

Opinnäytetyö (AMK)
Bioanalytikkokoulutus
Kliininen fysiologia
2015

Karoliina Järä

EKG-KÄYRÄN TEKNINEN LAATU



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Karoliina Järä

EKG-KÄYRÄN TEKNINEN LAATU

Suomessa rekisteröidään vuosittain noin 1,5 miljoonaa EKG-käyrää, näistä EKG-käyristä jopa sadat tuhannet eivät täytä teknisesti hyvänlaatuisen EKG-käyrän kriteerejä.

Tämä opinnäytetyö on osa Heartbeats-projektia, jonka tarkoituksena on kartoittaa eri näkökulmista hoitotyöntekijöiden EKG-rekisteröintiosaamista ja sen mahdollisia ongelmakohtia Turun kaupungin sisätautisairaalassa ja terveys-asemilla. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa hoitajien rekisteröimien EKG-käyrien teknistä laatua.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on lisätä EKG-käyriä rekisteröivien hoitotyöntekijöiden EKG-rekisteröintiosaamista, niin että tulevaisuudessa he osaisivat rekisteröidä teknisesti laadukkaita EKG-käyriä sekä tunnistaa tavallisimmat EKG-löydökset. Toisena tavoitteena on potilashoidon kehittäminen.

Tutkimus on toteutettu siten, että Turun kaupungin sisätautisairaalan ja terveysasemien EKG-käyriä rekisteröivät hoitotyöntekijät ottivat kopion rekisteröimistään EKG-käyristä rekisteröinnin jälkeen. Tämän jälkeen EKG-käyrät analysoitiin ja luokiteltiin. EKG-käyräaineiston luokiteltavat muuttujat siirrettiin aluksi EKG-käyrän teknisen laadun kartoitusmittari -lomakkeelle. Sen jälkeen tulokset syötettiin Excel-taulukko-ohjelmaan. Luokittelu tapahtui seuraavasti: koko aineiston luokitteli kaksi eri henkilöä (opinnäytetyöntekijä ja EKG-asiantuntija). Tämän jälkeen molempien luokittelut vedettiin yhteen ja kaikki luokittelun poikkeamat käytiin uudelleen läpi tarkastamalla ne alkuperäistä EKG-käyristä.

Tämän opinnäytetyön tuloksena voidaan todeta, että jokaisessa (n=60) aineiston EKG-käyrässä oli havaittavissa EKG-häiriöitä. Tämän opinnäytetyön tuloksilla on merkitystä klinisen laboratoriotyön kehittämisessä, siten että tulevaisuudessa Turun hyvinvointitoimialan EKG-rekisteröinti osaamista voidaan kehittää laadukkaammaksi.

ASIASANAT:

EKG-käyrä, EKG-rekisteröinti, tekninen laatu, EKG-artefakti.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biomedical laboratory science | Clinical physiology

Spring 2015 | 32

H-M Riski

Karoliina Järä

TECHNICAL QUALITY OF ECG

Approximately 1.5 million electrocardiograms are recorded every year in Finland and hundreds of thousands of these electrocardiograms does not have good technical quality.

This thesis is part of the Heartbeats-project, which is meant to chart the ability of nursing staff to record an ECG and the possible problems that may occur during the recording, at the Turku hospital of internal medicine and at the health centers in Turku. Purpose of this thesis is to chart the quality of electrocardiograms recorded by nursing staff.

The goal of this thesis to increase the know-how of nursing staff who record electrocardiograms so that in the future they can record electrocardiograms that are technically of good quality, and they can identify the most common ECG findings. Second goal is to improve patient care.

For this study, nursing staff who record electrocardiograms at the Turku hospital of internal medicine and at the health centers in Turku, took a copy of the electrocardiograms they had recorded. Then the electrocardiograms were analyzed and categorized. First the variables of the categorized ECG material were transferred to a form that charted the technical quality of ECG. Then the results were input into Excel table program. Categorizing of the ECG material was performed by two different people (author of this thesis and ECG specialist). Then the categorized material was put together and all of the anomalies were reviewed by surveying them from the original ECG's.

As a result of this thesis, it was found that all of the electrocardiograms (n=60) included in the material had ECG artefacts in them. The results of this thesis are important in improving clinical laboratory work, so in the future the quality of ECG recording know-how in Turku healthcare field can be developed to become better.

KEYWORDS:

ECG, ECG recording, technical quality, ECG artefact.

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 EKG-KÄYRÄN TEKNINEN LAATU	7
2.1 EKG-rekisteröinti	7
2.2 EKG-käyrä	7
2.3 EKG-käyrän tekninen laatu	8
2.4 EKG vakioinnit	9
2.4.1 Piirtonopeus ja suodatin	10
2.4.2 Vahvistus ja vakaussyönti	10
2.5 Tutkittavan taustamuuttuja	10
2.5.1 Ikätieto	10
2.5.2 Sukupuoli	11
2.5.3 Tutkittavan pituus ja paino	11
2.5.4 Rotutieto	12
2.6 EKG-artefaktat	12
2.6.1 EKG-häiriöt	12
2.6.2 Lihasjännityshäiriö	13
2.6.3 Perustason vaellushäiriö	14
2.6.4 Vaihtovirtahäiriö	15
2.6.5 Muut häiriöt	16
2.6.6 EKG-virheet	16
2.7 Aikaisemmat tutkimukset	18

3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TEHTÄVÄT	20
4 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS	21
4.1 Opinnäytetyön toteutussuunnitelma	21
4.2 Opinnäytetyön metodologiset lähtökohdat	21
4.3 Opinnäytetyön eettiset lähtökohdat	22
5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	23
5.1 EKG-vakioinnit ja potilaiden taustamuuttajat	23
5.2 EKG-käyrän teknisen laadun arviointi	24
6 POHDINNAT	31
LÄHTEET	34

LIITTEET

Liite 1. EKG-käyrän teknisen laadun kartoitusmittari

TAULUKOT

Taulukko 1. EKG-vakioinnit	23
Taulukko 2. Taustamuuttajat	24
Taulukko 3. Lihasjännityshäiriön määrän arviointi	25
Taulukko 4. Perustasonvaellushäiriön määrän arviointi	26
Taulukko 5. Vaihtovirtahäiriön määrän arviointi	27
Taulukko 6. EKG-häiriön määrä arkilla	28
Taulukko 7. Muut artefaktit	30

1 JOHDANTO

EKG-rekisteröinti on tutkimuksena jo vanha, mutta se on edelleen tärkeä tutkimus. EKG-rekisteröinti on helppo, kivuton ja edullinen tutkimus ja sillä saadaan paljon tietoa sydämen toiminnasta. EKG-rekisteröinnin voi tehdä miltei missä vaan, kunhan EKG-rekisteröintilaitte on mukana. (Mustajoki & Kaukua 2008a.) Suomessa rekisteröidään vuosittain noin 1,5 miljoonaa EKG-käyrää, näistä EKG-käyristä jopa sadat tuhannet eivät täytä teknisesti hyvänlaatuisen EKG-käyrän kriteerejä. (Anttila 2004, Riski 2004;11, Uusitalo 2014.) Virheellinen ja huonolaatuinen EKG-rekisteröinti voi johtaa potilaan väärään hoitoon tai hidastaa hoitoon pääsyä (Anttila 2004). On tärkeää että EKG-käyriä rekisteröivällä hoitajalla on riittävä koulutus EKG-käyrän rekisteröintiin (Kauppinen & Muhonen 2013). Virheet ja erilaiset häiriöt ovat teknisestä kehityksestä huolimatta edelleen valitettavan yleisiä EKG-käyrien rekisteröinneissä (Mäkijärvi 2005a).

Tämä opinnäytetyö on osa Heartbeats-projektia, jonka tarkoituksena on kartoittaa eri näkökulmista hoitotyöntekijöiden EKG-rekisteröintiosaamista ja sen mahdollisia ongelmakohtia Turun kaupungin sisätautisairaalaissa ja terveysasemilla. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa hoitajien rekisteröimien EKG-käyrien teknistä laatua. Näin saadaan tietoa hoitajien kyvystä toimia oikein rekisteröinti tilanteessa, sekä heidän taitonsa eliminoida EKG-häiriöitä sekä – virheitä rekisteröintitilanteessa. Kohderyhmänä ovat EKG-käyriä rekisteröivät hoitotyöntekijät ja tutkimusaineistona heidän rekisteröimänsä EKG-käyrät.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on lisätä EKG-käyriä rekisteröivien hoitotyöntekijöiden EKG-rekisteröintiosaamista, niin että tulevaisuudessa he osaisivat rekisteröidä teknisesti laadukkaita EKG-käyriä sekä tunnistaa tavallisimmat EKG-löydökset. Toisena tavoitteena on potilashoidon kehittäminen. Teknisesti laadukas EKG-käyrä mahdollistaa osaltaan luotettavan EKG-tulkinnan näin potilas saa mahdollisemman luotettavan diagnoosin häneltä rekisteröidystä EKG-käyrästä. Kun EKG-käyrässä on EKG-häiriöitä ja –virheitä, hidastuu käyrän tulkinta tai tulkinta voi olla jopa virheellinen.

2 EKG-KÄYRÄN TEKNINEN LAATU

2.1 EKG-rekisteröinti

Elektrokardiografia (EKG) tarkoittaa sydänsähkökäyrän rekisteröintiä. EKG-rekisteröinti on sydämen toimintaan liittyvien sähköpotentiaalimuutosten rekisteröintiä jonka tuloksena tulee EKG-käyrä. (Lääketieteen termi 2014a.) Tässä työssä elektrokardiografiasta käytetään käsitettä EKG-rekisteröinti. EKG-rekisteröinti on helppo, ei-invasiivinen, edullinen ja erittäin yleinen lääketieteellisessä diagnostiikassa. Siinä tutkittavan iholle kiinnitetään elektrodeja, joilla mitataan sydämen aiheuttamia sähköisiä potentiaaleja. Raajakytkennöillä eli raajoihin kiinnitetyillä elektrodeilla mitataan jännitettä raajojen välillä, kun taas rintakytkennöillä eli elektrodeilla jotka ovat kiinnitetty rintakehälle, mitataan sydämen etupuolelle heijastuvaa sähkökenttää. EKG-rekisteröinnissä on yhteensä 12 kytkentää. (Riski 2004, Mustajoki & Kaukua 2008a, Laine 2014.)

2.2 EKG-käyrä

Elektrokardiogrammia eli EKG-käyrää kutsutaan myös sydämen sähkökäyräksi. EKG-rekisteröinnin avulla tuotetaan sydänsähkökäyrää. (Lääketieteen termi 2014b.) Tässä työssä käytetään elektrokardiogrammista käsitettä EKG-käyrä. EKG-käyrä kuvaa sydämen toimintaan liittyviä sähköimpulsseja ja on sitä kautta sydämen toimintaa kuvaava EKG-käyrä. (Riski 2004; 15, Mustajoki & Kaukua 2008b.) Sydämen eteisten ja kammioden peräntäinen aktivoituminen aiheuttaa sähkökentän, jonka muuttumista voidaan mitata EKG-käyrän avulla (Laine 2014). EKG-käyrän avulla selvitetään sydämen sinussolmukkeen ja johtoratajärjestelmän toimintaa. Rytmihäiriöt saadaan selville silloin, kun ne osuvat EKG-käyrän rekisteröintihetkeen. Tärkeä EKG-käyrän käyttöalue on iskemian ja infarktivaurioiden tutkiminen, mutta myös hypertrofia voidaan todeta EKG-käyrän avulla. (Mustajoki & Kaukua 2008a, Laine 2014.)

EKG-käyrästä voidaan nimetä aaltoja sekä komplekseja, jotka kuvaavat sydämen eteisten ja kammioden toiminnan eri vaiheita. Normaalisessa EKG-käyrässä ensimmäinen heilahdus on P-aalto, tällöin eteinen aktivoituu. P-aallossa en-

simmäinen puolikas kuvaa oikean eteisen aktivaatiota ja taas jälkimmäinen puolikas vasemman eteisen aktivaatiota. Tämän aallon jälkeen tulee PQ-väli, pieni tasainen väli, jonka aikana supistumisimpulssi kulkee eteis-kammiokimppua pitkin kammioihin. Tällöin mikään sydämen osa ei supistu tai relaksoidu, joten EKG-käyrässä näkyy vain suoraa viivaa. Kammioiden supistusta kuvaava QRS-kompleksi koostuu kolmesta eri jännitepiikistä (piikit Q, R ja S). QRS-kompleksin jälkeen seuraa ST-väli, hetken tasainen väli, jolloin kammiot pysyvät supistuneina. Viimeinen heilahdus EKG-käyrässä on T-aalto, jolloin kammiot palautuvat lepotilaan. Eteisten palautumista lepotilaan ei yleensä nähdä EKG-käyrästä, sillä se tapahtuu kammioiden aktivaation aikaan, ja jää sen "alle". (Mäkijärvi 2005b.)

2.3 EKG-käyrän tekninen laatu

Hämäläinen (2009) toteaa, että virheetön EKG-käyrä on EKG-diagnostiikan perusta, siksi rekisteröintejä suorittavalla henkilöllä on oltava riittävä koulutus sekä kokemus EKG-rekisteröintiin. Teknisesti laadukkaassa EKG-käyrässä ei tule olla artefakteja. Tämä on yksi perusedellytys sille, että EKG-piirturin tekemä tulkintaehdotus on luotettava (Riski 2004; 48).

EKG-käyrä rekisteröidään vakioidusti: tutkittavan tulee levätä rekisteröinnin aikana selällään tyyny niskan tukena, mutta ylävartalo korkeintaan 45 astetta kohotettuna riittävän leveällä tutkimussängyllä. Tyynyillä voi tarvittaessa tukea myös raajoja. Jotta elektrodi saisi parhaan kontaktin ihoon, vaatii se huolellisen ihonkäsittelyn, tällöin ihokarvat poistetaan elektrodien sijoittelukohdilta ja mahdollinen lika ja rasva poistetaan spriillä kostutetulla taitoksella. Kuollut ihosolukko poistetaan hankaamalla ihoa kevyesti ihonkarhentimella. (Riski 2004;19, 2015;26, Hämäläinen 2009, Kauppinen & Muhonen 2013.)

Raajaelektrodit sijoitetaan raajojen ääriosiin niin, että niillä on tasainen kosketuspinta ihoon. Elektrodit kiinnitetään ranteiden sisäpinnalle ja alaraajoissa raajan sisäsyrylälle. Tärkeintä on että kaikki raajaelektrodit ovat samalla korkeudella. Jos vamman vuoksi siirretään yhtä, niin silloin tulee kaikkia siirtää. Rintaelektrodien paikat on vakioitu, mutta vamman takia osa voidaan jättää pois.

Johdot kytketään huolellisesti elektrodeihin vakioidusti väri-, numero- ja kirjainkoodien mukaan. (Riski 2004;19, Hämäläinen 2009, Kauppinen & Muhonen 2013.)

2.4 EKG vakioinnit

Lepo EKG-käyrän kaksitoistakytkentäinen rekisteröinti on vakioitu kansainvälisesti. Kun kaikki työvaiheet on vakioitu, mahdollistuu eri kerroilla otettujen EKG-käyrien vertailu toisiinsa, vaikka ne olisi otettu eri toimipisteessä. EKG-rekisteröinnin tarkkaa rekisteröintitapaa on painotettu alusta alkaen. Näin V1 - V6 -elektrodien paikat rintakehällä ovat kuvattu vanhoissa ja uusissa oppikirjoissa samoille paikoille. EKG-käyrä rekisteröidään paperinkulkunopeudella 50 mm/s ja kalibraatiolla 1mV = 10 mm. Jos vakioidusta joutuu poikkeamaan, tulee rekisteröinnissä olla sillä merkintä. Rekisteröijä tarkistaa tutkittavan tiedot tulosteesta sekä kellon ajan ja ettei rekisteröinnissä ole vaihtovirtajännitehäiriötä, lihasjännityshäiriötä tai peruslinjan vaeltelua. (Riski 2004;19, 2011a, Hämäläinen 2009, Kauppinen & Muhonen 2013.)

Riskin (2004) mukaan EKG-rekisteröinnissä on vakioitu mm:

- Esivalmisteluohjeet
- Piirtonopeus ja vahvistuskalibrointi
- Tunniste- ja taustatietojen kirjaus (=taustamuuttujat)
- Tutkittavan ohjaus tutkimushetkellä

EKG-rekisteröintiin on olemassa myös esivalmisteluohjeet. Ohjeisiin kuuluu 15 minuutin levossa olo ennen EKG-käyrän rekisteröintiä. Olisi myös hyvä että tutkittava ei olisi kahteen tuntiin syönyt raskasta ateriaa tai juonut kofeiinipitoisia juomia, kuten kahvia, teetä, kolajuomaa tai energiajuomaa. Tutkittavalta ei kuitenkaan edellytetä paastoa, vaikka ravinnon on huomattu vaikuttavan EKG-löydöksiin. Olisi suositeltavaa että tutkittava olisi 2 tuntia ilman rasittavaa liikuntaa. (Riski 2004;19, 2011a, 2015.)

2.4.1 Piirtonopeus ja suodatin

Suomessa on yleisesti käytössä piirtonopeus 50 mm/s. Tällä piirtonopeudella saadaan tarkkaan määriteltyä kompleksien ja segmenttien kestot. Rytmikäyrää otettaessa käytetään piirtonopeutta 25 mm/s. Piirtonopeus pitää aina olla merkittynä EKG-käyrään. Suodattimia käytetään lähinnä vaihtovirtahäiriön ollessa suuri, tällöin voidaan käyttää 50 Hz suodatinta, joka poistaa 50 Hz:n taajuisia häiriötä. Suodattimen ollessa käytössä rekisteröinnin herkkyys kärsii jonkin verran. (Riski 2004:21, 2011a, Mäkijärvi 2005c.)

2.4.2 Vahvistus ja vakaussyöinti

Mitattava jännite eli vahvistuskalibrointi on 1 mV /10 mm, EKG-rekisteröintilaitte on oltava kalibroitu niin, että jokaisessa kytkennässä on sama 1 mV /10 mm jännite. Tämä näkyy 10 mm:n heilahduksena käyrässä. Vahvistuksen kontrolloimiseksi tulee jokaisen EKG-käyrän alussa tai lopussa näkyä vakaussyöinti eli kalibraatiolyönti 1 mV. Vakaussyönnin avulla voidaan tarkistaa myös piirtyvien EKG-käyrien ajoitusten samanaikaisuus. (Riski 2004;21, 2011a; 62, Mäkijärvi 2005c.)

2.5 Tutkittavan taustamuuttuja

Tutkittavan tunnistetiedot kuten ikä-, sukupuoli, rotu- ja henkilötiedot tulee tallentaa EKG-laitteen muistiin. EKG-käyrässä tulee olla myös rekisteröinnin tunnistetiedot kuten päivämäärä, kellonaika rekisteröijän tiedot ja rekisteröinti paikka. Pituus- ja painotieto sekä muut taustamuuttujat tukevat tulkintaehdotuksen täsmävyvyyttä sekä luotettavuutta ja siksi tämän tiedon kuuluu olla myös EKG-käyrässä. Jokainen EKG-käyrän löydös suhteutetaan tallennettuihin taustatietoihin. (Riski 2004;20, Mäkijärvi 2005c.)

2.5.1 Ikätieto

Tutkittavan ikätieto tulee näkyä EKG-rekisteröinnissä. Ikätieto on yksi tärkeimmistä tiedoista mitä EKG-käyrässä tulee näkyä, sillä rekisteröintilaitteen ehdotamiin löydöksiin ikä voi olla selittävä tekijä. Lapsen EKG-löydökset eroavat aikuisten EKG-löydöksistä. Kun lapsi vanhenee, muuttuu myös EKG-käyrä mer-

kittävästi. Lapsella ei nopeaa syketasoa pidetä välttämättä sinustakykardiana. Lapsilla QRS-kompleksissa on korkeat amplitudit. Aikuisen sydämen sähköiseen akseliin verrattuna lapsen akseli on oikeavoittoisempi ja siirtyy vasempaan lapsen varttuessa. Yleinen löydös alle kouluikäisellä lapsella on T-aallon inversio, jolloin T-aalto on negatiivinen V1 – V3 kytkennöissä. Aikuisilla sydämen sähköinen akseli on jo siirtynyt vasemmalle. Ikäihmisillä horisontaaliakselin asetus voi olla -30° . Myös QRS-kompleksi voi solmuuntua ja samalla sen kestoakin pitenee. (Simonson 1952, Riski 2004;20, Mäkijärvi 2005c.)

2.5.2 Sukupuoli

Sukupuolitieto tulee näkyä EKG-käyrässä, sillä miehen ja naisen fysiologiassa on hormonaalisia sekä geneettisiä eroja. EKG-käyrässä olevat morfologiset erot mahdollistavat sen, että lääkäri voi erottaa miehen ja naisen EKG-käyrät toisistaan. Miesten EKG-käyrässä ST -aalto on lyhempi ja osoittaa yläviistoon niin, että T-aalto nousee nopeammin ja on korkeampi. Miehillä on lyhyempi PR-aika ja kapeampi QRS-kompleksi kuin naisilla. Erot ovat hyvin pieniä ja mahdollistavat tunnistuksen, mutta nämä voivat olla myös yksilöllisiä eroja. Naisten syke on yleisesti hieman nopeampi kuin miesten. Miehillä ikääntyessä V1 -kytkennän S-aalto ja V5 -kytkennän R-kesto pitenee, naisilla tätä muutosta ei tapahdu. Isorintaisella naisella voi QRS-kompleksi olla pienempi. (Riski 2004;20, Mäkijärvi 2005c, Hannibal 2013.)

2.5.3 Tutkittavan pituus ja paino

Tutkittavan pituustieto tulee olla käyrässä, koska tieto lisää EKG-rekisteröintilaitteen tulkintaehdotuksen luotettavuutta. Pitkällä, hoikalla ja nuorella tutkittavalla on niin sanottu tippasydän, eli pystysydäntä. Sydämen sähköinen akseli on tällöin miltei $+90^\circ$. (Riski 2004;27.)

Tutkittavan painotieto tulee olla käyrässä, koska tieto lisää EKG-rekisteröintilaitteen tulkintaehdotuksen luotettavuutta. Isokokoisella ihmisellä esiintyy matala T-aalto, joka normalisoituu painon pudotessa. Tukevan ihmisen R-aallon amplitudi on normaalipainoiseen ihmiseen verrattuna matalampi. Sy-

dämensähköinen akseli on tukevalla vasenvoittoinen. (Simonson 1952, Riski 2004;27.)

2.5.4 Rotutieto

Tutkittavan rotutieto tulee olla EKG-käyrässä, koska ihmisen fysiologiassa on rodullisia eroja. Jos EKG-rekisteröintilaitteen tulkintaehdotuksen viitearvoina on valkoisen rodun EKG-viitearvo, ei tällöin ole tulkintaehdotus ideaali silloin, kun rekisteröidään muuta kuin valkoisen rodun edustajaa. Tummaihoisella ihmisellä voi olla EKG-löydöksenä T-aallon inversio V2 – V3 kytkennöissä, joka on ”normaali löydös” tummalla, mutta valkoisella tämä voi viitata hapenpuutteeseen sydämessä. Tummaihoisella vasemman kammion hypertrofian kriteerit eroavat valkoiseen rotuun verrattuna. On todettu, että tummalla rodulla V5 – V6 kytkennöissä R-aallon ja V1 - kytkennässä S- aallon amplitudit ovat korkeammat kuin valkoisella rodulla. Myös PR-aika on valkoiseen rotuun verrattuna pidempi. (Riski 2004;20,28, Mäkijärvi 2005c, Nainggolan 2008.)

2.6 EKG-artefaktit

”EKG-artefaktilla tarkoitetaan jotain sydänsähkökäyrässä havaittavaa muutosta tai löydöstä, joka ei ole peräisin sydämen sähköisestä toiminnasta.” (Riski 2011b; 124). EKG-artefaktit voidaan jakaa kahteen ryhmään: EKG-häiriöihin ja EKG-virheisiin. EKG-häiriöitä ovat lihasjännitys-, perustasonvaellus-, vaihtovirta- ja liikehäiriö. EKG-virheitä ovat mm. raajajohtimien liittämismvirheet, rintaelektrodien sijoitteluvirheet, elektrodien irtoamisvirheet sekä sähköinen silta. (Riski 2011b;167, 2014;6.)

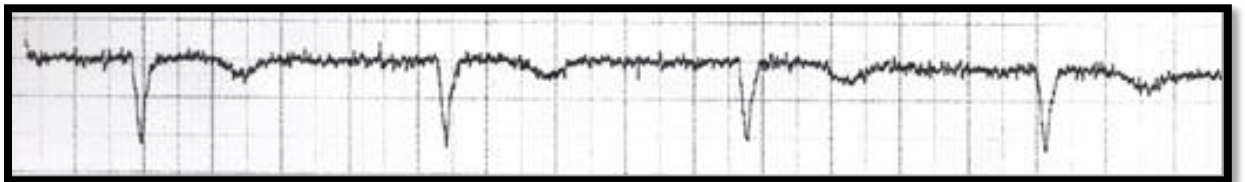
2.6.1 EKG-häiriöt

EKG-käyrästä on tunnistettava EKG-häiriöitä. Ne voivat johtua joko tutkittavasta, tutkimusympäristöstä, rekisteröijän toimesta tai jopa näiden yhdistelmästä. Rekisteröijän tulee tietää EKG-häiriön aiheuttaja ja tunnistaa ja erottaa häiriöt toisistaan, jotta saadaan eliminoitua häiriö EKG-käyrältä. Jotkut EKG-piirturit ilmoittavat jo rekisteröintivaiheessa häiriöt tai ne kirjautuvat EKG-käyrään. EKG-piirturi ilmoittaa englanninkielellä lihasjännitys-, perustason vaellus- ja vaihtovir-

tahäiriöistä. Ilmoitus tulee myös silloin, kun elektrodi irtoaa. Kun häiriön huomaa, tulee tällöin reagoida siihen ja pyrkiä poistamaan se mahdollisimman hyvin. Jos tulostaa huonolaatuisen ja häiriötä sisältävän EKG-käyrän, tulee tilalle rekisteröidä uusi EKG-käyrä. Jos huonolaatuisen EKG-käyrään tulee löydös, kuten lisälyönti, toimitetaan tämä laadukkaana EKG-käyrän kanssa eteenpäin. (Riski 2004;28, 2011b;167.)

2.6.2 Lihäsjännityshäiriö

Lihäsjännityshäiriö on tutkittavasta lähtevää sisäistä häiriötä, joka johtuu yleensä tutkittavan liikkumisesta tai lihasjännityksestä. Häiriö syntyy luurankolihasien biosähköisistä ilmiöistä. Lihäsjännityshäiriö voi johtua myös tutkittavan huonosta asennosta, kivusta tai vapinasta, jännityksestä, palelusta, pelosta, puhumisesta, hikasta tai levottomuudesta. Häiriö tulee poistaa mahdollisimman hyvin, sillä se saattaa peittää alle kokonaan EKG-signaalin. Lihäsjännityshäiriö pyritään poistamaan rekisteröinti tilanteessa reagoimalla häiriön lähteeseen. Jälkeenpäin ei voida enää arvailla mistä lihasjännityshäiriö on johtunut, vaan todetaan sen olevan vain tietty häiriö. Lihäsjännityshäiriö lisää EKG-tulkintaan kulutettavaa työaikaa, sillä lihasjännityshäiriö estää P-QRS-T-kompleksin kestojen ja muotojen luotettavaa tarkastelua. Tämä hidastaa tutkittavan pääsyä oikeaan hoitoon. EKG-käyrästä lihasjännityshäiriön tunnistaa parhaiten erikorkuisina ja epäsäännöllisesti esiintyvistä korkeista ja kapeista piikeistä joita tulee tiheään tahtiin ja joka peittää osittain tai kokonaan EKG-signaalin (Kuvio 1). (Riski 2004;33, 2011;124, Mäkijärvi 2005a.)

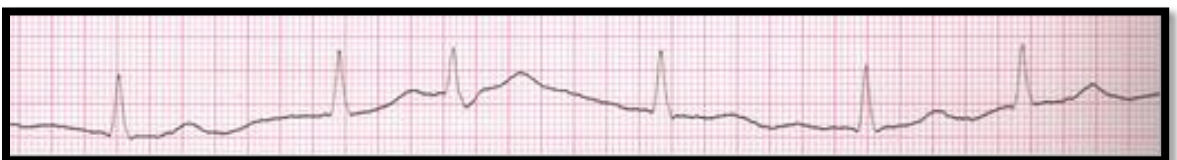


Kuvio 1. Lihäsjännityshäiriötä paljon

Lihaskäynnityshäiriöön reagoidaan tilanteen mukaan. Tutkittavasta johtuviin syihin voi vaikuttaa pyytämällä tutkittavaa sulkemaan silmänsä, rentoutumaan ja ottamaan mukavan asennon. Tutkittavaa voi myös pyytää hetken aikaan jännittämään koko kehoaan ja sitten rentoutumaan. Tutkittavaa pyydetään olemaan hiljaa ja hengittämään rauhallisesti, jotta lihaskäynnityshäiriö poistuisi. Ympäristön aiheuttamat häiriöt poistetaan varmistamalla, että tila on lämmin ja rauhallinen ja että tutkittavalla on turvallinen olo. Rekisteröijä voi ehkäistä häiriön syntymistä asettamalla tutkittavan päälle peiton, ohjaamalla rentoutumaan, rauhoittamalla puheellaan jännittyneitä tutkittavaa sekä kertomalla tutkimuksen kivuttomuudesta. Rekisteröijän tulee myös ymmärtää kytkennöistä, mitä raajaa tutkittava jännittää tai mitä elektrodia pitää korjata. (Riski 2004;36, 2011;124 2015;26.)

2.6.3 Perustason vaellushäiriö

Perustason vaellushäiriö on yleisempi häiriö kuin lihaskäynnityshäiriö. Se esiintyy EKG-käyrässä piirtoviivan aaltoiluna ylös ja alas yhdessä tai useammassa kytkennässä (Kuvio 2.). Perustason vaellushäiriötä arvioidaan noin 1 mm:n eli 0,1 mV:n tarkkuudella. Perustason vaellushäiriön määrää arvioidaan koko häiriön matkalta. Luotettava tulkinta edellyttää vähintään kolme perättäistä, samalla suoralla kulkevaa QRS-kompleksia. Perustason vaellushäiriö aiheuttaa ongelmia ST -tason muutosten luotettavuuden tarkastelussa. Perustason vaellus voi johtua tutkittavasta, jos hän puhuu, hikkaa, liikkuu, on levoton, hikoilee, hengittää raskaasti tai hänellä on haava tai kuiva iho. Se voi johtua myös elektrodien irtoamisesta, huonosta ihokontaktista, johdinkaapeleiden liikkeestä, kuivuneista elektrodeista tai silmukoista jotka ovat johdinkaapeleissa. Häiriö voi olla myös rekisteröijästä peräisin, jos hän on käsitellyt ihon huonosti tai geeliä on liian vähän. (Riski 2004;33, 2011b;24-125, Mäkijärvi 2005a.)

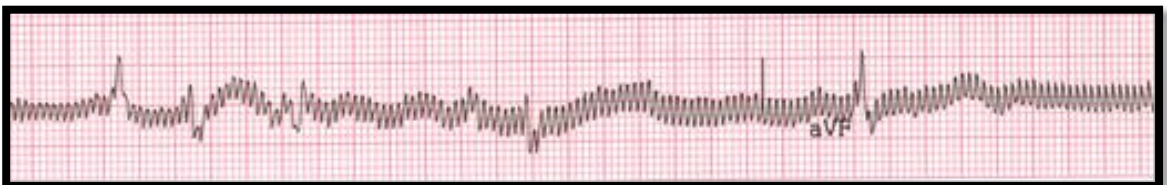


Kuvio 2. Perustasonvaellushäiriötä paljon

Perustasonvaellushäiriön poistamiseen vaikuttaa tutkittavan hyvä asento ja että hän hengittää rauhallisesti, liikkumatta ja on hiljaa. Jos häiriö johtuu elektrodeista, niin tarkistetaan niiden laatu. Rekisteröijä tarkistaa myös että iho on hyvin käsitelty ja kaikki elektrodit ovat hyvin aseteltu. Elektrodien annetaan olla hetken aikaa tutkittavan iholla ennen EKG-rekisteröintiä. (Riski 2004;36, 2011b; 124-125.)

2.6.4 Vaihtovirtahäiriö

Vaihtovirtahäiriö on ulkoista häiriötä, joka tulee ympäristöstä. Tutkimusympäristössä on aina sähkömagneettisia kenttiä, joita vaihtovirta aiheuttaa. Nämä liittyvät huoneessa oleviin valaisimiin ja seinillä oleviin sähköjohtimiin. Yleisimpiä syitä vaihtovirtahäiriöön ovat tutkittavaan liitetyt muut laitteet, kuten esimerkiksi sydämen keinotekoinen tahdistin tai defibrillaattori. Vaihtovirtahäiriön aiheuttajia ovat myös rekisteröijän suorittama riittämätön iho käsittely sekä elektrodissa liian vähäinen geelin määrä ja tästä johtuva huono ihokontakti. Myös johdinkaapeleiden liikkeestä johtuva staattinen sähkö, sekä johdinkaapeleissa olevat silmukat aiheuttavat häiriötä. EKG-käyrästä vaihtovirtahäiriön tunnistaa toistuvasta jännitteen muutoksesta. Vaihtovirta (50 Hz) taajuudella on toistuvaa säännöllistä sinimuotoista kuviota (Kuvio 3.). Kun käytetään piirtonopeutta 50 mm/s, häiriö piirtyy millimetripaperille jokaiseen ruutuun tasaisena ”sahalaitana”. Vaihtovirtahäiriön määrää arvioidaan 0,5 mm:n eli 0,05 mV:n tarkkuudella häiriön maksimikohdasta. Vaihtovirtahäiriö vaikeuttaa P- ja/tai Q- aaltojen kestoa ja amplitudia tarkasteltaessa. (Riski 2004;35, Riski 2011b; 125, Mäkijärvi 2005a.)



Kuvio 3. Vaihtovirtahäiriötä paljon

Vaihtovirtahäiriön estämiseen voi rekisteröijä siirtää maadoituselektrodin paikkaa, huolehtia siitä että EKG-rekisteröintilaitte on huollettu ja elektrodit ovat laadukkaat ja johtimet kunnossa. Rekisteröijän tulee uusia ihokäsittely. Hän voi

myös eliminoida mahdolliset sähkölaitteet lähistöltä, sekä siirtää EKG-rekisteröinti sänkyä kauemmaksi sähkövälineistä. (Riski 2004;36, 2011;125.)

2.6.5 Muita häiriöitä

Liikehäiriö on häiriö, joka johtuu tutkittavan liikkumisesta. Häiriö sisältää lihasjännitys- ja perustason vaellushäiriötä. Se voi johtua joko liikkeestä syntyvästä perustason vaelluksesta tai liikkeestä aiheutuneesta lihasjännityksestä. Tämä voi aiheutua kahdesta toisiinsa riippumattomasta tekijästä. Huono ihonkäsittely, joka aiheuttaa perustason vaellushäiriötä ja tutkittavan kylmyys aiheuttaa lihasjännityshäiriötä. (Riski 2004; 35, 2011b; 125.)

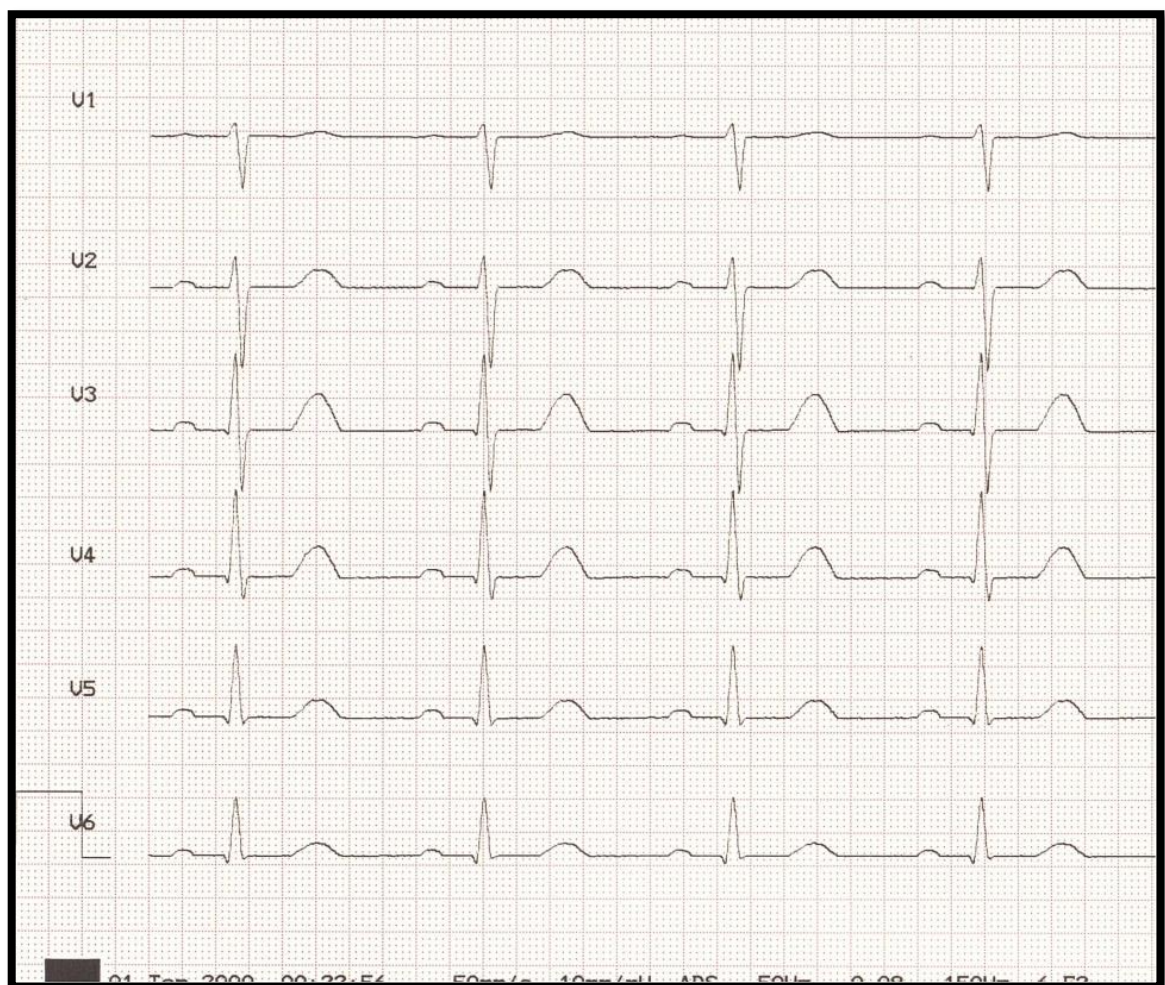
2.6.6 EKG-virheet

”EKG-virheet ovat ennalta arvaamattomia, yllättäviä tai ne syntyvät vahingossa.” (Riski 2011c; 167). Jälkeenpäin on vaikeaa tai lähes mahdotonta tunnistaa EKG-virheen lähdettä. Yleisimmät EKG-virheet liittyvät rekisteröijän huolimattomuuteen johtimien ja elektrodien kanssa. Raajajohtimet voidaan kytkeä raajaelektrodeihin 23 väärällä tavalla. EKG-piirturi tunnistaa yleisimmät, mutta tämä vaatii sen, että tutkittavalla on niin sanottu normaali sydämen sähköinen akseli. Muita EKG-virheitä ovat elektrodin tai johtimen irtoaminen ja kontaktihäiriöt. (Riski 2011c;167.)

Raajajohdinvirheet johtuvat johtimien sijoittamisesta väärin raajoihin. Oikean puolen ylä- ja alaraaja johtimien keskinäistä vaihtumista on hankala tunnistaa, joten kytkentävirhe saattaa johtaa tutkittavan turhaan kalliisiin jatkotutkimuksiin. Vasemman puolen ylä- ja alaraaja johtimien väärää sijoitusta ei voida tunnistaa vaan se todetaan, kun otetaan uusi EKG-käyrä. Tällöin tosin joudutaan ottamaan vielä kolmaskin EKG-käyrä jolloin voidaan todeta johdinten sijoitusvirhe. Oikean ja vasemman yläraajajohtimen kytkemisvirhe näkyy EKG-käyrässä, kun aVR muuttuu positiiviseksi S-aallon piirtyessä R-aaltona. Myös I- kytkentään piirtyvä negatiivinen P-aalto sekä I- ja aVL- kytkennät ovat V5- ja V6- kytkentöjen peilikuvia. (Riski 2004;29, 2011c;167.)

Raajajohtimien sijoitusvirhe tapahtuu silloin, kun raajajohtimet sijoitetaan tutkitavan vartalolle. Kun raaja elektrodit sijoitetaan virheellisesti tutkittava vartalolle, tämä aiheuttaa muutoksia raajakytkennoissä ja QRS - kompleksissa tehden amplitudien korkeuksiin muutoksia sekä kääntää tutkitavan sydämen sähköisen akselin oikealle. Akseli voi muuttua jopa kymmenen astetta oikealle. (Riski 2014;7.)

Rintajohtimien liittämismvirheet eli C1 - C6 -johtimien liittämismvirheet todetaan usein vasta kun otetaan uudelleen EKG-käyrä, koska EKG-rekisteröintilaitte ei huomauta niistä tulkinnan yhteydessä. Virheitä etsitään V1- V6- kytkennöistä tarkastellen QRS – kompleksia, tarkemmin R – aallon progressiota ja sen puuttumista (Kuvio 5.). (Riski 2004;29, 2011;168, 2014;7.)



Kuvio 5. Normaali R-aallon progressio rintakytkennöissä

Rintaelektrodien sijoitusvirhe on yleisin EKG-virhe. Ne voidaan sijoittaa joko liian ylös tai liian alas rintakehällä. Yleensä V5- ja V6- elektrodit kaartuvat kainaloon tai putoavat vyötärölle. V1- ja V2- elektrodit sijoitetaan usein kolmanteen kylkiluuväliin tai liian etäälle rintalastasta. Virhe havaitaan vasta seuraavassa EKG-rekisteröinnissä, jos elektrodit on sijoitettu oikeille paikoille. Virheellinen sijainti häiritsee EKG-käyrän tulkintaa, sillä jo parin sentin muutos pienentää R-aaltoa ja aiheuttaa ST-segmenttiin ja Q-aaltoon vaihtelua. Heikentynyt R-aallon progressio enteilee vanhaa infarktilöydystä. Liian korkealla olevat V1- ja V2- elektrodit saavat aikaan rSr'-kuvion. (Riski 2014;8.)

2.7 Aikaisemmat tutkimukset

Lau, Walton, Basualdo ja Kavangh (2002) tutkivat Kanadassa puolenvuoden ajan koulutettujen EKG-hoitajien ja muiden hoitajien rekisteröimiä EKG-käyriä (n = 25 509), arvioiden niiden teknistä laatua. Jos EKG-rekisteröinnistä puuttui henkilötiedot tai jos neljä kytkentää kahdestatoista oli tulkintakelvottomia häiriöiden vuoksi, ne luokiteltiin silloin tulkintakelvottomiksi. Myös silloin kun EKG-rekisteröinti piti uusia, laskettiin se hylätyksi. EKG-käyristä hylättyjä oli yhteensä 15 %. Vain 0,08 % hylätyistä EKG-rekisteröinneistä oli koulutettujen EKG-hoitajien ottamia, kun taas muiden ottamista EKG-rekisteröinneistä hylättiin 32 % teknisesti huonolaatuisina. Muiden kun koulutettujen EKG-hoitajien ottamat teknisesti huonolaatuiset EKG-rekisteröinnit aiheuttivat suurta rahallista hävikiä.

Nathan (1993) tutki Etelä-Afrikassa EKG-käyriä ja totesi tulkitessaan niitä, että suurin osa niistä oli tulkintakelvottomia. Hän tulkitsi EKG-käyriä (n = 600) luokitellen ne subjektiivisilla arviointikriteereillä ja vain 69 % jäi tulkintakelpoisiksi. Väärin vakioituja rekisteröintejä oli 10,5 % EKG-käyristä ja erilaisia häiriöitä tai useiden artefaktien yhdistelmiä esiintyi 18 %:ssa EKG-käyristä.

Arthur (1983) tutki Yhdysvalloissa rekisteröityjä EKG-käyriä (n = 708) luokitellen ne vaihtovirta-, lihasjännitys- ja perustason vaellushäiriöiden perusteella. EKG-käyristä hylättiin 13 %, niiden ollessa tulkintakelvottomia. EKG-käyrä hylättiin silloin kun vaellushäiriötä oli yli 2,5 mm eli 0,25 mV. EKG-käyristä 7 %:ssa oli

tämä määrä tai enemmän perustason vaellusta. Lihaskäynnitys- tai vaihtovirtahäiriön hylkäämisraja oli yli 1,5 mm eli 0,15 mV korkea häiriö. EKG-käyristä hylättiin 6 % lihaskäynnityshäiriön vuoksi, mutta vain kahdessa oli vaihtovirtahäiriötä. Hän totesi että eniten häiriöitä esiintyi alle viisivuotiaiden lasten rekisteröinneissä. Lapsilta otettiin keskimäärin 3,1 EKG-rekisteröintiä, kun taas aikuiselta otettiin keskimäärin kaksi EKG-käyrää, jotta saatiin laadukas rekisteröinti. Jos potilaalla oli sydänsairaus, se ei selittänyt häiriöissä, mutta rekisteröinnin pituus taas vaikutti häiriöiden määrään lisäämällä niitä. EKG-käyrä jossa esiintyi artefakteja, vaatii aina uuden rekisteröinnin. Uusittu EKG-rekisteröinti lisäsi tutkimuksen kestoa lapsilla 13 sekuntia ja aikuisilla 3 sekuntia.

Milliken ja Henderson (1978) tutki Iso-Britanniassa EKG-käyrien (n =600) teknistä laatua, arvioiden laatua viisiportaisella asteikolla. Rekisteröijien työtehtävien mukaan jaettiin aineisto kolmeen ryhmään, ryhmät rekisteröivät 200 EKG-käyrää. Kaikkien ryhmien rekisteröinneissä oli suuria puutteita. Ryhmä joka työskenteli tehohoidossa, heidän EKG-käyristä hylättiin 71 %. Ryhmä jossa oli EKG-hoitajia (ECG-technician), hylättiin 58,8 % EKG-käyristä. Ryhmä jonka EKG-käyrät lähetettiin puhelimitse, eli ne jotka työskentelijät pienten sairaaloiden EKG-hoitajina, niin heidän EKG-käyristä hylättiin 44,5 %. Teknisesti laadukkaita EKG-rekisteröintejä tehohoidosta tuli 4,5 %, EKG-hoitajilta 5,5 % ja pienten sairaaloiden EKG-hoitajilta 23 %.

3 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITTEET JA TEHTÄVÄT

Tämä opinnäytetyö on osa Heartbeats-projektia, jonka tarkoituksena on kartoittaa eri näkökulmista hoitotyöntekijöiden EKG-rekisteröintiosaamista ja sen mahdollisia ongelmakohtia Turun kaupungin sisätautisairaalassa ja terveysasemilla. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa hoitajien rekisteröimien EKG-käyrien teknistä laatua. Näin saadaan tietoa hoitajien kyvystä toimia oikein rekisteröinti tilanteessa, sekä heidän taitonsa eliminoida EKG-häiriöitä sekä –virheitä rekisteröintitilanteessa. Kohderyhmänä ovat EKG-käyriä rekisteröivät hoitotyöntekijät ja tutkimusaineistona heidän rekisteröimänsä EKG-käyrät.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on lisätä EKG-käyriä rekisteröivien hoitotyöntekijöiden EKG-rekisteröintiosaamista, niin että tulevaisuudessa he osaisivat rekisteröidä teknisesti laadukkaita EKG-käyriä sekä tunnistaa tavallisimmat EKG-löydökset. Tavoitteena on myös potilashoidon kehittäminen. Teknisesti laadukas EKG-käyrä mahdollistaa osaltaan luotettavan EKG-tulkinnan. Näin potilas saa mahdollisemman luotettavan diagnoosin häneltä rekisteröidystä EKG-käyrästä. Kun EKG-käyrässä on EKG-häiriöitä ja –virheitä, käyrän tulkinta hidastuu tai tulkinta voi olla jopa virheellinen.

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan hoitajien rekisteröimiä EKG-käyrien teknistä laatua. Tutkimuksessa käytetään Riskin (2004) EKG-käyrän teknisen laadun kartoitusmittaria, joka on muokattu tämän opinnäytetyön aineiston luokitteluun sopivaksi (Liite 1). Tarkastelu kohdistuu EKG-käyrässä oleviin:

1. EKG-vakiointien ja potilaiden taustamuuttujien käyttöön
2. EKG-käyrän teknisen laadun arviointiin, jossa arvioinnin kohteena ovat:
 - a) lihasjännityshäiriö
 - b) perustasonvaellushäiriö
 - c) vaihtovirtahäiriö sekä
 - d) satunnaiset EKG-virheet

4 OPINNÄYTETYÖN KÄYTÄNNÖN TOTEUTUS

4.1 Opinnäytetyön toteutussuunnitelma

Tälle opinnäytetyön tekemiselle on haettu ja saatu lupa Bioanalytiikan koulutus-päällikkö Leila Tiilikalta syksyllä 2014. Sillä on Heartbeats-projektin myötä lupa myös toimeksiantajalta eli Turun kaupungin hyvinvointitoimialalta. Tutkimus on toteutettu siten, että Turun kaupungin sisätautisairaalan ja terveysasemien EKG-käyriä rekisteröivät hoitotyöntekijät ottivat kopion rekisteröimistään EKG-käyristä rekisteröinnin jälkeen, eli noin 5-10 EKG – käyrää / hoitaja tai hoitoyksikkö. Tavoitteena oli saada aineistoon noin sata ($n = 100$) EKG-käyrää, mutta lopullisen aineiston koko on 60 ($n = 60$) EKG-käyrää. Lopullinen opinnäytetyö ja sen tulokset julkaistiin keväällä 2015.

4.2 Opinnäytetyön metodologiset lähtökohdat

Tämä opinnäytetyö on kvantitatiivinen tutkimus eli määrällinen tutkimus. Määrällinen tutkimus on tieteellisen tutkimuksen menetelmä, joka perustuu kohteen kuvaamiseen ja tulkitsemiseen tilastojen ja numeroiden avulla. Kvantitatiivista menetelmää käyttävä tutkimus kuvaa ja tulkitsee ilmiötä mittaumenetelmillä, jotka keräävät numeerisia tutkimusaineistoja. Tämä opinnäytetyö perustuu siis mittaamiseen, jonka tuloksena syntyy lukuarvoja sisältävä havaintoaineisto, joka analysoitiin ja luokiteltiin. (Vilpas 2014.)

Tähän opinnäytetyöhön kerättiin aineisto, joka analysoitiin ja luokiteltiin. EKG-käyräaineiston luokiteltavat muuttujat siirrettiin aluksi EKG-käyrän teknisen laadun kartoitusmittari -lomakkeelle. Sen jälkeen tulokset syötettiin Excel-taulukko-ohjelmaan. Luokittelu tapahtui seuraavasti: koko aineiston eli 60 EKG-käyrää luokitteli kaksi eri henkilöä (opinnäytetyöntekijä ja EKG-asiantuntija). Tämän jälkeen molempien luokittelut vedettiin yhteen ja kaikki luokittelun poikkeamat käytiin uudelleen läpi tarkastamalla ne alkuperäistä EKG-käyristä. Eniten arviointit poikkesivat EKG-häiriöiden luokittelussa etenkin lihasjännityshäiriön ja vaihtovirtahäiriön määrien luokittelussa. Eroa oli lähinnä asteikon alapäässä, eli siinä oliko häiriötä vähän tai ei lainkaan. R-aallon progression luokitteli opinnäy-

tetyötä ohjaava opettaja eli EKG-asiantuntija, koska se vaati erityistä osaamista ja tietoa EKG-löydöksistä.

4.3 Opinnäytetyön eettiset lähtökohdat

Tälle opinnäytetyölle hankittiin ja saatiin tarvittava ja asianmukainen tutkimuslupa. Tämän opinnäytetyön aihe oli tärkeä terveydenhoitoalalle, koska opinnäytetyön tuloksena syntynyt esimerkkitulo helpottaa tulevaisuudessa EKG-käyrien rekisteröinnin luotettavuutta. Tässä opinnäytetyössä kerättiin EKG-käyriä, jotka arvioitiin tulevaa EKG-koulutusta varten. Tutkittavien anonymiteetti suojeltiin siten, että EKG-käyristä oli poistettu potilaan tiedot kuten potilaan henkilötunnus, joten potilasta tai hoitajaa ei voitu rekisteröinnin perusteella paikantaa tai tunnistaa. EKG-käyräaineisto koodattiin. Tämä opinnäytetyö tehtiin hyviä tieteellisiä käytäntöjä noudattaen, eli työ tehtiin rehellisesti ja huolellisesti kaikissa sen vaiheissa. EKG-käyrät analysoitiin ja luokiteltiin tarkasti ja aineisto arkistoitiin ja se tullaan hävittämään muutaman vuoden kuluttua siitä, kun opinnäytetyö tuli valmiiksi.

5 TUTKIMUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELO

5.1 EKG-vakioinnit ja potilaiden taustamuuttajat

EKG-vakiointien käyttö hoitajien rekisteröimissä EKG-käyrissä. Tarkastellessa EKG-käyriä havaittiin, että kaikissa (n = 60) EKG-käyrissä käytettiin 50 mm/s piirtonopeutta, sekä kaikista (n= 60) EKG-käyristä löytyi vakauslyönti sekä oli käytetty oikeaa vahvistusta 1 mV = 10 mm. 78 % (n =47) EKG-käyrissä oli käytössä 50Hz suodatin. 30 % (n=18) on käytetty 15-kytkentäistä EKG-rekisteröintiä, lopuissa 70 % (n=42) on käytetty 12-kytkentäistä EKG-rekisteröintiä. Erikoiskytkentä löytyi yhdestä (n=1) käyrästä. (Taulukko 1).

Taulukko 1. EKG-vakioinnit (n=60)

EKG-vakiointi	Piirtonopeus 50 mm/s	Vakauslyönti	Vahvistus 1mV=10mm	12-kytkentää	15-kytkentää
n	60	60	60	42	18
%	100	100	100	70	30

Kaikissa EKG-käyrässä oli käytössä oikea piirtonopeus, vahvistus ja jokaisesta löytyi vakauslyönti. EKG-vakioinnit ovat luultavasti oikein, sillä ne kuuluvat laitevalmistajan EKG-koneeseen valmiiksi laitettuihin asetuksiin.

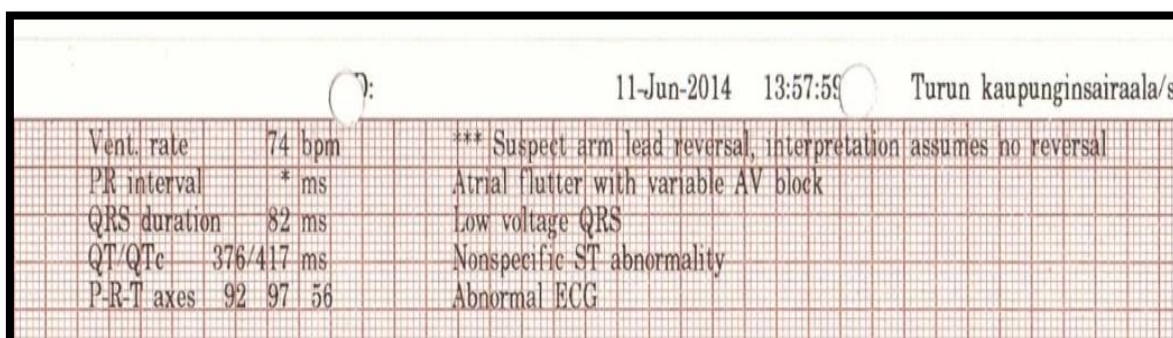
EKG-rekisteröinnin potilaan taustamuuttajien käyttö hoitajien rekisteröimissä EKG-käyrissä. Tarkastellessa EKG-käyriä havaittiin, että ikätieto oli kirjattu 80 % (n =48) EKG-käyristä, 20 % (n=12) EKG-käyristä ikätieto puuttui. Sukupuolietieto oli kirjattu 95 % (n=57) EKG-käyristä, tarkastelussa havaittiin että tieto puuttui 5 % (n=3) EKG-rekisteröinnistä. Painotieto löytyi 75 % (n=45) EKG-käyristä, tiedon puuttuessa 25 % (n=15) EKG-käyristä. Tarkastelussa havaittiin, että pituustieto oli kirjattu 77 % (n=46) EKG-käyristä, mutta tietoa ei ollut kirjattu 23 % (n=14) EKG-käyristä. Rotutieto oli kirjattu 78 % (n=47) EKG-käyristä, tieto

puuttui 22 % (n=13) EKG-käyristä. Yksi (n=1) EKG-käyrä oli nimetön (Kuvio 4.). (Taulukko 2.)

Taulukko 2. EKG-taustamuuttujat (n=60)

Taustamuuttuja	Ikätieto	Sukupuoli	Paino	Pituus	Rotu
Löytyy/puuttuu n	48/12	57/3	45/15	46/14	47/13
Löytyy/puuttuu%	80/20	95/5	75/25	77/23	78/22

Tarkastelussa havaittiin, että osaan käyristä oli merkitty vain syntymäaika. EKG-piirturi ei voi laskea potilaan ikää vaan hoitajan tulee se laskea itse. Osassa tutkittavista EKG-käyristä löytyi paino- ja pituus, sillä ne oli otettu klinisen rasituskokeen yhteydessä. Pituus-, paino- ja rotutietoa ei yleensä käytetä lepo-EKG-rekisteröinneissä.



Kuvio 4. Potilaan nimitieto puuttuu ja yläraajajohdinvirhe.

5.2 EKG-käyrän teknisen laadun arviointi

Lihaskäynnityshäiriötä esiintyminen hoitajien rekisteröimissä EKG-käyrissä. Kaikista EKG-käyristä (n=60) hieman yli puolessa, 52 % (n=31) oli lihaskäynnityshäiriötä, 48 % (n=29) EKG-käyristä ei ollut lihaskäynnityshäiriötä. Näistä EKG-käyristä lihaskäynnityshäiriötä esiintyi vähän 74 % (n=23), kohtalaisesti 19 % (n=6) ja paljon 7 % (n=2). Lihaskäynnityshäiriön osuus rintakytkennöissä oli 35 % (n=21) ja raajakytkennöissä 53 % (n=32). (Taulukko 3.) Kaiken kaikkiaan lihaskäynnityshäiriötä esiintyi EKG-käyrässä koko arkilla 90 % (n=28) ja vain osassa EKG-käyrän arkkia 10 % (n=3).

Taulukko 3. Lihasjännityshäiriön määrän arviointi (n=60)

Lihäs- jännitys- häiriö	Ei lainkaan	Vä- hän	Kohtalai- sesti	Pal- jon	Rinta- kytken- nöissä	Raaja- kytken- nöissä
n	29	23	6	2	21	32
%	48	74	19	7	35	53

Lihäsjännityshäiriön määrää arvioidaan noin 0,5 mm:n eli 0,05 mV:n tarkkuudella häiriön maksimikohdasta. EKG-käyristä 23 oli vähän lihasjännityshäiriötä, joten EKG-käyrässä havaittiin pientä epätasaisuutta peruslinjalla. (Kuvio 5.) P-aallot ovat vielä selvästi tunnistettavissa. EKG-käyristä 19 oli lihasjännityshäiriötä kohtalaisesti, tällöin P-aallon alun ja lopun määrittäminen vaikeutuu. Vain kahdessa EKG-käyrässä oli paljon lihasjännityshäiriötä. Tällöin EKG-käyrässä näkyi yksittäisiä lähes 3 mm:n korkuisia lihasjännityshäiriöpiikkejä eikä P-aallon alku- tai loppukohtaa voi enää määrittää. Kelvottoman EKG-käyrän tilalle on rekisteröitävä uusi EKG-käyrä, josta häiriötä on kaikin mahdollisin keinoin pyritty vähentämään. Tarkastelussa huomataan, että lihasjännityshäiriötä esiintyy osassa EKG-käyristä sekä raaja- että rintakytkennöissä. Lihasjännityshäiriö estää P-QRS-T-kompleksin kestojen ja muotojen luotettavaa tarkastelua. Tämä saattaa vaikeuttaa oikeiden EKG-löydösten tunnistamista.



Kuvio 5. Kohtalaisesti lihasjännityshäiriötä EKG-käyräaineistossa

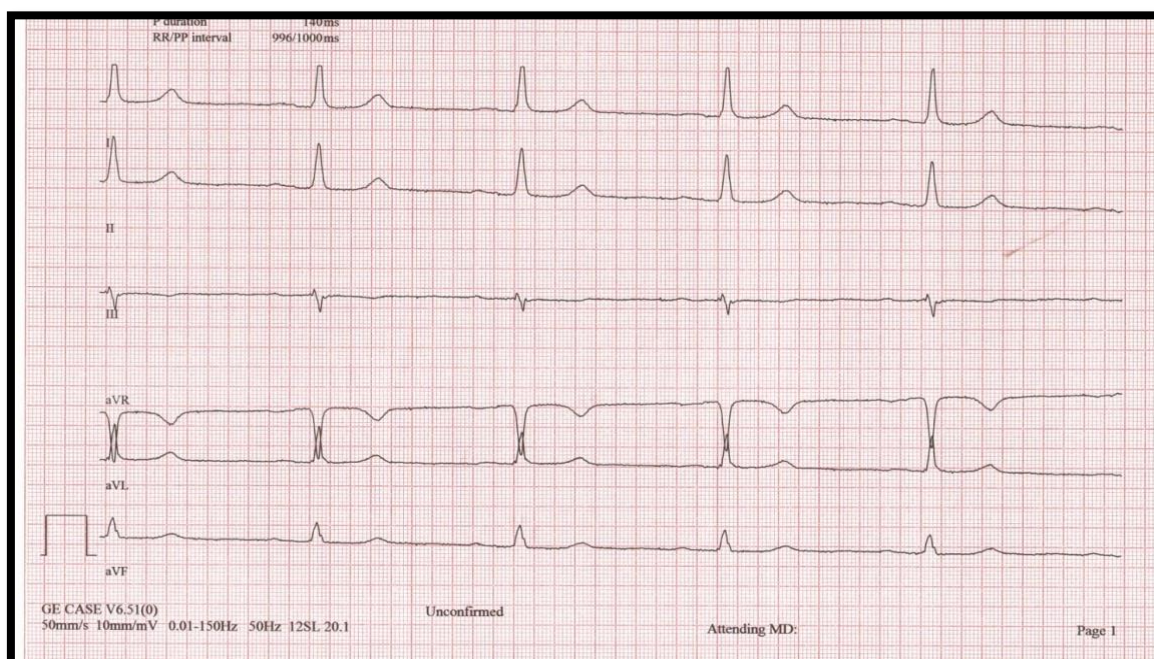
Perustasonvaellushäiriön esiintyminen hoitajien rekisteröimissä EKG-käyrissä. Kaikista (n=60) EKG-käyristä perustasonvaellushäiriötä esiintyi 62 % (n=37).

EKG-käyristä 38 %:ssa (n=23) ei ollut perustasonvaellushäiriötä. Näistä perustasonvaellusta sisältävistä EKG-käyristä perustasonvaellushäiriötä esiintyi vähän 57 % (n=21), kohtalaisesti 30 % (n=11) ja paljon 13 % (n=5). Perustasonvaellushäiriön osuus rintakytkennoissä oli 28 % (n=17) ja raajakytkennoissä 50 % (n=30). (Taulukko 4.) Kaiken kaikkiaan perustasonvaellushäiriötä esiintyi koko EKG-käyrä arkilla 87 % (n=32) ja vain osassa EKG-käyrä arkia 13 % (n=5)

Taulukko 4. Perustasonvaellushäiriön määrän arviointi (n=60)

Perustasonvaellus-häiriö	Ei lain-lain-kaan	Vähän	Kohtalaisesti	Paljon	Rintakytkennät	Raajakytkennät
n	23	21	11	5	17	30
%	38	57	30	13	28	50

Tarkastelussa huomataan, että perustasonvaellushäiriötä esiintyy osassa EKG-käyristä sekä raaja- että rintakytkennoissä. Perustason vaellushäiriö aiheuttaa ongelmia ST -tason muutosten luotettavuuden tarkasteluun. Ihonkäsittelyn laiminlyönti on yleisin syy tähän häiriöön. Perustason vaellushäiriötä arvioidaan noin 1 mm:n eli 0,1 mV:n tarkkuudella. Perustason vaellushäiriön määrää arvioidaan koko häiriön matkalta. Luotettava tulkinta edellyttää vähintään kolme perättäistä, samalla suoralla kulkevaa QRS-kompleksia. Koska perustason vaellushäiriötä oli EKG-käyristä 16 EKG-käyrässä kohtalaisesti tai paljon EKG-käyrä ei ole enää luotettava, joten rekisteröinti olisi pitänyt uusia. (Kuvio 6.)



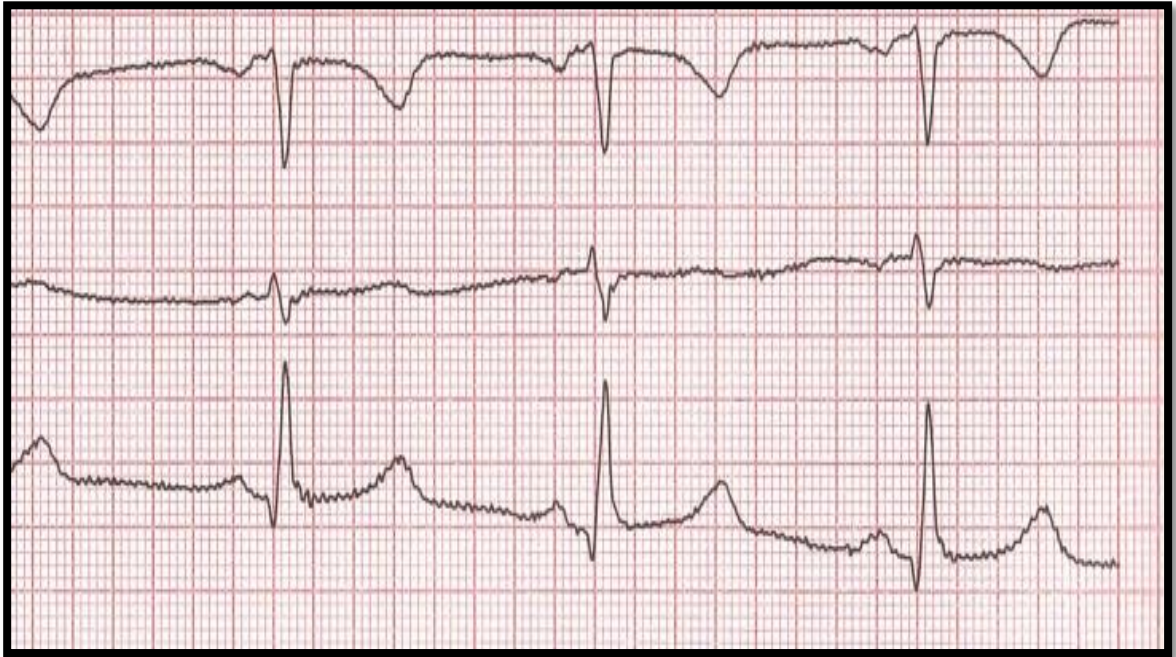
Kuvio 6. Paljon perustasonvaellushäiriötä EKG-käyräaineistossa.

Vaihtovirtahäiriön esiintyminen hoitajien rekisteröimissä EKG-käyrissä. EKG-käyriä tarkastellessa havaitaan, että kaikista (n=60) EKG-käyristä vaihtovirtahäiriötä esiintyi 37 % (n=22). EKG-käyristä 63 %:ssa (n=38) ei ole vaihtovirtahäiriötä. Näistä vaihtovirtahäiriöisistä EKG-käyristä vaihtovirtahäiriön esiintyminen oli vähäistä kaikissa häiriötä sisältävissä EKG-käyrissä. Vaihtovirtahäiriön osuus rintakytkennöissä oli 91 % (n=20) ja raajakytkennoissä 36 % (n=8) (Taulukko 5.). Kaiken kaikkiaan vaihtovirtahäiriötä esiintyi koko EKG-arkilla 91 % (n=20) ja vain osassa EKG-arkkia 9 % (n=2).

Taulukko 5. Vaihtovirtahäiriön määrän arviointi (n=60)

Vaihtovirtahäiriö	Ei yhtään	Vähän	Kohtalaisesti	Paljon	Rintakytkennät	Raajakytkennät
n	48	22	-	-	20	8
%	63	37	-	-	91	36

Tarkastelussa havaittiin, että vaihtovirtahäiriötä oli osassa EKG-käyristä sekä raaja- että rintakytkennöissä. Vaihtovirtahäiriö vaikeuttaa P- ja/tai Q- aaltojen keston ja amplitudin tarkastelua. Aineistossa vaihtovirtahäiriötä esiintyi tosin vain määrältään vähän vaikkakin sitä oli useassa EKG-käyrässä. Vähäistä vaihtovirtahäiriöstä riippumatta P-aallon tunnisti vielä. (Kuvio 7)



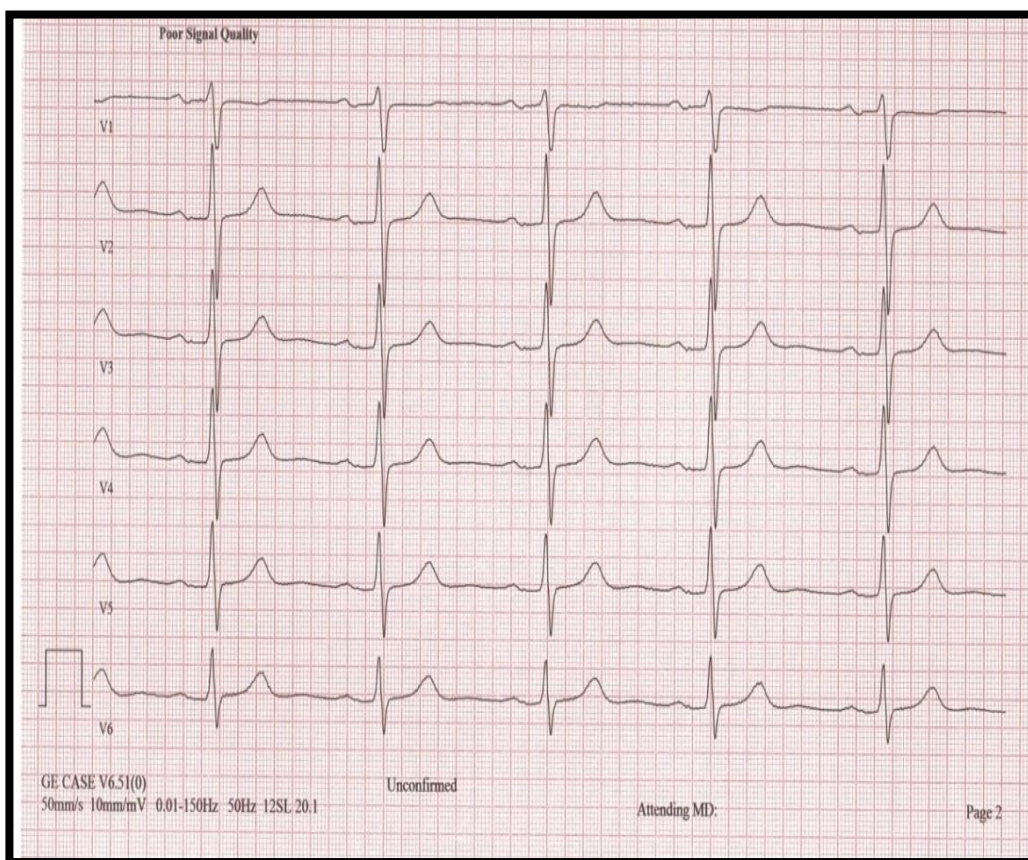
Kuvio 7. Vähän vaihtovirtahäiriötä sekä paljon perustasonvaellushäiriötä EKG-käyräaineistossa, etenkin alimmassa kytkennässä

Tarkasteltavissa EKG-käyrissä (n=60) ei ollut yhtäkään täysin häiriötöntä ja laadukasta käyriä. Kaikkia EKG-häiriöitä oli usein koko arkillinen. (Taulukko 6.)

Taulukko 6. EKG-häiriön määrä arkilla (n=60)

EKG-häiriö	Lihaskäntäjäshäiriö	Perustasonvaellushäiriö	Vaihtovirtahäiriö
Koko arkki n/%	28/90	32/87	20/91
Muu pituus n/%	3/10	5/13	2/9

EKG-virheet. Hoitajien rekisteröimistä EKG-käyristä 22 % (n=13) esiintyy heikko R-aallon progressio. Näistä esimerkkinä EKG-käyrissä esiintyvät muutokset V1- ja V2 -käyrän samankaltaisuus oli yhdessä (n=1) EKG-käyrässä. V1 – ja V3 – käyrän samankaltaisuus kahdessa (n=2) EKG-käyrässä. V2 – ja V3- käyrän samankaltaisuus kolmessa (n=3) EKG-käyrässä sekä yhdessä (n=1) EKG-käyrässä V5- ja V6- käyrät ovat samankaltaiset. Yhdessä (n=1) EKG-käyrässä V2- ja V4-käyrät samankaltaiset (Kuvio 8.).



Kuvio 8. Heikko R-aallon progressio V2 – V4- kytkenöissä.

Tarkastellessa rintakytkennöistä R-aallonprogressiota voidaan olettaa, että rintaelektrodien sijoittelussa on tapahtunut virheitä. Tätä ei voida tosin varmasti todeta sillä, kun ei tiedetä, mitä sairauksia potilaalla on ja mitkä niiden tuomista muutoksista EKG-käyrässä esiintyy

Hoitajien rekisteröimiä EKG-käyriä tarkastellessa havaitaan, että EKG-käyristä 13 % (n=8) on viesti ”Poor signal quality”. Kaiken kaikkiaan 80 % (n=48) EKG-käyristä sisältää kaksi (n=2) EKG-häiriötä ja loput 20 % (n=12) sisältää yhden EKG-häiriön. Tämän lisäksi löytyi yksi (n=1) yläraajajohdinvirhe.

Taulukko 7. Muita EKG-virheitä (n=60)

Muut artefaktit	Heikko R-aallon progressio	”Poor signal quality”	Kaksi häiriötä	Vain yksi häiriö	Nimi tieto puuttuu
n	13	8	48	12	1
%	22	13	80	20	2

Tarkasteltaessa muita EKG-virheitä hoitajien rekisteröimistä EKG-käyristä, voidaan havaita että analysoitavissa EKG-käyristä ei ollut yhtäkään täysin teknisesti laadukasta EKG-käyrää. EKG-käyristä ”Poor signal quality” – edellyttää EKG-rekisteröinnin uusimista. Heikko R-aallon progressio saattaa johtua käytössä olevista elektrodeista eli ns. sanotuista ”hauenleukaelektrodeista”. Näiden elektrodien koskettaessa toisiinsa syntyy ns. sähköinen silta elektrodien välille. Täten normaali R-aallon progressio saattaa särkyä, jolloin rintakytkennöissä saattaa näkyä tässä aineistossa esiintyviä EKG-löydöksiä.

6 POHDINNAT

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa hoitajien rekisteröimien EKG-käyrien teknistä laatua. Näin saatiin tietoa hoitajien kyvystä toimia oikein rekisteröinti tilanteessa, sekä heidän taitonsa eliminoida EKG-häiriöitä sekä – virheitä rekisteröintitilanteessa. Kohderyhmänä olivat EKG-käyriä rekisteröivät hoitotyöntekijät ja tutkimusaineistona heidän rekisteröimänsä EKG-käyrät. Tutkimustehtävä tuli tehtyä ja tuloksena voidaan todeta, että EKG-käyrien teknisestä laadusta on jonkin verran parannettavaa, etenkin perustasonvaelluksen kohdalla.

Tutkimustuloksia tarkastellessa voidaan todeta, että tutkimuksen validiteettia eli pätevyyttä tukee ennalta testattu EKG-käyrien teknistä laatua kartoittava arviointilomake (ks. Riski 2004). Tutkimuksen reliabiliteettia eli toistettavuutta tukee, se että kaksi henkilöä on analysoinut kaikki aineiston EKG-käyrät ja tuloksina on käytetty näiden kahden henkilön uusinta-analysoinnin tuloksia.

Tutkimustulosten luotettavuutta saattaa laskea se, että aineiston koko oli pieni, sekä tutkimukseen osallistuvia yksiköitä oli vähän. Koska kaikkia johdinvirheitä ja elektrodien virheellisistä sijoittelua ei voi havaita EKG-käyrää tarkastellessa, ei voida olla varmoja siitä, että elektrodit oli sijoitettu oikein tai johtimet oli liitetty oikein. Tämä johtuu siitä, että opinnäytetyöntekijä ei tiennyt potilaiden sydänperäisiä sairauksia ja niiden aiheuttamia muutoksia EKG-käyrässä.

Tämän opinnäytetyön tuloksia tukevat aikaisemmin tehdyt tutkimukset ja niistä saadut tulokset. Tämän opinnäytetyön EKG-käyrä aineistossa useat EKG-käyrät sisälsivät kaksi häiriötä (vrt. Nathan 1993.) EKG-käyristä oleva ”Poor signal quality”-viesti, kertoo, että EKG-rekisteröinti tulisi uusida. Nimitiedon puuttuminen yhdestä EKG-käyrästä sekä samassa käyrässä oleva yläraajajohdinvirhe ja kohtalaisesti näkyvää lihasjännityshäiriötä tekee kyseisestä EKG-käyrästä kelvottoman. (ks. Lau ym. 2002). Vaihtovirtahäiriö, jota esiintyi melkein puolessa EKG-käyriä, liittyy ilmeisesti sähkösätköjen käyttöön osastoilla. Vaihtovirtahäiriö poistuu, kun pistokkeen ottaa pois seinästä EKG-rekisteröinnin ajaksi. Hoitajan ergonomian kannalta sähkösäädettävät sängyt ovat hyviä, mut-

ta ei ole suuri vaiva irrottaa pistoketta irti seinästä. EKG-käyrissä vaihtovirtahäiriön määrä oli todella vähäistä, mutta sen poistaminen tekisi EKG-käyristä teknisesti laadukkaampia.

Lihaskäntäjähäiriön esiintyminen selitettiin aineiston mukaan liitettyllä lapulla, jossa kerrottiin potilaiden känttämistä tutkimukseen tullessaan. Onko hoitajia opastettu potilaan rentouttamisessa? Onko EKG-koulutukseen kuulunut myös potilaan ohjauksen opetus?

Perustasonvaellushäiriötä esiintyi myös useissa EKG-käyrissä. Se estää ST-tasomuutosten tarkastelua. Perustasonvaellushäiriöstä pääsee helposti eroon huolellisella ihonkäsittelyllä, pienellä odottelulla ennen EKG-käyrän tulostusta sekä sillä, että potilas on liikkumatta EKG-rekisteröintihetkellä.

Tiukoin kriteerein ei tässä aineistossa ei ollut yhtään teknisesti laadukasta EKG-käyrää (vrt. Millikenin & Hendersonin 1978). Onko hoitajien EKG-koulutuksessa opetettu häiriöiden poistoa tai kerrottu teknisesti laadukkaasta EKG-käyrän kriteereistä. Tarkistavatko hoitajat EKG-käyrän laadun ennen, kun laittavat sen eteenpäin? Kuinka paljon EKG-käyrän tulkitsija antaa palautetta EKG-käyrän laadusta hoitajille? Kuinka paljon EKG-rekisteröintejä uusitaan EKG-häiriöiden vuoksi? Näihin kysymyksiin ei tällä opinnäytetyöllä saatu vastauksia.

Tämän opinnäytetyön tuloksilla on merkitystä kliinisen laboratoriotyön kehittämisessä, siten että tulevaisuudessa Turun hyvinvointitoimialan EKG-rekisteröintiosaamista voidaan kehittää laadukkaammaksi. Tämä toteutuukin, sillä Hearbeats-projektin kaksi seuraavaa vaihetta liittyvät hoitajien EKG-osaamisen kehittämiseen koulutuksella.

Tämän opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan olettaa, että hoitotyöntekijät eivät ole saaneet tarpeeksi koulutusta eikä heillä ole tarpeeksi tietoa EKG-rekisteröinnistä. Teknisesti laadukkaasta EKG-käyrän rekisteröimiseen tulee saada riittävä koulutus työpaikalla, jotta voidaan tarjota potilaille mahdollisimman hyvä ja nopea hoitoon pääsy.

Jatkotutkimusehdotuksena voisi havainnoida, miten EKG-rekisteröijä poistaa tutkittavan jännityksen tai pelon, rekisteröidessään EKG-käyrää. Toisaalta jatkotutkimusaineena voisi olla, onko EKG-käyrien tekninen laatu kohentunut koulutuksen jälkeen jolloin aineistona voisi olla mukana useampi yksikkö ja huomattavasti enemmän EKG-käyriä. Kolmantena jatkotutkimusehdotuksena olisi karottaa bioanalyttikkojen rekisteröimiä EKG-käyriä.

LÄHTEET

- Anttila K. 2004. EKG:n rekisteröinti, tulkinta ja laadunarviointi. Mehiläinen Oyj.
- Arthur RM. 1983. Signal quality of resting electrodes. *Journal of Electrocardiology* 16(3): 235-243.
- Hannibal Gerard B. 2013. ECG Challenges: Sex Variation in the Electrocardiogram. *AACN Advanced Critical Care*.
- Hämäläinen S. 2009. Teknisesti laadukkaan EKG:n rekisteröinti. Kustannus Oy Duodecim.
- Kauppinen A. ja Muhonen R. 2013. EKG:n rekisteröinti. Sairaanhoidajan käsikirja. Kustannus Oy Duodecim.
- Laine M. 2014. Sydänfilmi eli EKG. Kustannus Oy Duodecim.
- Lau I., Walton D., Basualdo C. ja Kavangh K. 2002. Multitasking and technical quality of the electrocardiogram. *Canadian Journal of Cardiology* 18(1): 29-33.
- Lääketieteen termi. 2014a. EKG-rekisteröinti. Teologinen tietokanta. Kustannus Oy Duodecim.
- Lääketieteen termi. 2014b. EKG-käyrä. Teologinen tietokanta. Kustannus Oy Duodecim.
- Milliken JA. ja Henderson J. 1978. Assesment of the technical quality of electrocardiograms. *CMA Journal* 119(4): 327-333.
- Mustajoki P. ja Kaukua J. 2008a. EKG (sydänfilmi). Kustannus Oy Duodecim.
- Mustajoki P. ja Kaukua J. 2008b. Sydänsairauksia, joissa EKG:sta on hyötyä. Kustannus Oy Duodecim.
- Mäkijärvi M. 2005a. EKG-rekisteröinnin virheet ja häiriöt. Kustannus Oy Duodecim.
- Mäkijärvi M. 2005b. Normaali EKG. Kustannus Oy Duodecim
- Mäkijärvi M. 2005c. Hyvä EKG-rekisteröinti. Kustannus Oy Duodecim
- Nainggolan Lisa. 2008. Racial differences in ECGs, LVH in young athletes. *Medscape*.
- Nathan D. 1993. Poorquality of ECG tracings. *South Africans Medical Journal* 83(3): 222.
- Riski, H-M. 2004. EKG-rekisteröinti EKG-käyrän teknisen laadun arviointi. Akateeminen väitöskirja. Turun yliopiston julkaisuja. SarjaC;osa215. Offiset house Oy. Naantali.2004.

Riski, H-M. 2011a. EKG-rekisteröinti osa 1. Moodi 2/2011. 60-67.

Riski, H-M. 2011b. EKG-rekisteröinti osa 2. Moodi 4/2011. 124-127.

Riski, H-M. 2011c. EKG-rekisteröinti osa 2b. Moodi 5/2011. 167-170.

Riski, H-M. 2014. Teknisesti laadukas EKG-rekisteröinti – osaatko varoa näitä. Poliklinikka 2/2014. 6-9.

Riski H-M. 2015. EKG rekisteröinnin preanalytiikka. Moodi 1/2015. 26-27.

Simonson Ernst. 1952. The Effect of Age and Body Weight on the Electrocardiogram of Healthy Men. American Heart Association, Inc.

Uusitalo A. 2014. Laadukas EKG ja hoitajan tekemä esianalyysi. Laboratorio-lääketiede ja näyttely 2014. 48-49.

Vilpas P. 2014. Ohjeita kvantitatiiviseen tutkimukseen osa1. Metropolia.

EKG-käyrän teknisen laadun kartoitusmittari

LIITE 1. EKG-KÄYRÄMITTARI- mukaeltu (EKG) Luokittelija HM / Karoliina

Kys. nro	EKG-käyrästä kartoitettava asia tai ominaisuus	ATK-koodi	EKG-käyrästä kartoitettavan asian tai ominaisuuden vaihtoehdot
1	EKG-käyrän numero: EKG-vakioinnit		
2	Piirtonopeus	0	Tieto puuttuu
		1	50 mm/s
		2	25 mm/s
3	Vahvistus/nimellisherkyys	0	Tieto puuttuu
		1	1 mV/10 mm
		2	1 mV/5 mm
4	Vakauslyönti	0	Puuttuu
		1	On käyrässä
5	Suodattimen käyttö	0	Ei käytössä
		1	Suodatin käytössä
	Suodatintyyppi	3	
6	Kytkentöjen lukumäärä	1	12 -kytkentää
	Muu mikä	2	
	Potilaan taustamuuttajat		
7	Ikätieto	0	Tieto puuttuu
		1	On tallennettu
8	Sukupuolitieto	0	Tieto puuttuu
		1	On tallennettu
9	Potilaan pituus	0	Tieto puuttuu
		1	On tallennettu
10	Potilaan paino	0	Tieto puuttuu
		1	On tallennettu
11	Rotutieto	0	Tieto puuttuu
		1	On tallennettu
	EKG-käyrän tekninen laatu		
12	Lihasjännityshäiriön määrä *	0	Ei lainkaan
		1	Vähän
		2	Kohtalaisesti
		3	Paljon
13	Lihasjännityshäiriön paikka	1	Raajakytkennoissä
		2	Rintakytkennoissä
		3	Vain osassa kytkentöjä, missä?

	Lihäsännityksen maksimipituus mm	4	Koko arkki _____ Muu määrä:
14	Perustason vaellushäiriön määrä **	0	Ei lainkaan
		1	Vähän
		2	Kohtalaisesti
		3	Paljon
15	Perustason vaellushäiriön paikka	1	Raajakytkenöissä
		2	Rintakytkenöissä
		3	Vain osassa kytkentöjä, missä?
	Perustasonvaelluksen maksimi pituus mm:nä	4	Koko arkki _____ Muu määrä:
16	Rekisteröinnissä on sekä lihasännitys- että perustason vaellushäiriötä	1	Kyllä
17	Vaihtovirtahäiriön määrä ***	0	Ei lainkaan
		1	Vähän
		2	Kohtalaisesti
		3	Paljon
18	Vaihtovirtahäiriön paikka	1	Raajakytkenöissä
		2	Rintakytkenöissä
		3	Vain osassa kytkentöjä, missä?
	Vaihtovirtahäiriön maksimipituus mm:nä	4	Koko arkki _____ Muu määrä:
19	Onko jokaisessa kytkennässä 3 suoraan piirtyvää kompleksia?	1	Kyllä
		2	Ei
20	Muita yksittäisiä artefakteja		
	Heikko R-aallon progressio		
	rSr'-kompleksi		
	Raajajohdinvirhe		
	Muu virhe, mikä		