisuaika tuntematon). Videot parantavat oppimista näkö- ja kuuloaistin kautta, hyödyllisyys johtuu äänen, kuvakulmien, liikkeen ja värien yhdistelmästä (Bastable 2016, 441).



Videoiden tekstitys helpottaa asioiden ymmärrettävyyttä. Potilas voi tekstitysten avulla katsoa sanakirjasta vieraiden sanojen tarkoituksen (Friman ym. 2021, 53). Videot ja kuvilla tuettu viestintä parantavat sisällön saavutettavuutta erityisesti henkilöille, joille tekstin lukeminen tai ymmärtäminen on vaikeaa. Kaikki ihmiset eivät näe tai kuule, joten videoiden sisältämä tieto täytyy tarjota myös tekstimuotona. Videon seuraamisen kannalta on tärkeää, että tekstitys ja kuvatulkkaukset on saatavilla, jotta näkö- ja kuulovammaiset voivat hyötyä videosta. Arviolta noin 750 000 suomalaisella on jokinasteinen kuulonalenema, tekstitystä tarvitaan, jotta he saavat selvää videon sisällöstä. Tekstityksen avulla myös esimerkiksi henkilöt, jotka opiskelevat kieltä, voivat katsoa ja ymmärtää videota. Tekstityksen avulla varmistetaan, että videon tieto tavoittaa jokaisen katsojan. Hyvän ohjausvideon täytyy olla kaikkien saavutettavissa ja ymmärrettävissä. (Aluehallintovirasto julkaisuaika tuntematon.)

## 6 KEHITTÄMISTYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Kehittämistyön tarkoitus on tuottaa ohjausvideo Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikön tarpeeseen. Videon avulla potilas pääsee tutustumaan tutkimuksen kulkuun sekä valmistautumaan tutkimukseen.

Kehittämistyön tavoitteena on lisätä potilaan ymmärrystä kliinisen rasituskokeen suorittamisesta ja siihen valmistautumisesta jo ennen tutkimukseen saapumista. Videon avulla potilas saa tietää, mitä tutkimuksessa tapahtuu, ja näin ollen tutkimus on helpompi suorittaa. Tutkimuksen ohjaajan työtä helpottaa myös se, että potilas tietää tutkimuksen kulun etukäteen. Videota voidaan käyttää myös työntekijöiden perehdytyksessä ja opetustilanteissa.

## 7 KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS

Kehittämistyö on toiminnallinen opinnäytetyö ja yksi tutkimuksellisen kehittämisen tapa (Kostamo, Airaksinen & Vilkkä 2022, 15–16). Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ammatillinen tuotos (Kostamo ym. 2022, 15), joka tavoittelee käytännön toiminnan opastamista sekä ohjaamista (Vilkkä & Airaksinen 2003, 9). Ammatillisen tuotoksen tarkoitus on palvella kohderyhmää tai toimintaympäristöä, kuten asiakkaita, työntekijöitä, organisaatiota tai tiimiä (Kostamo ym. 2022, 12–15). Kehittämistyö voi olla esimerkiksi ammatilliseen käytäntöön suunnattu opastus, ohje tai ohjeistus. Ammattikorkeakoulussa kehittämistyössä yhdistyy käytännön tuotos sekä raporttisuus. Opinnäytetyön tulisi olla työelämästä lähtöisin sekä käytännönläheinen. Lisäksi opinnäytetyö pitää toteuttaa tutkimuksellisella asenteella ja sen pitäisi osoittaa tietojen ja taitojen hallintaa riittävällä tasolla. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 9–10.)

Kehittämistyö alkaa ideoinnilla ja suunnittelulla, jotta saadaan tietää opinnäytetyön tavoitteet, kohderyhmä, tietoperusta ja menetelmät (Kostamo ym. 2022, 16). Opinnäytetyön ideat ja tavoitteet pitää olla perusteltuja, harkittuja sekä tiedostettuja, jonka vuoksi tehdään työsuunnitelma (Vilkkä & Airaksinen 2003, 26). Kehittämistyöprosessi koostuu useasta eri vaiheesta, joihin lukeutuu muun muassa luonnostelu, tekstin rakenteen ja sisällön kehittäminen, lähdeviitteiden merkitseminen ja viimeistely (Kostamo ym. 2022, 25). Raportin tarkoitus on kertoa kehittämistyön vaiheet sekä tulokset. Raportissa kerrotaan muun muassa miksi ja miten työ tehtiin sekä työn teoriaa. Kun raporttia kirjoitetaan, on siinä käytettävä akateemisen kirjoittamisen periaatteita. (Kostamo ym. 2022, 184–185.)

### 7.1 Suunnittelu

Kehittämistyön tuotosta eli ohjausvideota sekä kirjallista raporttia varten hain lähteitä spiroergometriatutkimuksesta ja sen kulusta. Tiedonhaussa tutustuin sekä käytin eri tietokantoja ja erilaisia hakusanoja. Tietokantoja, joita käytin tiedonhakuun, olivat Medic, Pubmed, Cinahl Ultimate sekä Google Scholar. Hakusanoina käytin muun muassa: "spiroergometria", "ergospirometria", "exercise test", "spiroergometry", "ergospirometry", "cardiopulmonary exercise test", "CPET", "patient guidance" sekä "patient education". Lisäksi etsin myös kirjoja lähteiksi Savonia Finnan kautta. Ohjausvideon käsikirjoitusta (liite 1) varten etsin tietoa ohjausvideon ja käsikirjoituksen teosta. Käsikirjoitusta varten pääsin seuraamaan Kuopion Yliopistolliseen sairaalaan (KYSille) spiroergometriatutkimusta, ja käsikirjoitus perustuu tekemiini havaintoihin tutkimuksen aikana sekä teorian tietoon. Käsikirjoitus kirjoitettiin viimeisteltyyn muotoonsa yhdessä kliinisen fysiologian työntekijöiden kanssa.

### 7.2 Toteutus

Aloitin opinnäytetyöprosessin keväällä 2022 valitsemalla itseäni kiinnostavan ja vapaana olevan aiheen. Aiheeksi valikoitui ohjausvideon tekeminen spiroergometriatutkimukseen. Kun olin saanut valittua aiheen, aloitin hakemaan tietoa sekä tein aihekuvauksen. Ohjausvideon suunnittelun aloitin syksyllä 2022, jonka jälkeen tein videolle käsikirjoituksen (liite 1). Käsikirjoitus on suunniteltu potilaan näkökulmasta ja sen ideana on kertoa tutkimuksen kulku potilaalle selkeästi. Käsikirjoitus lähetettiin tilaajalle hyväksyttäväksi ja kommentoitavaksi ensimmäisen kerran syksyllä 2022, jonka jälkeen siihen tehtiin vielä muutoksia.

Tammikuussa 2023 kävin käsikirjoituksen läpi KYSin klinisen fysiologian, isotooppilääketieteen ja klinisen neurofysiologian yksikön kanssa ja tein tarvittavat korjaukset käsikirjoitukseen sekä viimeistelin sen. Sain videon kuvaajan, editoijan ja äänittäjän KYSin viestinnästä. Sovimme myös, että olen itse videolla hoitajan roolissa sekä äänitän kertojan puheet. Allekirjoitin opinnäytetyösopimuksen Savonia-ammattikorkeakoulun, KYSin klinisen fysiologian, isotooppilääketieteen ja klinisen neurofysiologian yksikön ja minun välillä sekä hain kehittämistyölle tutkimuslupaa KYS:ltä keväällä 2023. Kun sain tutkimusluvan syksyllä 2023, sovin kuvauspäivän. Video oli alun perin suunniteltu kuvattavan keväällä 2023, mutta tutkimusluvan viivästyessä sain sovittua videon kuvaamisen ajankohdaksi vasta marraskuun 2023.

### 7.2.1 Ohjausvideon toteutus ja kuvaaminen

Laadin tarkan, mutta ytimekkään käsikirjoituksen, ennen ohjausvideon kuvaamista. Koska kuvaaja oli ammattikuvaaja, tein pelkästään kirjallisen käsikirjoituksen. Ennen videon kuvaamista pidin kuvaajan kanssa palaverin ja mietimme toimivia kuvakulmia sekä keskustelimme, mitä olisi tärkeää näkyä videolla ja mitä voisi editoida lyhyemmäksi, esimerkiksi elektrodien laittamista ei kokonaisuudessaan ollut järkevää näyttää videolla. Keskustelin myös klinisen fysiologian työntekijöiden kanssa samoista asioista. Videon ensisijainen tarkoitus on kuitenkin kertoa tutkimuksen kulusta potilaalle, joten potilaan kannalta ei ole oleellista näyttää elektrodien asettelua ja paikkaa tarkasti.

Kuvaajana ja editoijana toimi KYSin viestinnän vastaava. Kuvaukset suoritettiin KYSin klinisen fysiologian yksikön tiloissa. Videon avulla potilas pystyy myös samalla tutustumaan tutkimustiloihin. Ohjausvideon kuvaamiseen meni aikaa noin 2,5 tuntia ja videon kuvaamiseen varasimme neljä tuntia. Videon kuvaamista nopeutti, että kuvaajia oli kaksi, joten yhden kohtauksen sai kahdesta kuvakulmasta samalla kertaa kuvattua. Videon päälle äänitettiin ääniraita eli kertojan puheet, jotta videota on helppo seurata ja ymmärtää. Lisäksi videon kuvaaminen oli helpompaa ja nopeampaa, kun videolla ei kuulu näyttelijöiden ääniä. Videon kertojan puheet äänitin samana päivänä ja siihen meni aikaa noin puoli tuntia. Ohjausvideolla potilaan roolissa esiintyi ensimmäisen vuoden bioanalyttikkoopiskelija, lääkärinä klinisen fysiologian työntekijä ja hoitajana sekä ohjaajana minä, tämän työn tekijänä. Videon aikana paikan päällä oli myös toinen klinisen fysiologian työntekijä, joka auttoi käsikirjoituksen seuraamisessa ja auttoi esimerkiksi tietokoneen käytössä sekä neuvoi, miten maski laitetaan potilaan kasvoille spiroergometriassa.

Kuvaaja editoi videosta viimeistelemättömän version eli niin sanotun raakaversion, johon liittyen tein Webropol-kyselyn. Kyselyn tarkoitus oli saada tietää, oliko video selkeä vai pitäisikö videossa vielä muuttaa jotain, esimerkiksi kertojan puheita. Ohjausvideo tulee Kuopion Yliopistollisen sairaalan klinisen fysiologian käyttöön. Video julkaistaan Pohjois-Savon sairaanhoitopiirin nettisivuilla, josta tutkimukseen tulevat asiakkaat voivat sen nähdä. Lisäksi potilasohjeisiin tulee QR-koodi, joka ohjaa suoraan nettisivuille, josta videon voi katsoa.

Videon sain sisällytettyä oleellisen ja tarvittavan tiedon potilasta ajatellen, mutta video ei kuitenkaan ole liian pitkä, joten sen jaksaa katsoa keskittyneenä. Viimeistelemätön video oli kokonaisuudessaan noin 6,5 minuuttia pitkä. Mielestäni se oli sopivan mittainen ja sen avulla uskon potilaan saavan kaiken oleellisen tiedon spiroergometria tutkimuksen suorittamisesta.

### 7.3 Arviointi

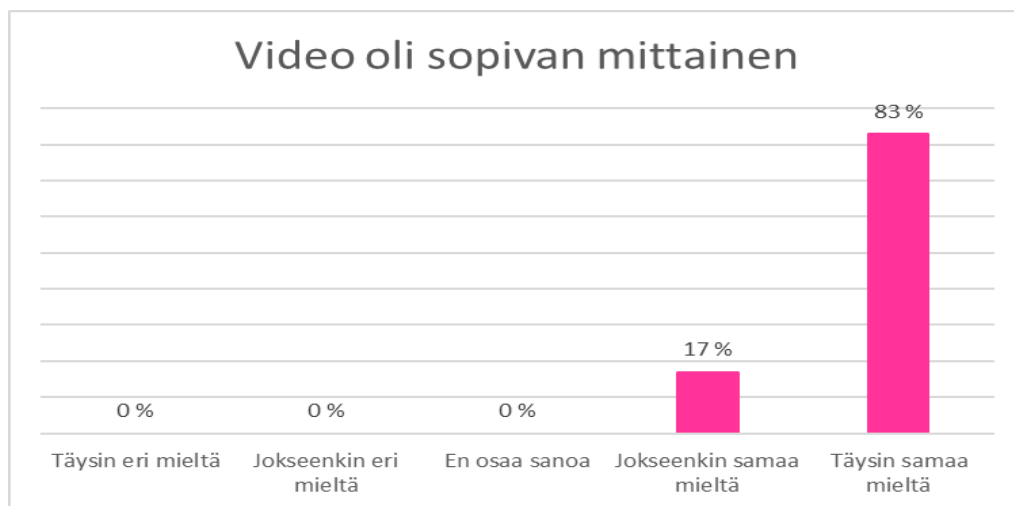
Kehittämistyön arvioinnin tarkoitus on kerätä palautetta tuotoksesta. Palautetta kerätään tuotoksen väliversiosta, jotta tuotos saadaan viimeistelyä. Palaute kerätään tietyltä kohderyhmältä sekä työn tilaajalta. (Kostamo ym. 2022, 238–239.) Kehittämistyössä ei ole olennaista analysoida aineistoa samalla tavalla eli yhtä järjestelmällisesti ja tarkasti kuin tutkimuksellisissa opinnäytetöissä (Vilkkä & Airaksinen 2003, 57–58). Kehittämistyön arvioinnin edellytys ei ole vastausten vertailukelpoisuus. Arvioinnin edellytys on kertoa, miten vastaukset suuntaavat tuotteen sisältöä. (Vilkkä & Airaksinen 2003, 60.)

Tuotin Webropol-kyselyn videon raakaversiosta bioanalyttikko-opiskelijoille sekä klinisen fysiologian työntekijöille, jossa he arvioivat muun muassa videon toimivuutta sekä omia kokemuksiaan videoon liittyen (liite 2). Kyselyn avulla minun oli mahdollista arvioida muun muassa, oliko video sopivan mittainen, oliko kertojan puhe selkeää ja ymmärrettävää sekä olisiko videosta apua potilaille. Kyselyyn sain vastauksia 23 henkilöltä. Saadun palautteen perusteella videon avulla ymmärtää spiroergometriatutkimuksen kulun ja siitä olisi hyötyä potilaille. Vastaajien mukaan video oli sopivan mittainen ja kertojan puhe oli selkeää ja ymmärrettävää. Arvioinnin avulla minun oli vielä mahdollisuus kehittää videota, jotta siitä tulisi mahdollisimman selkeä ja ymmärrettävä potilaita ajatellen. Kyselyn lisäksi sain kehittämisideoita videoon liittyen klinisen fysiologian työntekijöiltä, esimerkiksi olisiko mahdollista näyttää polkemisvaihetta pidemmän aikaa videolla. Välitin saamani kehittämisideat editoijalle ja hän tutkii, onnistuuko muokkaus.

Vastaajista kaikki ymmärsivät videon katsomisen jälkeen spiroergometriatutkimuksen kulun, heistä 87 % oli täysin samaa mieltä ja 13 % oli jokseenkin samaa mieltä. Vastaajista kaikki olivat sitä mieltä, että video oli sopivan mittainen, täysin samaa mieltä oli 83 % ja jokseenkin samaa mieltä oli 17 % (kuva 2). Ulkoasultaan vastaajat kokivat videon onnistuneeksi, täysin samaa mieltä oli 78 % vastaajista ja jokseenkin samaa mieltä oli 22 %. Vastaajista kaikki kokivat, että videon sisällön ymmärtää helposti, täysin samaa mieltä oli 78 % vastaajista ja 22 % vastaajista oli jokseenkin samaa mieltä. Kaikkien vastaajien mielestä video oli asiallinen, ja siitä olisi hyötyä, lisäksi vastaajat kokivat, että videosta olisi hyötyä potilaille. Näihin kahteen väittämään kaikki vastaajat vastasivat täysin samaa mieltä. Kyselyssä kysyin myös, mitä hyvää videossa on vastaajien mielestä, ja siihen vastattiin esimerkiksi:

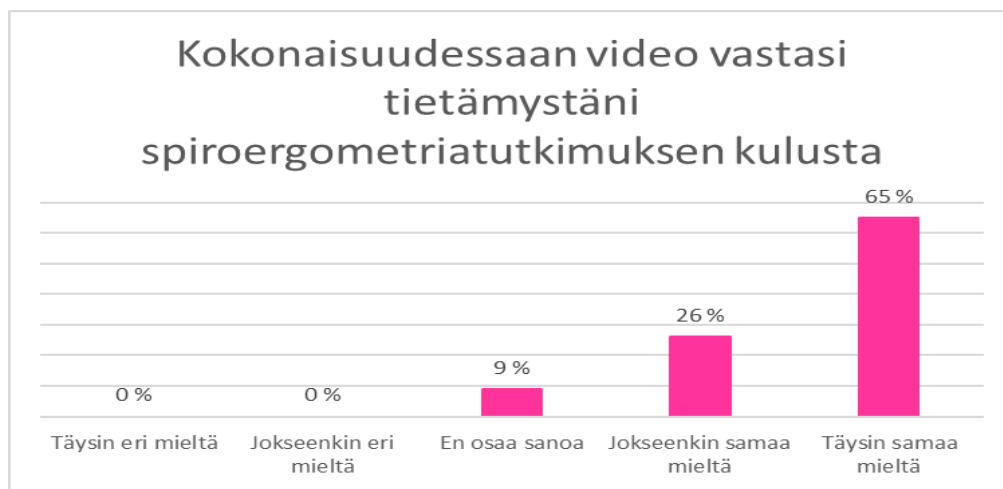
*”Videossa näytettiin selkeästi tutkimuksen vaiheet, ja annettiin tietoa niissä toimimisesta. Potilasta ajatellen tämä on hyvä lisä tutkimukseen valmistautumiseen, kirjallisen ohjeen tueksi ja konkretisoiduksi.”*

*”Rauhallinen tahti ja selkeät tiiviit tekstit. Puhuja kertoi omin sanoin, tekstit tukevat.”*



KUVA 2. Ohjausvideon pituus.

Väitteessä ” Kokonaisuudessaan video vastasi tietämystäni spiroergometriatutkimuksen kulusta” oli eniten hajontaa, 65 % vastasi täysin samaa mieltä, 26 % jokseenkin samaa mieltä sekä 9 % en osaa sanoa (kuva 3).



KUVA 3. Videon vastaavuus vastaajan tietämyksestä spiroergometriatutkimuksen kulusta.

Kertojan puheen koki 100 % vastanneista selkeäksi ja ymmärrettäväksi, täysin samaa mieltä oli 83 % ja jokseenkin samaa mieltä 17 % (kuva 4). Vastaajien mielestä hyvää videolla oli:

*”Kertojan rauhallinen puhe.”*

*”Rauhallinen kertoja.”*

Vastaavasti osa koki, että parantamisen varaa oli esimerkiksi:

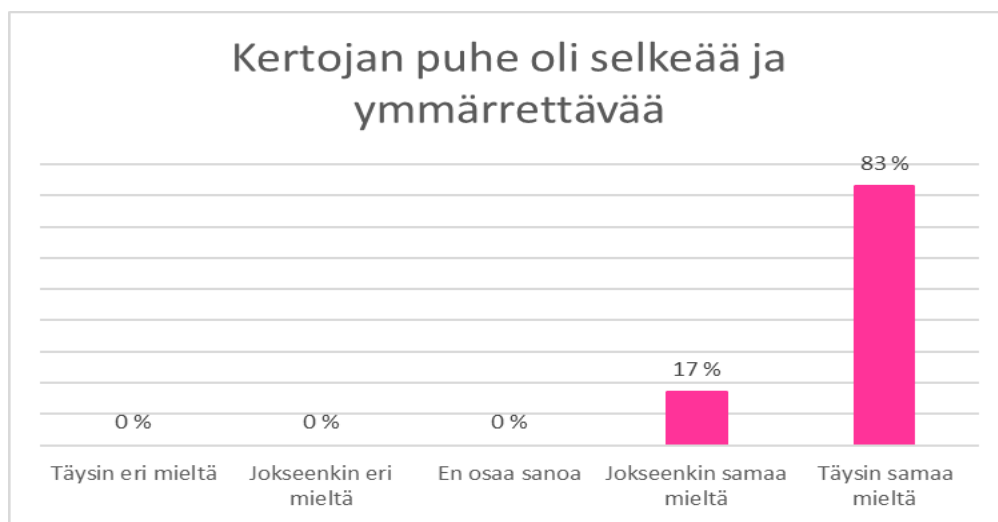
*”Puhe voisi olla rauhallisempaa.”*

*"Kertojan puhe oli mielestäni hyvä, mutta taustamusiikki tuntui jossain vaiheessa olevan hieman liian kovalla niin, että ääni ei kuulunut yhtä hyvin kuin muun videon aikana."*

Muuta palautetta videosta:

*"Hyvä ja tarpeellinen video."*

*"Hyvä, että tällaisia videoita tehdään."*



KUVA 4. Kertojan puheen selkeys ja ymmärrettävyys.

## 8 ARVIOINTI

### 8.1 Kehittämistyön toteutuksen ja tuotoksen pohdinta

Suomessa kansantauteihin luetaan muun muassa astma ja allergia, sydän- ja verisuonitaudit sekä krooniset keuhkosairaudet. Kansantaudeilla on suuri merkitys kansanterveydelle eli koko väestön terveydentilalle ja ne ovat yleisiä väestössä. Lisäksi kansantaudit vaikuttavat työkykyyn ja ovat yleisiä kuolleisuuden aiheuttajia. Koska kansantautien hoito vaatii terveydenhuollon palveluita, ne vaikuttavat myös kansantalouteen merkittävästi. (Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2019.) Kehittämistyön raporttiosuuteen sisällytin tietoa näistä yleisistä kansantaudeista, mutta myös lihavuudesta ja keuhkofibroosista, koska katsoin ne tarpeelliseksi tutkimuksen kannalta. Spiroergometriatutkimuksen suoritusta voi rajoittaa moni sairaus, mutta halusin raporttiosuudessa nostaa esille yleisimmät tutkimusta rajoittavat tekijät. Sairauksien hoito sekä hoidon tavoitteet eivät kuulu bioanalyytikon toimenkuvaan, joten niitä en kuvannut tarkasti kehittämistyön raportissa.

Spiroergometriassa tutkitaan rasituksen aikana samanaikaisesti sydämen ja keuhkojen toimintaa. Hengityskaasujen lisäksi rasituksen aikana seurataan verenpainetta, EKG-käyrää sekä happikylläistysyyttä. (Piirilä & Tikkanen 2021, 1642.) Kehittämistyön raporttiosuutta suunnitellessani päätin, että haluan kertoa kattavasti spiroergometriatutkimuksesta. Halusin varmistaa, että lukija ymmärtää spiroergometriassa suoritettavat mittaukset, mutta myös tutkimuksen kulun ja tarkoituksen. Koska spiroergometria on erikoistutkimus, halusin sisällyttää raporttiin myös potilasturvallisuuden sekä tuloksen tulkintaa ja niitä virhelähteitä, mitä tutkimukseen liittyy. Tutkimuksessa on monta eri osaa ja virhelähteitä on monia. Esimerkiksi spirometriassa oman kokemukseni mukaan tavallisin ongelma on huono yhteistoiminta potilaan ja tutkimuksen suorittajan välillä. Kun yhteistoiminta ei toimi, potilas ei pysty puhaltamaan hyviä spirometria-käyriä. Jos tutkimuksen alussa ei saada kunnollisia ja laadukkaita spirometria-käyriä, vaikuttaa se myös spiroergometriatutkimuksen laatuun.

Bioanalyytikon tutkinto-ohjelman opetussuunnitelmassa asiakaspalvelu- ja ohjausosaamisesta sanotaan, että bioanalyytikon tulee sekä suunnitella että toteuttaa laboratoriopalveluita asiakaslähtöisesti. Lisäksi opetus, ohjaus ja neuvonta sekä ohjauksessa tarvittava materiaali tulee suunnitella ja toteuttaa. Potilaskontakteissa bioanalyytikon kuuluu luoda turvallinen ilmapiiri sekä toimia potilasturvallisuus- ja laboratorion työturvallisuusohjeiden ja -säädösten mukaisesti. (Savonia julkaisuaika tuntematon.) Sekä spiroergometriatutkimukseen että bioanalyytikon työnkuvaan liittyy vahvasti potilasohjaus, joten kirjoitin raporttiin potilasohjauksesta ja siitä, mitä laadukas potilasohjaus pitää sisällään. Kävin potilasohjauksesta läpi myös video-ohjauksen ja mitä ohjausvideon pitäisi pitää sisällään. Koska kehittämistyön tuotos on video, joka on suunnattu potilaiden ohjaukseen, pidin tärkeänä kertoa video-ohjauksesta ohjausmenetelmänä.

Ohjausvideota suunnitellessani käytin hyväksi Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian, isotooppiäätieteen ja kliinisen neurofysiologian yksikön potilas- ja työohjeita ja video kuvattiin yksikön tiloissa. Tuotos kohdennettiin potilaille, jotka ovat tulossa spiroergometriatutkimukseen nimenomaan KYSin kliinisen fysiologian, isotooppiäätieteen ja kliinisen neurofysiologian yksikköön. Ohjausvideon avulla tutkimuksen kulku sekä yksikön tilat tulevat tutuksi, mikä voi lisätä turvallisu-



den tunnetta ja auttaa näin turvallisen ilmapiirin luomisessa. Video voi myös osaltaan lieventää potilaiden jännitystä tulla tutkimukseen, koska videolla käydään läpi, mitä tutkimuksessa tapahtuu ja tehdään.

Kehittämistyön tavoite on, että tuotos erottuu muista samankaltaisista tuotoksista ja sen pitäisi olla yksilöllinen sekä persoonallinen. Ensisijaisina kriteereinä kehittämistyölle pidetään sen käytettävyyttä kohderyhmässä sekä käyttöympäristössä. Lisäksi asiasisällön tulee olla sopivaa kohderyhmälle ja sen tulee olla johdonmukaista, selkeää ja informatiivista. (Vilkka & Airaksinen 2003, 53.) Kliinisellä fysiologialla on ollut käytössä ohjausvideo virtaus-tilavuusspirometriasta ja diffuusiokapasiteetin mittauksesta. Aikaisemmin ei kuitenkaan ole ollut käytössä ohjausvideota spiroergometriasta. Ohjausvideon uutuusarvoa lisää se, että tutkimuksesta ei ole aikaisemmin tehty suomenkielistä ohjausvideota. Englanninkielisiä ohjausvideoita on tehty, mutta niiden löytäminen internetistä vaatii aikaa ja kärsivällisyyttä, ja ne eivät palvele yksikköön tutkimukseen tulevia potilaita. Koen videon antavan tietoa tutkimukseen saapuvalla potilaalla, lisäksi se on johdonmukainen ja selkeä.

Videon arvioimiseen tein Webropol-kyselyn, jonka lähetin sähköpostilla opiskelijoille sekä kliinisen fysiologian yhdyshenkilölle. Webropol-kyselyn katsoin hyväksi, koska palautetta oli helppo tarkastella ja käydä läpi. Kyselyn avulla sain tärkeää palautetta ja näkökulmia sekä opiskelijoilta, joille tutkimus ei ole niin tuttu, että työntekijöiltä, jotka tutkimusta suorittavat. Palautteen avulla pystyin kehittämään ohjausvideota sen lopulliseen ja valmiiseen muotoon.

## 8.2 Eettisyys ja luotettavuus

Kehittämistyön aihe on työelämälähtöinen ja sitä tehdessä noudatin tilaajan eli Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian, isotooppilääketieteen ja neurofysiologian yksikön ohjeita sekä tarpeita. Tilaaja halusi ohjausvideon nimenomaan siksi, että sen avulla potilaat pääsevät tutustumaan tutkimukseen etukäteen ja olisivat valmistautuneita tutkimukseen. Valitsin aiheen, koska se kiinnosti minua ja kehittämistyön kautta pääsin syventymään spiroergometritutkimukseen sekä laadukkaan ohjausvideon tekemiseen. Spiroergometriasta on olemassa kirjalliset ohjeet tutkimukseen saapuville potilaille, mutta videota aiheesta ei ole aikaisemmin tehty, joten videolla on uutuusarvoa. On tärkeää, että tutkimuksesta on olemassa myös ohjausvideo, jotta asiakas saa paremman kuvan, mitä tutkimuksessa tapahtuu.

Bioanalyytikon tulee työskennellä kliinisen laboratoriotyön eettisiä periaatteita noudattaen. Bioanalyttikko vastaa laboratoriotutkimusten laadusta ja luotettavuudesta hyväksytyjen menettelytapojen mukaan. (Suomen Bioanalyttikkoliitto ry 2017.) Kehittämistyössä keskityin tuottamaan laadukkaan ohjausvideon potilaille eli se on sidoksissa laadun kehittämiseen. Pyrin tekemään videosta selkeän, jotta kaikki potilaat hyötyisivät videosta. Video auttaa potilaiden lisäksi myös hoitajia, jotka ohjaavat tutkimusta.

Videolle etsin esiintyjiä, jotka ovat vapaaehtoisia sekä halukkaita olemaan videolla. Potilaaksi etsin nimenomaan miespuolista henkilöä, koska tutkimuksen aikana sekä videolla rintakehä on paljaana. Videolla esiintyy siis vain siihen halunneet henkilöt. Videota varten avattiin tietokoneelle testihenkilön tiedosto, jotta kenenkään henkilötietoja ei näy videolla. Video myös kuvattiin niin, että kenen-

kään yksityisyyttä ei loukattu. Videon palautteen keräsin arviointilomakkeella anonymisti, jotta kenkään vastaajan henkilöllisyys ei ole tiedossa. Arviointilomakkeen lähetin sähköpostilla ja siihen vastaaminen oli vapaaehtoista. Käsittelin vastaukset luottamuksellisesti sekä tuhosin arviointilomakkeen sen jälkeen, kun olin saanut käytyä videon palautteet läpi.

Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu rehellisyys, huolellisuus ja tarkkuus niin tulosten tallentamisessa ja esittämisessä kuin tutkimusten ja niiden tulosten arvioinnissa. Tutkimus voi olla eettisesti hyväksyttävää vain, jos näitä kriteereitä on noudatettu. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023.) Plagioinnilla tarkoitetaan muiden ideoiden tai ajatusten varastamista. Plagiointia voi olla myös lähdeviitteiden puutteellinen, riittämätön tai epäselvä merkintä. (Vilkka & Airaksinen 2003, 78.) Lähteitä merkittäessä minulta vaadittiin tarkkuutta ja huolellisuutta, jotta en syylistyisi plagiointiin. Tiedon haussa minun täytyi olla huolellinen, tarkka sekä kriittinen. Olen aiemmin maininnut, että etsin tietoa luotettavista lähteistä, kuten terveysalan kotimainen tietokanta Medic ja terveysalan kansainväliset tietokannat Cinahl Ultimate ja PubMed. Lisäksi lähteinä käytin näyttöön perustuvia Käypä hoito -suosituksia ja kirjallisuutta. Kehittämistyötä tehdessä lähdekritiikki on oleellisessa asemassa ja kaikki tieto, mitä kerätään ei ole yhtä ajanmukaista. Lisäksi uusi tieto saattaa kumota työssä aiemmin käytetyn tiedon. (Vilkka & Airaksinen 2003, 53.)

Tekijänoikeuslaissa on säädetty, että tekijänoikeus teokseen kuuluu sille, kuka on luonut teoksen (Tekijänoikeuslaki 607/2015, 1 §). Kehittämistyön raportin kuvissa noudatin Savonian raportointiohjetta. Savonia raportointiohjeessa mainitaan, että opinnäytetyössä voi käyttää kuvia, jotka ovat lähdemateriaalista, jos ne liittyvät tekstiin (Savonian raportointiohje 2022, 8). Mason-Likar kytkennöistä oleva kuva on lähdemateriaalista otettu, koska en löytänyt kytkennöistä kuvaa, jolla olisi käyttöoikeudet. Käytin kehittämistyön raportissa myös taulukoita, koska ne selkeyttävät spiroergometria tutkimuksen aikana kyseltäviä asteikkoja. Raportointiohjeessa taulukoista sanotaan, että niiden tulisi olla selkeitä. Lisäksi taulukoihin pitäisi viitata sekä ne pitäisi selittää tekstissä. (Savonian raportointiohje 2022, 10.) Tein taulukot itse ja valitsin niiden värityksen mukaillen Savonia raportointipohjan väristystä. Taulukon lähteinä käytin kirjallisuudesta löytämiäni taulukoita. Koska taulukot eivät ole suoraan kopioitu lähteestä, laitoin lähdeviitteen mukaillen lähdettä. Ennen ohjausvideon kuvaamisen aloittamista videolla esiintyvät henkilöt allekirjoittivat kuvaus- ja julkaisuluvan. Siinä määritellään, että kehittämistyön tuotoksen eli videon käyttöoikeudet omistaa Pohjois-Savon hyvinvointialue ja siinä kerrotaan, miten videota voidaan käyttää.

### 8.3 Ammatillinen kasvu

Ammattikorkeakoulun tehtävästä on säädetty ammattikorkeakoululaissa. Siinä määritetään, että ammattikorkeakoulun tehtävänä on antaa sekä työelämään että sen kehittämiseen perustuvaa korkeakouluopetusta ammatillisiin asiantuntijatehtäviin. Korkeakouluopetuksen tulee perustua sivistyksellisiin, tutkimuksellisiin ja taiteellisiin lähtökohtiin ja sen tulisi tukea opiskelijan kasvua ammatillisesti. Lisäksi ammattikorkeakoulun tulee edistää työelämää ja aluekehitystä uudistavaa kehittämis- ja tutkimustoimintaa ja sen tulee tarjota opiskelijoille mahdollisuuksia jatkuvaan oppimiseen. (Ammattikorkeakoululaki 932/2014, 4 §.) Kehittämistyöprosessin aikana olen pystynyt syventämään osaamistani kohti asiantuntijuutta. Ohjausvideon tuottamisessa pääsin syventymään, miten tehdä videosta

sellainen, että se olisi saavutettavissa ja ymmärrettävissä kaikille potilaille. Prosessin aikana olen saanut apua ja ohjausta niin ohjaavalta opettajaltani kuin klinisen fysiologian yhteyshenkilöltä.

Kehittämistyöprosessin aikana olen kehittänyt omaa ajan käyttöäni ja oppinut hallitsemaan laajoja kokonaisuuksia, jotka liittyvät spiroergometriatutkimukseen. Kehittämistyön ansiosta pääsin perehtymään syvällisemmin, mitä mittauksia spiroergometriatutkimuksen aikana tehdään sekä mitä suureita mitataan. Syvensin myös tietämystäni potilasohjauksesta ja siitä, miksi on tärkeää, että potilasohjausta annetaan laadukkaasti. Opintojen aikana olen oppinut, miten etsitään luotettavia lähteitä sekä miten arvioidaan niiden luotettavuutta. Kehittämistyön raportointiosuutta kirjoittaessani näistä opinnoista saamistani opeista oli hyötyä. Minulle työn tarkoitus ja tavoite olivat selkeitä jo aihetta valittaessa ja ne selkeytyivät entisestään, kun kirjoitin aihekuvauksen opinnäytetyöstä keväällä 2022.

Bioanalyytikon työ on moniammatillista. Bioanalyytikon toimenkuvaan kuuluu toimia aktiivisesti yhteistyössä toisten terveydenhuollon ammattiryhmien kanssa. Bioanalyttikko tuottaa laboratoriotutkimuksia, jotka ovat edellytys potilaan hoidolle sekä sen kehittämiseksi. Lisäksi bioanalyttikko osallistuu moniammatillisten tiimien toimintaan. Bioanalyytikon asiantuntemuksen perustan muodostaa laboratoriotutkimusprosessin kokonaisvaltainen hallinta. (Savonia julkaisuaika tuntematon.) Kehittämistyön aikana pääsin toimimaan moniammatillisessa ympäristössä. Esimerkiksi, kun videota kuvattiin, paikalla oli mediatuottaja ja hänen apulaisensa, minä opiskelijana, lääkäri sekä klinisen fysiologian hoitaja. Työskentelemällä eri ammattiryhmien kanssa pystyin kehittämään omia yhteistyötaitojani. Kun tammikuussa 2023 näin ensimmäisen kerran, kuinka tutkimus suoritetaan, sain uusia näkökulmia moniammatillisuudesta ja siitä, kuinka tärkeää on, että yhteistyö toimii eri ammattiryhmien välillä.

Kehittämistyön tuotos auttaa ja ohjaa potilaita valmistautumaan tutkimukseen oikein. Kun tutkimukseen saapuva potilas on valmistautunut oikein, ehkäistään virheiden syntymistä. Spiroergometriatutkimus on laaja ja monivaiheinen tutkimus, joten siinä on monia virhelähteitä. Kun syvennyin tutkimukseen ja sen suorittamiseen, ymmärsin, kuinka paljon tutkimuksessa voi olla virhelähteitä: esimerkiksi elektrodien laittaminen väärin kohtiin, verenpaineen epätarkka mittaaminen tai spirometrin virheellinen kalibrointi voivat johtaa virheellisiin tuloksiin. Spiroergometriatutkimukseen liittyy vahvasti myös potilasturvallisuus ja syvennyin raporttia kirjoittaessani potilasturvallisuuteen sekä siihen, miten potilasturvallisuutta edistetään.

Kehittämistyöprosessin aikana spiroergometriatutkimuksen suorittamiseen perehtyessäni olen ymmärtänyt, kuinka tärkeää on suorittaa tutkimus laadukkaasti ja huolehtia potilasturvallisuudesta sekä välttää virhelähteitä. Laadukkaasti suoritettu spiroergometriatutkimus on potilaan hoidon ja diagnoosin kulmakivi.

#### 8.4 Tuotoksen hyödynnettävyys ja kehittämisideat

Ohjausvideon avulla spiroergometriatutkimukseen saapuva potilas saa tietoa tutkimuksesta sekä osaa valmistautua siihen oikein. Kun potilas osaa valmistautua tutkimukseen oikein, se tukee spiroergometriatutkimuksen suoritusta. Ohjausvideo antaa potilaalle kuvan, mitä tutkimuksessa tapahtuu ja missä järjestyksessä. Näin potilas tietää, mitä tutkimuksen suorittaminen vaatii. Videon avulla

potilas pääsee tutustumaan tutkimukseen sekä sairaalan tiloihin etukäteen, mikä voi auttaa ehkäisemään potilaan tutkimukseen kohdistuvaa jännitystä. Videon avulla potilas pääsee myös tutustumaan tutkimuksessa käytettäviin välineisiin, kuten polkupyöraergometriin.

Kun potilas saa perusteellisen ohjeistuksen sekä paperisena että videona, hänelle tulee turvallinen ja hyvä vaikutelma Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian yksiköstä eli tämän työn tilaajasta. Video myös osaltaan auttaa ja helpottaa bioanalyttikkoa, joka tutkimusta suorittaa. Potilaan tutustuesssa tutkimukseen etukäteen, helpottuu potilasohjaus, koska potilaalle ei tarvitse selittää täysin uutta asiaa.

Spiroergometria tutkimuksen suoritus ei todennäköisesti muutu lähitulevaisuudessa. Tutkimuksen laitteet voivat kuitenkin parantua ja päivittyä, mutta tutkimuksen suoritus pysyy samankaltaisena. Spirometriapuhallusten suositukset voivat kuitenkin muuttua tulevaisuudessa. Videolla kertoja kertoo spirometriapuhalluksen suorittamisesta, mutta sitä ei kokonaisuudessaan näytetä. Koko videota ei kuitenkaan tarvitsisi kuvata uudestaan, vaan riittäisi vain kertojan puheiden uusi äänitys, jos spirometriapuhallusten suositukset muuttuvat.

Video on suunniteltu ensisijaisesti potilaille. Videon tein vain suomen kielellä sekä tekstitys on vain suomeksi. Tulevaisuudessa videon voisi äänittää tai tekstittää myös esimerkiksi englannin, ruotsin ja ukrainan kielillä. Jotta video olisi kaikkien saatavilla ja saavutettavissa, olisi hyvä, että videosta olisi saatavilla sekä äänite että tekstitys eri kielillä. Videota voidaan käyttää myös uusien työntekijöiden perehdytyksessä ja opiskelijoiden opetuksessa. Uusia työntekijöitä sekä opiskelijoita varten olisi kuitenkin järkevää kuvata opetusvideo tutkimuksesta. Tekemäni video ei näytä kuin pintaosan tutkimuksesta, joten opetusvideo voisi olla laajempi ja näyttää, miten tutkimus yksityiskohtaisesti suoritetaan.

Spiroergometria on myös mahdollista suorittaa juoksumatolla, vaikka sitä harvemmin käytetään KY-Sin klinisen fysiologian yksikössä. Tulevaisuudessa olisi kuitenkin hyvä tehdä ohjaus- ja opetusvideo myös juoksumatolla suoritettavasta tutkimuksesta. Varsinkin uusia työntekijöitä sekä opiskelijoita varten olisi hyvä tehdä opetusvideo, koska sen avulla pystytään oppimaan, mitä eroa tutkimusten välillä on, kun se suoritetaan polkupyöraergometrillä tai juoksumatolla. Lisäksi videon avulla pystyttäisiin oppimaan, mitä tutkimus vaatii sen suorittajalta, kun se suoritetaan eri laitteella.

Tavoitteenani on, että videota voitaisiin käyttää potilaiden ohjauksen lisäksi perehdytettäessä kliiniselle fysiologialle uusia työntekijöitä sekä bioanalyttikko-opiskelijoiden koulutuksessa opettamaan spiroergometria tutkimuksen suorittamista. Video voi myös omalta osaltaan kannustaa opiskelijoita kehittämistyön tekemiseen.

## LÄHTEET

Abed, Manar, Himmel, Wolfgang, Vormfelde, Stefan & Koschack, Janka. Video-assisted patient education to modify behavior: a systematic review. *Patient Education & Counseling* 97 (1), 16-22. <https://doi-org.ezproxy.savonia.fi/10.1016/j.pec.2014.06.015>. Viitattu 8.7.2023.

Aluehallintovirasto julkaisuaika tuntematon. Videoiden ja äänilähetysten saavutettavuus. Verkkojulkaisu. <https://www.saavutettavuusvaatimukset.fi/digipalvelulain-vaatimukset/videoiden-ja-aanilahetysten-saavutettavuus/#videot-parantavat-saavutettavuutta>. Viitattu 23.4.2023.

Ammattikorkeakoululaki 932/2014. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140932>. Viitattu 3.11.2023.

Astma. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Keuhkolääkäriyhdistys ry:n, Suomen Lastenlääkäriyhdistys ry:n ja Suomen Kliinisen Fysiologian Yhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2022 (viitattu 4.9.2023). <https://www.kaypahoito.fi/hoi06030>.

Autti, Taina & Keistinen, Timo 2014. Kansallinen potilasturvallisuusstrategia Suomessa: tausta ja tulevaisuuden haasteet. Teoksessa Leena-Maija Aaltonen & Per Rosenberg (toim.) Potilasturvallisuuden perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04593>. Viitattu 18.9.2023.

Bastable, Susan Bacorn 2016. *Essentials of Patient Education*. Second Edition. Burlington Massachusetts: Jones & Bartlett Learnings.

Francis, Johnson 2016. ECG monitoring leads and special leads. *Indian Pacing and Electrophysiology Journal* 16 (3), 92–95. <https://doi.org/10.1016/j.ipej.2016.07.003>. Viitattu 28.2.2023.

Friman, Tarja, Kuparinen, Marja, Lehto, Liisa & Liikanen, Eeva 2021. Laboratoriotutkimusten näytteenotto. 1. painos. E-kirja. Helsinki: Byrettikustannus avoin yhtiö. Viitattu 8.7.2023.

Glaab, Thomas & Taube, Christian 2022. Practical guide to cardiopulmonary exercise testing in adults. *Respiratory Research* 23 (1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s12931-021-01895-6>. Viitattu 28.2.2023.

Guazzi, Marco, Bandera, Francesco, Ozemek, Cemal, Systrom, David & Arena, Ross 2017. Cardiopulmonary Exercise Testing: What Is its Value? *Journal of the American College of Cardiology* 70 (13), 1618–1632. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2017.08.012>. Viitattu 28.2.2023.

Harju, Terttu & Katajisto, Milla 2021a. Diagnostiikka. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04595>. Viitattu 15.7.2023.

Harju, Terttu & Katajisto, Milla 2021b. Epidemiologia. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04595>. Viitattu 15.7.2023.

Harju, Terttu & Katajisto, Milla 2021c. Keuhkohtaumatauti; Johdanto. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04595>. Viitattu 15.7.2023.

Helovuori, Arto, Kinnunen, Marina, Peltomaa, Karolina & Pennanen, Pirjo 2011. Potilasturvallisuus: Potilasturvallisuuden Keskeisiä Kysymyksiä Havainnollisesti Ja Käytännönläheisesti. Helsinki: Fioca.

Hyvärinen, Riitta 2005. Millainen on hyvä potilasohje? Hyvä kieliasu varmistaa sanoman perillemenon. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 121 (16), 1769–1773. <https://www.duodecim-lehti.fi/xmedia/duo/duo95167.pdf>. Viitattu 8.7.2023.

Kaarteenaho, Riitta 2021a. Idiopaattinen keuhkofibroosi ja muut idiopaattiset interstitiaaliset pneumoniat; Johdanto. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiporrti.fi/op/opk04595>. Viitattu 22.7.2023.

Kaarteenaho, Riitta 2021b. Idiopaattinen keuhkofibroosi. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiporrti.fi/op/opk04595>. Viitattu 22.7.2023.

Kauppi, Paula & Lehtimäki, Lauri 2021a. Astma; Johdanto. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiporrti.fi/op/opk04595>. Viitattu 26.8.2023.

Kauppi, Paula & Lehtimäki, Lauri 2021b. Astman diagnoosi. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiporrti.fi/op/opk04595>. Viitattu 26.8.2023.

Kauppi, Paula & Lehtimäki, Lauri 2021c. Astman epidemiologia. Teoksessa Riitta Kaarteenaho, Maija Halme, Heikki Koskela, Tarja Saaresranta (toim.) Keuhkosairaudet: Diagnostiikka ja hoito. Verkkokirja. 2., uudistettu painos. Helsinki: Duodecim. <https://www.oppiporrti.fi/op/opk04595>. Viitattu 26.8.2023.

Kettunen, Raimo 2021. Sepelvaltimotauti. Verkkojulkaisu. Lääkärikirja Duodecim: Terveyskirjasto. Päivitetty 14.1.2021. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00077>. Viitattu 4.9.2023.

Kettunen, Raimo 2023. Valtimotauti (ateroskleroosi). Verkkojulkaisu. Lääkärikirja Duodecim: Terveyskirjasto. Päivitetty 30.3.2023. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00095>. Viitattu 4.9.2023.

Keuhkohtaumatauti. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Keuhkolääkäriyhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2020 (viitattu 22.7.2023). <https://www.kaypahoito.fi/hoi06040>.

Komulainen, Jorma 2014. Näyttöön perustuva lääketieteellinen hoito – Käypä hoito ja muut hoitosuositukset. Teoksessa Leena-Maija Aaltonen & Per Rosenberg (toim.) Potilasturvallisuuden perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrti.fi/op/opk04593>. Viitattu 19.9.2023.

Kostamo, Pipsa, Airaksinen, Tiina & Vilka, Hanna 2022. Kirjoita Itsesi Asiantuntijaksi: Opas Toiminnalliseen Opinnäytetyöhön. E-Kirja. Helsinki: Art House. Viitattu 23.10.2023.

Krooninen sepelvaltimo-oireyhtymä. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Kardiologisen Seuran asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2022 (viitattu 5.9.2023). <https://www.kaypahoito.fi/hoi50102>.

Kutinlahti, Eija 2021. Maksimaalinen hapenottokyky kestävyyskunnan mittarina. Verkkojulkaisu. Lääkärikirja Duodecim: Terveyskirjasto. Päivitetty 27.8.2021. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01038>. Viitattu 11.9.2023.

Kääriäinen, Maria 2007. Potilasohjauksen laatu: hypoteettisen mallin kehittäminen. Väitöskirja. Oulun yliopisto. <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9789514284984.pdf>. Viitattu 23.4.2023.

Laki potilaan asemasta ja oikeuksista 785/1992. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1992/19920785>. Viitattu 20.9.2023.

Lihavuus (lapset, nuoret ja aikuiset). Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Suomen Lihavuustutkijat ry:n ja Suomen Lastenlääkäriyhdistys ry:n asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2023 (viitattu 23.8.2023). <https://www.kaypa-hoito.fi/hoi50124>.

Mezzani, Alessandro 2017. Cardiopulmonary Exercise Testing: Basics of Methodology and Measurements. *Annals of the American Thoracic Society* 14 (1), 3-11. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201612-997FR>. Viitattu 12.8.2023.

Parkkila, Seppo 2023. Sydämen verenkierto. Teoksessa Juhani Airaksinen, Katriina Aalto-Setälä, Juha Hartikainen, Juhani Juntila, Mika Laine, Jyri Lommi, Pekka Raatikainen, Antti Saraste (toim.) *Kardiologia. Verkkokirja. 4., uudistettu painos*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04502>. Viitattu 4.9.2023.

Piirilä, Päivi & Sovijärvi, Anssi R. A. 2013. Spiroergometria fyysisen suorituskyvyn ja sitä rajoittavien tekijöiden arvioinnissa. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 129 (12), 1251–1261. <https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo11057.pdf>. Viitattu 15.11.2022.

Piirilä, Päivi & Tikkanen, Heikki 2021. Spiroergometria – käyttöaiheet, suoritus ja tulkinta. *Suomen lääkärilehti* 76 (33), 1642–1650. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/334113/SLL332021\\_1642.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/334113/SLL332021_1642.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Viitattu 15.11.2022.

Piirilä, Päivi, Salorinne, Yrjö & Malmberg, Pekka 2018. Oksimetria. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) *Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja*. Helsinki: Kustannus Oy duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04622>. Viitattu 19.8.2023.

Porela, Pekka, Romppanen, Hannu & Juvonen, Tatu 2023. Lääkehoito vai revaskularisaatio. Teoksessa Juhani Airaksinen, Katriina Aalto-Setälä, Juha Hartikainen, Juhani Juntila, Mika Laine, Jyri Lommi, Pekka Raatikainen, Antti Saraste (toim.) *Kardiologia. Verkkokirja. 4., uudistettu painos*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04502>. Viitattu 22.11.2023.

Potilasohje 2021. Ergospirometria. Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikkö. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri 23.9.2021.

Rafie, Nikita, Kashou, Anthony H. & Noseworthy Peter A. 2021. ECG Interpretation: Clinical Relevance, Challenges, and Advances. *Hearts* 2 (4), 505–513. <https://doi.org/10.3390/hearts2040039>. Viitattu 28.2.2023.

Rajala, Kaisa, Kaunisto, Jaana, Lauri, Helena, Hodgson, Ulla & Myllärniemi, Marjukka 2019. Idiopaattinen keuhkofibroosi – muuttuva diagnostiikka ja hoito. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 135 (9), 857–865. <https://www.duodecimlehti.fi/duo14901>. Viitattu 22.7.2023.

Riski, Hanna-Maarit 2019. EKG-rekisteröinti. 1. painos. Helsinki: Byrettikustannus avoin yhtiö.

Saarenhovi, Maria & Turjanmaa, Väinö 2018a. Käyttöaiheet. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) *Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04622>. Viitattu 6.9.2023.

Saarenhovi, Maria & Turjanmaa, Väinö 2018b. Mittauksen tarkkuus. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) *Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiportti.fi/op/opk04622>. Viitattu 6.9.2023.

Saarenhovi, Maria & Turjanmaa, Väinö 2018c. Mittausmenetelmät. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 6.9.2023.

Saarenhovi, Maria & Turjanmaa, Väinö 2018d. Verenpaineen epäsuora mittaus. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 6.9.2023.

Saarenhovi, Maria & Turjanmaa, Väinö 2018e. Verenpaineen mittaus; Johdanto. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 6.9.2023.

Salomaa, Eija-Riitta 2022. Keuhkokudoksen sairaudet. Verkkojulkaisu. Lääkärikirja Duodecim: Terveyskirjasto. Päivitetty 1.6.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00644>. Viitattu 23.7.2023.

Savonia julkaisuaika tuntematon. TB20SP Bioanalyytikon tutkinto-ohjelma, Osaamistavoitteet. Verkkojulkaisu. Savonia Opinto-opas. <https://www.savonia.fi/opiskele-tutkinto/tutkinnot-ja-hakeminen/opetus suunnitelm at/?yks=KS&krtid=1343&tab=2>. Viitattu 7.8.2023.

Savonian raportointiohje 2022. Savonian raportointiohje opinnäyte- ja kehittämistöihin sekä oppimistehtäviin. Savonia-ammattikorkeakoulu.

Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisuaika tuntematon. Asiakas- ja potilasturvallisuus. Verkkojulkaisu. <https://stm.fi/asiakas-ja-potilasturvallisuus>. Viitattu 18.9.2023.

Sovijärvi, Anssi, Kainu, Anette, Malmberg, Pekka, Guldbbrand, Anna, Timonen, Kirsi & Piirilä, Päivi 2021. Spirometria- ja PEF-mittausten suoritus ja tulkinta. Moodi 1a/2021. 15. painos. Helsinki: Labquality Oy.

Sovijärvi, Anssi, Kettunen, Raimo & Savonen, Kai 2018a. Kliinisen rasituskokeen suoritus. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 4.7.2023.

Sovijärvi, Anssi, Kettunen, Raimo & Savonen, Kai 2018b. Rasituskokeen aiheet ja vasta-aiheet. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 4.7.2023.

Sovijärvi, Anssi, Malmberg, Pekka & Piirilä, Päivi 2018. Maksimaalisen ventilaatiokapasiteetin mittaus. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 19.8.2023.

Sovijärvi, Anssi, Piirilä, Päivi & Laitinen, Tomi 2018a. Menetelmä ja toteutus. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 14.8.2023.

Sovijärvi, Anssi, Piirilä, Päivi & Laitinen, Tomi 2018b. Menetelmän rajoitukset ja virhelähteet. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporrtti.fi/op/opk04622>. Viitattu 14.8.2023.



- Sovijärvi, Anssi, Piirilä, Päivi & Laitinen, Tomi 2018c. Spiroergometria; Johdanto. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporssi.fi/op/opk04622>. Viitattu 14.8.2023.
- Sovijärvi, Anssi, Piirilä, Päivi & Laitinen, Tomi 2018d. Tulosten tulkintaa. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporssi.fi/op/opk04622>. Viitattu 15.8.2023.
- Sovijärvi, Anssi, Salorinne, Yrjö & Malmberg, Pekka 2018. Hengityksen fysiologiaa. Teoksessa Anssi Sovijärvi, Jaakko Hartiala, Juhani Knuuti, Tomi Laitinen & Pekka Malmberg (toim.) Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen perusteet. Verkkokirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. <https://www.oppiporssi.fi/op/opk04622>. Viitattu 15.8.2023.
- Suomen Bioanalytikkoliitto ry 2017. Bioanalytiikan, laboratoriohitoajan eettiset ohjeet. Pdf-tiedosto. Julkaistu 26.8.2017. [https://www.bioanalytikkoliitto.fi/@Bin/659271/Eettiset+periaatteet\\_FI\\_print\\_2017.pdf](https://www.bioanalytikkoliitto.fi/@Bin/659271/Eettiset+periaatteet_FI_print_2017.pdf). Viitattu 20.11.2022.
- Sydämen vajaatoiminta. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseura Duodecimin ja Suomen Kardiologisen Seuran asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2017 (viitattu 11.9.2023). <https://www.kaypahoito.fi/hoi50113>.
- Tekijänoikeuslaki 607/2015. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1961/19610404>. Viitattu 2.11.2023.
- Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2019. Yleistietoa kansantaudeista. Verkkojulkaisu. Päivitetty 8.11.2019. <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/yleistietoa-kansantaudeista>. Viitattu 1.7.2023.
- Terveiden ja hyvinvoinnin laitos 2021. Sydän- ja verisuonitautien yleisyys. Verkkojulkaisu. Päivitetty 16.9.2021. <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/sydan-ja-verisuonitaudit/sydan-ja-verisuonitautien-yleisyys>. Viitattu 15.2.2023.
- Terveystieteiden laitos 1326/2010. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2010/20101326>. Viitattu 20.9.2023.
- Torkkola, Sinikka, Heikkinen, Helena & Tiainen, Sirkka 2002. Potilasohjeet ymmärrettäviksi: Opas potilasohjeiden tekijöille. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö (HTK). Verkkojulkaisu. Päivitetty 9.10.2023. <https://tenk.fi/fi/tiedevilppi/hyva-tieteellinen-kaytanto-htk>. Viitattu 2.11.2023.
- Työohje 2022. Ergospirometria. Kliinisen fysiologian, isotooppilääketieteen ja kliinisen neurofysiologian yksikkö. Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri 23.11.2022.
- Vaidya, Gaurang Nandkishor 2017. Application of exercise ECG stress test in the current high cost modern-era healthcare system. Indian Heart Journal 69 (4), 551–555. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2017.06.004>. Viitattu 28.2.2023.
- Vilkka, Hanna & Airaksinen, Tiina 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. 1.–2. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Youn, Jong-Chan & Kang, Seok-Min 2015. Cardiopulmonary Exercise Test in Patients with Hypertension: Focused on Hypertensive Response to Exercise. Pulse 3 (2), 114–117. <https://doi.org/10.1159/000431107>. Viitattu 26.2.2023.

Zhranei, Raid M Al, Ismail, Mohammad, Allah, Mohammed & Alzahrani, Mousa 2021. The Impact of Verbal Encouragement and Repeating on the Measurement of Spirometry in Healthy Adult. Cureus 13 (10). <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8583246/>. Viitattu 28.2.2023.

## LIITE 1: VIDEON KÄSIKIRJOITUS

Kertojan puheet tekstitetään.

### KOHTAUS 1

Video: Potilas saapuu yksikköön ja ilmoittautuu ilmoittautumisautomaatilla.

Kertoja: Tervetuloa Kuopion yliopistollisen sairaalan kliinisen fysiologian, isotooppilääketieteen ja kliinisen neurofysiologian yksikköön spiroergometrian tutkimukseen. Tällä videolla havainnollistetaan spiroergometriatutkimuksen kulku. Tutkimuksessa tutkitaan rasituksen aikana samanaikaisesti sydämen ja keuhkojen toimintaa. Ennen tutkimukseen tuloa sinun tulee ilmoittautua ilmoittautumisautomaatilla.

### KOHTAUS 2

Video: Asiakas istuu kliinisen fysiologian yksikön odotusaulassa ja hoitaja hakee potilaan huoneeseen.

Kertoja: Tutkimus suoritetaan hoitajan ja lääkärin kanssa. Tutkimukseen kannattaa varata aikaa 2 tuntia.

### KOHTAUS 3

Video: Hoitaja mittaa taustalla pituutta ja painoa ja siitä siirrytään istumaan.

Kertoja: Aluksi hoitaja varmistaa henkilöllisyytesi sekä mittaa pituutesi ja painosi. Näiden jälkeen hoitaja haastattelee sinua ja varmistaa, että olet noudattanut annettuja esivalmisteluohjeita ja ettei sinulla ole ollut viimeiseen kahteen viikkoon akuuttia hengitystieinfektiota.

### KOHTAUS 4

Tekstinä näytöllä:

Vältä ylimääräistä rasitusta ja valvomista tutkimusta edeltävänä vuorokautena.

Syö kevyesti 2–3 tuntia ennen tutkimusta - **älä ole ravinnotta.**

Älä nauti kahvia, teetä, kola- ja energiajuomia **kahteen tuntiin** ennen tutkimusta.

Älä käytä alkoholia **kahteen vuorokauteen** ennen tutkimusta.

Vältä tupakointia vähintään **neljä tuntia** ennen tutkimusta.

Ota lääkkeesi normaalisti, mikäli et saa lähettävältä lääkäriltä erillistä ohjetta. Vältä lyhytvaikutteisten nitrojen (Dinit-suihke, Nitro, Nitromex) käyttöä kaksi tuntia ennen tutkimusta, mikäli se on mahdollista.

Ota mukaan kevyet urheiluhousut sekä hyvin jalassa pysyvät kengät.

Ota mukaan tiedot käytössäsi olevista lääkkeistä.

Kertoja:

**Esivalmisteluohjeisiin kuuluu:** Että sinun tulee, välttää rasitusta ja valvomista tutkimusta edeltävänä vuorokautena. Syö kevyesti 2–3 tuntia ennen tutkimusta, mutta älä kuitenkaan ole ravinnotta. Sinun tulee olla kaksi tuntia juomatta kahvia, teetä, kola- ja energiajuomia ja alkoholia ei saisi käyttää kahteen vuorokauteen, välttää tupakointia neljä tuntia ennen tutkimusta.

Lääkkeet saat ottaa normaalisti, mikäli et ole saanut erillistä ohjetta lähettävältä lääkäritäsi. Vältä lyhytaikaisten nitrojen käyttöä kaksi tuntia ennen tutkimusta, mikäli se on mahdollista.

Tutkimusta varten tarvitset mukaan kevyet urheiluhousut sekä hyvin jalassa pysyvät kengät, ota mukaan myös lääkelista käytössäsi olevista lääkkeistä.

## KOHTAUS 5

Video: Taustalla hoitaja juttelee ja kirjaa asiakkaan tietoja koneelle ja potilas istuu tuolilla.

Kertoja: Ennen tutkimuksen aloitusta hoitaja kertoo sinulle vielä tutkimuksen tarkoituksen ja kulun sekä kirjaa ylös, mitä lääkkeitä sinulla mahdollisesti on käytössä.

## KOHTAUS 6

Video: Potilas istuu tuolille ja hänelle suoritetaan spirometria-puhallukset.

Kertoja: Tämän jälkeen hoitaja ohjaa sinut ryhdikkääseen asentoon ja antaa sinulle suukappaleen, johon teet vähintään kolme teknisesti onnistunutta spirometria-puhallusta.

Alkuun saat hengittää omaan tahtiin. Hoitajan kehotuksesta vedät keuhkosi täyteen ilmaa. Keuhkojen täyttymisen jälkeen hoitajan kehotuksesta on puhallettava välittömästi maksimaalisella voimakkuudella. Jatka puhallusta keuhkojen tyhjenemiseen asti. Saat palata normaaliin hengitykseen, kun keuhkot on puhallettu tyhjäksi.

Virtaus-tilavuusspirometrian mittauksesta on katsottavissa yksityiskohtaisempi video, jos haluat tarkemmin tutustua tähän tutkimuksen vaiheeseen.

Spirometria puhallusten jälkeen sinulta määritetään maksimaalinen voluntaarinen ventilaatiokyky eli kuinka monta l/min pystyt tahdonalaisesti maksimaalisesti hengittämään. Aluksi saat hengittää omaan tahtiin. Hoitajan kehotuksesta aloita hengittämään maksimaalisia sisään-uloshengityksiä. Maksimaalisia hengityksiä mitataan 12 sekunnin ajan.

## KOHTAUS 7

Video: Potilas vaihtaa vaatteet.

Kertoja: Kun spirometria puhallukset sekä maksimaalinen voluntaarinen ventilaatiokyky on saatu määritettyä, pääset vaihtamaan joustavat housut sekä kengät, joissa pystyt polkemaan pyörää.

## **KOHTAUS 8**

Video: Elektrodien kiinnitys ->potilas käy makaamaan -> EKG:n mittausta.

Kertoja: Hoitaja kiinnittää rintaasi elektrodit EKG:n mittaamiseksi. Saat tarvittaessa viitan ylävartalon suojaksi. Voit ottaa mukaan myös oman urheilutopin tai liivin. EKG:tä seurataan koko tutkimuksen ajan.

## **KOHTAUS 9**

Video: Verenpaineen mittausta potilaan maataessa.

Kertoja: Ennen tutkimuksen aloittamista sinulta mitataan maataessasi verenpaine sekä otetaan lepo-EKG. Tämän jälkeen saat siirtyä pyörälle ja se säädetään sinulle sopivaksi.

## **KOHTAUS 10**

Video: Borgin asteikko (miltä oireet tuntuvat, mikä rasitusasteikko).

Kertoja: Tutkimuksen aikana hoitaja kyselee sinulta vointiasi ja rasituksen voimakkuutta taulukoiden avulla.

Jos tutkimuksen aikana ilmenee tuntemuksia, kuten hengenahdistusta tai huimausta, niistä on hyvä ilmoittaa hoitajalle osoittamalla kyseistä kohtaa, missä oire tuntuu.

## **KOHTAUS 11**

Video: Hoitaja asettaa oksimetrin potilaalle ja mittaa verenpaineen pyörän päällä.

Kertoja: Oksimetri asetetaan korvanlehteen tai otsallesi. Oksimetrin tarkoituksena on mitata happitasoasi. Verenpaineesi mitataan myös pyörän päällä ennen polkemista sekä polkemisen aikana n. 2 minuutin välein ja tarvittaessa useammin.

## **KOHTAUS 12**

Video: Lääkäri tulee paikalle.

Kertoja: Lääkäri kutsutaan tässä vaiheessa paikalle ja hän vielä keskusteleekin kanssasi sekä kuuntelee keuhkosi ja sydämesi.

**KOHTAUS 13**

Video: Maskin laittaminen potilaalle.

Kertoja: Kasvoillesi laitetaan maski, joka mittaa hengityskaasujen vaihtumista. Maskin laittamisen jälkeen ei ole suotavaa puhua, jotta tutkimustulokset ovat luotettavia.

**KOHTAUS 14**

Video: Potilas alkaa polkemaan pyörää.

Kertoja: Tutkimus alkaa, kun lääkäri antaa sinulle luvan aloittaa polkemisen.

**KOHTAUS 15**

Video: Potilas polkee pyörää.

Kertoja: Polkupyörään lisätään vastusta minuutin välein. Jatkat polkemista niin kauan kunnes tuntuu, että et enää jaksaa tai jokin oire rajoittaa suoritusta. Lääkäri saattaa myös pyytää sinua lopettamaan, jos tutkimuksella haettu tieto on saavutettu.

**KOHTAUS 16**

Video: Kuvataan potilaan polkemisen lopettamista.

Kertoja: Kun ilmoitat, että et enää jaksaa polkea, lääkäri ottaa vastukset pois. Jatka vielä kevyttä polkemista. Tarvittaessa sinulle tehdään lääkärin pyytämiä lisämittauksia kuten verenpaineenmittaus sekä otetaan EKG.

**KOHTAUS 17**

Video: Potilas menee istumaan tuolille, maski otetaan pois ja suoritetaan spirometria-puhallukset.

Kertoja: Sinulta mitataan pyöräilyn jälkeen samat spirometriset puhallukset, mitä tutkimuksen alussa. Tässä vaiheessa riittää yksi onnistunut puhallus.

**KOHTAUS 18**

Video: Hoitaja irrottaa elektrodit.

Kertoja: Hoitaja irrottaa elektrodit iholtasi ja pyytää sinua pukeutumaan. Hoitaja varmistaa vointisi ja kehottaa sinun pysymään sairaalan tiloissa 30 minuuttia. Jos tulee poikkeava olotila, apu on lähellä.

**KOHTAUS 19**

Video: Lääkäri juttelee potilaan kanssa.

Kertoja: Tutkimus on päättynyt. Saat alustavia tietoja tutkimuksen tuloksista tutkimuksen valvo-  
neelta lääkäriltä. Saat myöhemmin tarkemmat tulokset sinut tutkimukseen lähettäneeltä lääkäriltä.  
Tervetuloa spiroergometrian tutkimukseen!

Lopetuskuvassa: Pohjois-Savon hyvinvointialueen ja Savonian logot

## LIITE 2: WEBROPOL-KYSELY

## Arviointilomake

**1. Ohessa on väittämiä ohjausvideoon liittyen, vastaa mikä parhaiten kuvaa mielestäsi väittämää**

	Täysin eri mieltä	Jokseenkin eri mieltä	En osaa sanoa	Jokseenkin samaa mieltä	Täysin samaa mieltä
Katsottuani videon ymmärrän spiroergometriatutkimuksen kulun	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Video oli sopivan mittainen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Video oli onnistunut ulkoasultaan	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kertojan puhe oli selkeää ja ymmärrettävää	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Videon sisällön ymmärsi helposti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Video oli asiallinen ja siitä oli hyötyä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Kokonaisuudessaan video vastasi tietämystäni spiroergometriatutkimuksen kulusta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Videosta olisi hyötyä potilaille	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**2. Mikä videossa oli hyvää mielestäsi?**

---



---



---



---



---

**3. Mitä videossa voisi mielestäsi parantaa tai muuttaa? (Esimerkiksi kertojan puhe)**

---



---



---

**4. Tuleeko sinulle mieleen muuta palautetta videoon liittyen?**

---



---



---



---



---