

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

2020

Lari Takanen

YKSIKANAVAISEN EKG:N LUOTETTAVUUS ERI LAITTEILLA



Lari Takanen

YKSIKANAVAISEN EKG:N LUOTETTAVUUS ERI LAITTEILLA

Elektrokardiografialla eli EKG:llä voidaan havaita mahdollisia sydämen sairauksia. Yhä useampi kuluttajille myytävä laite mahdollistaakin yksikanavaisen EKG:n mittaamisen. Monissa laitteissa EKG:n mittaamiseen käytetään normaalista elektrodikytkennästä poikkeavaa mittaustapaa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli vertailla Turun ammattikorkeakoulun Health Tech Lab:stä valikoituja neljää eri laitetta ja niiden mittaamaa yksikanavaista EKG-käyrää ja analysoida sen luotettavuutta ja laatua. Laitteiksi työhön valikoitui Suunto Movesense HR+, Withings BPM Core -verenpainemittari, BioRadio ja Philips IntelliVue MX100 -potilasmonitori.

Työ toteutettiin mittaamalla yhdeltä testihenkilöltä yksikanavainen EKG jokaisella neljällä laitteella. Tavoitteena oli saada hyvälaatuista EKG-käyrää, jossa ei olisi häiriöitä. Tuloksia analysoitaessa EKG-käyriä verrattiin potilasmonitorista saatuun EKG-käyrään.

Tuloksia analysoitaessa huomattiin, että EKG-käyrät olivat keskenään erinäköisiä. Ainoastaan Withings BPM Corella mitattu EKG-käyrä vastasi potilasmonitorilla mitattua EKG-käyrää. Muissa laitteissa EKG-käyrässä oli poikkeuksia. Kuitenkin kaikkien laitteiden EKG-käyrä piirtyi samalla tavalla koko mittauksen ajan, joten häiriöitä mittauksissa ei ollut havaittavissa. Työssä ei voitu testata, kuinka laitteet reagoivat mahdollisiin rytmihäiriöihin, joten siltä osin laitteiden mittaamaa EKG-käyrän luotettavuutta ei täysin päästy testaamaan.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että jokaisella työssä käytetyllä laitteella on mahdollista mitata häiriötöntä yksikanavaista EKG:tä, mutta EKG-käyrien analysoinnissa vaadittaisiin enemmän osaamista ja ymmärtämistä siitä, miksi jotkin laitteista piirtävät EKG-käyrän merkittävästi erilaiseksi. Myös luotettavuuden varmistamiseksi laitteilla tulisi mitata EKG sellaiselta henkilöltä, jolla on todettu rytmihäiriöitä.

ASIASANAT:

elektrokardiografia (EKG), EKG-käyrä, elektrodi, sydän, sydämen sähköinen toiminta

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Information and Communications Technology

2020 | 30 pages

Lari Takanen

DATA RELIABILITY ON SINGLE CHANNEL ECG DEVICES

Electrocardiography (ECG) is used to diagnose heart diseases. Nowadays there are more and more devices for consumers which can measure single channel ECG which is used to diagnose arrhythmia. These devices use a different measuring system than the regular ECG device. The purpose of this thesis was to compare different one-channel ECG devices and analyze the reliability and quality of ECG graphs. The devices that were used are Suunto Movesense HR+, BioRadio, Withings BPM Core blood pressure meter and Philips IntelliVue MX100 patient monitor. The thesis is commissioned by the Health Tech Lab of Turku University of Applied Sciences'.

ECG measured for one test subject with all devices. The aim was to yield good quality ECG data with no errors. The ECG data was compared to the Philips' patient monitor ECG data.

From the results, it was clear that the visualization of the ECG from each device was different. Only the ECG graph from Withings BPM Core was the same as that of Philips patient monitor. However, there were not any clear errors in the ECG graph of any device. Because the test subject did not have a diagnosis of arrhythmia, it was impossible to see how the devices visualize that.

In conclusion, it is safe to say that with every device that was used in this thesis, it is possible to measure single channel ECG without errors. Further research needs to be conducted to understand why some devices are drawing different forms of the ECG graph. To be more assured of reliability and quality of ECG, further measurements should be carried out on test subjects diagnosed with arrhythmia.

KEYWORDS:

electrocardiography (ECG), electrode, heart, heart's electrical activity

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 IHMISEN SYDÄN	8
2.1 Sydämen rakenne	8
2.2 Sydämen sähköinen toiminta	8
3 SYDÄNFILMI	10
3.1 EKG-käyrä	11
3.1.1 EKG-käyrän muodostuminen	11
3.1.2 EKG:n tulkinta	12
3.2 EKG-tutkimus	13
3.2.1 Lepo-EKG	13
3.2.2 Rasitus-EKG	13
3.2.3 Pitkäaikaistutkimus eli Holter	14
4 LAITTEISTO	15
4.1 BioRadio-mittauslaite	15
4.2 Withings BPM Core -verenpainemittari	16
4.3 Philips IntelliVue MX100 -potilasmonitori	18
4.4 Suunto Movesense -anturi	19
5 MITTAUKSET	21
5.1 Pohjustus	21
5.2 Yksikanavaisen EKG:n mittaaminen	21
5.2.1 Philips IntelliVue MX100	21
5.2.2 BioRadio	23
5.2.3 Withings BPM Core	24
5.2.4 Suunto Movesense HR+	25
5.3 Mittauslaitteiden .csv-data	26
5.4 Tulosten yhteenveto	27
6 POHDINTAA	28

KUVAT

Kuva 1. Elektrodiien paikat EKG-mittauksessa (Laine 2014b).	11
Kuva 2. EKG-käyrän eri vaiheet (Wikimedia Commons).	12
Kuva 3. BioRadio. (Great Lakes NeuroTechnologies N.d.e.)	16
Kuva 4. Withings BPM Core. (Withings n.d.)	17
Kuva 5. Philips IntelliVue MX100. (Philips n.d.)	18
Kuva 6. Movesense HR+ -anturi (Movesense n.d.b).	20
Kuva 7. EKG-käyrä potilasmonitorilla.	22
Kuva 8. BioRadiolla mitattu EKG-käyrä.	23
Kuva 9. Withings BPM Corella mitattu EKG-käyrä.	24
Kuva 10. EKG-käyrä mitattuna sykevyöllä.	25
Kuva 11. EKG-käyrä mitattuna EKG-elektrodilla.	26
Kuva 12. Excelillä visualisoitu Movesensen EKG-data.	26

KÄYTETYT LYHENTEET

bpm	Beats per minute, lyöntiä minuutissa. Käytetään kuvaamaan sydämen lyöntinopeutta eli sykettä.
EEG	Elektroenkefalografia eli aivosähkökäyrä, jonka avulla mitataan aivojen sähköistä toimintaa
EKG	Elektrokardiografia eli sydänfilmi, jonka avulla mitataan sydämen sähköistä toimintaa.
EMG	Elektromyografia eli lihassähkökäyrä. Mittaa lihaksen, sekä hermojen sähköistä toimintaa.
EOG	Elektro-okulografia, joka mittaa silmässä olevan verkkokalvon toimintaa.
mmHg	Elohopeamillimetri. Paineen yksikkö, jota käytetään verenpaineen mittauksessa

1 JOHDANTO

Elektrokardiografia eli EKG on tutkimus, jolla mitataan sydämen toimintaa. Se perustuu sydämen sähköisen toiminnan mittaamiseen ja siinä ei ole vaaraa potilaalle. (Mustajoki & Kaukua 2008a.) EKG:llä voidaan havaita mahdollisia rytmihäiriöitä ja sydänsairauksia (Laine 2014a). Tavallisesti EKG-mittaus suoritetaan kytkemällä tutkittavaan 12 elektrodikytkentää, jotka mittaavat sydämen toimintaa eri puolelta kehoa. (Mustajoki & Kaukua 2008a.) EKG on myös mahdollista mitata yksikanavaisesti. Yksikanavaisella EKG:llä voidaan havaita sydämen rytmihäiriöitä (Nikus & Nieminen 2015).

Yksikanavaisia EKG-mittauksen mahdollistavia laitteita on nykyään yhä enemmän markkinoilla, joskin suurin osa on tarkoitettu tutkimuskäyttöön. EKG:n mittaamisen mahdollistavia laitteita on kuitenkin tarjolla myös tavallisille kuluttajille. EKG:n mittausominaisuuksia löytyy niin älykelloista kuin verenpainemittareista ja jopa puhelinsovelluksista. Tässä opinnäytetyössä tutkitaan neljän eri laitteen tuottaman yksikanavaisen EKG:n laatua ja luotettavuutta. Tarkoituksena on selvittää kuinka luotettavasti laitteet pystyvät mittaamaan yksikanavaista EKG:tä tutkimuskäyttöä ajatellen.

Työ on tehty Turun ammattikorkeakoulun uudelle Health Tech Labille, josta myös laitteet valikoituivat. Health Tech Lab saa työstä mittausdataa ja tietoa uusista laitteista, joilla ei ole vielä ehditty tekemään mittauksia, mutta jotka ovat tulossa käyttöön myöhemmin. Työstä saadut mittausdatat luovutetaan Health Tech Labin käyttöön.

2 IHMISEN SYDÄN

2.1 Sydämen rakenne

Ihmisellä sydän on noin nyrkin kokoinen lihas ja se sijaitsee kehon vasemmalla puolella rintalastan sekä kylkiluiden alla. Sydämen päätehtävänä on huolehtia ihmisen verenkierrosta. Sydän jaetaan neljään lokeroon, jotka ovat oikea eteinen ja kammio, sekä vasen eteinen ja kammio. Sydämen pumpatessa verta liikkuu veri laskimoita myöten oikeaan eteiseen, josta se siirtyy oikeaan kammioon. Sieltä vähähappinen veri siirtyy keuhkoihin. Keuhkoista veren punasoluihin imeytyy happea, jolloin vähähappinen laskimoveri muuttuu happea sisältäväksi valtimovereksi. (Ryödi n.d.)

Hapekas valtimoveri puolestaan siirtyy keuhkovaltimoita pitkin sydämen vasempaan eteiseen. Sieltä se jatkaa edelleen vasempaan kammioon ja päättyy lopulta aorttaan, joka on ihmisen suurin verisuoni. Aortasta veri ja sen sisältämät ravintoaineet sekä happi kulkeutuvat pienempiä valtimoverisuonia pitkin ympäri kehoa. (Ryödi n.d.)

Veren oikean suuntaista kulkua eri sydämen osien välillä säätelevät neljä läppää. Trikuspidaaliläppä sijaitsee oikean puolisen eteisen ja kammion välissä. Oikean kammion ja keuhkovaltimon välissä sijaitsee pulmonaaliläppä. Vasemmalla puolella eteisen ja kammion välissä sijaitsee mitraaliläppä. Aortan ja vasemman kammion välissä puolestaan sijaitsee aorttaläppä. Läppien toimiessa oikein veri ei pääse palaamaan esimerkiksi vasemmasta kammiosta vasempaan eteiseen. (Syväne & Hekkala 2018a.)

2.2 Sydämen sähköinen toiminta

Sydämen pumppaustoiminta perustuu sähköiseen ärsykkeeseen. Sydän sisältää johtoratajärjestelmän, joka muodostuu pienestä joukosta sydänlihassoluja. Lihassolujen tehtävänä on luoda sähköinen impulssi ja kuljettaa tätä eri sydämen osiin. Sähköisen impulssin tehtävä on aktivoida sydämen supistumisvaihe, jolla verta saadaan liikkeelle sydämessä. (Kettunen 2014.)

Sydämen johtoratajärjestelmän alkupistettä kutsutaan sinussolmukkeeksi. Sen tehtävä on luoda impulssi, joka määrittelee sinusrytmiksi kutsutun sydämen rytmin. (Syväne & Airos 2014.) Normaalisti sydämen rytmi ihmisen ollessa levossa on 50–90 lyöntiä minuutissa. Se voi kuitenkin nousta esimerkiksi rasituksen ollessa erityisen kovaa jopa yli 200 lyöntiin minuutissa. (Kettunen 2018.)

Sinussolmukkeesta sähköinen impulssi etenee sydämen eteisiin, jotka supistuvat impulssin vaikutuksesta. Eteisistä impulssi jatkaa matkaansa kohti kammioita. Matkalla kammioihin impulssin kulku hidastuu hetkellisesti, sen päästessä eteis-kammiosolmukkeeseen, jota kutsutaan myös AV-solmukkeeksi. Impulssin hidastumisen tarkoituksena on, että kammiot ehtivät täyttyä verestä ennen kuin ne supistuvat. (Syväne & Airos 2014.)

Eteis-kammiosolmukkeesta impulssi jatkaa nopeasti kohti kammioita. Johtorata jakautuu matkalla kammioihin oikeaan ja vasempaan haaraan, joista vasen jakautuu vielä etu- ja takahaaraksi. Haaroja myöten impulssi kulkeutuu kaikkialle kammioissa, josta seuraa sydänlihaksen aktivoituminen ja supistuminen. Tämän jälkeen impulssi on kulkeutunut koko sydämen läpi ja seuraa palautuminen. Palautumisen aikana sydämen lihassolut valmistautuvat uuteen sähköiseen impulssiin sekä supistumiseen. (Syväne & Airos 2014.)

3 SYDÄNFILMI

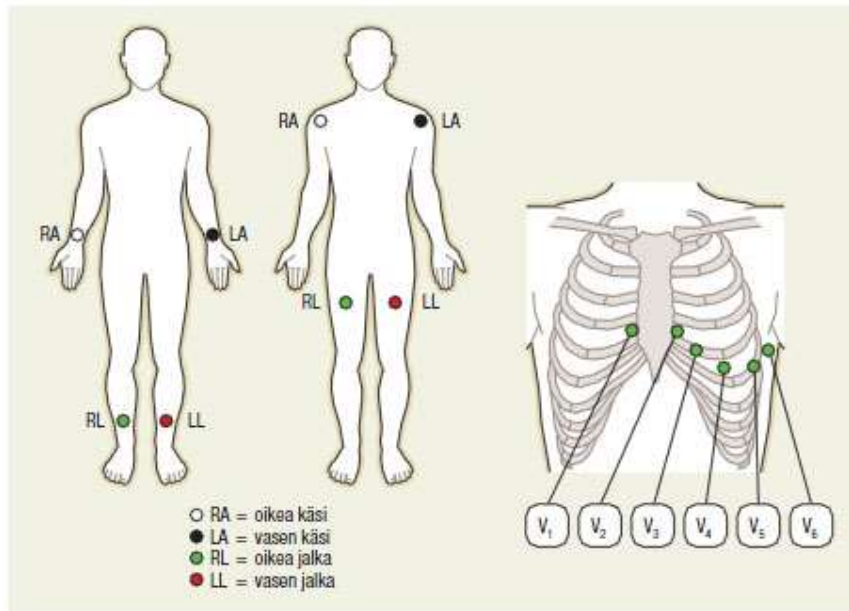
Sydänfilmi eli elektrokardiografia eli EKG mittaa sydämen toimintaa. Sen mittausperiaate perustuu sydämen sähköisen toiminnan mittaamiseen (Mustajoki & Kaukua 2008a). EKG:tä käytetään erilaisten sydämen toiminnan häiriöiden selvittämiseen. Sillä voi saada selville rytmihäiriöitä, sekä tutkia sydämen hapenpuutetta ja sydäninfarktin vaurioita. EKG:llä on myös mahdollista saada viitteitä muista mahdollisista sydänsairauksista. (Laine 2014a.)

EKG-mittalaite piirtää sydämen sähköimpulsseista käyrää, jota lääkäri tulkitsee. Nykyisissä EKG-mittareissa on myös sisäänrakennettu mahdollisuus EKG-käyrän tulkintaan. Tällöin laite tulkitsee EKG-käyrää ja etsii mahdollisia löydöksiä, sekä antaa ehdotuksia diagnoosista. Silti lääkärin on tulkittava aina itse EKG-käyrää, sillä laitteen antamissa ehdotuksissa voi olla todella isoja virheitä. (Mustajoki & Kaukua 2008a.)

Sydämen aktivoituminen aiheuttaa sähkökentän, jota EKG:llä mitataan raajoihin ja rintakehälle laitettavien elektrodien avulla. EKG-mittauksessa käytetään yhteensä 12 kytkentää. Raajoista saadaan mitattua raajojen välistä jännitettä ja rintakehästä sydämen etupuolen sähkökenttää. (Laine 2014a.) Raajoissa käytetään kuutta kytkentää I, II, III, aVL, aVR ja aVF. Rintakytkentöjä on myös kuusi, V1–V6. Kytkennöissä I–III verrataan kahdesta kytkennästä muodostuvaa potentiaaliero, eli ne ovat bipolaarikytkentöjä. Kytkennät muodostuvat siten, että I-kytkennässä verrataan oikean ja vasemman käden potentiaaliero, II-kytkennässä oikean käden ja vasemman jalan potentiaaliero ja III-kytkennässä vasemman käden sekä jalan potentiaaliero. Loppuja raajakytkentöjä (aVL, aVR, aVF) sekä kaikkia rintakytkentöjä (V1–V6) kutsutaan unipolaarisiksi kytkennöiksi, sillä niissä elektrodin potentiaalia verrataan nolleelektrodiin. Nolleelektrodi muodostuu, kun kaikki raajakytkennät kytketään yhteen. (Pietilä & Turunen 2018.)

EKG-mittauksessa käytettävien elektrodien paikat ovat tarkasti määriteltyjä, elektrodeja 12-kanavaisessa EKG:ssä on kymmenen. Muutokset elektrodien paikoissa näkyvät suoraan EKG-käyrässä. (Mustajoki & Kaukua 2008a.) Raajojen kytkennöissä elektrodit sijoitetaan käsissä ranteisiin ja jaloissa nilkkoihin. Rasitus-EKG:ssä on myös mahdollista käyttää poikkeavaa raajakytkentää. (Laine 2014a.) Raajakytkentäpaikat ovat esitettynä kuvassa 1 vasemmalla. Rasitus-EKG:ssä käytettävät kytkentäpaikat ovat esitettynä keskellä. Rintakehällä elektrodit kytketään rintalastan vasemmalle puolelle, pois lukien

kytkentä V1, joka sijoitetaan rintalastan oikealle puolelle. (Laine 2014b.) Rintakehän kytkentöjen paikat ovat esitettynä kuvassa 1 oikealla.

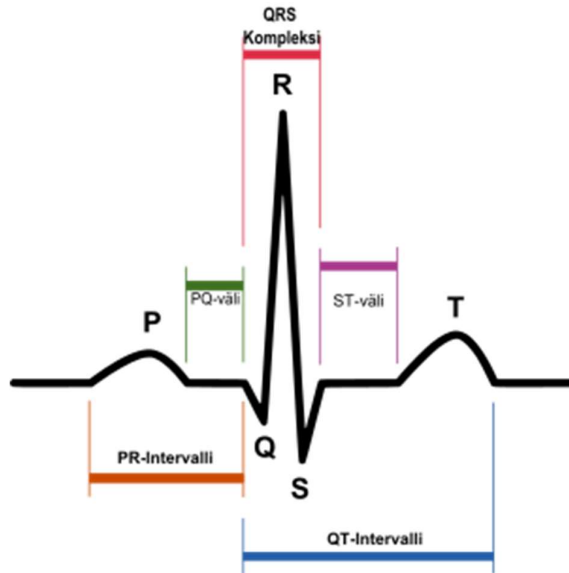


Kuva 1. Elektrodien paikat EKG-mittauksessa (Laine 2014b).

3.1 EKG-käyrä

3.1.1 EKG-käyrän muodostuminen

EKG-käyrä muodostuu sähköisen impulssin kulun mukaan eri osista. EKG-käyrästä on nähtävissä kolme selkeää käyränmuutosta. Normaali EKG-käyrä alkaa P-aallosta. Tämä muodostuu, kun sähköinen impulssi aktivoi sydämen eteiset. Normaalisessa EKG-käyrässä impulssin amplitudi ei ylitä 0,25 mV rajaa, eikä sen kesto ole yli 0,11 s. (Noble ym. 1990.) Seuraava selkeä muutos on QRS-kompleksi. Tämä muodostuu, kun sähköinen impulssi etenee kammioihin ja aiheuttaa näiden aktivaation ja supistumisen (Syväne & Airos 2014). Koko QRS-kompleksin kesto on noin 0,1 s (Noble ym. 1990). Tämän jälkeen EKG-käyrään piirtyy T-aalto, joka kuvaa sydämen palautumisvaihetta. Tällöin lihassolujen ja sydämen ulkopuolinen jännite-ero tasaantuu. (Syväne & Airos 2014.) Tämä kestää noin 0,2 s (Noble ym. 1990). EKG-käyrän eri vaiheet ovat esitettynä kuvassa 2.



Kuva 2. EKG-käyrän eri vaiheet (Wikimedia Commons).

3.1.2 EKG:n tulkinta

EKG-käyrää tulkittaessa, kiinnitetään huomiota kahteen asiaan. EKG-käyrästä havainnoidaan EKG-heilahdusten järjestystä, sekä heilahduksien muotoja. Lepo-EKG:tä tulkittaessa on katsottava läpi kaikkien 12-kytkennän käyrät, sillä kaikki muutokset eivät välttämättä näy kaikissa käyrissä. (Raatikainen ym. 2005a.) Tarkastelu tehdään systemaattisesti, EKG:n tarkasteluun luodun kaavan mukaan (Raatikainen ym. 2005b).

Kokeneempi EKG:n tulkitsija pystyy analysoimaan ja näkemään mahdolliset muutokset EKG-käyrässä suoraan ilman apuvälineitä. Tulkinnan avuksi on joitakin apuvälineitä. Tällaisia ovat mm. EKG-viivain. EKG-viivain on luotu nopeuttamaan analyysiä ja mittauksia. Siitä on apua, kun tehdään diagnoosia hidas- ja nopealyöntisyshäiriöihin. (Nikus & Mäkijärvi 2016.)

EKG:n tulkintaan on kehitetty myös teknisiä apuvälineitä. Nykyiset EKG-mittauslaitteet sisältävät tietynlaisia algoritmeja, joiden avulla laite pyrkii tulkitsemaan mahdollisimman hyvin mittauksia. Algoritmit toimivat joissain tapauksissa hyvin, kuten heilahdusten amplitudien ja normaalin rytmin tunnistamisessa. Tällöin saadun EKG:n tulee olla hyvälaatuinen. Algoritmeilla on kuitenkin paljon heikkouksia. Ne eivät osaa tulkita riittävän hyvin esimerkiksi rytmihäiriöitä. Siksi on tärkeää, että EKG:tä tulkitsee aina lääkäri. (Nikus & Mäkijärvi 2016.)

3.2 EKG-tutkimus

EKG-tutkimus on hyvä keino saada tietoa sydämen toiminnasta. Tutkimus voidaan tehdä lähes missä tahansa. Se on myös vaaratonta ja helppoa tutkittavalle. (Mustajoki & Kaukua 2008a.) EKG-tutkimuksessa EKG tulee rekisteröidä siten, että se on mahdollisimman virheetöntä ja korkealaatuista. Joissain kliinisissä tilanteissa voidaan hyväksyä myös heikompilaatuinen EKG. (Mäkijärvi 2019.)

Ennen tutkimusta tulee tarkistaa elektrodien paikat, sekä niistä lähtevät johtimet. Johtimien tulee kulkea kohtalaisen suorina, mutta siten, että ne eivät ole liian kierällä. Johtimien ollessa mutkalla on mahdollista, että EKG:ssä ilmenee häiriötä. Häiriötä voi myös aiheuttaa potilaan osuminen metalliosiin, esim. sairaalasängyn metalliosiin. (Mäkijärvi 2019.) Leikkaussaleissa EKG:hen voi aiheutua häiriötä diatermialaitteesta (Salmenperä & Yli-Hankala 2014).

EKG-tutkimuksia on eri tarkoituksiin. Tällaisia ovat lepo-EKG, pitkäaikais-EKG eli Holter ja rasitus-EKG. (Syväne & Hekkala 2018b.)

3.2.1 Lepo-EKG

Tavallista EKG-tutkimusta voidaan kutsua myös lepo-EKG:ksi. EKG-tutkimus tehdään aina, kun on tarpeellista tutkia sydämen toimintaa. Tutkimuksessa tutkittava potilas maa sängyllä ja pyrkii olemaan mahdollisimman liikkumatta. Tutkimuksessa käytetään 12-kanavaista EKG:tä, ellei epäillä sydäninfarktia, jolloin voidaan käyttää 14-kanavaista EKG:tä. Lepo-EKG:stä saadusta EKG-käyrästä on helppoa havaita, onko potilaalla rytmihäiriötä, lisälyönnejä tai eteisvärinää. (Syväne & Hekkala 2018b.)

3.2.2 Rasitus-EKG

Rasitus-EKG otetaan, kun tutkitaan sepelvaltimotautia. Sepelvaltimotaudin oireena on rintakipu rasituksessa, joka aiheutuu sydämen hapenpuutteesta. (Syväne & Hekkala 2018b.) Tutkimuksessa voidaan myös kerätä tietoa rytmihäiriöistä ja niiden

käyttäytymisestä, sekä keuhkojen toiminnasta. Rasitus-EKG:n yhteydessä voidaan myös tehdä muita tutkimuksia. (Mustajoki & Kaukua 2008b.)

Rasitus-EKG:ssä on mahdollista käyttää poikkeavaa elektrodien paikkaa (Laine 2014a). Tutkimuksen aluksi tutkittavalle tehdään lepo-EKG, jonka jälkeen aloitetaan rasitus-EKG, jossa tutkittavaa rasitetaan polkupyörän avulla. Rasitus aloitetaan kevyellä vastuksella. Miehillä käytetään tavallisesti 50 W vastusta ja naisilla 40 W vastusta. Vastusta lisätään kolmen minuutin välein, miehillä lisätään vastusta 50 W ja naisilla 40 W. Tavoitteena on, että syke saataisiin 140–160bpm tasolle. Rasituksen aikana tutkittavalta mitataan minuutin välein verenpaine. Rasitusta voidaan jatkaa niin kauan, kuin tutkittava jaksaa, kunhan tutkittavalla ei ilmene kipuja ja EKG-käyrä on normaali. Jos tutkittavalla esiintyy rintakipuja, keskeytetään tutkimus välittömästi. Tutkimus keskeytyy myös, jos EKG:ssä havaitaan sydämen hapenpuutetta tai vaarallisia rytmihäiriöitä. (Mustajoki & Kaukua 2008b.) Kun rasitusosuus on päättynyt, seurataan tutkittavan EKG:tä ja yleistä tilaa vähintään viisi minuuttia (Syväne & Hekkala 2018b).

3.2.3 Pitkäaikaistutkimus eli Holter

Pitkäaikaistutkimukselle on aihetta silloin, kun potilaan oireet esiintyvät harvoin. Tutkimuksella pyritään löytämään syy rytmihäiriöihin sekä huimaus- ja tajuttomuuskohtauksiin. Pitkäaikaistutkimuksessa sydämen toimintaa seurataan maksimissaan kahden päivän ajan. (Raatikainen & Uusimaa 2016.)

Pitkäaikaistutkimuksessa käytetään erilaisia laitteita kuin tavallisessa lepo-EKG-tutkimuksessa tai rasitus-EKG:ssä. Näistä poiketen pitkäaikaistutkimuksessa on käytössä mukana kannettava laite. Tutkimuksessa käytetään vain kahta tai kolmea EKG-kanavaa 12-kanavaisen sijasta. Tutkimuksessa voitaisiin käyttää myös 12-kanavaista EKG:tä, mutta se ei tuo lisäarvoa tutkimukseen. Kannettavan laitteen muistiin EKG:tä mahtuu kolmenkymmenen minuutin ajan. Tutkittavan kokiessa oireita, on hänen painettava laitteen nappia, jolloin laite tallentaa edellisten minuuttien EKG-arvot, eikä poista näitä muistista. (Raatikainen ym. 2019.)

4 LAITTEISTO

4.1 BioRadio-mittauslaite

BioRadio on Great Lakes NeuroTechnologiesin kehittämä laite, joka mahdollistaa erilaisien fysiologisten mittausten tekemisen ja datan tarkastelun reaaliajassa. Laitteen on pieni koko mahdollistaa sen, että sillä voidaan tehdä mittauksia myös laboratoriotilojen ulkopuolella. Tällöin mittausdata tallentuu laitteen sisäiseen muistiin, josta se siirretään jälkikäteen tietokoneelle. BioRadio toimii kytkemällä siihen halutun mittauksen mahdollistava anturi. Laitteen mukana toimitetaan antureita perusmittauksiin ja valmistajan kaupasta niitä voi ostaa lisää. (Great Lakes NeuroTechnologies 2017.) Laite on esitetty kuvassa 3.

Laite on mitoiltaan 10 cm × 6 cm × 2 cm ja se painaa 113 g. Laitteessa on akku, joka kestää kahdeksan tuntia mittausta. Tiedonsiirtoon BioRadio käyttää Bluetooth 4.0 Low Energy järjestelmää. Tiedot siirretään tietokoneelle valmistajan omaan sovellukseen. Mobiilisovelluksia ei ole saatavilla. Reaaliaikaisessa mittauksessa laitetta voidaan käyttää 30 m:n päässä yhdistetystä tietokoneesta. Kentällä tehtäviä mittauksia varten laitteessa on 8 GB muisti, johon mahtuu 8 tuntia mittausdataa. (Great Lakes NeuroTechnologies N.d.a.) BioRadion avulla voidaan suorittaa monia erilaisia mittauksia, kuten EKG, EEG (Elektroenkefalografia), EMG (Elektromyografia) ja EOG (Elektro-okulografia). Laitteella saa kerättyä tietoa myös liikkeestä, kehon lämpötilasta, verenpaineesta ja hengityksestä. Jokainen mittaus vaatii omanlaisensa anturit kytkettäväksi BioRadioon. (Great Lakes NeuroTechnologies N.d.c.) EKG:tä BioRadio kykenee mittaamaan 1-, 3-, 6 tai 12-kanavaisena (Great Lakes NeuroTechnologies N.d.b). EEG-mittaus onnistuu 8-kanavaisena (Great Lakes NeuroTechnologies 2017).

BioRadion valmistaja tarjoaa omia sovelluksia mittausdatan analysointiin. BioCapture softwarella käyttäjä voi muokata BioRadio laitteensa. Sovelluksella voi myös nauhoittaa reaaliaikaista EKG:tä, sekä itse analysoida saatua EKG-käyrää. EKG-data on myös mahdollista viedä .csv -muotoon. (Great Lakes NeuroTechnologies N.d.d.) VivoSense softwaressa on sisäänrakennettu EKG:n analysointialgoritmi. Sen avulla voi myös analysoida muita mitattavia arvoja samanaikaisesti EKG:n kanssa. BioCapture Pro:ssa on samat mahdollisuudet kuin muissakin ohjelmissa, mutta se tarjoaa lisäksi reaaliaikaisen analysoinnin. (Great Lakes NeuroTechnologies N.d.d.)



Kuva 3. BioRadio. (Great Lakes NeuroTechnologies N.d.e.)

4.2 Withings BPM Core -verenpainemittari

Withings BPM Core on kotikäyttöön suunniteltu verenpainemittari, jolla on myös mahdollista mitata EKG:tä. Laitteesta löytyy myös digitaalinen stetoskooppi, joka nauhoittaa sydämen ääntä. Laite on kehitetty yhdessä Ranskassa toimivien kardiologien kanssa ja se luokitellaan lääkinälliseksi laitteeksi. (Withings n.d.) Laite on nähtävissä kuvassa 4.

Withings BPM Core on mitoiltaan 560 mm × 165 mm × 450 mm ja painaa 430 g. Virtalähteenä laitteessa on akku, joka kestää puoli vuotta yhdellä latauksella. Laite sisältää LED Matrix-näytön, josta mittarin antamia arvoja voi tarkastella. Tarkemmat tulokset laite lähettää Bluetoothilla tai Wi-Fi:llä valmistajan omaan pilvipalveluun, jossa käyttäjällä on mahdollisuus tarkastella omia tuloksiaan. Laitteen omassa muistissa on tilaa kuuden mittauksen tulosten säilytykseen. Pilvipalvelussa on rajaton tallennustila. Laite on yhteensopiva Android ja iOS pohjaisten laitteiden kanssa, suoraa tietokoneytteyttä se ei tue. Mittaussensoreita laitteessa on kolmessa paikassa, laitteen keskusyksikön alaosassa, hihnan ulkopuolella sekä hihnan sisäpuolella. Sykkeen laite pystyy lukemaan $\pm 5\%$ tarkkuudella, kun syke on välillä 40–180 bpm. Verenpaineen mittaamisessa laitteen mittaussväli on 0–285 mmHg, systoliselle paineelle mittaussväli on 60–230 mmHg. Tarkkuus verenpaineen mittauksessa on ± 3 mmHg. (Withings 2019.)

EKG:tä Withings BPM Core mittaa yksikanavaisena kolmen elektrodin avulla. Laitteen EKG-mittaus on kehitetty havaitsemaan eteisvärinää, joka voi aiheuttaa sydäninfarktin. EKG:tä mitattaessa sykkeen tulee olla välillä 50–100 bpm. Elektrodeista kaksi sijaitsee laitteen hihnan sisäpuolella ja yksi keskusyksikön alaosassa. Mittauksen aikana käyttäjän tulee ottaa keskusyksikön elektrodista kiinni vastakkaisella kädellä. Mittaus suoritetaan istuma-asennossa ja se kestää puoli minuuttia. Mittauksen jälkeen laite antaa pika-palautteen omassa näytössä, mutta tarkemmat tulokset tulevat pilvipalveluun. (Withings 2019.)

Digitaalisella stetoskoopilla voidaan havaita mahdollisia sydämen läppävikoja. Mittauksessa käytetään laitteen hihnan ulkopuolella olevaa anturia. Mittauksen suorittamiseksi laitetta on käytettävä vasemmassa kädessä ja hihnan ulkopuolisen anturin on osuttava mitattavan kylkeen. Laite nauhoittaa sydämen ääntä kahdenkymmenen sekunnin ajan. Mittauksen jälkeen laite käsittelee nauhoituksen ja lähettää sen pilvipalveluun, josta käyttäjä voi kuunnella nauhoituksen. Laite antaa myös palautteen mittauksesta ja tarvittaessa ohjaa käyttäjän ottamaan yhteyttä lääkäriin. (Withings 2019.)



Kuva 4. Withings BPM Core. (Withings n.d.)

4.3 Philips IntelliVue MX100 -potilasmonitori

Philips IntelliVue MX100 on sairaalakäyttöön tarkoitettu potilasmonitori. Laite painaa 1,4 kg, mitoiltaan laite on 249 mm × 97 mm × 111 mm. Laitteessa on 6,1":n kosketusnäyttö, joka tukee useamman sormen kosketusta samanaikaisesti. Näytön resoluutio on 1024 × 480. Samanaikaisesti näytölle saa viiden eri anturin piirtämät käyrät. Se soveltuu käytettäväksi niin sairaalasängyn vierellä kuin myös liikkeellä ollessa. Laitteen akku kestää tavallisilla mittauksilla viisi tuntia. Laitteesta löytyy myös mahdollisuus liittää näytön näkymä suurempaan ruutuun. Laitteella voidaan mitata EKG:n lisäksi hengitystä, verenpainetta, SpO₂:ta, kehon lämpötilaa sekä CO₂:ta. (Philips N.d.) Philips Intellivue MX100 -potilasmonitori on nähtävissä kuvassa 5.

EKG:tä Philips IntelliVue MX100:lla voidaan mitata aina 12-kanavaiseen asti. Perus EKG-mittauksessa käytetään kolmea elektroodia, jotka kytketään molempien solisluiden alapuolelle, sekä vasemmalla puolella lonkkaluun yläpuolella. Laitteessa on erilaisia hälytystoimintoja. Sykkeeseen perustuvassa hälytyksessä laite hälyttää, jos syke laskee tai nousee annettujen arvojen yläpuolelle. Muita hälytyksiä ovat asystoliahälytys, kammiövärinä- ja kammiotakykardiahälytys, sekä äärimmäisten takykardian- ja bradykardian hälytykset. (Käyttöopas IntelliVue-potilasmonitori MX100/X3)

Laitteesta löytyy mahdollisuus verkkoliitännään, jolloin tietoja voidaan dokumentoida ja jakaa, sekä integroida. Potilasta monitoroidessa laite tallentaa tietoja trenditietokantoihin. Näitä tietoja voidaan käyttää potilaan tilan muutoksien tarkasteluun. (Käyttöopas IntelliVue-potilasmonitori MX100/X3.)



Kuva 5. Philips IntelliVue MX100. (Philips n.d.)

4.4 Suunto Movesense -anturi

Movesense on Suunnon kehittämä pieni paristoilla toimiva mitta-anturi, joka soveltuu monenlaisiin projekteihin. Se on kehitetty mittamaan erilaisia asioita urheilussa, mutta sitä voidaan hyödyntää lähes rajattomasti, esimerkiksi työelämässä istumisajan seurantaan. (Movesense N.d. a.) Movesense on kehitetty sellaisille tahoille, joilla ei ole resursseja tai osaamista kehittää omaa hardwarea eli laitteistoa vaadittaviin projekteihin. (movesense.com.) Movesense-antureita on markkinoilla kahta erilaista mallia, Movesense Sensor ja Movesense Sensor HR+. Nämä eroavat toisistaan siten, että Movesense Sensor HR+ sisältää mahdollisuuden sykkeen lukemiseen. (Movesense N.d. b.) Movesense HR+ on nähtävissä kuvassa 6.

Movesense-anturi on pyöreä halkaisijaltaan 36,6 mm ja paksuudeltaan 10,6 mm. Se painaa 10 g ja on vesitiivis kolmeen kymmeneen metriin asti. Anturissa on 9-suuntainen liikkeen tunnistus, joka sisältää magnetometrin, kiihtyvyyssanturin sekä gyroskoopin. Nämä mahdollistavat kattavat liikkeen analysointimahdollisuudet. Anturi osaa lukea sydämen sykettä ja mahdollistaa myös yksikanavaisen EKG:n mittaamisen. Anturissa on myös sisäänrakennettu lämpötilamittari. (Movesense 2017.)

Anturissa itsessään on 3 Mbit EEPROM muisti, johon voidaan tallentaa mittausdataa ja purkaa sitten data tietokoneelle tai mobiililaitteelle jälkepäin. Datan lähettämiseen Movesense käyttää Bluetooth 4.0 tekniikkaa. (Movesense 2017.)

Movesense tarjoaa sovelluskehittäjille avoimen ohjelmointirajapinnan, eli API:n (Application Programming Interface) (Movesense 2017). API:lla tarkoitetaan sitä, että rajapinnoilta voidaan hakea dataa omaan projektiin ilman, että sen käyttöön tarvitaan lupaa tai siitä tarvitsisi maksaa (Avoin rajapinta 2014). Itse anturi on ohjelmoitavissa vapaasti C++ kielellä, joten sovelluskehittäjillä on mahdollisuus luoda omia projekteja hyödyntäen REST -rajapintaa (Representational State Transfer) (Movesense 2017).

Suunto on kehittänyt myös Movesense MD -sensoria, joka toimii muiden Movesense-antureiden tapaan, mutta on valmistettu siten, että se voidaan luokitella lääkinälliseksi laitteeksi. Se tulee kuulumaan lääkinällisten laitteiden luokkaan II a. Movesense MD pystyy mittaamaan yksikanavaista EKG:tä kliinisen tason vaatimalla tavalla. (Happich 2019.)



Kuva 6. Movesense HR+ -anturi (Movesense n.d.b).

5 MITTAUKSET

5.1 Pohjustus

Opinnäytetyön tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää neljän eri laitteen tuottaman yksikanavaisen EKG-mittauksen laatua ja luotettavuutta. Yksikanavaisella EKG:llä voidaan havaita sydämen rytmihäiriöitä (Nikus & Nieminen 2015). Työhön valittiin neljä laitetta, Withings BPM Core -verenpainemittari, Suunto Movesense HR+, BioRadio sekä Philips IntelliVue MX100 -potilasmonitori. Laitteet valittiin siten, että jokaisella laitteella EKG:n mittaustapa olisi erilainen. Suunnon Movesense HR+ laitteella testattiin myös kahta erilaista mittaustapaa. Laitteista Philipsin potilasmonitori toimi verrokkilaitteena, sillä sitä voidaan pitää erittäin tarkkana, koska laite on suunniteltu sairaalaolosuhteisiin.

5.2 Yksikanavaisen EKG:n mittaaminen

Testihenkilönä toimi 24-vuotias terve mieshenkilö. Kaikkien laitteiden testaus tapahtui samana päivänä. Kaikissa mittauksissa mitattava pyrki olemaan mahdollisimman rennosti ennen mittauksen aloittamista. Testattava myös jätti kellon pois ranteestaan ja puhelimen pois taskustaan. Mittausten pituus vaihteli laitteen toiminnan mukaan. Kaikilla laitteilla tehtiin useampi mittaus, jotta tutkimukseen ei päätyisi häiriöitä sisältävää EKG-käyrää. Jokaisen laitteen mittausdata hyväksyttiin mukaan, kun useampi mittaus antoi keskenään samanlaista EKG-käyrää.

5.2.1 Philips IntelliVue MX100

Mittausta varten testattavalle laitettiin kolme elektrodia siten, että molempien puolien solisluiden alle tuli yksi elektrodi ja yksi vasemmalle puolelle lonkkaluun yläpuolelle. Testattava makasi sängyllä, pyrkien olemaan täysin paikoillaan. Aluksi testattavan EKG-käyrää seurattiin ensin hetken aikaa, jotta mahdolliset aloitukseen liittyvät häiriöt poistuisivat. Seuraavaksi EKG-käyrää seurattiin tarkemmin minuutin ajan, jonka jälkeen laitteessa pysäytettiin EKG:n mittaus. Pysäytetystä EKG:stä oli tarkoitus löytää sellainen sydämen lyönti, joka näyttäisi mahdollisimman normaalilta, tässä tapauksessa lähes kaikki lyönnit kävivät. Laitteessa itsessään ei ole mahdollista saada EKG-käyrää ulos

laitteesta tarkempaan tarkasteluun, mutta laitteessa on mahdollista tutkia jännitteen suuruutta (kuva 7).



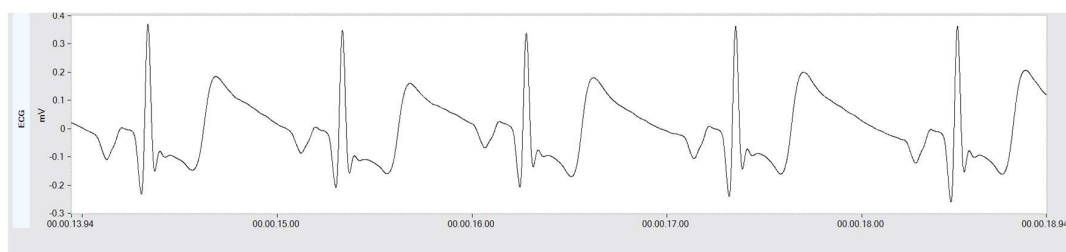
Kuva 7. EKG-käyrä potilasmonitorilla.

Käyrästä on vaikea havaita QRS-kompleksin alaspäin suuntautuvia osia. P- ja T-aallot ovat kuitenkin nähtävissä. Sydämen lyönti on kuitenkin selvästi nähtävissä, eikä EKG-käyrässä näy häiriöitä. Laitteessa itsessään on mahdollisuus hälytyksiin mahdollisten sydämen häiriöiden ilmentyessä. Laitteen näyttämää EKG-käyrää voidaan pitää luotettavana vertailukohtana verrattaessa sitä muiden laitteiden toimintaan.

5.2.2 BioRadio

BioRadiolla yksikanavainen EKG mitataan samalla tavalla kuin potilasmonitorilla. Elektrodien paikat ovat myös samat molempien solisluiden alla, sekä vasemmalla puolella lonkkaluun yläpuolella. Mittauksessa testattava makasi sängyllä pyrkien olemaan täysin liikkumatta. Mittauksen alkaessa EKG:ssä oli jonkin verran häiriöitä, mutta kymmenen sekunnin jälkeen ei häiriöitä ollut havaittavissa. Testissä EKG:tä nauhoitettiin noin 50 sekunnin ajan, jolloin luotettavaa EKG:tä oli nauhoitettu tarpeeksi. Mittauksen aikana tapahtuneet liikkeet näkyivät EKG-käyrässä heti, joten analysoidessa tuloksia oli etsittävä oikeanlaiset sydämen lyönnit ilman häiriöitä.

BioRadiolla mitattua EKG:tä analysoitiin valmistajan omalla BioCapture -sovelluksella. Sovellus mahdollisti reaaliaikaisen EKG:n seuraamisen, kuten myös jälkikäteen EKG:n tarkastelun. Valmista analysointia ei ollut saatavilla. Sovelluksessa on näkyvissä x-akselilla aika ja y-akselilla jännitteen suuruus millivolteina (mV). Laitteen tarjoamasta EKG-käyrästä (kuva 8.) on selvästi havaittavissa P-aalto, Q- ja R-vaihe. EKG:ssä näkyy kuitenkin normaalista poikkeava S- ja T-vaihe. S-vaihe. Mittausta tehdessä tarkistettiin useaan kertaan, että kytkentä on tehty oikein, joten vääränlainen kytkentä ei selitä normaalista poikkeavaa EKG:tä. EKG-käyrä käyttäytyy koko mitatun ajan samalla tavalla, joten kyseessä ei ole myöskään hetkellinen häiriö. Myöskään sydämen toiminnassa ei havaittu mitään vikaa potilasmonitorilla mitattaessa. Käyrässä on havaittavissa alaspäin suuntautuva S-vaihe, mutta sen jälkeen käyrän noustessa hetken, se lähtee jälleen laskemaan. Tämän jälkeen EKG:ssä kuuluisi näkyä T-aallon nousu. Käyrässä oleva nousu on kuitenkin liian terävää ja se nousee liian korkealle. Käyrä ei myöskään palaudu normaalitasoon oletetusti, vaan laskee hitaasti, kunnes sydämen aktivoituminen alkaa jälleen P-aallolla.



Kuva 8. BioRadiolla mitattu EKG-käyrä.

5.2.3 Withings BPM Core

Withings BPM Core -verenpainemittarilla EKG:n mittaus tapahtui vasemmasta käsivarresta. Laitteessa on kolme elektrodia, joista yksi on hihnan sisällä ja kaksi ulkopuolella. EKG:tä mitattaessa käsivarsi tuli pitää kiinni kehossa, siten että hihnan ulkopuolella oleva pyöreä elektrodi osuu kylkeen. Kolmas elektrodi sijaitsee keskusyksikön alalaidassa. Mittauksen aikana testattavan oli pidettävä oikea kämmen kiinni elektrodissa. Ennen mittauksen aloittamista testattava istui ja pyrki rentoutumaan noin viiden minuutin ajan valmistajan ohjeiden mukaisesti. Mittauksen aloitettua laite mittasi EKG:tä kahdenkymmenen sekunnin ajan. EKG:n mittaus on sisäänrakennettu, eikä sen kesto pysty vaikuttamaan. Myöskään mahdollisuutta EKG:n seurantaan reaaliaikaisesti ei ole. Mittauksen jälkeen laite kertoi sinus-rytmin olevan normaali. Tarkemmat tulokset laite lähettää joko Bluetooth tai Wi-Fi-yhteydellä haluttuun mobiililaitteeseen. Tuloksia pääsee tarkastelemaan joko valmistajan omassa Healt Mate -sovelluksessa tai tietokoneella valmistajan tarjoamassa selainpohjaisessa palvelussa.

Withings BPM Corella tehdyn mittauksen EKG-käyrä (kuva 9.) näyttää normaaliilta ja luotettavalta. Laittevalmistajan tarjoama ruudukkopohja helpottaa analysointia huomattavasti. EKG-käyrässä ei ole havaittavissa suurempia häiriöitä. Q- ja S-vaiheissa on pientä poikkeamaa lyöntien välillä. Joissakin sydämenlyönneissä Q-vaiheeseen piirtyy pientä aaltoliikettä, kun taas S-vaiheessa muutoksen suuruus vaihtelee hiukan sydämenlyöntien välillä. Verrokkikäyrään verrattuna EKG on samankaltainen. Ainoastaan T-aalto on hieman suurempi.



Kuva 9. Withings BPM Corella mitattu EKG-käyrä.

5.2.4 Suunto Movesense HR+

Suunto Movesense HR+ -sensorilla mittauksia suoritettiin kaksi. Ensimmäiseksi mittaus suoritettiin käyttäen sykevyötä. Toinen mittaus suoritettiin käyttäen valmistajan omaa EKG-elektrodia. Molemmilla tavoilla mitattaessa testattava makasi sängyllä mahdollisimman rennosti ja pyrkien olemaan liikkumatta. Molemmissa mittauksissa EKG:tä mitattiin minuutin ajan, jotta mahdolliset häiriöt saatiin poistettua.

Molemmissa mittauksissa EKG-käyrä oli herkkä testattavan liikkeille. Sykevyön avulla mitattu EKG-käyrä (kuva 10.) ja EKG-elektrodilla mitattu EKG-käyrä (kuva 11.) ovat keskenään lähes samanlaisia. Molemmissa mittauksissa EKG-käyrä myös piirtyi samanlaisena koko ajan, eikä siinä ollut havaittavissa häiriöitä. Kuitenkin verrattuna verrokkina toimineeseen EKG-käyrään, molemmat poikkeavat siitä paljon. Sykevyöllä mitattu käyrä on tasaisempi sydämenlyöntien välillä, kun taas EKG-elektrodilla mitatussa on pientä väräilyä koko ajan. QRS-kompleksissa on suurin ero kahden mittaustavan välillä. Yhden suuren laskun molemmin puolin on kaksi ylöspäin suuntautuvaa nopeaa muutosta. Sykevyöllä mitattuna suurempi nousu on ennen jyrkkää laskua, kun taas EKG-elektrodilla jyrkkä nousu tulee laskun jälkeen. Kaksi nousua ovat ikään kuin eri päin. T-aalto on huomattavasti paremmin havaittavissa sykevyöllä tehdyssä mittauksessa.

Suurimmat poikkeukset verrokkina olleeseen EKG-käyrään ovat erittäin suuri alaspäin suuntautuva muutos QRS-kompleksissa, sekä T-aallon jälkeinen alaspäin suuntautuva muutos. Myöskään P-aalto ei ole aaltomainen, vaan terävä ja nopea nousu.



Kuva 10. EKG-käyrä mitattuna sykevyöllä.

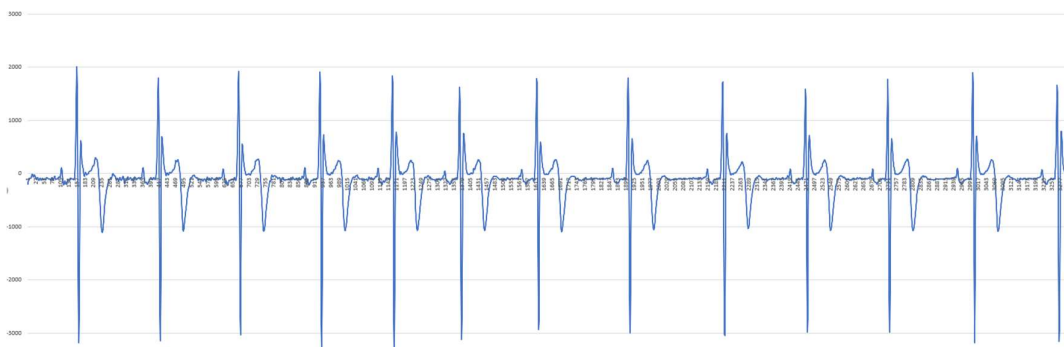


Kuva 11. EKG-käyrä mitattuna EKG-elektrodilla.

5.3 Mittauslaitteiden .csv-data

Jokainen valituista laitteista tarjoaa myös mahdollisuuden .csv -muotoiseen dataan. Datan voi visualisoida esimerkiksi MathLab -sovelluksella tai omalla koodilla. Datan visualisointi onnistuu myös Excelillä (kuva 12). EKG-käyrä piirtyy samalla tavalla kuin Movesensen omassa ohjelmassa.

Kaikkien mittalaitteiden tarjoama .csv data on hieman erilaista. Mittausdatassa EKG:n arvot vaihtelevat jokaisen mittalaitteen välillä. Esimerkiksi Movesensen .csv -muotoisessa datassa vaihteluväli on noin -3000–2000 välillä, kun taas Withingsin omassa -600–600 välissä. Eniten dataa saa ulos Philipsin potilasmonitorista, josta saa viidellä eri kytkennällä mitatun datan, vaikkakin potilasmonitori itsessään näyttää mitattaessa vain yksikanavaisen EKG:n. Muut mittalaitteet antavat vain yksikanavaisen EKG:n datan.



Kuva 12. Excelillä visualisoitu Movesensen EKG-data.

5.4 Tulosten yhteenveto

Tutkimuksen laitteista parhaan EKG-käyrän antoi Withings BPM Core. Se on lähimpänä Philipsin potilasmonitorilla mitattua verrokkikäyrää, sekä teoriassa esitettyä käyrää. Laitteen sisäinen EKG:n analysointiohjelma on myös hyvä asia tavalliselle käyttäjälle, joskin tässä tutkimuksessa sen luotettavuutta ei pystytty testaamaan. BioRadiolla ja Move-sense HR+:lla mitatut EKG-käyrät poikkesivat Philipsin omasta jonkin verran, sillä molemmissa oli ylimääräisiä nousuja tai laskuja. Nämä kuitenkin toistuivat koko mittausilanteen ajan. Minkään laitteen kohdalla ei ilmennyt mittauksen aikana muita häiriöitä.

6 POHDINTAA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua EKG:hen ja sen pohjalta tutkia neljän erilaisen laitteen mittaaman yksikanavaisen EKG:n laatua ja luotettavuutta. Samalla Turun ammattikorkeakoulun Health Tech Lab sai uutta mittausdataa laitteista, joilla ei vielä ollut tehty mittauksia. Laitteita pyrittiin valitsemaan siten, että mittauksissa olisi eroja. Laitteista ainoastaan Philipsin potilasmonitori ja BioRadio käyttävät samaa mittaustapaa. Mittaustulokset poikkesivat keskenään suurestikin, kuitenkin jokainen laite käyttäytyi samalla tavalla koko mittauksen aikana. Isoja häiriöitä laitteiden toiminnassa ei ollut havaittavissa.

Yksikanavaisen EKG:n hyötynä on se, että sillä voidaan saada viitteitä mahdollisista rytmihäiriöistä. Työssä käytettyjen laitteiden rytmihäiriöiden havainnointia ei voitu analysoida, sillä testihenkilöllä ei ole todettu rytmihäiriöitä. Laitteiden luotettavuutta rytmihäiriöiden löytämisessä tulisi tutkia lisää, jotta voitaisiin varmistua laitteiden luotettavuudesta kokonaisvaltaisemmin. Samalla saataisiin lisää tietoa Withings BPM Coren sisäänrakennetusta analysointialgoritmista. Tämä kuitenkin vaatisi, että tutkittavana olisi henkilö, jolla esiintyy säännöllisesti rytmihäiriöitä.

Haasteena oli BioRadiolla ja Movesense HR+:lla mitattujen EKG-käyrien analysointi. Näiden laitteiden käyrät poikkeavat suuresti verrokkina toimineesta Philips IntelliVue MX100:sta. Laitteet kuitenkin tuottivat samanlaisen EKG-käyrän koko mittauksen ajan, joten näiden laitteiden EKG-käyriin ja sen piirtymisen syihin tulisi perehtyä tarkemmin, jotta niiden luotettavuutta voitaisiin analysoida tarkemmin.

Työssä keskityttiin tuottamaan hyvälaatuista EKG-dataa. BioRadion ja Movesense HR+:n kohdalla reaaliaikaisesta seurannasta pystyi kuitenkin havaitsemaan testattavan liikumisen häiritsevän EKG:n mittaamista. Molempia laitteita voidaan käyttää laboratorion ulkopuolella tehtävissä mittauksissa, jolloin mitataan samaan aikaan myös jotakin muuta asiaa kuten liikettä. Tällöin todennäköisesti EKG:n luotettavuus kärsii, mutta tämän varmistamiseksi tulisi tehdä lisää mittauksia.

LÄHTEET

- Avoim rajapinta 2014. Avoimen rajapinnan määritelmä. Viitattu 31.3.2020 <http://avoinrajapinta.fi/>.
- Great Lakes NeuroTechnologies N.d.a. BioRadio Specifications. Viitattu 2.4.2020 <https://glneurotech.com/bioradio/bioradio-specifications/>.
- Great Lakes NeuroTechnologies N.d.b. ECG. BioRadio. Viitattu 2.4.2020 <https://glneurotech.com/bioradio/ecg/>.
- Great Lakes NeuroTechnologies N.d.c. BioRadio Wireless Physiological Monitoring. Viitattu 1.4.2020 <http://www.physio-tech.co.jp/pdf/glneurotech/bioradio.pdf>.
- Great Lakes NeuroTechnologies N.d.d. Mobile & Wireless ECG Systems. BioRadio. Viitattu 1.4.2020 <https://glneurotech.com/bioradio/physiological-signal-monitoring/wireless-ecg-measurement-analysis-teaching/>.
- Great Lakes NeuroTechnologies N.d.e. About the BioRadio. Photo. Viitattu 6.5.2020 <https://glneurotech.com/bioradio/about-the-bioradio/>.
- Great Lakes NeuroTechnologies. 2017. Owner's Manual. BioRadio. Viitattu 2.4.2020 <https://glneurotech.com/bioradio/wp-content/uploads/2017/05/392-0050-Rev-F-BioRadio-User-Guide.pdf>.
- Happich, J. 2019. Movesense sensor eases development of health wearables. eeNews analog. Viitattu 31.3.2020 <https://www.eenewsanalog.com/news/movesense-sensor-eases-development-health-wearables>.
- Kettunen, R. 2014. Sydämen sähköinen toiminta. Sydänsairaudet. Duodecim. Viitattu 18.3.2020 https://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p_artikkeli=syd00004.
- Kettunen, R. 2018 Tiheälyöntiset rytmihäiriöt (takykardiat). Lääkärikirja Duodecim. Duodecim. Viitattu 18.3.2020 https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00087.
- Käyttöopas IntelliVue-potilasmonitori MX100/X3. N.d. Philips.
- Laine, M. 2014a. Sydänfilmi eli EKG. Sydänsairaudet. Duodecim. Viitattu 19.3.2020 https://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p_artikkeli=syd00195.
- Laine, M. 2014b. Elektrodien kiinnitys EKG-rekisteröinnissä. Sydänsairaudet-kuvat. Duodecim. Viitattu 19.3.2020 https://www.ebm-guidelines.com/dtk/syd/avaa?p_artikkeli=syk00054.
- Movesense 2017. Movesense Sensor Datasheet. Viitattu 31.3.2020 <https://www.movesense.com/wp-content/uploads/2017/11/Movesense-Sensor-Datasheet--20171109.pdf>.
- Movesense N.d. a. Movesense Overview. Viitattu 31.3.2020 <http://movesense.com/docs/>.
- Movesense N.d. b. Movesense shop. Viitattu 31.3.2020 <https://www.movesense.com/shop/>.
- Mustajoki, P. & Kaukua, J. 2008a. EKG (sydänfilmi). Laboratoriotutkimusten tulkinta. Duodecim. Viitattu 19.3.2020 https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03210.
- Mustajoki, P. & Kaukua, J. 2008b. Rasitus-EKG. Laboratoriotutkimusten tulkinta. Duodecim. Viitattu 24.3.2020 https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03212.
- Mäkijärvi, M. 2019. Hyvä EKG-rekisteröinti. EKG. EKG-rekisteröinti ja tulkinta. Duodecim oppiportti. Viitattu 24.3.2020 <https://www.oppiportti.fi/op/ekg00010/do>.

- Nikus, K. & Mäkijärvi, M. 2016. EKG:n systemaattinen tulkinta ja mittaukset. Kardiologia. Sydämen ja verenkiertoelinten anatomia ja fysiologia. Duodecim oppiportti. Viitattu 23.3.2020 https://www.oppoportti.fi/op/kar01108/do?p_haku=ekg#q=ekg.
- Nikus, K. & Nieminen, T. 2015. Osaava potilas – uudet tekniset apuvälineet sydämen sähköisten tapahtumien tallentamiseen. Sydänääni. Viitattu 9.4.2020 https://www.fincardio.fi/site/assets/files/3382/sa3a_15_luku9.pdf.
- Noble, R. Joe & Hillis, J. Stanley & Rothbaum, Donald A. 1990, Walker, H. Kenneth; Hall, W. Dallas; Hurst, J. Willis (eds.). Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations (3rd ed.). Chapter 33 "Electrocardiography". Butterworths, ISBN 9780409900774
- Philips N.d. IntelliVue MX100. Specifications. Viitattu 16.4.2020 <https://www.philips.fi/healthcare/product/HC867033/intellivue-mx100-patient-monitor/tekniset-tiedot>.
- Pietilä, E. & Turunen, T. 2018. EKG-OPPIMATERIAALI BIOANALYYTIKKO-OPISKELIJOILLE - Tyksin klinisen fysiologian osastolle. Opinnäytetyö (AMK). Turun ammattikorkeakoulu, Turku. 29 s.
- Raatikainen, P. & Mäkijärvi, M. & Parikka, H. 2005a. EKG:n lukeminen. EKG. EKG-tulkinnan lähtökohdat. Duodecim oppiportti. Viitattu 23.3.2020 <https://www.oppoportti.fi/op/ekg00175/do>.
- Raatikainen, P. & Mäkijärvi, M. & Parikka, H. 2005b. EKG:n tulkinnan periaatteet. EKG. EKG-tulkinnan lähtökohdat. Duodecim oppiportti. Viitattu 23.3.2020 <https://www.oppoportti.fi/op/ekg00175/do>.
- Raatikainen, P. & Uusimaa, P. 2016. EKG:n pitkäaikaisrekisteröintimenetelmien käyttöalueet. kardiologia. Duodecim Oppiportti. Viitattu 27.3.2020. <https://www.oppoportti.fi/op/kar01216/do>.
- Raatikainen, P. & Uusimaa, P. & Viitasalo, M. 2019. EKG:n pitkäaikaisrekisteröinnin tekniikat. EKG. Duodecim Oppiportti. Viitattu 27.3.2020 <https://www.oppoportti.fi/op/ekg00021/do>.
- Ryödi, E. N.d. Sydämen rakenne ja toiminta. Sydänsairaala. Viitattu 16.3.2020 <https://www.sydansairaala.fi/tietoa/asiantuntija-artikkelit/sydamen-rakenne-ja-toiminta/>.
- Salmenperä, M. & Yli-Hankala, A. 2014. Elektrokardiografia (EKG). Anestesiologia ja tehohoito. Duodecim oppiportti. Viitattu 24.3.2020 https://www.oppoportti.fi/op/ajit00665/do?p_haku=ekg#q=ekg.
- Syvänne, M & Airos, A. Sydämen sähköinen toiminta. Sydän.fi. Viitattu 18.3.2020 <https://sydan.fi/fakta/sydamen-sahkoinen-toiminta/>.
- Syvänne, M. & Hekkala, A-M. 2018a. Sydämen rakenne. Sydän.fi. Viitattu: 16.3.2020 <https://sydan.fi/fakta/sydamen-rakenne/>.
- Syvänne, M. & Hekkala, A-M. 2018b. Sydän- ja verisuonitautien tutkimukset. Sydän.fi. Viitattu 24.3.2020 <https://sydan.fi/fakta/sydan-ja-verisuonitautien-tutkimukset/>.
- Wikimedia Commons. File:SinusRhythmLabels fi.svg. Viitattu 6.5.2020 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SinusRhythmLabels_fi.svg?uselang=fi.
- Withings 2019. Smart blood pressure monitor, with ECG & digital stethoscope. Installation and Operating Instructions. BPM Core User Guide.
- Withings N.d. BPM Core. Viitattu 1.4.2020 <https://www.withings.com/fi/en/bpm-core>.

