



KLIININEN RASITUSKOE JA EKG:N PITKÄAIKAISREKISTERÖINTI

Potilasesite Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitokselle

Iina Kujanpää

Diana Törmä

Opinnäytetyö
Syyskuu 2014
Bioanalytiikan ko

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Bioanalytiikan koulutusohjelma

KUJANPÄÄ, IINA & TÖRMÄ, DIANA; 11BIO

Kliininen rasituskoe ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti - Potilasesite Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitokselle

Opinnäytetyö 63 sivua, joista liitteitä 7 sivua

Syyskuu 2014

Kliininen rasituskoe ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti ovat yleisimmät Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen (AKU) kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen laboratorion tekemät sydämen toimintaan liittyvät tutkimukset. Tutkimusten avulla voidaan diagnosoida sydänsairauksia, kuten sepelvaltimotautia, tai selvittää erilaisia mahdollisesti sydänperäisiä oireita.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyönä Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen kanssa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa potilasesite, jonka tavoitteena on tehdä kliinistä rasituskoea ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröintiä tutummaksi potilaille. Esitteen toivotaan vähentävän potilaiden tutkimuksia kohtaan tuntemaa pelkoa ja jännitystä, sekä vähentävän virheellisestä valmistutumisesta johtuvia potilasaikojen peruuntumisia.

Työ on toiminnallinen opinnäytetyö, joka koostuu raportista ja varsinaisesta potilasesitteestä. Raportissa käsittelemme sydämen rakennetta ja toimintaa, kliinisen rasituskokeen sekä EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin periaatetta ja suoritusta, sekä hyvän esitteen ominaisuuksia.

Tuotoksena syntyi potilasesite, jossa esitellään Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen toimintaa sekä kliinisen rasituskokeen ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin kulkua. Esite ohjeistaa potilaita tutkimuksiin valmistautumisessa.

Asiasanat: sydämen sähköinen toiminta, kliininen rasituskoe, EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti, potilasesite

ABSTRACT

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

KUJANPÄÄ, IINA & TÖRMÄ, DIANA;
Exercise Stress Test and Long-term ECG Monitoring – Patient Brochure for the
Medical Imaging Centre and Hospital Pharmacy
Bachelor thesis 63 pages, appendixes 7 pages
September 2014

Exercise stress test and long-term ECG monitoring are the most common cardiac function tests performed in the clinical physiology and nuclear medicine laboratory of the Medical Imaging Centre and Hospital Pharmacy. These tests help to diagnose heart diseases and to trace heart-related symptoms.

Bachelor thesis was made in collaboration with the Medical Imaging Centre and Hospital Pharmacy. The purpose of this thesis was to produce a patient brochure, the aim of which was to introduce the exercise stress test and long-term ECG monitoring to the patients. The brochure is expected to reduce patients' test-related fear and anxiety, and also to decrease the number of cancelled test bookings caused by patients' wrong preparedness for the tests.

The approach of this thesis is functional, and thesis itself consists of the theoretical section dealing with heart structure and function, principle and execution of exercise stress test and long-term ECG monitoring, and properties of a good brochure. The brochure includes introduction to the Medical Imaging Centre and Hospital Pharmacy, the course of the exercise stress test and long-term ECG monitoring. The brochure also guides in preparing for these tests.

Keywords: electrical function of the heart, exercise stress test, long-term ECG monitoring, patient brochure

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TEHTÄVÄT	8
3 KUVANTAMISKESKUS- JA APTEEKKILIIKELAITOS	9
4 SYDÄN ELIMENÄ	10
4.1 Sydämen toiminta	12
4.2 Sydämen sähköinen toiminta ja EKG	15
5 KLIININEN RASITUSKOE	19
5.1 Tutkimuksen suoritus	20
5.1.1 Potilaan valmistautuminen	21
5.1.2 Potilaan valmistelu	22
5.1.3 Lepovaihe	23
5.1.4 Rasitusvaihe	25
5.1.5 Palautumisvaihe	27
5.2 Oheismittaukset	28
5.2.1 Ortostaattinen koe	28
5.2.2 Happisaturaatio	29
5.2.3 Verikaasuanalyysi	29
5.2.4 Uloshengityksen huippuvirtaus ja sekuntikapasiteetti	29
5.3 Farmakologinen rasitus	30
5.3.1 Adnosiini ja regadenosoni	31
5.3.2 Adnosiini- ja regadenosoniantistus	32
6 EKG:N PITKÄAIKAISREKISTERÖINTI	35
6.1 Tutkimuksen suoritus	37
6.1.1 Kaksikanavainen EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti	39
6.1.2 Kolmikanavainen EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti	39
6.1.3 Tapahtuma-EKG	40
6.1.4 Rytmivalvuri	41
6.2 Rekisteröinnin lopetus ja purku	41
7 ESITE	43
7.1 Esitteen teksti	44
7.2 Esitteen ulkoasu	45
8 TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ	46
9 PROSESSIN KUVAUS JA YHTEENVETO	47
LÄHTEET	51

LIITTEET	57
Liite 1. Tutkimuspöytäkirja.....	57
Liite 2. Borgin asteikko.....	58
Liite 3. EKG:n pitkäaikaisrekisteröintipäiväkirja	59
Liite 4. Lupa henkilön kuvaamiseen	61
Liite 5. Lupa laitteiden ja tilojen valokuvaamiseen	62

1 JOHDANTO

Opinnäytetyömme aiheena on tuottaa potilasesite Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen kliinisen fysiologian laboratoriolle siellä useimmin tehtävistä sydäntutkimuksista: kliinisestä rasisuskokeesta sekä elektrokardiografian eli EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnistä. Etenkin kliinisen rasisuskokeen onnistumisen kannalta potilaan oma panos on tärkeä, jotta tutkimuksesta saadaan maksimaalinen hyöty (Kliininen rasisuskoe: Työohje 2012). Potilasesitteen avulla potilaan on mahdollista etukäteen tutustua tutkimukseen. Tutkimuksen tarkoituksen ymmärtäminen kannustaa potilasta osallistumaan tutkimukseen aktiivisesti. (How to produce an information brochure for patients and users of the healthcare system 2008.)

Potilasesitteet ja potilasohjeet ovat tärkeä osa potilaiden ja hoitohenkilökunnan välistä vuorovaikutusta. Niiden tarkoitus on tukea terveysalan ammattilaisen potilaalle suullisesti antamia ohjeita. Potilasesite tai -ohje ei koskaan saa korvata suullista neuvontaa. Esitteiden ja potilasohjeiden sisältämän informaation tulee olla tutkittua ja tieteellisiin tutkimustuloksiin perustuvaa. Esitteen sisällön on oltava objektiivista ja ajankohtaista, sekä yhdenmukaista eri terveydenhuollon yksiköiden välillä. Esite antaa potilaalle mahdollisuuden osallistua omaan hoitoonsa. Kohderyhmälleen esite antaa neuvoja ja tukea, muille lukijoille se toimii tutustumismateriaalina. (How to produce an information brochure for patients and users of the healthcare system 2008; Guidelines for preparing patient education handouts 2014.)

Valitsimme aiheen, sillä opinnäytetyön aihe tuntui mielekkäältä. Opinnäytetyön toiminnallisuus oli meille myös yksi valintakriteereistä. Aihetta valitessa esitteen tuottaminen tuntui meistä tarpeeksi konkreettiselta päämäärältä. Esitteen tuottaminen tuntui mielekkäältä senkin vuoksi, että parhaassa tapauksessa siitä tulisi olemaan konkreettista hyötyä käytännön työssä. Teoreettisen viitekehyksen kirjoittaminen ja rajaaminen tuotettavan esitteen pohjalta tuntui selkeältä.

Tässä työssä käsittelemme sydämen rakennetta, sähköistä toimintaa sekä sähköisen toiminnan näkymistä sydämen EKG-tutkimuksessa. Vaikka EKG-tutkimus ei itsessään olekaan työmme aiheena, sen käsitteleminen on tärkeää, sillä sekä kliininen rasisuskoe että EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti perustuvat laadukkaan elektrokardiogrammin eli

sydänsähkökäyrän rekisteröintiin ja sen oikeaan tulkintaan. Tämän opinnäytetyön teoriataustassa käsittelemme ainoastaan aikuisen sydämen rakennetta ja toimintaa, sekä kummankin tutkimuksen osalta suoritusta siten, kuin se aikuiselle tehdään. Tutkimusten suoritus lapselle on kuitenkin pääpiirteissään sama. Kliinisen rasituskokeen ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin periaatteen ja suorituksen lisäksi käsittelemme tässä työssä myös hyvän esitteen ominaisuuksia sekä sellaisen laatimisessa huomioon otettavia seikkoja.

2 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TEHTÄVÄT

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa esite, joka toimii potilaalle valmistautumismateriaalina ennen tutkimukseen tuloa. Esitteessä kerrotaan kliinisen rasisuskokeen ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin tarkoitus ja sen suoritus, sekä mainitaan tärkeimmistä tutkimukseen valmistautumiseen vaikuttavista asioista. Opinnäytetyönä tuotettavan esitteen tavoitteena on tehdä näitä tutkimuksia tutummaksi potilaille, jotta heidän mahdollisesti tutkimuksia kohtaan kokemansa pelko tai jännitys vähenisi. Tavoitteena oli myös parantaa potilaiden valmistautumista tutkimuksiin, jotta virheellisestä valmistautumisesta johtuvat potilasaikojen peruuntumiset kliinisen fysiologian laboratoriossa vähenisivät. Kohderyhmän ulkopuolisille esite toimii tutustumismateriaalina.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa on tarkoituksena perehtyä seuraaviin tutkimusongelmiin:

- 1) Miten tutkimusten teoreettinen tausta perustelee kliinisen rasisuskokeen ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin käytännön toteutuksen?
- 2) Millainen on kliinisen rasisuskokeen vaihtoehtona oleva isotooppirasitus pääpiirteittäin ja miten se tehdään?
- 3) Millainen on hyvä esite ja miten se laaditaan?

3 KUVANTAMISKESKUS- JA APTEEKKILIIKELAITOS

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos (AKU) koostuu radiologian, kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen sekä kliinisen neurofysiologian yksiköistä, sekä sairaala-apteekista (Pulkinen 2014). Pirkanmaan sairaanhoitopiiriin kuuluva Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos tarjoaa radiologian, kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen, sekä kliinisen neurofysiologian tutkimusten lisäksi lääketieteellisen fysiikan tutkimuksia, sekä vastaa osaltaan koulutuksesta ja tutkimuksesta. Kuvantamiskeskus tekee yhteistyötä Tampereen yliopiston, alueen korkeakoulujen sekä muiden oppilaitosten kanssa. AKU tarjoaa palveluitaan myös Pirkanmaan ulkopuolelle niitä tarvitseville. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos 2014.)

Kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen laboratorio on FINAS:in akkreditoima testauslaboratorio. Akkreditointi menettelytapana perustuu kansainvälisiin kriteereihin ja sillä voidaan osoittaa puolueettomasti todettu pätevyys sekä tutkimustulosten luotettavuus. FINAS valvoo akkreditoinnin vaatimusten täyttymistä vuosittain tekemällään tarkastuskäynnillä. Kaksi kolmesta kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen laboratorion tutkimuksista tehdään akkreditoituna. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Laadunhallinta 2014.)

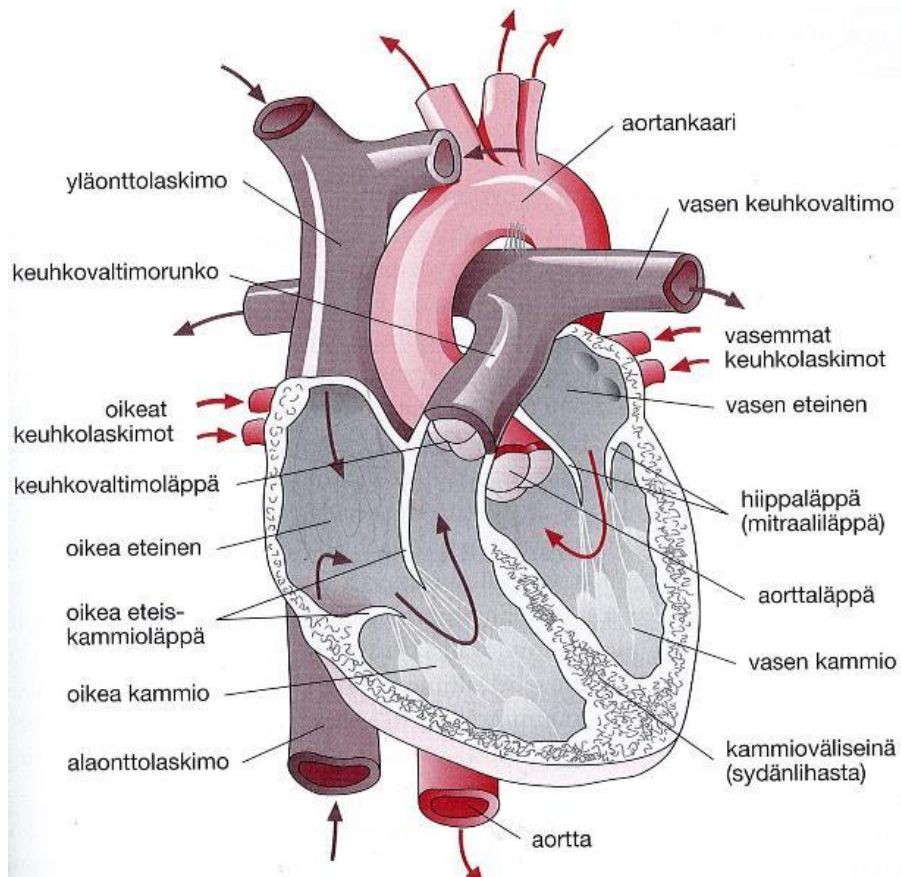
Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen alaisuudessa työskentelee 388 henkilöä, joista 44 kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikössä. Heistä noin 30 työskentelee kliinisen fysiologian laboratoriossa. Vuonna 2013 kliinisen fysiologian ja isotooppilääketieteen yksikössä tehtiin yhteensä 24 114 tutkimusta, joista 16 476 kliinisen fysiologian laboratoriossa. Näistä 2630, eli hieman reilu kymmenen prosenttia, oli EKG:n pitkäaikaisrekisteröintejä tai kliinisiä rasisuskokeita. Farmakologiset altistuskokeet suoritetaan kliinisen fysiologian ja isotooppilaboratorion yhteistyönä. Vuonna 2013 niitä tehtiin yhteensä 65. (Pulkinen 2014.)

4 SYDÄN ELIMENÄ

Sydän on verenkiertojärjestelmän onttu elin, joka sijaitsee rintaontelon välikarsinassa keuhkojen välissä rintalastan takana. Sydän poikkeaa keskiviivasta hieman vasemmalle ja sen kärkiosa on kääntynyt alas vasemmalle. Sydämen päätehtävänä on supistusten avulla aikaansaada veren virtaaminen. (Sand, Sjaastad, Haug, Bjälje & Toverud 2011, 270.) Supistukset synnyttävät paine-eroja verenkiertoelimistöön, mikä mahdollistaa veren kierron koko elimistön läpi. Sydämen pumppaustoiminta, veri ja verisuoniverkostot yhdessä vastaavat ravintoaineiden, kaasujen, kuona- ja viestiaineiden, elektrolyyttien sekä lämmön kuljetuksesta soluihin ja elimiin sekä niistä pois. (Kettunen, Hassinen, Peuhkurinen & Kupari 2008, 24; Sand ym. 2011, 268, 270; Klabunde 2012a, 2.)

Sydämen omasta verenkierrosta vastaavat sepelvaltimot. Sepelvaltimoiden tehtävänä on ravinteiden ja hapen kuljetus sydänlihakselle. Sepelvaltimoita on kaksi, oikea ja vasen. Ne lähtevät aorttan tyvestä ja kulkevat sydämen pinnalla. Vain niiden pienet haarat ulottuvat sydämen sisäosiin. Sepelvaltimoilla on omat, sydämen takapinnalla kulkevat sepellaskimoparit. (Mustajoki 2008; Kettunen 2011b.)

Sydän koostuu kahdesta kammioista ja kahdesta eteisestä (kuva 1). Systemisestä, eli isosta verenkierrosta veri saapuu oikeaan eteiseen ala- ja yläonttolaskimoista. Oikeasta eteisestä laskimoveri siirtyy oikeaan kammioon, joka supistuessaan paineella siirtää verta keuhkovaltimoiden kautta pieneen verenkiertoon eli keuhkoverenkiertoon. Sydämen vasen eteinen vastaanottaa keuhkoverenkierron neljästä keuhkolaskimosta tulevan veren. Sieltä veri siirtyy ensin vasempaan kammioon ja edelleen systeemiseen verenkiertoon aorttan kautta. (Sand ym. 2011, 268–269, 272; Klabunde 2012a, 2-3.) Eteisten ja kammioiden väliset läpät estävät veren takaisinvirtauksen. Sydämen oikeassa puoliskossa oikea eteis-kammioläppä ja vasemmassa puoliskossa hiippaläppä, eli mitraaliläppä, takaavat sen, ettei veri pääse virtaamaan kammioista takaisin eteisiin. Sydämen supistuessa aorttaläppä päästää veren vasemmasta kammioista aorttaan ja keuhkovaltimoläppä oikeasta kammioista keuhkovaltimoihin. (Hiltunen, Holmberg, Jyväsjärvi, Kaikkonen, Lindblom-Yläne, Nienstedt & Wähälä 2007, 401; Sand ym. 2011, 268, 271; Klabunde 2012a, 60–61.)



KUVA 1. Sydämen rakenne (Hiltunen ym. 2007, 401)

Sydämessä on kolmenlaisia soluja: tahdistinsoluja, sähköä johtavia soluja sekä kardiomyosyyttejä, eli sydänlihassoluja (Thaler 2010, 12). Kardiomyosyytit ovat poikkijuovaisia haarautuneita supistumiskykyisiä sydänlihassoluja. Tavallisesti kardiomyosyytit ovat 50-150 μm pitkiä ja 10-20 μm leveitä. Niistä koostuu suurin osa sydänkudoksesta. (Kettunen ym. 2008, 25; Thaler 2010, 15–16; Sand ym. 2011, 274.) Yksittäinen kardiomyosyytti rakentuu sarkomeereista, eli supistumiskykyisistä yksiköistä, jotka muodostuvat ohuista ja paksuista proteiinisäikeistä. Ohuet proteiinisäikeet rakentuvat pääsääntöisesti aktiinifilamenteista ja paksut proteiinisäikeet myosiinifilamenteista. (Klabunde 2012a, 42.)

Tahdistinsolut ovat pienikokoisia, 5-10 μm pitkiä soluja, jotka kykenevät itsenäisesti synnyttämään sydämen sähköisen rytmin. Tahdistinsolujen spontaani sähköisen varauksen muuttuminen synnyttää sydänsyklin, jossa sydänlihas ensin supistuu, sitten rentoutuu. Sähköimpulsseja johtavat pitkät ohuet solut, jotka muodostavat sydämen impulssinjohtoradat. (Thaler 2010, 12–15.)

4.1 Sydämen toiminta

Vierekkäisiä kardiomyosyyttejä yhdistävät avoimet soluliitokset. Avoimissa soluliitoksissa vierekkäisten solujen solukalvojen läpi kulkevat kanavat, jotka yhdistävät naapurisolujen sytoplasmat. Ne mahdollistavat ionien, ja näin myös sähköimpulssin, nopean siirtymisen solusta toiseen ja leviämisen sydänlihaskudokseen. Avoimia soluliitoksia ei esiinny eteis- ja kammiosolujen välissä, koska eteisten ja kammiodien välissä on sidekudoslevy. (Hiltunen ym. 2007, 102; Sand ym. 2011, 274.) Sydämen solujen solukalvoilla on ionispesifisiä ionikanavia. Niiden toiminta perustuu kalvojännitteen muutoksiin, jolloin ionikanavien kolmiulotteinen rakenne muuttuu ja ne joko aukeavat tai sulkeutuvat. (Mäkijärvi 2003, 20; 2008b, 53.) Sydämessä on myös ionikanavia, joiden toiminta perustuu reseptoreihin ja niihin kiinnittyviin signaalimolekyyleihin (Klabunde 2012a, 15).

Kalvopotentiaali, eli kalvojännite, on sähköinen jännite-ero solunsisäisen ja solunulkoisen nesteen välillä. Lepopotentiaali eli lepojännite on vakaa kalvojännite, jonka suuruus riippuu solutyypistä. (Sand ym. 2011, 69.) Sydämen pumppaustoiminta perustuu solujen elektrofysiologiaan, jossa kemiallinen energia muuttuu sähköiseksi (Mäkijärvi 2003, 19; Thaler 2010, 10).

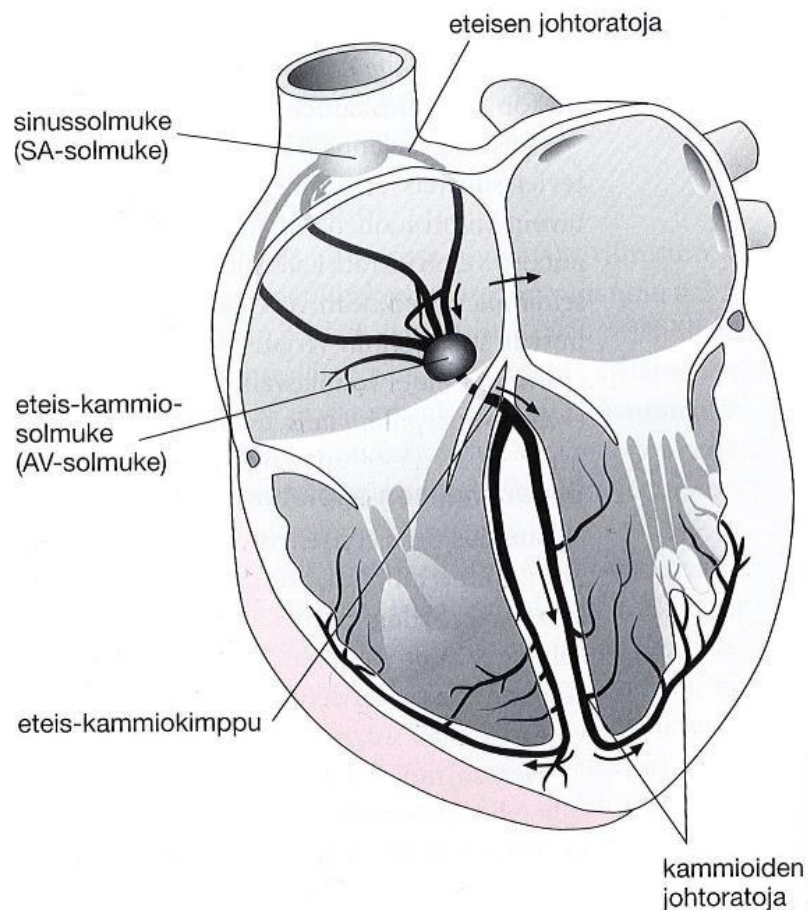
Lepovaiheessa sydämen solut ovat polarisoituja: niiden sisäpuolella oleva sähkövaraus on negatiivisempi kuin solun ulkopuolella (Thaler 2010, 10). Lepopotentiaali on riippuvainen positiivisesti ja negatiivisesti varautuneiden ionien jakautumisesta solukalvolla, solukalvon läpäisevyydestä sekä ionikanavien toiminnasta (Klabunde 2012a, 10). Tärkeimpiä sydämen sähköisestä toiminnasta vastaavia ioneja ovat kalsium Ca^{2+} , kalium K^+ , natrium Na^+ sekä kloridi Cl^- , jonka vaikutus muihin verrattuna on kuitenkin vähäinen. (Thaler 2010, 10; Klabunde 2012a, 10.)

Lepovaiheessa valtaosa K^+ -ioneista on solun sisällä ja Ca^{2+} - sekä Na^+ -ioneista solun ulkopuolella (Klabunde 2012a, 10). Sydämen solujen solukalvon lepopotentiaali on -90mV (Mäkijärvi 2008b, 52; Klabunde 2012a, 10). Kalvopotentiaalın ja lepopotentiaalın muutos mahdollistaa kardiomyosyyttien supistumisen (Hiltunen ym. 2007, 131). Lepovaiheessa solun ulko- ja sisätilan konsentraatioeroista johtuen solun sisään diffundoituu pieniä määriä Na^+ -ioneja ja vastaavasti pieniä määriä K^+ -ioneja

vuotaa ulos solusta (Klabunde 2012a, 10–13). Solunsisäisten rakenteiden anionit estävät liiallisen kaliumionien ulosvirtauksen solusta (Mäkijärvi 2003, 20). Solukalvon läpäisevyys natrium- ja kalsiumioneille on kuitenkin niin pieni, että vain pienet määrät näitä ioneja pääsee passiivisesti siirtymään solun sisään (Klabunde 2012a, 11). Lepovaiheessa kaliumionit siis läpäisevät solukalvon erittäin helposti, mutta kalsium- ja natriumionit huonosti (Mäkijärvi 2008b, 52; Klabunde 2012a, 11).

Depolarisaatiossa sydämen solujen sisäinen negatiivinen varaus pienenee (Thaler 2010, 10; Sand ym. 2011, 72). Repolarisaatio tapahtuu depolarisaation päättyessä. Repolarisaatiossa sydämen solujen lepotentiaali palautuu ionien siirtyessä takaisin soluun ionikanavien kautta. (Thaler 2010, 11.) Aktiopotentiaali on kalvojännitteen äkillinen muutos, joka tapahtuu kun kalvopotentiaali ensin depolarisoituu ja sitten repolarisoituu lepotilaan (Sand ym. 2011, 69; Klabunde 2012a, 16). Tahdistinsoluissa depolarisaatio tapahtuu itsestään, eli nämä solut itse kykenevät tuottamaan aktiopotentiaalin. Sydänlihassolujen ja impulssihoitoratasolujen aktiopotentiaalin aiheuttaa naapurisoluista siirtyvä depolarisaatioaalto. (Thaler 2010, 10; Klabunde 2012a, 16.)

Sinussolmuke (kuva 2), eli SA-solmuke, on oikeassa eteisessä sijaitseva tahdistinsolujen kertymä, josta sähköimpulssi saa alkunsa ja leviää muualle sydämeen (Thaler 2010, 14; Sand ym. 2011, 275). Sinussolmuke synnyttää depolarisaatioaallon normaalisti 60–100 kertaa minuutissa (Thaler 2010, 14). Sinussolmukkeesta aktiopotentiaali siirtyy johtoratoja pitkin oikean eteisen eteisväliseinäessä sijaitsevaan eteiskammiosolmukkeeseen, eli atrioventrikulaari- tai AV-solmukkeeseen (Mäkijärvi 2008b, 56; Sand ym. 2011, 274–275). Eteiskammiosolmukkeesta impulssi johtuu eteiskammiokimppuun, eli Hisin kimppuun, joka läpäisee kammioden ja eteisten välisen sidekudoslevyn. Hisin kimppu jatkuu kammioden johtoratoina, eli Purkinjen säikeinä. Purkinjen säikeiden soluista aktiopotentiaali siirtyy avointen soluliitosten kautta kardiomyosyytteihin. (Hiltunen ym. 2007, 404; Mäkijärvi 2008b, 56; Sand ym. 2011, 272, 274–275.) Kardiomyosyytteihin saapuva aktiopotentiaali saa kalsiumionit virtaamaan kalsiumkanavien läpi soluihin. Kalsiumionit vuorovaikuttavat sarkomeerin aktiinin ja myosiinin kanssa siten, että sarkomeeri lyhenee kun aktiini ja myosiini lähestyvät toisiaan. Tämä johtaa solun supistumiseen. (Thaler 2010, 16; Klabunde 2012a, 42, 44.)



KUVA 2. Sydämen johtoradat (Hiltunen ym. 2007, 404)

Sydänlihassoluissa depolarisaatioaalto liikkuu sekä lihassäikeitä pitkin että kudoksen läpi. Lihassäikeitä pitkin johtuminen on nopeampaa kuin sivusuunnassa kudoksen läpi johtuminen. Koko elimessä depolarisaatioaalto siirtyy endokardiumista ulospäin ja sydämen kärkiosasta kohti tyviosaa. Impulssin siirtymisnopeus riippuu sydänlihaskerroksen paksuudesta, ja kardiomyosyytin supistumisvoimakkuus sarkomeerin pituudesta. (Mäkijärvi 2008b, 56–57; Sand ym. 2011, 272; Klabunde 2012a, 42.)

Sydämen toimintaa voidaan tarkastella kahtena vuorotelleen tapahtuvana vaiheena: systole- ja diastolevaiheena. Systole on kammioden supistumisvaihe, jota seuraa diastole eli kammioden lepovaihe. (Sand ym. 2011, 278.) Systolen aikana kammiot supistuvat voimakkaasti. Eteisten paine jää kammioden painetta pienemmäksi ja eteiskammioläpät sulkeutuvat, eikä veri pääse virtaamaan takaisin eteisiin. Aorttaläppä ja keuhkovaltimoläpät avautuvat, kun kammioden paine ylittää niiden paineen.

Kammiot supistuvat ja veri virtaa kammioista ulos. (Kettunen ym. 2008, 38; Sand ym. 2011, 280.) Relaksaatiovaiheessa kammiot rentoutuvat ja niiden paine tippuu valtimoiden painetta pienemmäksi, minkä seurauksena valtimoiden läpät sulkeutuvat. Kammioiden paine laskee edelleen, kunnes se alittaa eteisissä olevan paineen. Alkaa diastole. Paine-erot saavat läpät aukeamaan ja verta pääsee virtaamaan eteisistä kammioihin. (Kettunen ym. 2008, 37–39; Sand ym. 2011, 278–280.)

Valtimopaine syntyy kun sydämen vasemman kammion voimakas supistuminen työntää verta aorttaläpän auettua aorttaan. Aorttapaine kasvaa ja veri virtaa aortasta muihin elimistön valtimoihin isolla paineella. Sydämen supistumisvaiheessa valtimopaine on korkeimmillaan. Kammioiden relaksaatiovaiheessa valtimopaine on matalin. (Klabunde 2012a, 67; 2012b; Sand ym. 2011, 280, 286, 288.)

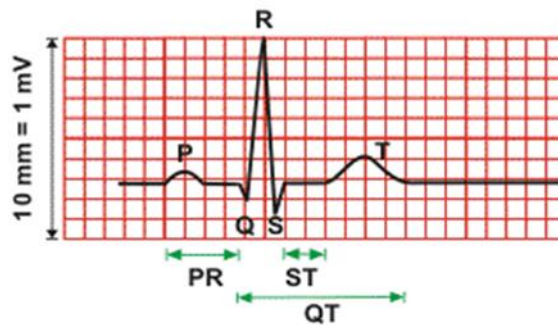
4.2 Sydämen sähköinen toiminta ja EKG

EKG eli elektrokardiografia on yleisimpiä sydämen toiminnan tutkimusmenetelmiä ja siten tärkeä diagnostinen väline. Menetelmä on standardoitu ja siinä sydämen toimintaa pystytään tarkastelemaan reaaliajassa. (Mäkijärvi 2008a, 132; Sand ym. 2011, 277; Klabunde 2012a, 26.) EKG:ia hyödynnetään erilaisten sydänsairauksien, kuten infarktin, iskemian, rytmihäiriöiden ja johtoratajärjestelmän häiriöiden, sekä ei-sydänperäisten tautien diagnostiikassa (Mäkijärvi & Heikkilä 2003, 17; Mäkijärvi 2008a, 136; Klabunde 2012a, 26). EKG antaa tietoa sydämen lihaseinämien rakenteesta ja niissä tapahtuvista patologisista muutoksista, sydänsairauden levinneisyydestä sekä vakavuudesta. Sydämen sähköistä toimintaa voidaan seurata muutaman sekunnin mittaisella lepo-EKG –rekisteröinnillä, tai pitempiaikaisesti esimerkiksi EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnillä. EKG on diagnostisesti tärkeä osa sekä kliinistä rasisuskoetta että farmakologista altistuskoetta. (Antila & Viitasalo 2003, 328; Sovijärvi 2003, 340; Mäkijärvi & Heikkilä 2003, 17; Viitasalo 2003, 112.)

EKG:ssa potilaan rintakehälle ja raajoihin kiinnitetään elektrodit, jotka rekisteröivät sydämen jännite-eroja ihon pinnalta (Sand ym. 2011, 277). Kardiomyosyyteissä depolarisaation ja repolarisaation aikana elektrolyytit liikkuvat solukalvon läpi. Liikkuvat elektrolyytit synnyttävät ionivirtoja, jotka leviävät sydäimestä myös

ympäröiviin kudoksiin. Ionivirtojen aiheuttamia sähköisiä jännite-eroja on mahdollista rekisteröidä ihon pinnalta. (Kligfield, Gettes, Bailey, Childers, Deal, Hancock, van Herpen, Kors, Macfarlane, Mirvis, Pahlm, Rautaharju & Wagner 2007, 1307-1309; Sand ym. 2011, 277; Klabunde 2012a, 26–27.)

EKG:ssa syntyvä käyrä on elektrokardiogrammi (kuva 3). Siinä sydänlihaksen sähköinen toiminta, depolarisaatio ja repolarisaatio sydämen eri osissa näkyvät erilaisina toistuvina heilahduksina ja aaltoina. (Mäkijärvi & Heikkilä 2003, 16–17; Klabunde 2012a, 26–27.) Tahdistinsolujen synnyttämä aktiopotentiaali sinussolmukkeessa, sekä impulssin eteneminen johtoratajärjestelmää pitkin eteiskammiosolmukkeen kautta Hisin kimppuun ja Purkinjen säikeisiin ei kuitenkaan näy EKG:ssa, sillä sen tuottama jännite ei ole tarpeeksi suuri. (Thaler 2010, 17; Mäkijärvi 2008a, 132-133.)



KUVA 3. Elektrokardiogrammi (Klabunde 2012a)

Kun depolarisaatioaalto liikkuu iholle kiinnitettyä elektrodia kohti, käyrälle muodostuu positiivinen heilahdus. Depolarisaatioaallon siirtyminen pois päin elektrodista näkyy käyrällä negatiivisena heilahduksena. Käyrä palautuu perustasolle kun depolarisaatioaalto saavuttaa elektrodin. Bifaasinen aalto syntyy, kun elektrodi sijaitsee samalla tasolla depolarisaatioaallon liikkumissuunnan kanssa. Tällöin käyrälle piirtyy sekä positiivinen että negatiivinen heilahdus. (Thaler 2010, 32, 34, 36.) Käyrän muotoon vaikuttavat elektrodien sijoittuminen ihon pinnalle, depolarisaation johtumisnopeus sekä johtumisradat, joita pitkin depolarisaatioaalto etenee. Myös sydänlihassmassan muutokset näkyvät käyrän muodossa. (Klabunde 2012a, 30.)

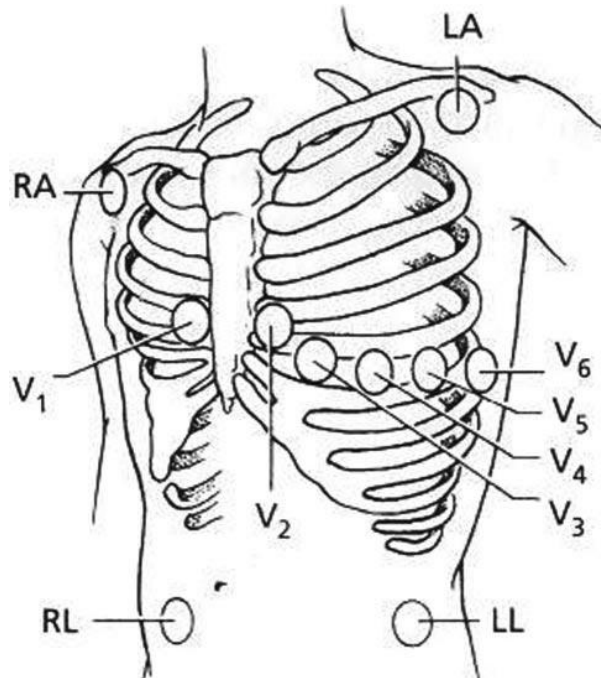
Sinussolmukkeen tahdistinsoluista lähtevä depolarisaatioaalto leviää ensin sydämen eteisiin. Eteisten aktivaatio näkyy EKG:ssa P-aaltona. Yksi kokonainen sydämen sykli näkyy siis kahden peräkkäisen P-aallon välillä: sykli alkaa P-aallosta ja loppuu seuraavaan P-aaltoon. (Klabunde 2012a, 62.) Koska sinussolmuke sijaitse oikeassa eteisessä, sen aktivaatio tapahtuu ensin. Sitä seuraa vasemman eteisen aktivaatio. Eteisten depolarisaation kulku hidastuu eteiskammiosolmukkeen kohdalla. Samalla eteiset supistuvat ja niissä oleva veri virtaa kammioihin. (Mäkijärvi 2008a, 132; Thaler 2010, 19–21; Sand ym. 2011, 275.) Sinusrytmi on sydämen pumppausrytmi, jonka määräävät sinussolmukkeen tahdistinsolut. Terveen ihmisen sydän sykkii 60–80 kertaa minuutissa. Sinussolmukkeen toiminta, joka on riippuvainen autonomisen hermoston toiminnasta, vaikuttaa sydämen sykkeeseen ja sykemuutoksiin. (Klabunde 2012b, Sand ym. 2012, 280.)

Sydämen kammioiden lihasmassa on suuri. Tämän vuoksi kammioiden depolarisaatio ja sitä seuraava kammioiden supistuminen näkyy käyrällä isona heilahduksena, eli QRS-kompleksina. Kompleksin alkuosa, Q-aalto, syntyy kun depolarisaatio etenee sydämen väliseinämän vasenta haaraa pitkin. Koska vasemman kammion lihasmassa on oikean kammion lihasmassaa suurempi, QRS-kompleksi kuvaa paremmin vasemman kammion aktivaatiota. (Thaler 2010, 24-26; Klabunde 2012a, 27.) T-aalto kuvastaa kammioiden repolarisaatiota, eli vaihetta, jossa solun sisällä oleva negatiivinen varaus kasvaa. Eteisten repolarisaatio ei näy EKG:ssa. (Sand ym. 2011, 277; Klabunde 2012a, 27.) EKG:ssa kammiosyke näkyy peräkkäisinä QRS-komplekseina ja syke määritetään RR-välien avulla (Mäkijärvi 2008a, 143).

Yleisin tapa rekisteröidä sydämen sähköistä toimintaa on käyttää Wilsonin rinta- sekä raajakytkentöjä. Rekisteröinnissä käytettävät bi- ja unipolaariset kytkennät antavat informatiivisimman kuvan sydämen sähköisestä toiminnasta. Bipolaariset kytkennät rekisteröivät sydämen sähköisen aktivaation synnyttämää potentiaalieroja kehon kahden eri elektrodin välillä (positiivisen ja negatiivisen). Unipolaarikytkennöissä elektrodi mittaa kehon pinnalta tulevaa sähköistä aktivaatiota verraten sitä nollaelektrodiin, eli summaelektrodiin. Kuuden bipolaarisen raajakytkennän avulla saadaan tietoa sydämen aktivaatiosta frontaalitasolla ja kuudella unipolaarisella rintakytkennällä horisontaalitasolla. Tavallisessa 12-kytkentäisessä EKG:ssa on 10 elektrodia: 4 raajaelektrodia ja 6 rintaelektrodia. Kytkennät I, II ja III ovat bipolaarisia ja aVL, aVR,

aVF, sekä V1-V6 unipolaarisia kytkentöjä. Nämä yhdessä tuottavat 12 elektrokardiografista käyrää 10 elektrodin avulla. (Mäkijärvi 2003, 42–43; Drew, Califf, FunkKaufman, Krucoff, Laks, Macfarlane, Sommargren, Swiryn & Van Hare 2004, 2733–2735; Mäkijärvi 2008a, 133–134.)

Kliinisen rasituskokeen yhteydessä käytetään Mason-Likar kytkentöjä (kuva 4). Rasituskokeessa potilaan liikkuminen aiheuttaa elektrodeihin kiinnitettyjen johtojen liikkumista, sekä artefaktoja EKG-käyrälle. Niiden vähentämiseksi v.1966 Mason ja Likar kehittivät kliinistä rasituskoetta varten kytkentätavan, jossa raajaelektrodit siirretään lonkkiin ja olkapäiden tyviin. (Drew ym. 2004, 2734; Kligfield ym. 2007, 1315–1316.) EKG:n frontaaliakseli on Mason-Likar -kytkennässä kääntynyt oikealle verrattuna tavalliseen Wilsonin kytkentään. Interferioisissa kytkennöissä jännitteet ovat suuremmat ja mahdollinen Q-aalto saattaa puuttua. Vastaavasti aVL-kytkentään Q-aalto saattaa ilmaantua. Mason-Likar -kytkennällä rekisteröityä EKG:ia ei siis voida arvioida täysin samoin perustein kuin 12-kytkentäistä EKG:ia. (Sovijärvi 2012, 181.) Rintaelektrodien paikat Mason-Likar kytkennöissä eivät muutu (Drew ym. 2004, 2734).



KUVA 4. Elektrodien sijainti Mason-Likar- kytkennöissä (Drew ym. 2004, 2735)

5 KLIININEN RASITUSKOE

Kliininen rasituskoe koostuu lepoaiheesta, varsinaisesta rasitusvaiheesta sekä palautumisvaiheesta (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.) Kliininen rasituskoe suoritetaan aina lääkärin johdolla tiloissa, joissa on elvytysvalmius. Rasituskoehuoneessa tulee olla rekisteröivän defibrillaattorin lisäksi tarvittavat elvytysvälineet ja –tarvikkeet, sekä hätäkutsujärjestelmä. (Sovijärvi & Kettunen 2008, 218–219.) Asianmukaisesti suoritettuna tutkimus on potilaalle turvallinen (Pakarinen 2003, 66).

Kliinisessä rasituskokeessa rasitetaan asteittain tutkittavan henkilön verenkierto-, hengitys- ja liikuntaelimistöä. Rasituskokeen perusteella tehdään arvio potilaan hengitys- ja verenkiertoelimistön tilasta sekä fyysisestä suorituskyvystä. (Sovijärvi 2012, 174.) Kliinisen rasituskokeen aiheet on lueteltu taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Kliinisen rasituskokeen aiheet (Viitasalo 2005b, Sovijärvi 2012, 174–175, muokattu)

Sepelvaltimotaudin diagnostiikka potilailla, joilla oireisto viittaa sydänlihasiskemiaan
Sepelvaltimotaudin vaikeusasteen ja ennusteen arviointi stabiilioireista sepelvaltimotautia sairastavilla ja sydäninfarktin jälkeen
Sepelvaltimotaudin hoidon tehon ja sairauden kulun arviointi
Fyysiseen rasitukseen liittyvien rytmihäiriöiden ja tajunnanhäiriön selvittely
Pysyvän tahdistinhoidon tarpeen tai tahdistimen toiminnan arviointi
Rytmihäiriölääkityksen (ryhmä I C) proarytmisen vaikutuksen arviointi
Kammiotaajuuden arviointi pysyvässä eteisvärinässä tai eteislepatuksessa
Sydänsairaana potilaan rasituksen kestävyden arviointi
Riskiryhmien ja erityisammateissa toimivien oireettomien mahdollisen sydänlihasiskemian poissulku
WPW-potilaan riskinarviointi vaarallisten rytmihäiriöiden suhteen
Pitkän QT-ajan diagnostiikka
Merkittäväksi epäillyn aorttastenoosin arviointi potilailla, joilla ei ole tyypillisiä ahtaamaan sopivia oireita
Epäselvä hengenahdistus

Rasituskoetta käytetään pääsääntöisesti sepelvaltimotaudin, sekä muiden sydän- ja hengitystieperäisten tautien diagnostiikkaan. Sen avulla arvioidaan myös leikkausten komplikaatoriskejä tai potilaan toimintakykyä. Rasituskoetta käytetään myös terveystarkastustutkimuksena riskiryhmään kuuluville sekä eritysammateissa työskenteleville. (Varjo 2007; Sovijärvi 2012, 174.) Tutkimuksen vasta-aiheet on lueteltu taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kliinisen rasituskokeen vasta-aiheet (Sovijärvi 2012, 175, muokattu)

Akuutti infektiosairaus tai muu akuutti vaikea sairaus
Akuutti sydäninfarkti, tai sen epäily
Epästabiili sepelvaltimotautiin liittyvä rasisusrintakipu
II- tai III-asteen eteiskammiokatkos
Hoitamaton vaarallinen rytmihäiriö
Akuutti myokardiitti tai perikardiitti
Metabolinen sairaus tasapainottomassa vaiheessa
Akuutti keuhkoembolia

Ennen tutkimuksen aloittamista EKG- laitteiden ja kaapeleiden virheettömyys tulee tarkistaa, ja elektrodien käyttökelpoisuus ja verenpainemittarin kunto tarkistetaan. EKG-piirturijärjestelmän ja polkupyöräergometrin tekninen tarkistus tehdään kerran vuodessa ja kalibraatio kahden vuoden välein. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.)

5.1 Tutkimuksen suoritus

Kliininen rasituskoe suoritetaan yleensä oirerajoitteisesti ja maksimaalisesti. Koetta jatketaan kunnes potilas ei enää jaksa, tai kunnes lääkäri päättää keskeyttää kokeen. (Vanninen 2004b, 61.) Rasitus tulee suorittaa huoneessa, jonka tuuletus tai ilmastointi pitää huoneen lämpötilan 20–25 °C:ssa. Huoneen kosteuspiitoisuus ei saa nousta kohtuuttomaksi eikä sen happipitoisuus pienentyä rasituksen aikana. Koneellista ilmastointia suositellaan tiloihin, joissa tehdään runsaasti rasituskokeita. (Sovijärvi 2012, 176.)

Kliininen rasituskoete suoritetaan yleensä polkupyöraergometrilla (kuva 5), sillä ergometri on hyvin standardoitavissa. Jos potilas ei kykene esimerkiksi alaraajojen niveleiden vuoksi polkemaan, voidaan tutkimus suorittaa käsikampiergometrilla. Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen tutkimuksissaan käyttämän polkupyöraergometrinn suurin sallittu potilaspaino on 160 kg. Mikäli potilas painaa enemmän, on hänen otettava yhteyttä kliinisen fysiologian laboratorioon ja ilmoitettava painonsa, jotta rasitus voidaan suorittaa muulla tavoin. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoete 2012.) Harvinaisissa tapauksissa tutkimus voidaan suorittaa myös makuulla, jos oheismittaukset ovat vaativia. Kävelymatolla suoritettava kliininen rasituskoete on myös mahdollinen, ja etenkin anglosaksisissa maissa paljon käytetty. Sen vakiointi on kuitenkin vaikeaa, sillä tutkittavan paino ja kävelytyyli vaikuttavat kuormituksen määrään. (Sovijärvi 2012, 178–179.)



KUVA 5. Polkupyöraergometri ja muita kliinisessä rasituskoeteessä käytettäviä välineitä

5.1.1 Potilaan valmistautuminen

Ennen kliinistä rasituskoetta potilaan tulee välttää raskaita aterioita, mutta rasitusta ei tule suorittaa myöskään paaston jälkeen. Kevyt ateria 2-3 tuntia ennen koetta on sallittu. (Sovijärvi 2012, 177.) Potilaan tulisi olla tupakoimatta vähintään neljä tuntia ennen

koetta, sekä välttää piristäviä juomia, kuten teetä tai kahvia, rasitusta edeltävän kahden tunnin ajan. Alkoholin käytöstä tulisi pidättäytyä vähintään 1,5 vrk ennen rasiuskoeetta. (Muurinen 2011.) Edellä mainitut nautintoaineet sekä raskas ruokailu kiihdyttävät sympaattisen hermoston toimintaa, mikä saattaa vaikuttaa mittaustulokseen ja aiheuttaa muutoksia sydänsähkökäyrään tai heikentää potilaan suorituskykyä (Sovijärvi 2012, 177). Raskasta fyysistä ponnistelua tulee välttää 1-2 tuntia ennen rasiuskokeen alkua ja edellisestä infektiosairaudesta tulee olla kulunut vähintään kaksi viikkoa (Muurinen 2011). Potilaan on hyvä varata tutkimukseen sopiva varustus, kuten urheiluhousut ja lenkkikengät (Vanninen 2004b, 61). Ylävartalo ja nilkat jätetään paljaksi elektrodien kiinnittämistä varten (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasiuskoe 2012).

5.1.2 Potilaan valmistelu

Monilla lääkeaineilla voi olla vaikutusta kliinisessä rasiuskokeessa mitattaviin vasteisiin, kuten EKG-, syke- ja verenpainevasteisiin. Lähettävän lääkärin on lähetteessä listattava potilaan käyttämät lääkkeet. Ennen rasiuskokeen aloittamista hoitaja varmistaa vielä potilaalta mitkä lääkkeet ovat käytössä ja milloin viimeisimmät annokset on otettu. Lähetteestä tulee ilmetä myös potilaan diagnoosit, kysymyksen asettelu, tärkeimmät kliiniset oireet sekä mahdollinen lääketauko. (Sovijärvi 2012, 176–177, 180.)

Ennen rasiusta potilaan pituus ja paino mitataan. Hoitaja varmistaa, että potilas on noudattanut valmistautumisohjeita. Kliinisestä rasiuskokeesta vastaava lääkäri haastattelee potilasta ennen rasiusvaiheen alkamista. Haastattelussa pyritään tarkentamaan oireita, joiden vuoksi potilas rasiuskokeeseen on lähetetty. Lisäksi lääkäri haastattelee potilasta rasiuksen aiheuttamista oireista, sekä potilaan rasiuksensietokyvystä. Näiden lisäksi lääkäri kuuntelee hengitys- ja sydänäänät, sekä varmistaa ettei kokeella ole vasta-aiheita. (Sovijärvi 2003, 338.) Potilaan oman maksimaalisen suorituksen tärkeyttä painottamalla motivoidaan potilasta, sekä rohkaistaan häntä kertomaan rasiuksen aikana mahdollisesti ilmaantuvista oireista (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasiuskoe 2012).

5.1.3 Lepovaihe

Kliininen rasiuskoe alkaa lepo-EKG:n rekisteröinnillä. Kymmenen minuutin alkulevon jälkeen hoitaja suorittaa EKG-rekisteröinnin. (Sovijärvi & Kettunen 2008, 220.) Mittauselektrodien huolellisen kiinnittämisen merkitys korostuu erityisesti rasiuskokeessa. Häiriöttömän EKG:n saamiseksi elektrodien tulee pysyä tiukasti paikallaan koko tutkimuksen ajan, mikä kehon lämmitessä ja kostuessa rasiuksessa saattaa olla haasteellista. Tämän vuoksi ihon perusteellinen käsittely on erittäin tärkeää, jotta ihon ja elektrodien välille saadaan hyvä sähköinen kontakti. Lepovaiheen EKG-rekisteröinti tehdään noudattaen normaalia 12-kytkentäistä EKG:ia. (Sovijärvi & Kettunen 2008, 220.) Kun lepo-EKG on otettu, hoitaja siirtää rasiusvaihetta varten raajaelektrodit raajojen tyveen vastaamaan Mason-Likar -kytkentöjä. Tällöin polkupyöräergometrin polkeminen, tai vaihtoehtoisesti kävely tai käsikammen pyörittäminen, on mahdollista. (Sovijärvi & Kettunen 2008, 220.) Tarvittaessa elektrodeihin kiinnitettävät johdot teipataan potilaan ihoon liikeartefaktan vähentämiseksi. Naisten rinnat tuetaan rintaliiveillä. Ylipainoisilla ihmisillä, erityisesti naisilla, elektrodit siirtyvät istumaan ja pystyasentoon noustessa alemmas kuin makuuasennossa. Siirtymä tulee korjata kiinnittämällä elektrodit rasiuksen ajaksi ylemmäs. (Sovijärvi 2012, 181.)

Lisäksi potilaalta mitataan levossa myös verenpaine kahden mmHg:n tarkkuudella, sekä lasketaan hengitystaajuus/min potilaan rintakehän liikkeistä. Nämä merkitään tutkimuspöytäkirjaan, kuten myös potilaan syketaajuus/min. Rasiuslaitteistoon merkataan potilaan laskennallinen maksimisyketaajuus kaavalla $205 - \frac{1}{2} \times \text{potilaan ikä}$. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasiuskoe 2012.) Verenpaineen manuaalinen auskultaatio, eli kuuntelututkimus, on automaattista mittausta parempi, sillä automaattisten mittareiden toiminta voi häiriintyä potilaan liikkeessä eikä diastolinen lukema ole tarkka. Verenpainemittarin mansetti sijoitetaan yläraajaan samalle korkeudelle potilaan sydämen kanssa. (Myers, Arena, Franklin, Pina, Kraus, McInnins, & Balady 2009, 3145; Terveyskirjasto 2013.) Tämä johtuu siitä, että painovoiman vaikutuksesta verenpaine kasvaa suuremmaksi sydämen alapuolella olevissa valtimoissa, ja vastaavasti sydämen yläpuolisissa valtimoissa se jää pienemmäksi (Sand ym. 2011, 291, Turjanmaa 2012, 250).

Mitattaessa verenpainetta mansetin alla olevaan valtimeen kohdistetaan painetta pumppaamalla ilmaa mansetin sisällä olevaan kumipussiin, jolloin valtimo puristuu kokoon. Mittauksen alkuvaiheessa mansetin ilmanpaine ylittää potilaan oletetun systolisen paineen, jonka jälkeen painetta alennetaan hitaasti. Tällöin kasaan puristettu valtimo pääsee hitaasti laajenemaan ja veri virtaamaan sen läpi sydämen systolen aikana. Diastolinen verenpaine on paine mittauksen loppuvaiheessa, jolloin valtimo on palautunut muotoonsa ja veri pääsee virtaamaan vapaasti valtimon läpi. Manuaalisessa auskultaatiossa käytetään stetoskooppia, joka asetetaan kyynärtaipeen valtimon kohdalle. Stetoskoopin avulla kuunnellaan ääniä, jotka syntyvät, kun veren virtaus valtimossa palautuu normaaliksi. Ensimmäinen ääni, joka kuullaan verenpainemittauksessa määrittää systolisen paineen ja viimeinen ääni diastolisen paineen. (Sand ym. 2011, 288–290; Turjanmaa 2012, 251.) Verenpaineen yksikkönä on elohopeamillimetri (Sand ym. 2011, 290). Normaalin verenpaineen raja-arvoina pidetään <85 diastole- ja <130 systolepainetta (Terveyskirjasto 2013). Käsikampiergometrillä suoritettavassa rasituksessa verenpaineen mittausta yläraajasta ei ole mahdollista, vaikka muuten tutkimus suoritetaan samoin kuin polkupyöräergometrillä suoritettava tutkimus (Sovijärvi 2012, 178).

Lepovaiheen aikana tarkistetaan potilaan esitiedot ja kiinnitetään tarvittaessa happisaturaatio-, eli SaO₂-anturi. Lepovaiheen lopuksi mitataan uloshengityksen huippukapasiteetti, eli FEV₁ tai uloshengityksen huippuvirtaus, eli PEF, jos kokeen kysymyksenasettelu niin vaatii. Potilaalle tulee myös kerrata rasituskokeen kulku. (Sovijärvi 2003, 338.)

5.1.4 Rasitusvaihe

Polkupyöräergometrin satulan korkeus säädetään potilaalle sopivalle korkeudelle. Satula on sopivalla korkeudella silloin, kun satulan päällä istuttaessa polkijan polvi oikenee lähes suoraksi. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.) Oikea satulan korkeus on tärkeää, jotta etenkin harjaantumattomien potilaiden alaraajat eivät väsyisi liikaa ennen maksimaalisen hapenkulutustason saavuttamista (Sovijärvi 2012, 178).

Rasituskokeen aloituskuorma on 20–35 W. Kuormaa lisätään asteittain vakioidusti 1 minuutin välein siten, että lisättävä kuormitus on aina samansuuruinen kuin edellinen. Lisättävä kuormitus arvioidaan ennen tutkimuksen aloittamista ottaen huomioon potilaan ikä, sukupuoli, ruumiinrakenne ja kunto. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.) Rasitustasoa nostetaan siten, että terveen henkilön subjektiivinen, noin 90% rasitus maksimista saavutetaan 6-12 minuutissa (Sovijärvi 2012, 177).

Potilaan vointia tulee seurata koko rasituksen ajan, ja mittaukset ja kirjaukset tulee tehdä potilaan tilaa tarkkaillen (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012). Koetta valvova lääkäri tarkkailee ihon ja huulten väriä, asennon ja motoriikan muuttumista sekä puheen helppoutta. Myös mahdollisia hengitysvaikeuksia tai rintakivun reaktioina syntyviä kliinisiä merkkejä on valvottava. (Sovijärvi 2012, 182–183.) Kaikki mittausarvot, potilaan subjektiiviset tuntemukset sekä mahdolliset oireet, niiden alkaminen, kesto sekä mahdollinen päättyminen tutkimuksen edetessä tulee kirjata tutkimuspöytäkirjaan (liite 1). (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.)

Syketaajuus kirjataan tutkimuspöytäkirjaan jokaisella rasitusportaalla. Verenpaine mitataan rasituksen aikana ensimmäisen rasitusportaan jälkeen. Mittaus uusitaan joka toinen minuutti sekä tarvittaessa. Hengitystiheys auskultoidaan toisen rasitusportaan jälkeen. Auskultointi toistetaan tämän jälkeen joka toinen minuutti, sekä tarvittaessa, rasituksen ajan. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.)

Rasituksen aikana potilaan tulee itse arvioida subjektiivisen rasituksen määrää Borgin asteikolla (liite 2a). Potilaalle tehtävän, kuormittavuuden selvittämiseen liittyvän kysymyksen tulee olla vakiomuotoinen ja neutraali. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.) Kysymyksellä ei saa johdatella potilasta (Sovijärvi 2012, 183). Rasittavuuden arviointiin käytettävällä Borgin asteikolla saadaan tietoa siitä, kuinka kuormittavaksi testattava kokee rasituksen. Borgin asteikko kuvaa kokonaiskuormituksen, eli rasituksen aiheuttamien fysiologisten vasteiden summan rasittavuutta. Tällainen Borgin asteikko kattaa numerot kuudesta kahteenkymmeneen. Kevyt tai erittäin kevyt fyysinen rasitus luokitellaan Borgin asteikolla alueelle 6-9, kohtuukuormitteinen rasitus alueelle 10-16 ja raskas fyysinen rasitus alueelle 17-20. (UKK-instituutti 2013.)

Borgin asteikkoa voidaan käyttää myös rasituksen aikana ilmaantuvan oireen voimakkuuden arviointiin. Tällöin tulee käyttää Borgin oireasteikkoa (liite 2b). Oireasteikko kattaa numerot nollasta kymmeneen ja se sopii erityisesti rintakivun tai hengenahdistuksen voimakkuuden arviointiin kliinisen rasituskokeen aikana. (Vanninen 2004b, 60.)

Kliinisessä rasituskokeessa potilaan syketasoa vaihtelua seurataan (Mäkijärvi 2008a, 143). Rasitusta jatketaan potilaan uupumiseen saakka, ellei rasituksen aikana aiemmin ilmene syytä lopettaa (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012). Yksi diagnostisen tutkimuksen luotettavuuden perusteista on potilaan ikään nähden riittävän korkea syketaajuus. Potilaan kannustaminen rasituksen aikana on tärkeää, jotta saavutetaan syketaso, joka on n. 85 % potilaan laskennallisesta maksimisykkeestä. (Vanninen 2004b, 62.) Kliinisessä rasituskokeessa rasituksen aste arvioidaan syketasoa nousulla (Sovijärvi 2003, 345).

Taulukossa 3 on lueteltu ehdottomat keskeytyksen aiheet. Rasitus tulee keskeyttää myös ilman varsinaisia objektiivisia löydöksiäkin jos potilas arvioi rasituksesta aiheutuneen hengenahdistuksen tai rintakipu-oireen voimakkuuden Borgin asteikolla 4-5/10. Mikäli rasituksessa ilmenee rintakipua, selvitetään sen sijainti ja laatu kyselemällä, sekä seurataan kivun kehittymistä. Koe keskeytetään, kun kipu on voimistunut siihen voimakkuuteen jossa potilas keskeyttää työnsä myös kotioloissa, tai jos kipuun liittyy diagnostisia ST-välin muutoksia. (Sovijärvi 2012, 185.)

TAULUKKO 3. Rasituksen ehdottomat keskeytysaiheet kliinisessä rasituskokeessa (Sovijärvi 2012, 185)

Potilaan tuntemukset

Voimakas väsymys (Borg 17-19/20)
Voimakas rintakipu tai hengenahdistus (Borg 5/10)
Huimaus, koordinaatiovaikeudet, tajunnan hämärtyminen
Pahoinvointi
Voimakas pohjekipu tai raajojen väsyminen
Muu voimakas oire

Havainnot

EKG:n rekisteröinti tai verenpaineen mittaus teknisesti epäluotettava
ST-Segmentin nousu tai lasku non-Q-kytkennässä ≥ 4 mm
Systolisen verenpaineen selvä lasku (>20 mmHg)
Kammiotakykardia
Ektooppinen supraventrikulaarinen brady- tai takykardia
III asteen eteis-kammiokatkoksen ilmaantuminen
Ihon muuttuminen kalpean harmaaksi tai synoottiseksi

Rasituksen lopettamisen syy tulee merkitä tutkimuspöytäkirjaan. Lisäksi tulisi pyrkiä mittaamaan potilaan verenpaine ennen rasituksen päättämistä. Verenpaine sekä loppusyke tulee kirjata tutkimuspöytäkirjaan. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.)

5.1.5 Palautumisvaihe

Rasituksen päätyttyä polkupyöraergometrin vastus poistetaan. Potilaan tulisi jatkaa polkemista ilman vastusta puolesta minuutista minuuttiin, jotta verenpaine ei laske liian jyrkästi. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012; Vanninen 2004b, 62.) Tämän jälkeen potilas siirtyy istumaan sängylle. Potilaan tilaa tutkimuksen jälkeen tarkkaillaan lääkärin harkinnan mukaan. Aikuisilla kuitenkin aina vähintään neljä minuuttia ja lapsilla vähintään kymmenen minuuttia, tai kunnes rasituksen aiheuttamat EKG-muutokset ja oireet ovat hävinneet. (Kuvantamiskeskus- ja

apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoel 2012; Sovijärvi 2012, 186.) Potilaan tarkkailu rasituksen jälkeen on tärkeää, sillä esimerkiksi vakavat rytmihäiriöt voivat potilaalla alkaa pian rasituksen päätyttyä (Vanninen 2004b, 62). Yhden ja neljän minuutin palautumisen jälkeen tutkimuspöytäkirjaan merkataan potilaan syke. Myös verenpaine tulee mitata ja kirjata ylös neljän minuutin palautumisen jälkeen. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoel 2012.) Keuhkojen ja sydämen kuuntelu kuuluvat oleellisena osana rasituksen jälkeiseen seurantaan (Sovijärvi 2012, 183). Potilaan vointi tulee aina varmistaa kysymällä ennen hänen poistumistaan tutkimushuoneesta. Huonovointista potilasta ei saa päästää lähtemään. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoel 2012.)

Jos tutkimuksen syynä on rasituksen aikainen rintakipu, tulee rasituksen jälkeen suorittaa rintakehän palpoini. Palpoimalla pyritään saamaan selville mahdollinen muskuloskeletaalinen rintakivun syy esimerkiksi interkostaalilihasten alueella. (Sovijärvi 2012, 186.) Mikäli rasituksessa on ilmaantunut pohjekipua, tulee alaraajojen valtimopulssit tunnustella heti rasituksen päätyttyä, tai tehdä muita tarkempia valtimoverenkierron mittauksia (Sovijärvi 2003, 341).

5.2 Oheismittaukset

Kliiniseen rasituskokeeseen voidaan liittää erilaisia oheismittauksia. Esimerkiksi hengityselimistön toiminnasta saadaan tarkempaa tietoa, kun kliiniseen rasituskokeeseen yhdistetään PEF, eli uloshengityksen huippuvirtauksen mittaus tai tutkittavan happisaturaation mittaaminen. (Piira 2006.)

5.2.1 Ortostaattinen koel

Ortostaattinen koel voidaan suorittaa ennen varsinaista rasitusta lepo vaiheen aikana. Kokeessa potilas nousee lepo vaiheen jälkeen seisomaan 2 minuutiksi. Tämä oheistutkimus liitetään kliiniseen rasitukseen erityisesti silloin, kun potilaalla epäillään toiminnallista sydänhäiriötä ja toiminnallisista syistä johtuvia muutoksia EKG:ssa, kuten esimerkiksi sympaktikotoniasta johtuvia ST-välin ja T-aallon muutoksia.

Kokeella pyritään selvittämään mahdollisia sydämen sykkeen, verenpaineen tai EKG:n muutoksia potilaan noustessa seisomaan. (Sovijärvi 2012, 185; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.) Rauhallinen tunnelma tutkimustilanteessa on tärkeä. Tutkimuksen aikana potilaan kanssa ei keskustella, paitsi jos potilas ilmoittaa jostain vointiinsa liittyvästä muutoksesta. Kokeen lopuksi mitattu verenpaine sekä syketaajuus merkitään pöytäkirjaan. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.)

5.2.2 Happisaturaatio

Valtimoveren happikylläisyyttä seurataan pulssioksimetrilla tarvittaessa läpi rasituksen (Sovijärvi 2012, 184). Mittauslaitteen anturi asetetaan potilaan sormeen tai korvalehteen koko tutkimuksen ajaksi. Tutkimuspöytäkirjaan merkitään ainakin mittauslukemat lepoaiheessa, minuutin välein rasituksen aikana, sekä palautumisvaiheessa neljän minuutin kohdalla. Mikäli rasitukseen on liitetty ortostaattinen koe, myös lukema ortostaattisen kokeen lopussa tulee merkitä pöytäkirjaan. Merkittävä muutos on $\geq 4\%$. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012.) Mikäli valtimoveren happisaturaatio on levossa alle 91 %, voidaan rasitustutkimus tehdä vain erityistapauksissa (Sovijärvi 2012, 184).

5.2.3 Verikaasuanalyysi

Tapauskohtaisesti harkinnan mukaan voidaan potilaasta ottaa valtimoverinäyte (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoe 2012). Verikaasuanalyysi suoritetaan osana rasituskoetta silloin, kun happisaturaation mittaus ei ole antanut luotettavaa tulosta ja potilaalla epäillään rasituksen aiheuttamaa hypoksiaa tai hyperventilaatiota. Jos valtimoverinäytteitä otetaan toistuvasti, potilaan kyynär- tai värttinävaltimo kanyloidaan ennen rasitusta. Valtimoverikaasuanalyysillä saadaan selville rasituksen aiheuttaman metabolisen asidoosin aste, sekä muut mahdolliset happo-emästasapainon muutokset. (Sovijärvi 2012, 184.)

5.2.4 Uloshengityksen huippuvirtaus ja sekuntikapasiteetti

Uloshengityksen huippuvirtaus (PEF) tai sen huippukapasiteetti (FEV_1) mitataan ennen varsinaisen rasituksen alkua lepoaiheeseen jälkeen ja heti rasituksen päätyttyä. Jos rasituksessa on ilmaantunut keuhkoputkien supistumista, uusitaan puhallus vielä myöhemmin. Onnistunut mittaus sisältää kolme peräkkäistä laadukasta puhallusta. (Sovijärvi. 2004, 342.) Tavallisimpana keuhkoputkien supistumisvasteen mittarina pidetään uloshengityksen sekuntikapasiteettia FEV_1 (Sovijärvi, Nieminen, Malmberg & Laitinen 2012, 129).

5.3 Farmakologinen rasitus

Farmakologista rasituskoetta sanotaan myös lääkeainerasituskokeeksi tai lääkeainealtistuskokeeksi. Farmakologinen rasitus on osa sydämen isotooppitutkimusta. Tutkimuksessa potilaan verenkiertoon lisätään säteilevää merkkiainetta eli radioisotooppia, jonka kulkua ja jakautumista seurataan ja mitataan gammakameralla. (Kettunen 2011a.) Farmakologisessa rasituskokeessa sydämen sepelvaltimoiden perfuusiota, eli verenvirtausta lisätään tai sydäntä kuormitetaan suonensisäisesti annettavien lääkeaineiden avulla. Farmakologisessa rasituksessa käytetään esimerkiksi adenosiniä, dobutamiinia ja dipyridamolia. (Loimaala & Rautio 2003, 354; Knuuti, Ukkonen & Virtanen 2008, 237–238 ; Thaler 2010, 249.) Farmakologinen rasituskoe on vaihtoehtona silloin, kun potilas ei muutoin pysty suorittamaan kliinistä rasituskoetta. Taustalla voivat olla esimerkiksi liikuntaelin-, verisuoniperäiset syyt, joiden takia fyysisen rasituksen aiheuttama vaikutus ja sepelvaltiomovirtauksen kasvu on saavutettava muilla keinoin, kuten lääkeaineilla. (Loimaala & Rautio 2003, 354; Kettunen 2011a; Thaler 2010, 249.) Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos otti keväällä 2014 regadononin ensisijaiseksi lääkeaineeksi farmakologisessa rasituskokeessa adenosinin rinnalle.

Sydämen isotooppitutkimuksella pyritään arvioimaan sydänlihaksen perfuusion riittävyttä (Kettunen 2011a). Yleisin käyttöaihe farmakologiselle rasitukselle on sepelvaltimosairauden diagnostiikka. Farmakologinen rasitus on luotettava menetelmä, jolla saadaan arvioitua sepelvaltimotaudin levinneisyysaste ja alueellinen perfuusio sekä määritettyä potilaan ennuste. Farmakologisen rasituksen käyttöaiheena on myös vasen haarakatkos ja kammiotahdistin, jotka tekevät mahdottomaksi iskemian arvioinnin

rasituksella saadun EKG:n avulla. Farmakologista rasitusta käytetään myös kliinisen rasiuskokeen aiheuttamien väärin positiivisten löydösten välttämiseksi. Esimerkiksi vasemman haarakatkoksen aiheuttaman sydämen väliseinän perfuusiohäiriön erottaminen sepelvaltimoahtaumaperäisestä kliinisen rasiuskokeen ja sydänfilmitulosten perusteella on hankalaa, mutta farmakologisessa rasiuksessa se on mahdollista. (Loimaala & Rautio 2003, 354–355; Knuuti ym. 2008, 237; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Sydänperfuusion gammakuvaus 2014.) Farmakologista rasitusta käytetään myös, jos kliinisessä rasiuskokeessa potilaan kuormitustasoa ei potilaalla olevan taudin takia saada nostettua halutulle tasolle, jolloin tuloksia ei saada näkyviin EKG:lla tai ne jäävät epäluotettaviksi. Kliiniseen rasiuskokeeseen verrattuna farmakologinen rasiuskokeen tulos ei riipu potilaan suorituksesta. (Loimaala & Rautio 2003, 354.)

5.3.1 Adenosiini ja regadenosoni

Adenosiini on sekä elimistössä normaalisti esiintyvä, että lääkeaineena elimistöön annettava orgaaninen yhdiste. Se kuuluu puriinukleosidien ryhmään. (Klabunde 2012b.) Elimistössä adenosiinia muodostuu energiavarastomolekyylien adenosiinimonofosfaatin (AMP), adenosiinidifosfaatin (ADP) ja adenosiinitrifosfaatin (ATP) hajoamisreaktioissa (Alberts, Bray, Hopkin, Johnson, Lewis, Raff, Roberts & Walter 2010, 105, 113). Adenosiinin puoliintumisaika on lyhyt, alle kymmenen sekuntia. Sen vaikutus alkaa ja päättyy nopeasti, mikä tekee adenosiinialtistuskokeesta helposti säädeltävän. (Loimaala & Rautio 2003, 356; Thaler 2010, 213.)

Regadenosoni on nopeavaikutteinen adenosiinireseptoriagonisti eli lääkeaine, joka vaikuttaa adenosiinille spesifisten reseptorien kautta. Regadenosonin kohdereseptorit sijaitsevat sepelvaltimoiden sileälihassolujen pinnalla. Kemialliselta rakenteeltaan se on adenosiinin johdannainen. Regadenosonin puoliintumisaika on kolmivaiheinen. Ensimmäisessä 2–4 minuuttia kestävässä vaiheessa havaitaan regadenosonin sepelvaltomoiden verenkiertoa lisäävä vaikutus. Toisessa vaiheessa, eli seuraavien 15–30 minuutin aikana, poistuvat mahdolliset sivuvaikutukset. Kolmas ja viimeinen vaihe kestää 33–108 minuuttia (Palani & Ananthasubramaniam 2013, 42, 47; Terveyskirjasto 2014.)

Sekä adnosiini että regadenosoni ovat tehokkaita vasodilattoreita, eli verisuonia laajentavia aineita. Elimistössä ne aikaansaavat reaktioketjun, jonka vaikutuksesta verisuonten sileälihassolut sekä endoteelisolut rentoutuvat ja verisuonet pääsevät laajenemaan. (Klabunde 2012a, 151; 2012b; Palani & Ananthasubramaniam 2013, 42.) Adnosiinin vasodilaatio kohdistuu sekä sepelvaltimoihin että muun elimistön suoniin (Loimaala & Rautio 2003, 356). Regadenosoni on tehokkaampi vasodilaattori kuin adnosiini. Elimistössä kummatkin lääkeaineet aiheuttavat syketason nousun. (Palani & Ananthasubramaniam 43, 2013.)

5.3.2 Adnosiini- ja regadenosonialtistus

Adnosiinin ja regadenosonin vasodilatorista kykyä hyödynnetään farmakologisessa rasisuskokeessa. Adnosiinin vaikutuksesta terveiden, ei-ahtautuneiden sepelvaltimoiden virtaus kasvaa 4-5-kertaiseksi, mutta ahtautuneiden suonten perfuusio kasvaa vain hieman tai ei ollenkaan sairauden asteesta riippuen. (Thaler 2010, 249; Loimaala & Rautio 2003, 356; Rautio & Vanninen 2003, 390.) Testin spesifisyys on noin 90% (Saraste, Loimaala & Luotolahti 2003, 383). Adnosiini- tai regadenosonialtistuskoe tehdään Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen kliinisen fysiologian laboratoriossa polkupyöräergometrilla suoritettavan kliinisen rasisuskokeen vaihtoehtona silloin, kun potilaan rajoittunut liikkumiskyky estää kliinisen rasisuskokeen suorittamisen, kun potilaalla on vasen haarakatkos tai jos potilaalla on kammiotahdistin. Adnosiinialtistus voidaan suorittaa myös polkupyöräergometrilla silloin, kun kliinisen rasisuskokeen aiheuttama syketason nousu jää alle tavoitetason. (Rautio & Vanninen 2003, 390–391; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adnosiinialtistus 2013; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasisuskoe isotoopilla/ Adnosiinialtistus, polkupyörä 2013.) Adnosiinin etuna farmakologisessa rasisuksessa on sen nopea puoliintumisaika. Sen ansiosta sivuoireita voidaan kontrolloida adnosiinin infuusionopeutta säätämällä tai lopettamalla infuusio. (Klabunde 2012b; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasisuskoe isotoopilla/Adnosiinialtistus, polkupyörä 2013.)

Adnosiini ja regadenosoni saattavat aiheuttaa potilaalle sivuvaikutuksia, jotka useimmiten johtuvat niiden vasodilatorisesta vaikutuksesta. Yleisimpiä sivuvaikutuksia

ovat dyspnea eli hengenahdistus, paineen tunne rinnassa, päänsärky, kasvojen punoitus, pahoinvointi, pyörrytys tai alentunut verenpaine. Regadenosoni saattaa aiheuttaa potilaalle ulostamistarpeen tunteen. Sivuoireet kuitenkin usein jäävät lieviksi tai ovat hyvin siedettyjä eivätkä kestä kauan. Adenosiiniin verrattuna regadenosonin aiheuttamat sivuvaikutukset jäävät pienimmiksi ja nopeasti ohimeneviksi. (Loimaala & Rautio 2003, 356; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adenosiinialtistus 2013; Terveyskirjasto 2013.)

Isoina annoksina annettuna adenosiini voi hidastaa sähköimpulssin kulkua sinussolmukkeessa ja aiheuttaa bradykardian tai joskus eteis-kammiokatkoksen. Tämän takia adenosiinialtistuskoe ei sovellu potilaille, joilla on II- tai III-asteen haarakatkos tai matala, alle 100mmHg, systolinen verenpaine. Adenosiinialtistuksen muita vasta-aiheita ovat astma ja keuhkohtaumatauti eli COPD, adenosiiniyliherkkyys, dipyridamolilääkitys, epästabiili angina pectoris sekä sick sinus- syndrooma. (Loimaala & Rautio 2003, 356; Kalbunde 2012b; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adenosiinialtistus 2013.) Regadenosonaltistuksen vasta-aiheita ovat yllämainittujen lisäksi pitkävaikutteinen amino- tai teofylliini, joiden käyttö pitää keskeyttää 48–72 tuntia ennen altistusta. Lisäksi tunnettu yliherkkyys regadenosonille tai liuoksen apuaineille estävät regadenosonin käytön farmakologisessa rasituksessa. (Pirkanmaan sairaanhoitopiiri/ Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Regadenosonaltistus 2014.) Regadenosonin kohdalla hitaita rytmihäiriöitä todetaan adenosiinia harvemmin. Regadenosoni on turvallisempi astma- ja COPD-potilaille. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Sydänlihasperfuusion gammakuvaus 2014.)

Adenosiini- tai regadenosonialtistuksessa lääkäri seuraa tutkimuksen kulkua infuusion antamisesta palautumisvaiheen loppuun asti. Altistuskoe koostuu kymmenen minuutin lepoaiheesta, adenosiini- tai regadenosoniperfuusio- ja isotooppi-injektiovaiheista sekä palautumisvaiheesta, jota seuraa rintakehän kuvantaminen isotooppilaboratoriossa. Isotooppi-injektion antaa aina lääkäri. Lepovaiheessa potilaan EKG rekisteröidään ensin normaalisti 12-kytkentäisesti, jonka jälkeen kytkennät vaihdetaan Mason-Likar-kytkennöiksi. Tämän jälkeen adenosiinialtistuksessa aloitetaan viiden minuutin lääkeaineinfuusio. Kolmen minuutin kohdalla potilas saa isotooppi-injektion. Regadenosoni injesoidaan potilaalle 10-15 sekunnissa, minkä jälkeen potilaalle annetaan keittosuolaliuosinjektio. Isotooppi-injektio annetaan noin 30 sekunnin

kuluttua regadenosonin antamisesta. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adenosiini/Regadenosonialtistus 2014; Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Sydänlihasperfuusion gammakuvaus 2014.)

Rasitusvaiheen jälkeinen palautumisvaihe kestää noin 5 minuuttia. Infuusion ja palautumisvaiheen aikana potilaan verenpainetta mitataan ja oireita seurataan ja kirjataan ylös. Potilaalle annettava regadenosoniannos on aina samansuuruinen, 400µg/5ml. Se on potilaan painosta riippumaton. Regadenosonin aiheuttamat sivuvaikutukset menevät ohi noin 30 minuutin kuluessa lääkeannoksen antamisesta. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adenosiini/Regadenosonialtistus 2014.) Potilaalle annettava adenosiiniannos sen sijaan lasketaan potilaan painon mukaan. Adenosiinialtistus lopetetaan, kun maksimiannos on annettu, ilmenee uusi seinämäliikehäiriö, EKG:ssa näkyy ST-tason lasku >2mm, III-asteen eteiskammiokatkos tai kun systolinen verenpaine tippuu alle 85mmHg. (Saraste ym. 2003, 383.) Infuusio lopetetaan myös jos potilaalle tulee vaikeita sivuvaikutuksia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adenosiinialtistus 2013).

6 EKG:N PITKÄAIKAISREKISTERÖINTI

EKG:n pitkäaikaisrekisteröintiä kutsutaan usein myös Holter-tutkimukseksi keksijänsä Norman J. Holterin mukaan. Norman J. Holter apulaisineen kehitti ensimmäisen kannettavan sydämen sähköistä toimintaa kuvaavan ja tallentavan laitteen 1950 -luvun puolivälissä, mutta vielä tuolloin tutkimuksen kliinistä merkitystä ei tunnustettu. Vasta 1960 -luvun loppupuolella Hinklen ja hänen työtovereidensa tekemä tutkimus herätti mielenkiinnon Holter-rekisteröintiä kohtaan ja sai sen käytön yleistymään sydänoireiden tutkimuksessa. Tutkimuksessaan Hinkle osoitti yhteyden kuuden tunnin Holter-rekisteröinnissä löytyneiden sydämen toiminnan muutosten ja sepelvaltimotaudin, sen riskitekijöiden sekä aikaisen kuoleman välillä. 70-luvun alussa tehtiin lukuisia tutkimuksia, jotka vahvistivat Hinklen työryhmän tutkimustuloksen. (Kennedy, H. 1981, 3-7.)

EKG:n pitkäaikaisrekisteröintiä käytetään potilaalla esiintyvien toistuvien EKG-signaalien muutosten tutkimiseen (Viitasalo 2005a, 112). Analyysien perusteella on mahdollista tutkia myös autonomisen hermoston toimintaa (Viitasalo 2005b). Tyypillisimmät EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin käyttöaiheet on lueteltu taulukossa 4. Pitkäaikaisrekisteröinti antaa paremman kuvan sydämen toiminnasta verrattuna lepo-EKG:iin, sillä se tehdään yleensä 24 tai 48 tunnin mittaisena tutkimuksena potilaan tavallisessa arjessa (Antila & Viitasalo 2003, 328). Rekisteröinti voidaan suorittaa kuitenkin jopa useamman vuorokauden mittaisena (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014). EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti on yleensä kestoaltaan noin 8000-kertainen verraten tavalliseen lepo-EKG -tutkimukseen, joten mahdollisuus potilaan epäselvän oireen rekisteröimiseen on huomattavasti tavallista lepo-EKG:tä suurempi (Antila & Viitasalo 2003, 328). EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin suurimpana rajoituksena on kohtauksittain esiintyvien rytmihäiriöiden havaitsemisen vaikeus (Viitasalo 2005b).

TAULUKKO 4. EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin käyttöaiheet (Viitasalo 2005a, muokattu)

Epäselvät huimaus-, tajuttomuus- tai kouristuskohtaukset
Rytmihäiriöön viittaavat oireet
Rytmi- tai johtumishäiriön lisäselvitys
Rytmihäiriöiden hoidon vaikutusten arviointi
Tahdistintyyppin ja tahdistinsäätöjen valinta
Tahdistinpotilaan epäselvät oireet
Iskeemisen sydäntaudin diagnostiikka sepelvaltimospasmia epäiltäessä ja liikuntarajoitteisilla
Iskemian monitorointi sepelvaltimotautia sairastavilla
Riskinarvio (rytmihäiriölääkityksen aloittaminen, sydäninfarktin jälkeen, sydämen vajaatoimintapotilailla)
Erityisryhmien terveystarkastus

Nykyään käytettävät rekisteröintilaitteet ovat paristokäyttöisiä ja ne painavat noin 300 g (kuva 6). Laite tallentaa EKG-signaalin digitaaliselle muistikortille, vaikkakin myös analogiset, C-kasetille nauhoittavat nauhurit ovat edelleen käyttökelpoisia. (Viitasalo 2005a.) Yleisimmin käytössä on ns. solid-state –rekisteröintilaitte, joka muuttaa 2- tai 3-kanavaisen rekisteröinnin digitaalseksi ja tallentaa sen muistikortille. Solid-state –rekisteröintilaitteissa on tiedonkäsittelykapasiteettia, joten jo rekisteröinnin aikana laite voi tehdä alustavaa signaalin esikäsittelyä. ST-segmenttien laatu saadaan solid-state –rekisteröintilaitteilla teknisesti hyväksi. (Antila 2012, 170.) Kaksikanavainen 24 tunnin rekisteröinti mahtuu 8 Mb:n muistikortille ja kolmikanavainen 24–48 tunnin rekisteröinti 20 Mb:n muistikortille. C-kasetille voi tallentaa 2- tai 3-kanavaista rekisteröintiä 24 tai 48 tuntia. Jos rekisteröinti tallennetaan c-kasetille, ongelmana voivat olla rekisteröintiin mahdollisesti nauhan kulun epätasaisuuden vuoksi syntyvät häiriöt, sekä hidastaajuisten sähköilmiöiden, esimerkiksi ST-segmenttien, huono laatu. (Antila & Viitasalo 2003, 328.) Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos käyttää Marquette SEER Light/Extended –digitaalitalentimia, jotka tallentavat rekisteröinnin suoraan laitteen muistiin ilman erillistä muistikorttia.



KUVA 6. EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnissä tarvittavia välineitä. Rekisteröintilaitte, kardioskooppi ja erilaisia elektrodeja

Rekisteröintilaitteet puhdistetaan ja huolletaan puhdistusliuksella jokaisen käytön jälkeen. Myös suojalaukut, vyöt ja olkaremmat pestään jokaisen käytön jälkeen. Viikoittain suoritetaan määräaikaishuolto laitteen johtimiin kertyneen liiman poistamiseksi. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014; Kuvantamiskeskus: EKG-pitkäaikaisrekisteröintilaitteiden puhdistus ja huolto 2012.)

6.1 Tutkimuksen suoritus

Ennen rekisteröinnin aloitusta tulee varmistaa, että muistikortilta on poistettu edellisen tutkimuksen tiedot. Laitteeseen asennetaan uudet paristot ja elektrodien kunto tarkistetaan. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014.)

Elektrodien kiinnitystä varten potilas riisuu ylävartalonsa paljaaksi. Potilaan rintakehäältä etsitään sormin tunnustelemalla elektrodien kiinnityspaikat.

(Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014.) EKG:n pitkäaikaisrekisteröintiin tulevan potilaan on syytä välttää rintakehän ihon rasvaamista tutkimusta edeltävänä päivänä (Kuvantamiskeskus: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2013). Ennen elektrodien kiinnittämistä kiinnityskohdan iho täytyy käsitellä huolellisesti. Tarvittaessa iholta poistetaan ihokarvat ja ihon pinnalta poistetaan rasvaisuus puhdistamalla iho alkoholipyyhkeellä. Kuollut ihosolukko poistetaan hiekkapaperilla kevyesti hankaamalla. (Antila & Viitasalo 2003, 330.) Hankauksessa irronnut ihosolukko tulee pyyhkäistä pois puhtaalla taitoksella, jotta ihoimpedanssi saadaan mahdollisimman pieneksi ja rekisteröinnistä mahdollisimman virheetön (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014). Mitattaessa elektrodien välistä ylimenovastusta, eli ihoimpedanssin suuruutta, sen tulisi olla vähintään alle 5 k Ω , mieluiten kuitenkin alle 2 k Ω (Antila & Viitasalo 2003, 330). Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin työohjeessa (2014) ihoimpedanssin maksimiarvoksi ilmoitetaan 2 k Ω .

Elektrodit tulee kiinnittää tarpeeksi huolellisesti siten, että potilaan liikkeestä tai johtimien liikkutuksesta aiheutuu rekisteröintiin mahdollisimman vähän häiriötä (Antila & Viitasalo 2003, 330; Vanninen 2004a, 49). Rintakehän käsitellyille ihoalueille kiinnitetään bipolaariset Ag/AgCl –kertakäyttöelektrodit (Antila & Viitasalo 2003, 330). Jotta johtimet pysyisivät potilaan liikkeessä kunnolla kiinni, tulee johdin kiertää pienelle lenkille elektrodin ympärille ja kiinnittää kunnolla ihoteipillä, jotta elektrodeihin ei mittauksen aikana kohdistu suoraa vetoa (Antila & Viitasalo 2003, 330; Vanninen 2004a, 49).

Elektrodien kiinnittämisen jälkeen signaalin laatu tulee tarkistaa erillisen tietokoneohjelman avulla. Kustakin kytkennästä tulee tarkistaa kytkennän häiriöttömyys ja kytkennän riittävä amplitudi. Lisäksi V₅:ä vastaavalla 1. kanavalla on oltava häiriötön ST-segmentin taso ja V₂:a vastaavalla 2. kanavalla selvästi havaittava P-aalto. Potilaalle annetaan ohjeet päiväkirjan täyttöön (liite 3) ja varmistetaan, että hän on ymmärtänyt saamansa ohjeet. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014.) Erityispyynnöstä EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti voidaan suorittaa myös 12-kanavaisena (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 12 kytkentää 2014).

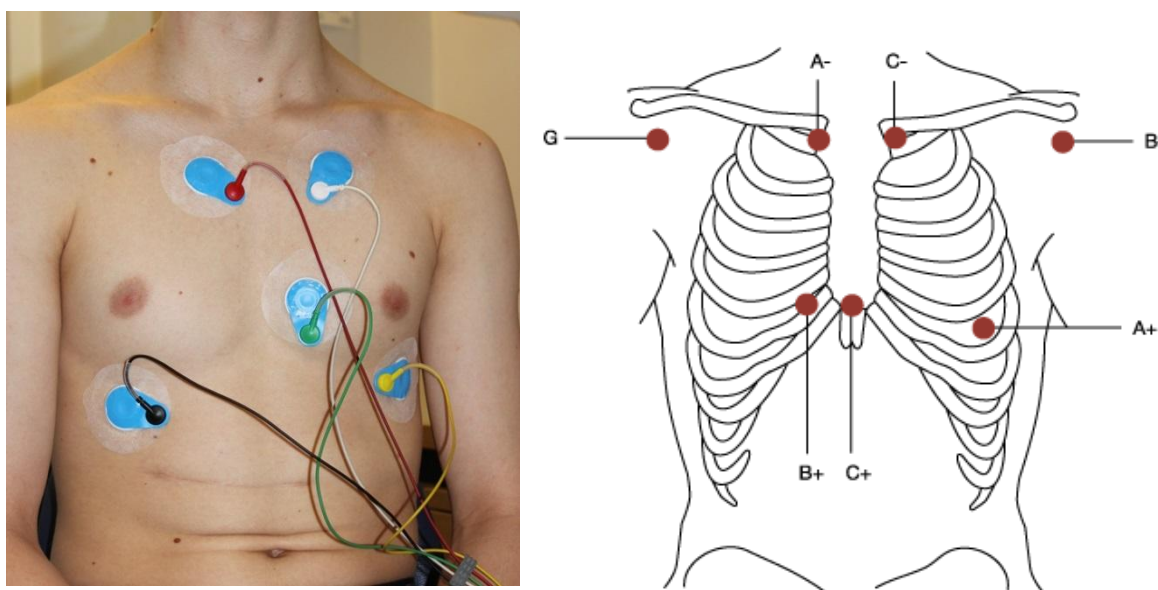
6.1.1 Kaksikanavainen EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti

Kaksikanavaisessa rekisteröinnissä käytettävät kytkennät vastaavat suunnilleen kytkentöjä V_1 ja V_5 . V_5 -kytkennässä positiivinen elektrodi sijoitetaan potilaan rintakehälle kohtaan, johon standardikytkentöjen V_5 -elektrodi kiinnitetään. Negatiivinen elektrodi kiinnitetään puolestaan rintalastan reunaan oikean solislun päälle. Tämä kytkentä rekisteröi herkimmin mahdollisen vasemman kammion hapenpuutteen. (Antila 2012, 172.) Yleisesti ottaen V_5 :tä vastaavan kytkennän diagnostinen arvo on verrattain hyvä (Walamies 2006, 337). V_1 :ä vastaavassa kytkennässä positiivinen elektrodi kiinnitetään vastaavasti samaan kohtaan kuin standardikytkentöjen V_1 -elektrodi ja sen negatiivinen pari vasemman solislun päälle rintalastan reunaan. V_1 :tä vastaava kytkentä rekisteröi eteisten toimintaa (kuva 7). (Antila 2012, 172.) Matalajännitteiset QRS -kompleksit kuitenkin häiritsevät V_1 -kytkennän laatua, eikä häiriötä ole välttämättä analysointiohjelmilla helppo havaita (Walamies 2006, 337). Oikealle rintakaaren alaosaan kiinnitetään maadoitusjohto (Pirkanmaan sairaanhoitopiiri/Kuvantamiskeskus: Seer Light, 2-kanavainen 2011). Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos käyttää V_1 :tä vastaavan kytkennän sijaan V_2 :tä vastaavaa kytkentää. Tällöin P-aalto saadaan mahdollisimman selvänä näkyviin ja tutkimuksella on mahdollista tarkastella eteiskammiojohtumista. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014.)

6.1.2 Kolmikanavainen EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti

Kun rekisteröinti tehdään 3-kanavaisena, käytetään näiden kytkentöjen lisäksi modifioitua V_3 -kytkentää tai vaihtoehtoisesti mukailtua aVF-kytkentää (kuva 7). V_3 -kytkentää käytetään LAD-suonen, eli vasemman sepelvaltimon eteenlaskevan haaran ahtauman aiheuttaman iskemian aikana tapahtuvien ST-muutosten rekisteröintiin (Antila 2012, 172; Kettunen 2011b). Kolmikanavaisessa rekisteröinnissä positiivinen elektrodi asetetaan kuten V_1 - ja V_5 -kytkennöissäkin kohtaan, joka vastaa V_3 :n standardikytkentää. Sen negatiivinen elektrodipari kiinnitetään solisluiden tasolle keskelle rintalastaa. Koronaariarterian aiheuttaman iskemian aikana ST-muutoksia rekisteröivässä aVF-kytkennässä positiivinen elektrodi kiinnitetään kuudennen kylkiluun päälle keskisolisviivan vasemmalle puolelle ja negatiivinen elektrodi keskelle

vasenta solislua. (Antila 2012, 172.) Walamiehen tutkimuksen (2006) mukaan kolmaskin kytkentä on diagnostisesti merkittävä ja sen laatu hyvä. Kolmikanavainen rekisteröinti tulisi tehdä silloin, kun potilaalla on oireena rintakipua tai hengenahdistusta, P-aaltoa ei saada tarpeeksi selvästi näkymään kaksikanavaisella rekisteröinnillä tai halutaan ST-tason analyysia (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014).



KUVA 7. Suositellut elektrodien paikat kaksikanavaisessa ja kolmikanavaisessa EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnissä (Viitasalo 2005c, muokattu)

6.1.3 Tapahtuma-EKG

Tapahtuma-EKG on pelkistetty elektrokardiografinen pitkäaikaisrekisteröinti. Siinä laitteen muistille tallentuu signaalia vain silloin, kun potilaalle tyypillinen oire ilmaantuu. (Viitasalo 2005b.) Tapahtuma- tai oire-EKG:ksikin kutsuttu tutkimus tallentaa EKG-signaalia vain silloin, kun rytmihäiriöperäiseksi epäilty oire ilmenee. Tämä osoittaa tavanomaista EKG:n pitkäaikaisrekisteröintiä paremmin rytmihäiriön oireen aiheuttajaksi, tai vastaavasti sulkee sen pois. Tavanomainen, jatkuva rekisteröinti tallentaa myös oireettomia terveillä ihmisillä esiintyviä rytmihäiriöitä, mikä satunnaisena löydöksenä saattaa aiheuttaa virhetulkintoja kliinisessä työssä. (Pakarinen & Oksanen 1999.) Kun potilas tuntee oireen, hän painaa nappia, jolloin napin

painallusta edeltävää ja sitä seuraavaa signaalia tallentuu laitteen muistiin muutaman minuutin ajalta. Tapahtuma-EKG on edullinen, sillä monimutkaista, paljon dataa analysoivaa tietokoneohjelmaa ei tarvita. Elektrodeista johtuvan kiusan vuoksi tapahtuma-EKG -rekisteröintikin on kuitenkin korkeintaan muutaman päivän mittainen. (Viitasalo 2005b.)

6.1.4 Rytmivalvuri

Rytmivalvuria käytetään harvoin esiintyvän, vakavan oireen tutkimiseen. Se on noin sormenpäänkokoinen laite, joka asennetaan potilaan ihon alle vasemman solisluun alle. Tapahtuma- EKG:n tavoin rytmivalvuri tallentaa EKG-signaalia potilaan painaessa nappia. (Viitasalo 2005b.) Rytmivalvuri ei ole ensisijainen tutkimusmenetelmä, vaan sitä käytetään ongelmatapausten tutkimiseen. Rytmivalvurien ongelmana on vain yhden rekisteröivän kanavan puutteellinen diagnostinen tarkkuus. (Eskola & Yli-Mäyry 2001.) Rytmivalvurin toiminta-aika on noin vuosi (Viitasalo 2005a).

6.2 Rekisteröinnin lopetus ja purku

EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin lopettamista varten potilaan kanssa sovitaan aika, jolloin hän tulee laboratorioon rekisteröintilaitteen ja elektrodien irrotusta varten. Rekisteröinnin lopetusaika merkitään potilaan täyttämään päiväkirjaan. Päiväkirjamerkinnot käydään läpi potilaan kanssa, ja niitä täydennetään tarvittaessa. Potilaan ihon kunto tulee tarkistaa elektrodien irrotuksen yhteydessä. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014.) Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen kliinisen fysiologian laboratorion potilailla on mahdollisuus irrottaa laite itse kotona. Potilaat palauttavat laitteen ja täytetyn tutkimuspäiväkirjan laboratorioon saamiensa ohjeiden mukaan.

Rekisteröintilaitteelle tallentunut EKG-signaali siirretään PC-pohjaisella ohjelmalla digitaaliseen muotoon tietokoneen kovalevyille. Hyvä analysointiohjelma muuttaa analogisen EKG-signaalin digitaalseksi vääristämättä ja kadottamatta informaatiota. (Viitasalo 2005b.) Tietokone tekee signaalista alustavan analyysin, jonka jälkeen hoitaja

editoi tallenteen. Hoitajan tekemän editoinnin jälkeen lääkäri katsoo tallenteen ja antaa siitä lausunnon. Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen käyttämä purku- ja analysointilaitteisto on GE Medical Systems Inc.:n Marquette MARS for PC. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2014.)

Rekisteröinnin purusta ja analysoinnista vastaava hoitaja asettaa rekisteröinnin tallentaneen muistikortin koneeseen ja syöttää ohjelmaan potilaan henkilötiedot. Potilaan päiväkirjaan merkitsemät oireet tulee merkitä tallenteeseen, minkä jälkeen muistikortti tai laite voidaan irrottaa tietokoneesta. Hoitaja tarkistaa rekisteröinnin ensin silmämääräisesti, poistaa irrotuksesta aiheutuneen häiriön rekisteröinnin lopusta ja varmistaa minimi- ja maksimisykkeiden oikeellisuuden, käy läpi muut histogrammit, tarkistaa ohjelman tekemät luokitukset ja näytteet, sekä tekee tarvittavat korjaukset. (Kuvantamiskeskus: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin purku ja analysointi MARS-laitteella 2011.) Hyvä analysointijärjestelmä suodattaa rekisteröinnin häiriöitä, korjaa signaalin perustason vaihtelua, keskiarvoistaa signaalia luotettavasti sekä luokittelee QRS-komplekseja (Viitasalo 2005a). Lääkäri katsoo hoitajan tekemän editoidun tallenteen, tulostaa siitä pdf-raportin sekä näytteet mahdollisista EKG-löydöksistä ja tekee lausunnon tutkimusta pyytäneelle lääkärille. Päiväkirja skannataan arkistointia varten. (Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 2012.)

7 ESITE

Potilasesitettä laadittaessa on tärkeää miettiä miksi esite tehdään ja kenelle se on suunnattu (Uimonen 2005, 209–210). Potilasesitteen tai -ohjeen pyrkimyksenä on saada potilas toimimaan tutkivan organisaation mallien, eli ohjeiden mukaisesti, mutta myös välittää potilaalle olennaista tietoa tutkimuksesta tai hoidosta. Potilasesite tai -ohje on ennen kaikkea suunnattu potilaalle itselleen tai hänen omaisilleen. Esitteen tulee puhutella potilasta. Tämä on erityisen tärkeää etenkin silloin, kun potilasta ohjeistetaan käytännön toimiin esimerkiksi tutkimukseen valmistautumista varten. (Torkkala, Heikkinen, Tiainen 2002, 35.) Mitä enemmän ponnisteluja ja muutoksia potilaan arkielämään ohjeiden noudattaminen aiheuttaa, sitä tärkeämpää kunnollisten perustelujen esittäminen on. Hyvä tapa motivoida potilasta on esimerkiksi kertoa ohjeessa millaista hyötyä potilaalle koituu, kun hän toimii ohjeistetulla tavalla. Erityisesti pitkien ohjeiden tai esitteiden kohdalla riittävän perustelun merkitys korostuu. Kukin ohje vaatii oman perustelunsa, sillä alun kannustus unohtuu helposti. (Hyvärinen 2005, 1771.)

Esitteen suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon potilaassa mahdollisesti pelkoa tai huolestuneisuutta herättävät asiat. Tutkimukseen tulevalle potilaalla saattaa olla erilaisia tutkimukseen liittyviä kysymyksiä, joihin esitteellä on tarkoitus vastata. Kysymykset voivat koskea mm. tutkimuksen tarkoitusta, diagnostista hyötyä tai tutkimuksen liittyviä riskejä. Potilas haluaa tietää miten tutkimus etenee, kauanko se kestää, aiheuttaako tutkimus kipua ja miten tutkimukseen tulee valmistautua. (Coultera, Entwistle & Gilbert 1999; Guidelines for preparing patient education handouts 2014.) Esitteeseen on myös hyvä lisätä tutkimusta suorittavan yksikön yhteystiedot, jolloin potilas voi ottaa tarvittaessa yhteyttä (Guidelines for preparing patient education handouts 2014).

Painotuotteen tehtävä on synnyttää vuoropuhelu lukijan ja esittäjän välillä (Koskinen 2001, 29). Esitteen ulkoasun suunnittelussa jokaisella tyyliratkaisulla pyritään vahvistamaan tekstiosuuden antama viesti (Guidelines for preparing patient education handouts 2014). Esitettä suunniteltaessa on muistettava, että ulkoasuratkaisut antavat lukijalle tietyn mielikuvan tuotteen laatijasta (Koskinen 2001, 24).

7.1 Esitteen teksti

Potilaalle suunnatun tekstin tulee sisällöltään olla mahdollisimman yleiskielistä ja sanastoltaan sekä lauserakenteeltaan selkeää. Asioiden esittämisjärjestys on yksi isoimmista ohjeistuksen ymmärrettävyyteen vaikuttavista asioista. (Hyvärinen 2005, 1769.) Jos lukija ei nopeasti löydä tekstistä tarvitsemaansa, se jää helposti lukematta (Uimonen 2005, 212). Kirjoittaminen kannattaa yleensä aloittaa potilaan kannalta tärkeimmästä, jolloin nekin potilaat, jotka lukevat tekstistä vain alun, saavat tietoonsa kaikkein olennaisimman. Toisaalta tärkeimmän sijoittaminen alkuun puhuttelee ja herättää lukijan kiinnostuksen tekstiä kohtaan, jolloin on todennäköisempää että teksti luetaan kokonaan. (Torkkala ym. 2002, 39, 42; Hyvärinen 2005, 1770.)

Otsikot, alaotsikot ja selvä kappalejako helpottavat tekstin lukemista. Tekstiä kuvaavat otsikot kertovat tärkeimmän, houkuttelevat lukemaan ja keventävät tekstiä. Pääotsikon alla olevat väliotsikot jakavat tekstin ja auttavat hahmottamaan tekstiä kokonaisuutena. Otsikoiden tulee kuvata selkeästi niitä seuraavia kappaleita. Kukin kappale käsittelee vain yhtä aihekokonaisuutta. (Torkkala ym. 2002, 39, 43; Hyvärinen 2005, 1770.)

Hyvä teksti on tiivistä, helppoa ja konkreettista. Helposti luettava kieli on hyvää, kieliopillisesti oikeaa suomea. Teksti koostuu virkkeistä, joissa pääasia ilmaistaan päälauseessa ja sitä täydentävät asiat sivulauseissa. (Torkkala ym. 2002, 46; Repo & Nuutinen 2003, 84; Hyvärinen 2005, 1770.) Helppolukuisen tekstin sanat ovat lukijalle entuudestaan tuttuja. Tarpeeton termien tai termimäisten lyhenteiden käyttö saa tutunkin asian kuulostamaan vieraalta ja etäännyttää lukijan tekstistä. (Hyvärinen 2005, 1771.) Sanojen tulee olla myös riittävän lyhyitä. Lyhyellä sanalla tarkoitetaan sanaa, jonka perusmuodossa on vähemmän kuin neljä tavua. Virkkeet rakentuvat pää- ja sivulauseista, eikä lauseenvastikkeita ole tarpeettoman paljon. Myös virkkeet ovat lyhyitä, alle 15 sanan mittaisia. Käytettyjen sanojen on oltava tarpeeksi konkreettisia, jotta teksti on tarpeeksi havainnollistavaa. (Repo & Nuutinen 2003, 84, 85.) Liian pitkät virkkeet tekevät tekstistä mutkikkaan ja hankalan lukea (Hyvärinen 2005, 1771). Myös oikeinkirjoitus on tärkeää, sillä kirjoitusvirheet vaikeuttavat tekstin ymmärtämistä ja aiheuttavat lukijassa ärtymystä. Välimerkkien huolimaton käyttö saattaa aiheuttaa tulkintavirheitä ja merkityseroja. (Hyvärinen 2005, 1771.)

7.2 Esitteen ulkoasu

Sommitelussa tekstiosat ja visuaaliset osat pyritään asettelemaan siten, että ulkoasu muodostaa selkeän kokonaisuuden. Painotuotteen kaikkien elementtien on oltava tasapainossa keskenään. Tämän vuoksi painotuotteelle luodaan pohja eli asettelumalli, jossa nämä elementit sommitellaan ja järjestellään johdonmukaiseksi viestiksi. (Pesonen 2007, 5, 9.) Toimivalla sommitelulla pyritään herättämään lukijan mielenkiinto sekä välittämään haluttu tieto (Loiri & Juholin 1999, 70–71). Esitteen laatijalla on ulkoasun suunnittelussa päätettävä fontista, fontin koosta sekä värien ja kuvien/valokuvien käytöstä (How to produce an information brochure for patients and users of the healthcare system 2008).

Painotuotteessa olevan valokuvan pitäisi olla teknisesti laadukas. Alkuperäisen kuvan terävyys, värit ja värisävyt sekä koko on otettava huomioon, ja niiden pitäisi olla korkealaatuisia myös painotuotteessa. (Koskinen 2001, 100.) Koska kuvalla on tärkeä tehtävä viestin välittämisessä lukijalle, sen sisältö ja sisällön luoma mielikuva on oleellinen kriteeri kuvan valinnan kannalta. Kuvan on oltava informatiivinen ja sen antama viesti on yhdistettävä painotuotteen muuhun sisältöön selkeästi. Kuvan ja tekstin muodostama kokonaisuus ei ole ristiriitainen ja lukijalle välittyvä viesti on selkeä. (Loiri & Juholin 1999, 72–73; Koskinen 2001, 80–81; Pesonen 2007, 48–49.)

Erilaiset värit yhdistetään usein tuntemuksiin, tunnetiloihin ja symboliikkaan. Värien avulla muodostetaan tietynlainen mielikuva, jolla voidaan vaikuttaa painotuotteen sisällön huomaamiseen ja ymmärtämiseen. Värit on valittava halutun sanoman mukaan: yhteensopivat värit tuottavat harmoniatunteen kun taas vastaväreillä saadaan päinvastainen vaikutus. (Koskinen 2001, 85; Loiri & Juholin 1999, 110–115.)

Painotuotteen otsikon tarkoituksena on herättää lukijan huomio ja kiinnostus sekä tuoda esille esitteen tuoma viesti. Pääotsikosta on tehtävä muusta tekstistä ja mahdollisista väliotsikoista visuaalisesti erottuva kirjainkoon, -tyylin tai -muodon avulla. (Koskinen 2001, 78.)

8 TOIMINNALLINEN OPINNÄYTETYÖ

Toiminnallinen opinnäytetyö koostuu kahdesta osasta: varsinaisesta tuotoksesta sekä tuotoksen tekemisestä laaditusta opinnäytetyöraportista. Hyvän opinnäytetyöraportin pohjalta lukija osaa hahmottaa koko produktin näkemättä varsinaista tuotosta. (Vilka & Airaksinen 2004, 6-7.)

Opinnäytetyön konkreettinen tuotos voi olla esimerkiksi esite, ohjekirja, tapahtuma tai portfolio (Vilka & Airaksinen 2004, 6). Tuotos tehdään jonkun käytettäväksi, ja sillä voidaan pyrkiä esimerkiksi toiminnan selkiyttämiseen tai ihmisten toimintaan. Täsmällisen kohderyhmän määrittämisen perusteella on mahdollista perustellusti valita opinnäytetyölle sopivin sisältö ja pitää opinnäytetyö sopivan pituisena. Käytännön ongelma sekä opinnäytetyön kohderyhmä ratkaisevat opinnäytetyön sisällön. (Vilka & Airaksinen 2003, 38, 40.) Käsitys kohdeyleisöstä vaikuttaa tapaan, jolla kirjoittaja kirjoittaa (Mäkinen 2005, 28).

Opinnäytetyöraportti on sidoksissa tuotoksen pohjalta valittuun tietopohjaan ja viitekehukseen sekä koulutusalaan. Opinnäytetyöraportissa opiskelija pyrkii osoittamaan asiantuntemustaan ja alan teoreettisen tiedon hallintaa, jota tuotoksen tekemiseen vaaditaan. (Vilka & Airaksinen 2004, 6-7.) Raportissaan opiskelijan tulee perustella miksi saatuihin tuloksiin on päädytty ja miksi lukijan tulee pitää opinnäytetyön tekijää luotettavana. Opinnäytetyöraportissa opiskelijan on argumentoitava uskottavasti aiempien aiheesta tehtyjen tutkimusten ja selvitysten perusteella, käytettävä oman ammattialan termistöä ja käsitteitä, merkittävät lähteet ja kirjoitettava johdonmukaista, täsmällistä ja virheetöntä asiatekstiä. (Vilka & Airaksinen 2003, 80–81.)

9 PROSESSIN KUVAUS JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön aihe valikoitui syksyllä 2013 valmiista opinnäytetyöaiheista. Ensimmäinen tapaaminen työelämän yhteyshenkilön bioanalytikko Leena Heikkilän kanssa järjestettiin 23.9., jolloin sovimme opinnäytetyön sisällöstä pääpiirteittäin, sekä toimeksiantajan toiveista esitteen suhteen. Sovimme myös, ettei opinnäytetyön tuotoksena valmistuvaa esitettä julkaista yhdessä opinnäytetyöraportin kanssa Theseus-julkaisuarkistossa. Heti ensitapaamisella toimeksiantajien ajatus opinnäytetyöstä ja esitteestä oli selkeä ja konkreettinen, joten meidän oli helppo lähteä suunnittelemaan opinnäytetyön tekoa. Opinnäytetyön aihe ja tavoite olivat meille selkeitä opinnäytetyöprosessin alusta lähtien. Opinnäytetyösuunnitelmamme valmistui marraskuussa 2013, ja opinnäytetyölupa myönnettiin 5.12.2013. Itse laatimamme aikataulu oli tiukka ja alkuperäisen suunnitelman mukaan esitteen piti olla valmis jo maaliskuun alussa 2014. Emme kuitenkaan pitäneet kiirettä opinnäytetyön viimeisten muokkauksien kanssa, ja lopulta saimme työn valmiiksi toukokuussa 2014.

Opinnäytetyön lähdemateriaalin etsimisen aloitimme välittömästi aiheen varmistuttua syyskuussa 2013. Pyrimme käyttämään mahdollisimman monipuolista lähdeaineistoa. Lähteinä käytimme sekä suomen- että englanninkielistä kirjallisuutta, internetlähteitä monesta maasta, Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen työ- ja potilasohjeita sekä Duodecimin julkaisuja. Lähteitä valitessamme arvioimme kunkin lähteen luotettavuutta erikseen ja valitsimme työhömmme vain luotettavina pitämiämme lähteitä. Pyrimme siihen, että käyttämämme lähteet olisivat mahdollisimman uusia ja näin ollen sisältäisivät mahdollisimman tuoretta tietoa.

Teoreettisen viitekehyksen kirjoittamisen aloitimme heti suunnitelman valmistuttua. Tavoitteenamme oli saada opinnäytetyön teoriaosuus valmiiksi tammikuun 2014 loppuun mennessä, jonka jälkeen aloitimme varsinaisen esitteen teon. Teoriaa kirjoittaessamme olimme yhteydessä toimeksiantajaan lähinnä sähköpostitse. Marraskuun alussa 2013 kävimme kliinisen fysiologian laboratoriossa seuraamassa muutamaa kliinistä rasisuskoetta ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin aloitusta. Tarkoituksenamme oli nähdä tutkimukset potilaan näkökulmasta, jotta osasimme tehdä mahdollisimman hyvin potilaita palvelevan esitteen.

Esitteen suunnittelun aloitimme tammikuussa 2014 yhteistyössä kliinisen fysiologian laboratorion kanssa. Laatimamme esitteen kohderyhmänä olivat EKG:n pitkäaikaisrekisteröintiin tai kliiniseen rasituskokeeseen tulevat potilaat. Esitteen sisällön ja ulkoasun suunnittelussa otimme huomioon tilaajan toiveet koskien aihealueiden informatiivisuutta ja laajuutta, tutkimusten kannalta tärkeiden asioiden painottamista, sekä esitteeseen tulevien kuvien mahdollista sisältöä. Esitteen käyttökelpoisuutta pyrimme tarkastelemaan sekä tilaajan että kohderyhmän näkökulmasta. Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen kliinisen fysiologian laboratorion henkilökunta luki esitteemme ja heiltä saamamme palautteen perusteella teimme esitteeseen muutoksia. Esitettä muokatessamme halusimme erityisesti huomioida varsinaista potilastyötä tekevien hoitajien tietämystä käytännössä ilmenevistä ongelmatilanteista sekä potilaiden tarpeista. Esitteen ulkoasun yksityiskohdat jäivät opinnäytetyön tekijöiden päätökseksi. Esite vastaa mielestämme tutkimuksiin tulevien potilaiden tarpeisiin valmistautumisohjeiden sekä tutkimusten kulun esittelyn suhteen. Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen esittely esitteen alussa ja tutkimuksista kertominen riittävän yleisellä tasolla palvelevat myös muuten vain, niin sanottuna odotusaulalukemisena esitettä lukevia. Esitteen toimiminen tutustumismateriaalina oli myös yksi Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen toiveista. Esitteessä pyrimme tuomaan esiin myös henkilökunnan ammattitaidon sekä suoritettavien tutkimusten korkean laadun kertomalla kliinisen fysiologian laboratorion akkreditoinnista.

Esitteen suunnittelun aloitimme sisällön aihealueiden valinnalla sekä sommittelulla. Pyysimme, että saisimme nähdä aiempina vuosina Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitokselle tehdyt esitteet. Aiemmin tehtyihin esitteisiin tutustumalla meidän oli helpompi lähteä suunnittelemaan omaa esitettämme. Esitteen sivumäärä oli valittu jo opinnäytetyön tekemisen alussa. Koskisen (2001) mukaan sivumäärältään 4:llä jaettavat painotuotteet voidaan toteuttaa helpoiten. Suunnittelimme esitteen kahdelle A4-kokoiselle sivulle kaksipuolisena siten, että valmis taitos on 8-sivuinen A5-kokoinen esite. Sommittelun suunnittelussa nojasimme lähteiden ehdotuksiin ja ratkaisuihin. Esitteen toteutimme toimeksiantajan pyynnöstä Word-tiedostona.

Esitteen ensimmäisten sivujen sisällöllä tutustutamme lukijan Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen toimintaan, sekä ohjaamme potilaan kliinisen fysiologian laboratorioon. Esitteen pääaiheina olevia tutkimuksia, eli kliinistä rasisuskoetta sekä EKG:n pitkäaikaisrekisteröintiä, käsitellemme laajemmin. Kummankin tutkimuksen kohdalla kerromme tutkimuksen tarkoituksen, tutkimuksen kulun pääpiirteittäin sekä potilaan valmistautumisen kannalta tärkeimmät asiat. Esitteen tekstin ja kuvien alkuperäistä asettelua jouduimme esitteen selkeyden ja mahdollisimman helpon luettavuuden vuoksi Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen pyynnöstä hieman muuttamaan. Valmis esite on mielestämme kuitenkin onnistunut, ja vastaa sisällöltään Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen toiveita.

Esitteeseen laittamillamme valokuvilla pyrimme auttamaan tutkimuksiin tulevia potilaita ymmärtämään tutkimuksen kulun ja potilaan oman roolin tutkimuksessa. Kuvien määrä sekä niissä esiintyvät tilanteet, tilat ja esineet mietimme tarkasti ennen varsinaisten kuvien ottamista. Kuvat otimme kahdessa erässä kliinisen fysiologian laboratorion tiloissa tammikuun lopulla. Samalla otimme myös opinnäytetyöhön tulleet kuvat. Esitteessä esiintyvien kuvien käsittelyn pyrimme rajoittamaan minimiin, jotta niissä esitetyt tilanteet näyttäisivät mahdollisimman realistisilta.

Esitteen otsikoiden ja väliotsikoiden fontiksi valitsimme Tahoman, kuten myös tekstin fontiksi. Kirjasinkoko otsikoissa on 12, väliotsikoissa 10 ja varsinaisessa tekstissä 10. Esitteen värimaailmaksi valitsimme pehmeän vaaleanvihreän sävyn. Koskisen (2001) mukaan vihreällä värillä on rauhoittava ja parantava vaikutus.

Valmiin opinnäytetyömme laajuus yllätti meidät. Prosessin alussa jaoimme teoreettisen viitekehyksen kirjoittamisen puoliksi ja kirjoitimme noin kuukauden itsenäisesti. Vasta yhdistettyämme teoreettisen viitekehyksen yhdeksi kokonaisuudeksi huomasimme, miten paljon tekstiä oli syntynyt. Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos olisi toivonut tarkempaa patogeneesin käsittelyä sydänsairauksien taustalla, mutta koska esittelimme työn teoreettisen viitekehyksen heille jo melko valmiissa vaiheessa, päädyimme yhdessä jättämään patogeneesiin syventymisen pois tekstin laajuuden vuoksi.

Opinnäytetyön tekeminen on syventänyt kliinisen fysiologian osaamistamme. Sekä tapaamisten yhteydessä, mutta myös lähdekirjallisuudesta on käynyt hyvin ilmi kuinka

potilaskeskeistä kliininen fysiologia on. Tutkimusten onnistumisen kannalta on erittäin tärkeää, että potilas ymmärtää tutkimuksen kulun ja sen, mitä tutkimus onnistuakseen häneltä itseltään vaatii. Bioanalyytikon rooli monissa kliinisen fysiologian tutkimuksissa on kannustaa ja rohkaista potilasta tekemään parhaansa mahdollisimman luotettavan tutkimustuloksen saamiseksi. Erityisesti esitteentekoa koskevien lähteiden tutkiminen sai meidät pohtimaan riittävän potilasohjauksen merkitystä ja potilaan ja hoitohenkilökunnan välisen vuorovaikutuksen tärkeyttä ja toimivuutta.

Opinnäytetyöprosessimme oli sujuva ja yhteistyömme Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen kanssa toimi hyvin. Opinnäytetyöhön liittyvissä asioissa olimme yhteydessä niin sähköpostitse kuin kasvokkainkin. Sähköposteihimme vastattiin nopeasti ja tapaamiset järjestyivät helposti. Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitokselta saamamme palaute edesauttoi opinnäytetyömme syntymistä. Erityisesti esitteen teossa pyrimme ottamaan Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitoksen toiveet ja tarpeet mahdollisimman hyvin huomioon. Opinnäytetyön kirjoittaminen ja esitteen tekeminen oli erittäin sujuvaa ja työmäärä meni hyvin tasan.

Opinnäytetyömme vahvuutena pidämme esitettämme. Se poikkeaa ulkoasultaan sekä osittain myös sisällöltään aiempina vuosina Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitokselle opinnäytetöinä tehdyistä esitteistä. Opinnäytetyöraportissamme käytimme runsaasti monipuolista lähdemateriaalia, niin kotimaista kuin kansainvälistäkin. Opinnäytetyössä esiteltyihin tutkimuksiin liittyvän patogeenin puuttuminen lienee opinnäytetyömme suurin puute. Jälkikäteen ajateltuna työn teoreettinen viitekehys olisi kannattanut näyttää työn toimeksiantajalle jo paljon varhaisemmassa vaiheessa, jotta olisimme voineet paremmin hyödyntää sitä koskevan palautteen opinnäytetyöraportin teossa.

Jatkotutkimusaiheeksi ehdotamme sydämen patogeenin selvittelyä työssä mainittujen sydänsairauksien taustalla. Myös lasten sydämen toimintaan liittyvät aiheet, kuten lasten sydämen fysiologia, lasten sydämen patofysiologia sekä lapsille suunnatun sydäntutkimusesitteen tekeminen nousivat esille tätä opinnäytetyötä tehdessä. Niitä ei kuitenkaan käsitelty tässä opinnäytetyössä, joten ehdotamme myös niitä jatkotutkimusaiheiksi.

LÄHTEET

Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K. & Walter, P. 2010. *Essential Cell Biology*. 3d edition. New York: Garland Science, Taylor & Francis Group.

Antila, K. 2012. EKG:n ambulatorinen pitkäaikaisrekisteröinti. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V., Vanninen, E. (toim.) *Kliinisen fysiologian perusteet 2012*. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 170- 173.

Antila, K. J. & Viitasalo, M. 2003. EKG:n ambulatorinen pitkäaikaisrekisteröinti. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala J., Länsimies, E., Savolainen S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) *Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede 2003*. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 328–331.

Coultera, A., Entwistle, V. & Gilbert, E. 1999. Sharing decisions with patients: is the information good enough? U.S. National Institutes of Health's/ National Library of Medicine. *British Medical Journal* 318(7179): 318–322.

Drew, B. J., Califf, R. M., Funk, M., Kaufman, E. S., Krucoff, M. W., Laks, M. M., Macfarlane, P. W., Som margren, C., Swiryn S. & Van Hare G. F. 2004. Practice Standards for Electrocardiographic Monitoring in Hospital Settings: An American Heart Association Scientific Statement From the Councils on Cardiovascular Nursing, Clinical Cardiology, and Cardiovascular Disease in the Young: Endorsed by the International Society of Computerized Electrocardiology and the American Association of Critical-Care Nurses. *American Heart Association Journals. Circulation* 110:2721-2746.

Eskola, M. & Yli-Mäyry, S. 2001. Ihonalainen rytmivalvuri synkopen tutkimuksessa. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 4/2001, 407–414.

Guidlines for preparing patient education handouts. Center for Professional Practice of Nursing. UC Davis Health System. Luettu 24.1.2014
http://www.ucdmc.ucdavis.edu/cne/health_education/guide.html

Hiltunen, E., Holmeberg, P., Jyväskylä, E., Kaikkonen, M., Lindblom-Yläne, S., Nienstedt, W. & Wähälä, K. 2007. *Galenos: Ihmiselimitys kohtaa ympäristön*. 8. painos. Helsinki: WSOY.

Holter-tutkimus. Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri HUS. Luettu 7.1.2014.
<http://www.hus.fi/sairaanhoito/sairaanhoitopalvelut/kardiologia/yleisimpia-toimenpiteita/Sivut/Holter-tutkimus.aspx>

How to produce an information brochure for patients and users of the healthcare system. 2008. Methodology guide. Haute Autorité de santé. Communications Department. Luettu 24.1.2014
http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/2009-10/how_to_produce_an_information_brochure_-_methodology_guide.pdf

Hyvärinen, R. 2005. Millainen on toimiva potilasohje? Hyvä kieliasu varmistaa sanoman perille menon. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 121 (16), 1769–1772.

Kennedy, H. 1981. *Ambulatory electrocardiography including Holter recording technology*. Philadelphia: Lea & Febinger, 3-7.

Kettunen, R. 2011a. Sydämen isotooppitutkimukset. Kustannus Oy Duodecim. Julkaistu 6.5.2011. Luettu 4.12.2013.
http://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p_artikkeli=syd00207

Kettunen, R. 2011b. Sydänsairaudet. Sepelvaltimokierto ja sepelvaltimoiden anatomia. Kustannus Oy Duodecim. Julkaistu 6.5.2011. Luettu 20.1.2014.
http://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p_artikkeli=syd00010

Kettunen, R., Hassinen, I., Peuhkurinen, K. & Kupari, M. 2008. Sydänlihaksen rakenne ja toiminnot - sydän pumppuna. Teoksessa Heikkilä, J., Kupari, M., Airaksinen, J., Huikuri H., Nieminen, M. S. & Peuhkurinen, K. (toim.) *Kardiologia* 2008. 2.painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 24 -39.

Klabunde, R. E. 2012a. *Cardiovascular Physiology Concepts*. 2nd edition. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.

Klabunde, R. E. 2012b. *Cardiovascular Pharmacology Concepts: Adenosine*. Päivitetty 7.9.2012. Luettu 4.12.2013.
<http://www.cvpharmacology.com/antiarrhy/adenosine.htm>

Kligfield, P., Gettes, L. S., Bailey, J. J., Childers, R., Deal, B. J., Hancock, E. W., van Herpen, G., Kors, J. A., Macfarlane, P., Mirvis, D. M., Pahlm, O., Rautaharju P. & Wagner, G. S. 2007. Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. Part I: The Electrocardiogram and Its Technology. A Scientific Statement From the American Heart Association. *American Heart Association Journals. Circulation* 115:1306-1324.

Knuuti, J., Ukkonen, H. & Virtanen K. S. 2008. Sydämen isotooppitutkimukset. Teoksessa Heikkilä, J., Kupari, M., Airaksinen, J., Huikuri, H., Nieminen, M. S. & Peuhkurinen, K. (toim.) *Kardiologia* 2008. 2.painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 237–238.

Koskinen, P. 2001. Hyvä painotuote. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Kuvantamiskeskus: EKG-pitkäaikaisrekisteröintilaitteiden puhdistus ja huolto. Työohje. 2012. [salattu]

Kuvantamiskeskus: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin purku ja analysointi MARS-laitteella. Työohje. 2011. [salattu]

Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. Luettu 24.1.2014.
<http://www.kuvantamiskeskus.fi>

- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adenosiinialtistus. Työohje. 2013. [salattu]
- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Adenosiini/Regadenosonialtistus. Työohje. 2014. [salattu]
- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti. Työohje. 2014. [salattu]
- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti 12 kytkentää. Työohje. 2014. [salattu]
- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoel. Työohje. 2012. [salattu]
- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Kliininen rasituskoel isotoopilla/ Adenosiinialtistus, polkupyörä. Erillisohje. 2013. [salattu]
- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Laadunhallinta. Luettu 24.1.2014. http://www.kuvantamiskeskus.fi/sivu.tpl?sivu_id=330
- Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Sydänlihasperfuusion gammakuvaus. 2014. [salattu]
- Loimaala, A. & Rautio, P. 2003. Sydämen kuormituskokeet lääkeaineilla ja tahdistamilla. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala J., Länsimies, E., Savolainen S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede 2003. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 354–356.
- Loiri, P. & Juholin, E. 1999. HUOM! Visuaalisen viestinnän käsikirja. 2.painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjanpaino Oy.
- Mustajoki, P. 2008. Sepelvaltimot. Lääkärikirja Duodecim. Päivitetty 8.5.2008. Luettu 27.2.2014. http://www.terveyskirjasto.fi/kotisivut/tk.koti?p_artikkeli=ldk00003
- Muurinen, Tiina. 2011. Korkealuokkaisen kliinisen rasituskoeken ABC. PowerPointesitys. 10.2.2011. Labquality-päivät. Luettu 17.12.2013. http://www.labquality.fi/@Bin/2179898/Muurinen_Tiina.pdf
- Myers, J., Arena, R., Franklin, B., Pina, I., Kraus, W. E., McInnis, K. & Balady G. J. 2009. Recommendations for Clinical Exercise Laboratories. A Scientific Statement From the American Heart Association. American Heart Association Journals. Circulation 119:3144-3161.
- Mäkijärvi, M. 2003. EKG:n rekisteröinti ja tulkinta. Teoksessa Heikkilä, J. & Mäkijärvi, M. (toim.) EKG 2003. 1.painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 40–49.
- Mäkijärvi, M. 2003. Sydämen sähköinen aktivaatio. Teoksessa Heikkilä, J. & Mäkijärvi M. (toim.) EKG 2003. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 19–25.

Mäkijärvi, M. 2008a. Elektrokardiografia. Teoksessa Heikkilä, J., Kupari, M., Airaksinen, J., Huikuri H., Nieminen, M. S. & Peuhkurinen, K. (toim.) Kardiologia 2008. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 132–143.

Mäkijärvi, M. 2008b. Sydämen sähköinen toiminta. Teoksessa Heikkilä, J., Kupari, M., Airaksinen, J., Huikuri H., Nieminen, M. S. & Peuhkurinen, K. (toim.) Kardiologia 2008. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 52–58.

Mäkijärvi, M. & Heikkilä, J. 2003. Mitä elektrokardiografia on? Teoksessa Heikkilä, J. & Mäkijärvi, M. (toim.) EKG. 2003. 1.painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 16–17.

Mäkinen, O. 2005. Tieteellisen kirjoittajan ABC. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Pakarinen, S. & Oksanen, T. 1999. Oire-EKG –rekisteröinti polikliinisten rytmihäiriöpotilaiden arvioinnissa. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 17/1999, 1844–1849.

Palani, G. & Ananthasubramaniam, K. 2013. Regadenoson: Review of Its Established Role in Myocardial Perfusion Imaging and Emerging Applications. *Cardiology in review* 21(1):42-48.

Pesonen, E. 2007. Julkaisijan käsikirja. 1. painos. Jyväskylä: WSOY/Docendo.

Piira, O-P. 2006. Kliininen rasituskoe: Menetelmät, indikaatiot ja tulkinta. Oulun yliopistollinen sairaala, sisätautien klinikka. Luettu 27.2.2014.
cc.oulu.fi/~sisawww/esit/060302.htm

Pirkanmaan sairaanhoitopiiri/ Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos: Regadenosonaltistus. Toimintaohje. 2014. [salattu]

Pirkanmaan sairaanhoitopiiri/Kuvantamiskeskus: Seer Light, 2-kanavainen. 2011. [salattu]

Pulkinen, A. Toimistos sihteeri. 2014. Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitos. Sähköpostiviesti. anneli.pulkinen@pshp.fi. Luettu 24.1.2014.

Rautio, P. & Vanninen, E. 2003. Sydänperfuusion gammakuvaus. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala J., Länsimies, E., Savolainen S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede 2003. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 390–391.

Repo, I. & Nuutinen, T. 2003. Viestintätaito - Opas aikuisopiskeluun ja työelämän vuorovaikutustilanteisiin. 1. painos. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Sand, O., Sjaastad O.V., Haug, E., Bjälje, J., Toverud. 2011. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. Helsinki: Sanoma pro Oy.

- Saraste, M., Loimaala, A. & Luotolahti, M. 2003. Rasituskaikukardiografia. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala J., Länsimies, E., Savolainen S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede 2003. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 381–383.
- Sovijärvi, A. 2003. Kliininen rasituskoel. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala J., Länsimies, E., Savolainen S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede 2003. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 332–353.
- Sovijärvi, A. 2012. Kliininen rasituskoel. . Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliinisen fysiologian perusteet 2012. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 175–187.
- Sovijärvi, A. R. A. & Kettunen, R. 2008. Kliininen rasituskoel. Teoksessa Heikkilä, J., Kupari, M., Airaksinen, J., Huikuri, H., Nieminen, M. S. & Peuhkurinen, K. (toim.) Kardiologia 2008. 2.painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 216–231.
- Sovijärvi, A., Nieminen, M., Malmberg, P. & Laitinen, L. 2012. Keuhkoputkien epäspesifiset altistuskokeet. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliinisen fysiologian perusteet 2012. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 129.
- Terveyskirjasto. 2013. Lääketieteen sanasto. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim. Luettu 4.12.2013 ja 9.1.2014.
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_teos=ltt
- Thaler, M. S. 2010. The Only EKG Book You`ll Ever Need. 6th edition. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Torkkala, S., Heikkinen, H., Tiainen, S. 2002. Potilasohjeet ymmärrettäväksi - Opas potilasohjeiden tekijöille. Tampere: Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Turjanmaa, V. 2012. Verenpaineen mittaus. Teoksessa Sovijärvi, A., Ahonen, A.,M., Hartiala, J., Länsimies, E., Savolainen, S., Turjanmaa, V. & Vanninen, E. (toim.) Kliinisen fysiologian perusteet 2012. 1.painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 250–251.
- Uimonen, T. 2005. Asiantuntija kirjoittaa. Teoksessa Karhu, M., Salo-Lee, S., Sipilä, J., Selänne, M., Söderlund, L., Uimonen, T. & Yli-Kokko, P. 2005. Asiantuntija viestii – Ajatuksesta vaikutukseen. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy, 208–210.
- UKK-instituutti. UKK-terveysseula – liikkumisen turvallisuuden ja sopivuuden arviointikysely. Luettu 29.12.2013.
http://www.kavely.fi/pdf/terveysseula_tulkinta.pdf
- Vanninen, E. 2004a. EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset 2004. Porvoo: WS Bookwell Oy, 49.

Vanninen, E. 2004b. Kliininen kuormituskoee. Teoksessa Penttilä, I. (toim.) Kliiniset laboratoriotutkimukset 2004. Porvoo: WS Bookwell Oy, 61–62.

Varjo, P. 2007. Kliininen rasitus paljastaa verenkierto- ja hengityselimistön tilan. Porin lääkäritalo. Hyvässä hoidossa 3/2007.

Viitasalo, M. 2003. EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti ja monitorointi. Teoksessa Heikkilä, J. & Mäkijärvi, M. (toim.) EKG 2003. 1.painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 112–113.

Viitasalo, M. 2005a. EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin tekniikat. EKG-oppikirja. Kustannus Oy Duodecim. Päivitetty 1.1.2005. Luettu 7.1.2014.
<http://www.terveysportti.fi.elib.tamk.fi/dtk/oppi/ekg00021>

Viitasalo, M. 2005b. EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin käyttöaiheet ja rajoitukset. EKG-oppikirja. Kustannus Oy Duodecim. Päivitetty 1.1.2005. Luettu 12.12.2013.
http://www.terveysportti.fi/dtk/oppi/koti?p_artikkeli=inf04500&p_aineisto=15353&p_haku=ekg:n%20pitk%C3%A4aikaisrekister%C3%B6innin%20k%C3%A4ytt%C3%B6aiheet

Viitasalo, M. 2005c. Suositellut elektrodien paikat kolmikanavaisessa holterrekisteröinnissä. EKG-kuvat. Kustannus Oy Duodecim. Päivitetty 1.1.2005. Luettu 7.12.2013.
http://www.terveysportti.fi/dtk/ekg/koti?p_artikkeli=ekg00024&p_haku=EKG:n%20pitk%C3%A4aikaisrekister%C3%B6inti


Vilka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. 1.-2. painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Vilka, H. & Airaksinen, T. 2004. Toiminnallisen opinnäytetyön ohjaajan käsikirja. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Walamies, M. A. 2006. Signal quality in a three-channel ambulatory electrocardiography monitoring system. Clin physiol Funct imaging 26(6):335–337.

LIITTEET

Liite 1. Tutkimuspöytäkirja

 PIRKANMAAN SAIRAANHOITOPIIRI Yhdessä terveyttä		PORRASTETTU TYÖJOHTAINEN KLIININEN RASITUSKOE ETL-KOODI R00153 Potilaskoodi B3131																	
Potilaan nimi	Ikä	Henkilötunnus	Ammatti	Tutkimuspäivä	Klo														
				6.7.2006	14:29														
Sukupuoli	Paino	Pituus	BMI																
Tupakointi <input type="checkbox"/> Ei koskaan. <input type="checkbox"/> Tupakoinut nyt _____ vuotta. Savukkeita/vrk: <input checked="" type="radio"/> 1-4 <input checked="" type="radio"/> 5-14 <input checked="" type="radio"/> 15-25 <input checked="" type="radio"/> yli 25 <input type="checkbox"/> Lopettanut _____ vuotta sitten. Tupakoinut aik. _____ vuotta. <input type="checkbox"/> Piippu <input type="checkbox"/> Sikarit																			
Suorittava hoitaja	Suorittava lääkäri	Läheittävä lääkäri	Läheittävä yksikkö																
Lääkitys, milloin viimeksi																			
Rasitus suoritettu <input type="checkbox"/> Jaloin <input type="checkbox"/> Käsien <input type="checkbox"/> Istuen <input type="checkbox"/> Isotooppi <input type="checkbox"/> Juoksumatto <input type="checkbox"/> ECHO																			
Lepo-EKG																			
Kuormitus																			
Aika min	makuu	pyörä			Rasituksen jälkeen														
	seisten		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	2	4	6
Kuorma W																			
Syke /min																			
Syst. paine mmHg																			
Diast. paine mmHg																			
Heng.taajuus /min																			
Subj. rasitus 6-20																			
PEF l/min																			
SpO2 %																			
Objektiivinen rasitusaste																			
Rasituksen lopettamisen syy																			
<input type="checkbox"/> Rintakipu <input type="checkbox"/> Hengenahdistus <input type="checkbox"/> Väsyminen <input type="checkbox"/> EKG-muutos <input type="checkbox"/> RR-muutos <input type="checkbox"/> Maksimisyke saavutettu <input type="checkbox"/> Jalkojen väsyminen <input type="checkbox"/> Muu:																			
Saavutettu maksimaalinen syke: _____ /min = _____ % arvioidusta maksimisykkeestä																			
EKG-muutos																			
Suorituskyky																			
W last 4'	W max 6'	PEF-alkuarvo	PEF lopussa																
W %	W %	on % odotusarvosta	on % odotusarvosta	l/min															
MET	Testiaika																		
	min s																		
Suorituskyky																			
Havaintoja kokeen aikana																			

Tulostettu: 6.7.2006 14:30:12

Liite 2a. Borgin asteikko

6	
7	erittäin kevyt
8	
9	hyvin kevyt
10	
11	KEVYT
12	
13	hieman rasittava
14	
15	RASITTAVA
16	
17	hyvin rasittava
18	
19	hyvin paljon rasittava
20	

Borgin asteikko subjektiivisen räsitustunteen määrittämiseksi.

Liite 2b. Borgin oireasteikko

0	ei ollenkaan
0,5	erittäin heikko (juuri havaittava)
1	hyvin heikko
2	heikko (vähäinen)
3	kohtalainen
4	melko voimakas
5	voimakas
6	
7	hyvin voimakas
8	
9	
10	erittäin voimakas (melkein maksimaalinen)
xx	maksimaalinen

Borgin asteikko subjektiivisen oiretunteen määrittämiseksi

SPALO

M:\LAATU\Avainhlo_TAYSKFYSLaatu\Menetelmät\Tauluk\EKGvrkpvk.doc

30-14/21.10.2010

Liite 4. Lupa henkilön kuvaamiseen

Olemme tekemässä opinnäytetyötä Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitokselle kliinisen fysiologian laboratoriolle. Opinnäytetyömme aihe on Potilasesite EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnistä ja kliinisestä rasituskokeesta.

Opinnäytetyönä syntyvään esitteeseen, sekä opinnäytetyöraporttiin tarvitsemme valokuvia. Pyydämme lupaa käyttää esitteessä sekä opinnäytetyöraportissa kuvia, joissa henkilö Jussi Kivioja esiintyy.

Paikka ja aika

Allekirjoitus ja nimenselvennys

Paikka ja aika

Allekirjoitus ja nimenselvennys

Paikka ja aika

Allekirjoitus ja nimenselvennys

Liite 5. Lupa laitteiden ja tilojen valokuvaamiseen

Olemme tekemässä opinnäytetyötä Kuvantamiskeskus- ja apteekkiliikelaitokselle kliinisen fysiologian laboratoriolle. Opinnäytetyömme aihe on Potilasesite EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnistä ja kliinisestä rasituskokeesta.

Opinnäytetyönä syntyvään esitteeseen, sekä opinnäytetyöraporttiin tarvitsemme valokuvia. Pyydämme lupaa kuvata kliinisen fysiologian tiloja ja laitteita esitteeseen ja opinnäytetyöraporttiin tulevia kuvia varten.

Paikka ja aika

Allekirjoitus ja nimenselvennys

Paikka ja aika

Allekirjoitus ja nimenselvennys

Paikka ja aika

Allekirjoitus ja nimenselvennys

Liite 6. Kliininen rasituskoe ja EKG:n pitkäaikaisrekisteröinti - potilasesite