

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikka

2023

Jonathan Kuoppamäki

EMG-mittausdatan luotettavuuden arviointi



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Tieto- ja viestintätekniikka

2023 | 29 sivua

Jonathan Kuoppamäki

EMG-mittausdatan luotettavuuden arviointi

Elektromyografia (EMG) on diagnoosimenetelmä, jota käytetään arvioimaan lihasten ja hermojen toimintaa. EMG-tutkimuksia käytetään havaitsemaan ja diagnosoimaan erilaisia lihas- tai hermovaurioita sekä arvioimaan eri hermojen ja lihasten keskeistä toimintaa.

Elektromyografia voidaan toteuttaa joko invasiivisesti tai ei-invasiivisesti. Invasiivisessa elektromyografiassa lihaksiin kiinnitetään neulaelektrodeja, kun taas ei-invasiivisessa elektromyografiamittauksessa käytetään elektrodeja, jotka sijoitetaan ihon pinnalle mittamaan lihasten sähköisiä signaaleja.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on vertailla Turun ammattikorkeakoulun Health Tech Labin kahta eri EMG-mittauslaitetta, ja niiden tuottamaa dataa luotettavuuden arvioinniksi.

Koe toteutettiin mittaamalla viideltä testihenkilöltä molemmilla laitteilla samanlainen rasiustesti, jonka tuloksilla haluttiin selvittää, onko mittausdata samanlaista ja luotettavaa.

Tuloksista voidaan todeta, että molemmat kokeissa käytetyt laitteet keräävät mittausdataa, mutta EMG-mittausdataa keräävien laitteiden keskeinen luotettavuuden arvointi vaatii laajemman tutkimuksen toteuttamista.

Asiasanat:

Elektromyografia (EMG), Sensorit, Elektrodi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Bachelor of Engineering, Information and Communications Technology

2023 | 29 pages

Jonathan Kuoppamäki

The reliability of EMG data measurements

Electromyography (EMG) is a diagnostic method used to evaluate muscle and nerve activity. It is based on the recording and analysis of electrical signals sent by the nervous system, which are generated when the muscle contracts. EMG studies are used to detect and diagnose various muscle or nerve injuries, and to evaluate the central function of various nerves and muscles.

Electromyography can be performed either invasively or non-invasively. In invasive electromyography, needle electrodes are attached to the muscles, while non-invasive electromyography measurements use electrodes placed on the surface of the skin to measure the electrical signals of the muscles.

The purpose of this thesis is to compare two EMG measurement devices from the Health Tech Lab at Turku University of Applied Sciences and evaluate the reliability of the data produced by these devices.

The experiment was conducted by measuring a similar stress test on five test subjects with both devices, with the results intended to determine whether the measurement data is similar and reliable.

In conclusion the tested devices produced EMG data, from which the superiority of the Biopac was clearly recognizable. Nevertheless furthermore research is needed to accurately analyse the reliability of these devices that record EMG data.

Keywords:

Electromyography (EMG), Sensors, Electrodes

Sisältö

Käytetyt lyhenteet ja sanasto	7
1 Johdanto	9
2 Elektromyografia	10
2.1 Lihaksisto ja lihasten rakenne	10
2.2 EMG:n mittaaminen	12
2.3 EMG mittausdatan analysointi	13
3 Mittaukset	15
3.1 Pohjustus	15
3.2 Laitteisto	15
3.3 Tutkimuksen eteneminen	17
3.4 Tulosten tarkastelu	19
4 Yhteenveto	25
Lähteet	27

Kuvat

Kuva 1. Erilaisia lihassolurakenteita ja sijainteja (Diego Beltran 2015).	11
Kuva 2. Kuvassa havainnollistuu, miten myosiini ja aktiini lomittautuvat (Otavan opisto).	12
Kuva 3. Neulaelektrodi ja pintaelektrodi vierekkäin. (Núria Massó 2010)	13
Kuva 4. Biopac MP160.	15
Kuva 5. EMG2-4.3 -mittalaite.	16
Kuva 6. Shimmer 3 ECG/EMG ExG -yksikkö.	16
Kuva 7. Kokeessa käytettyjä pintaelektrodeja.	17
Kuva 8. Elektrodien sijainti kädessä.	18
Kuva 9. Kokeessa käytetty rasituslaite.	19
Kuva 10. Kuvankaappaus yhden koehenkilön tuloksista AcqKnowledge-ohjelmistolla.	20
Kuva 11. Kuva MATLAB ohjelmistosta yhden koehenkilön mittaustuloksista.	20
Kuva 12. Pyöräytyksen yhteydessä tapahtuva jännite-ero hauis ja olkavärttinäluulihaksen välillä.	21
Kuva 13. Olkavärttinäluu- ja hauislihaksen jännitemuutokset.	22
Kuva 14. esittää näiden lihasten synergistä toimintaa, molempien käyrien samansuuntaisuudella.	23
Kuva 15. Visualisoitu Shimmer data. Ylempänä on olkavärttinäluulihaksen EMG-impulssit ja alempana kuvattuna hauislihaksen.	24

Taulukot

Taulukko 1. Otos Shimmerin tuottamasta raakadatasta taulukossa.

24

Käytetyt lyhenteet ja sanasto

.CSV	Tiedostomuoto.
Agonisti	Lihaskuusi joka aiheuttaa toisen agonistilihasen kanssa samansuuntaisen liikkeen.
ALS	Myös nimeltä Lou Gehrgin tauti, on neuromuskulaarinen sairaus, joka aiheuttaa lihasten heikkoutta.
Antagonisti	Vastavaikuttajalihas.
Data	Mittauksen tuottama tieto, joka voidaan analysoida ja visualisoida.
EGG	Elektrogastrografia on vatsanseudun lihasten, mukaan lukien pehmeiden lihaskudosten ei-invasiivinen tutkimus.
Ei-invasiivinen mittaus	Mittaus, jossa laite on sijoitettu ihon pinnalle.
Elektrodi	Pieni, jännitteisiä signaaleja vastaanottava laite, joka on yleensä liitetty ihon pinnalle tai lihaksen sisään.
EMG	Lihassähkökäyrä jossa tutkitaan lihasten, ja hermoston sähköisten ilmiöitä.
ENMG	Elektroneuromyografia on tutkimusmuoto jossa mitataan hermostossa kulkevan elektronisen signaalin nopeutta ja vahvuutta, samaan aikaan kun EMG tutkimusta suoritetaan lihakselle.
Invasiivinen mittaus	Mittaus, jossa laite on fyysisesti kiinnitetty lihakseen.
Lihasdystrofia	Geneettinen hermoratohin vaikuttava sairaus.
MMG	Mekanomyografiassa mitataan lihaksen liikkeestä johtuvaa värinää.

Myastenia	Autoimmuunisairaus, joka vaikuttaa hermoston ja lihasten väliseen toimintaan.
Periferinen neuropatia	Kuvaa mitä tahansa aivojen ja selkärangan ulkopuolista hermovammaa.
RMS	Lukujoukkoa, tai jakaumaa kuvaava keskiluku.
Signaali	Lihaksen ja hermojen toiminnan aiheuttama sähköinen jännite, joka voidaan tallentaa ja analysoida.
Synergisti	Samaan vaikutukseen johtava, samaan suuntaan toimiva, toinen toisensa vaikutusta voimistava toiminta.
USB	Universal Serial Bus on sarjaväyläarkkitehtuuri tietokoneoheislaitteiden liittämiseksi.

1 Johdanto

Elektromyografia, lyhyesti EMG on diagnoosimenetelmä, jota käytetään arvioimaan lihasten ja hermojen toimintaa. Se perustuu hermoston lähettämään sähköisten signaalien tallennukseen ja analysointiin lihaksen supistuessa. EMG-tutkimuksia käytetään havaitsemaan ja diagnosoimaan erilaisia lihas- tai hermovaurioita, kuten perifeeristä hermovammoja, lihasdystrofiaa, radikulopatiaa, sekä arvioimaan eri hermojen ja lihasten keskeistä toimintaa. (Cleveland Clinic 2016)

Elektromyografia voidaan toteuttaa joko invasiivisesti tai ei-invasiivisesti. Invasiivisessa elektromyografiassa lihaksiin kiinnitetään neulaelektrodeja, kun taas ei-invasiivisessa elektromyografiamittauksessa käytetään elektrodeja, jotka sijoitetaan ihon pinnalle mittamaan lihasten sähköisiä signaaleja. (Mayoclinic 2019)

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on vertailla Turun ammattikorkeakoulun Health Tech Labin kahta eri EMG-mittauslaitetta, ja niiden tuottamaa dataa luotettavuuden arvioinniksi. Koe suoritettiin Biopac MP160:llä, jossa oli kytkettynä tähän kokeeseen tarvittava moduuli EMG2-R, ja tämän mittalaite EMG2-4.3, sekä Shimmer3 ECG/EMG ExG yksiköllä ja näiden ohjelmistoilla.

Koe toteutettiin mittaamalla viideltä testihenkilöltä molemmilla laitteilla samanlainen raskastesti, jonka tuloksilla haluttiin selvittää, onko mittausdata samanlaista ja luotettavaa.

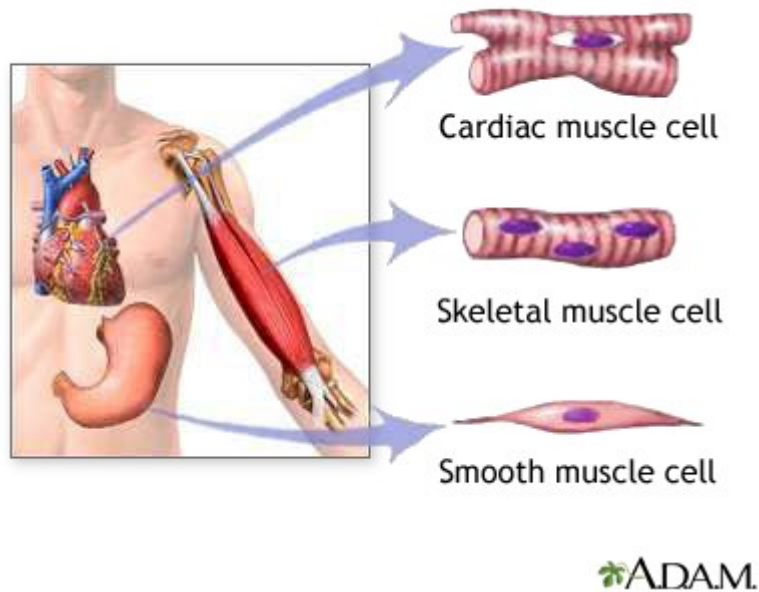
2 Elektromyografia

Elektromyografia (EMG) on lääketieteellinen diagnostinen menetelmä, jota käytetään lihasten ja niitä hallitsevien hermojen terveyden arviointiin (Mayoclinic 2019). Menetelmässä mitataan lihaksen sähköistä aktiivisuutta, joka johtuu hermosta tulevasta stimulaatiosta. EMG-testi sisältää yhden tai useamman elektrodin asettamisen lihakseen tai lihaksen päälle, tämän jälkeen koehenkilöä pyydetään rentouttamaan ja supistamaan lihaksiaan, jonka jälkeen sähköiset signaalit tallennetaan, ja analysoidaan. Tämän jälkeen tulokset tulkitaan yhden, tai useamman lääkärin toimesta. (Hopkinsmedicine n.d.)

EMG-testi tarjoaa syvällisen näkymän lihasten tuottamiin sähköisiin signaaleihin levossa ja käytössä (MedilinePlus 2021). Se on yleisesti käytetty diagnosoimaan tiloja, kuten rannekanavaoireyhtymää, puristuneita hermoja, lihasdystrofiaa, amyotrofista lateraaliskleroosia (ALS), hermojen perifeeristä neuropatiaa ja myasteniaa. (Cleveland Clinic 2016; Feinberg n.d.)

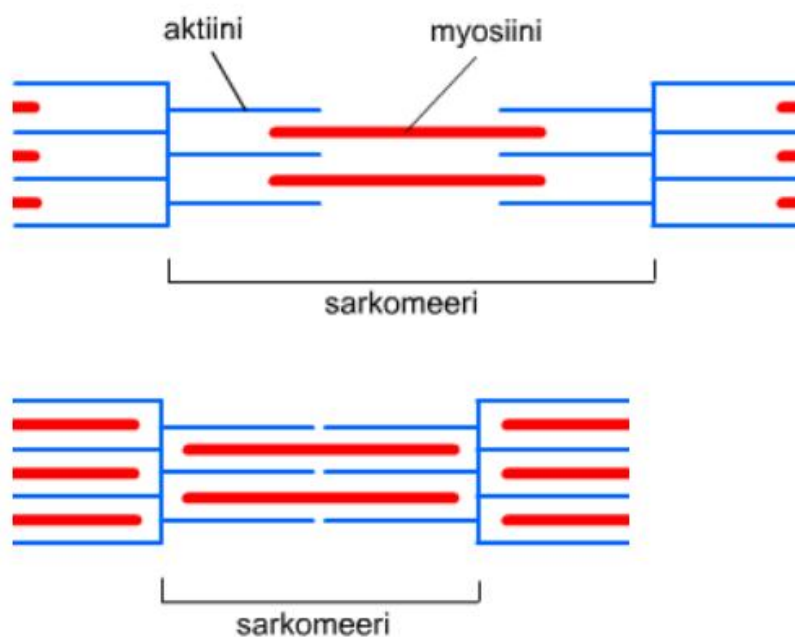
2.1 Lihaksisto ja lihasten rakenne

Ihmiskehosta löytyy noin 600 lihasta, joista jokainen koostuu lihassoluista. (Cleveland Clinic 2021). Luustolihakset ovat kiinni luissa ja toimivat yhdessä välittääkseen keholle liikettä ja voimaa. (Kidshealth 2023) Lihakset voidaan luokitella kolmeen päätyyppiin ulkoisen anatomian perusteella: poikkijuovaiset, eli luustolihakset (skeletal muscle cell), juovattomat, eli sileään lihaskudokseen (smooth muscle cell) ja sydänlihaskudokseen (cardiac muscle cell). (Betterhealth 2012; Curtin ym. 2023) Kuva 1 esittää eri lihassolujen sijainteja sekä rakennetta.



Kuva 1. Erilaisia lihassolurakenteita ja sijainteja (Diego Beltran 2015).

Lihasyiden määrä voi vaikuttaa elektromyografian mittaamisessa tuotettuun dataan. (Cleveland Clinic 2021; National cancer institute n.d.) Lihassyiden paksuus ja pituus voivat myös vaikuttaa EMG -dataan, vaikka pinta elektromyografiasta tätä ei välttämättä pystyvä suoraan määrittämään. (Kidshealth 2023; Betterhealth 2012) Prosessi alkaa, kun liikehermo lähettää hermoimpulssin, joka saa aikaan tapahtumasarjan, jossa kalsium ionit vapautuvat sarkoplasmakalvosta, jonka jälkeen ne kiinnittyvät lihassolujen proteiinisäikeeseen, myosiiniin. Tämä antaa lihassolujen aktiini ja myosiinisäikeille mahdollisuuden liukua toisiinsa nähden lomittain. Tätä kutsutaan lihaksen supistumiseksi. (Biologiikka 2019; Bioninja n.d.; Wakim, Grewal 2022) Kuva 2 esittää aktiinin ja myosiinin lomittumista.



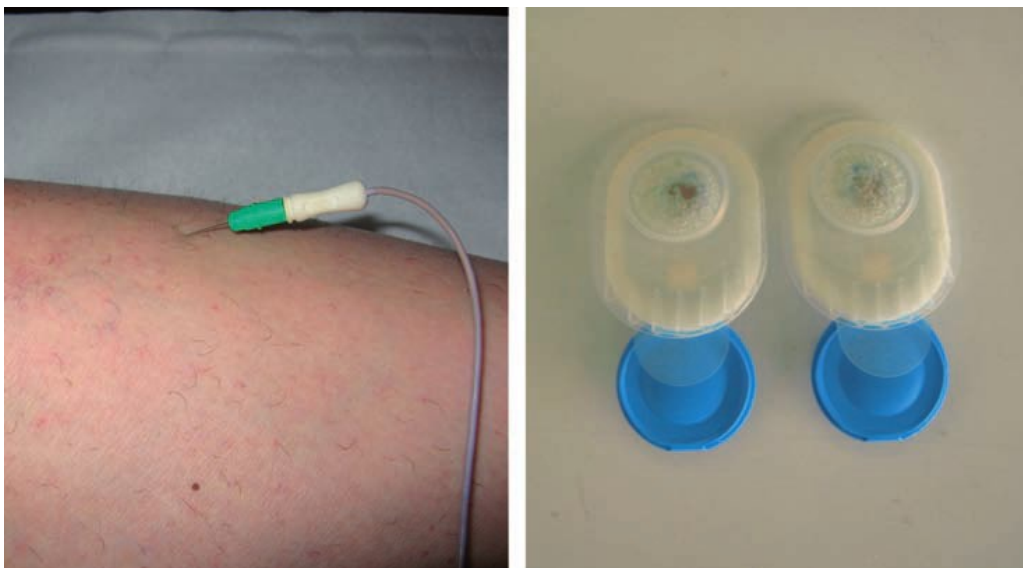
Kuva 2. Kuvassa havainnollistuu, miten myosiini ja aktiini lomittautuvat (Otavan opisto).

Kun hermoimpulssin lähettäminen loppuu, kemiallinen reaktio, joka aiheuttaa lihassäikeiden proteiinien uudelleenjärjestelyä, pysähtyy ja aktiini sekä myosiinisäikeet erkanevat. (Visiblebody n.d.)

2.2 EMG:n mittaaminen

Testit ovat pääasiallisesti vaarattomia, mutta niissä on potentiaalisia riskejä, mukaan lukien neulan asettamiseen liittyvä kipu, mustelmat tai verenvuoto, infektiot ja hermovauriot. (Cleveland clinic 2016; Martinek, ym. 2021)

Perinteisen neulan EMG:n lisäksi on vaihtoehtoisia tekniikoita, jotka mitataan elektromyografiaa, mm. pinta elektromyografia, mekanomyografia (MMG), elektroneuromyografia (ENMG), ja elektrogastrografia (EGG). (Al-mulla, Sepuelveda & Colley 2011; Martinek ym. 2021). Kuva 3 esittää miltä yleisimmät EMG-elektrodit näyttävät.



Kuva 3. Neulaelektrodi ja pintaelektrodi vierekkäin. (Núria Massó 2010)

Nämä menetelmät arvioivat lihasten ja moottorineuronisen terveyden, sekä EMG-amplitudin. (Mayoclinic 2019; Renshaw, R.Bice, Cassidy, Eldrigde, Powell 2010) Ei-invasiiviset elektromyografian mittaustekniikat sisältävät elektrodien asettamista ihon pinnalle lihaksen supistuksesta aiheutuvien sähköisten virtojen havaitsemiseksi. (Mayoclinic 2019; Renshaw ym. 2010)

2.3 EMG mittausdatan analysointi

EMG-signaali on biosähköinen signaali, joka mittaa lihasten supistuksen aikana syntyviä sähkövirtoja ja edustaa neuromuskulaarista aktiivisuutta.

Hermojärjestelmä aina ohjaa lihastoimintaa (supistumista/rentouttamista). Siksi EMG-signaali on monimutkainen signaali, johon vaikuttaa lihasten anatomiset ja fysiologiset ominaisuudet, ja joka kulkiessaan eri kudosten läpi vastaanottaa häiriötä, jota kutsutaan kohinaksi. (Di nardo, Morano, Strazza & Fioretti, 2022)

EMG-signaalien analysointi vaatii kehittyneitä menetelmiä signaalien havaitsemiseen, erotteluun, käsittelyyn ja luokitteluun. (Di nardo ym. 2022) Signaalin havaitseminen tarkoittaa EMG-signaalin läsnäolon tunnistamista

tietyssä ympäristössä. Käsittelyllä tarkoitetaan kohinan ja muiden ei-toivottujen osien suodattamista pois signaalista. Erottelussa signaali jaetaan sen komponentteihin, kun taas luokittelua käytetään signaalin kuvioiden tunnistamiseen. (Di nardo, ym. 2022) Tämä signaali on yleensä ajan funktio ja se kuvaillaan sen amplitudin, taajuuden ja vaiheen suhteen. On olemassa monia tapoja analysoida puhdistettua signaalia, mm. aika-alue analyysi (Time-domain analysis). Jossa tutkitaan raa'an EMG -signaalin amplitudia, kestoa ja taajuutta. Väsymysanalyysi (Fatigue analysis): Tämä edellyttää EMG-signaalin muutosten analysointia ajan kuluessa, jotta voidaan tutkia lihasväsymyksen alkua ja etenemistä. (Motion Lab Systems 2009; McDonald, Mulla, Keir, 2018). Aaltomuotoanalyysi (Waveform analysis): Tämä edellyttää EMG-aaltomuodon muodon ja keston analysointia, jotta voidaan saada tietoa lihaksen aktivoitumisen ajankohdasta ja kaavioista. (Motion Lab Systems 2009) Amplitudiin perustuva analyysi: Tämä edellyttää EMG-signaalin amplitudin tutkimista, jotta voidaan määrittää lihaksen aktivaation taso. (Ahmad, Shair, Marhaban, Tamrin & Abdullah 2017)

Yksi yleisimmistä amplitudiin perustuvista EMG-signaalien analyyseistä on RMS-analyysi (Root mean square). RMS-analyysi perustuu EMG-signaalin neliöllisen keskiarvon neliöjuuren laskemiseen määritellyn ajanjakson yli. Tämä antaa lihasaktiivisuuden kokonaisuutta kuvaavan mittauksen tältä ajanjaksolta. On tärkeää huomata, että pelkästään amplitudiin perustuvat analyysit eivät anna tietoa lihastoiminnan ajankohdasta tai kestosta, mikä voi olla tärkeää joissain tapauksissa. Siksi amplitudiin perustuvat analyysit yhdistetään usein muihin tekniikoihin, kuten aika-alue analyysiin, jotta voidaan saada kattavampi kuva lihastoiminnoista. (Di nardo ym. 2022)

3 Mittaukset

3.1 Pohjustus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kahden eri laitteen tuottamaa EMG-mittausdataa ja näiden keskistä luotettavuutta. Kokeisiin osallistui viisi perustervettä 22–27-vuotiasta koehenkilöä, ja molempien laitteiden osalta testit suoritettiin samoilla koehenkilöillä. Kyseiseen rastitustestiin päädyttiin kokeen yksinkertaisuuden vuoksi. Tämä mahdollisti standardisoidun testin toiston, ilman suurempia muuttujia.

3.2 Laitteisto

Opinnäyte työn tarkoituksena, on verrata Turun ammattikorkeakoulun Health Tech Labin kahta eri EMG-mittaus laitetta. Laitteiden rajallisuuden ja testi mielessä liikuteltavuuden vuoksi laitteiksi valittiin Biopac MP160:lla, jossa oli kytkettynä tähän kokeeseen tarvittava moduuli EMG2-R ja tämän mittalaite EMG2-4.3. kuva 4 Esittää Biopac MP160 laitteen ulkonäön. kuva 5 Esittää EMG2-4.3 mittalaitteen ulkonäön.



Kuva 4. Biopac MP160.



Kuva 5. EMG2-4.3 -mittalaite.

Sekä Shimmer3 ECG/EMG ExG yksiköllä ja näiden ohjelmistoilla. Kuvassa 6 Esitettynä kokeessa käytetty Shimmer 3 ECG/EMG ExG -yksikkö.



Kuva 6. Shimmer 3 ECG/EMG ExG -yksikkö.

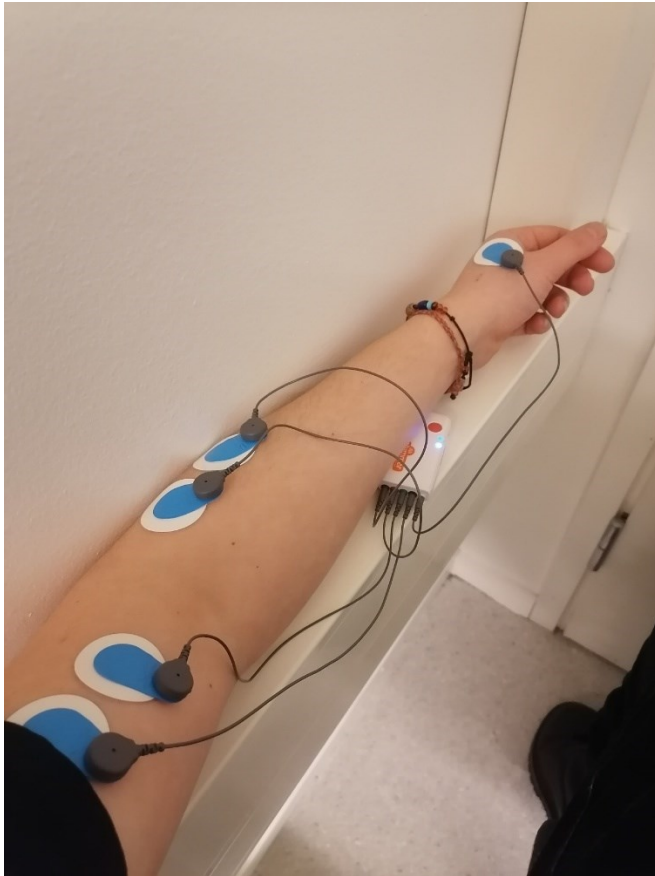
3.3 Tutkimuksen eteneminen

Tutkimushenkilöille asetettiin viisi elektrodia kiinni käteen. Kuvassa 7 kokeessa käytetyistä elektrodeista.



Kuva 7. Kokeessa käytettyjä pinta-elektrodeja.

Nämä asetettiin Shimmer3 käyttöoppaan mukaisesti tarkimman tuloksen saamiseksi. Näistä yksi kappale asetettiin peukalon viereen, extensor pollicis brevis lihaksen päälle, jota ohjaa värttinähermo (lat. Nervus radialis), kaksi kappaletta olkalihaksen, jota ohjaa lihas-ihohermo (lat. n. musculocutaneus), sekä kaksi kappaletta olkavärttinäluulihaksen päälle, jota ohjaa myöskin värttinähermo (lat. Nervus radialis). Kuvassa 8 näkyy elektrodien sijainti kädessä.



Kuva 8. Elektrodien sijainti kädessä.

Koehenkilöiden tehtävä oli nostaa yksi 1 kg:n painoinen kuorma, joka oli 50 senttimetrin pituisella narulla kiinnitettynä puutankoon, pyörittämällä ranteitaan, jotta naru kiertyy tangon ympärille, nostaen kuormaa ylöspäin. Kuva 9 esittää kokeessa käytetyn rasituslaitteen.



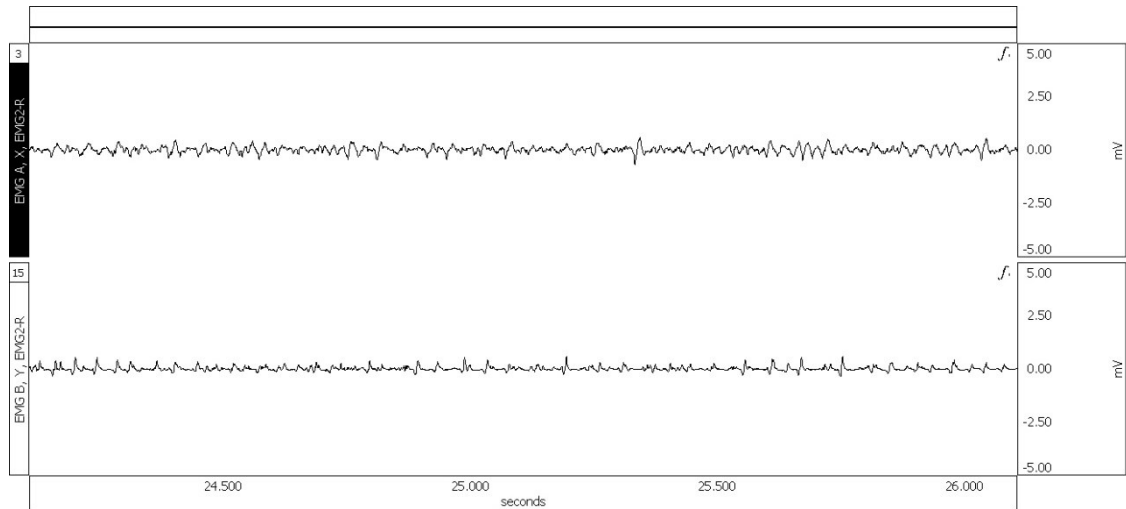
Kuva 9. Kokeessa käytetty rasituslaite.

Koe aloitettiin seisoma-asennosta nostamalla kädet rasituslaitteen kanssa 90°:n kulmaan, vaakasuoraan rinnan tasolle, kämmenpuoli alaspäin. Tämän jälkeen painoa rullattiin kepin ympärille, joka rasittaa kädessä olevia lihaksia, täten tuottamalla EMG-mittausdataa. Tämä sama testi suoritettiin molemmilla laitteilla samalla tavalla, ja kaikilla koehenkilöillä oli eletrodit samoissa paikoissa läpi molempien testien.

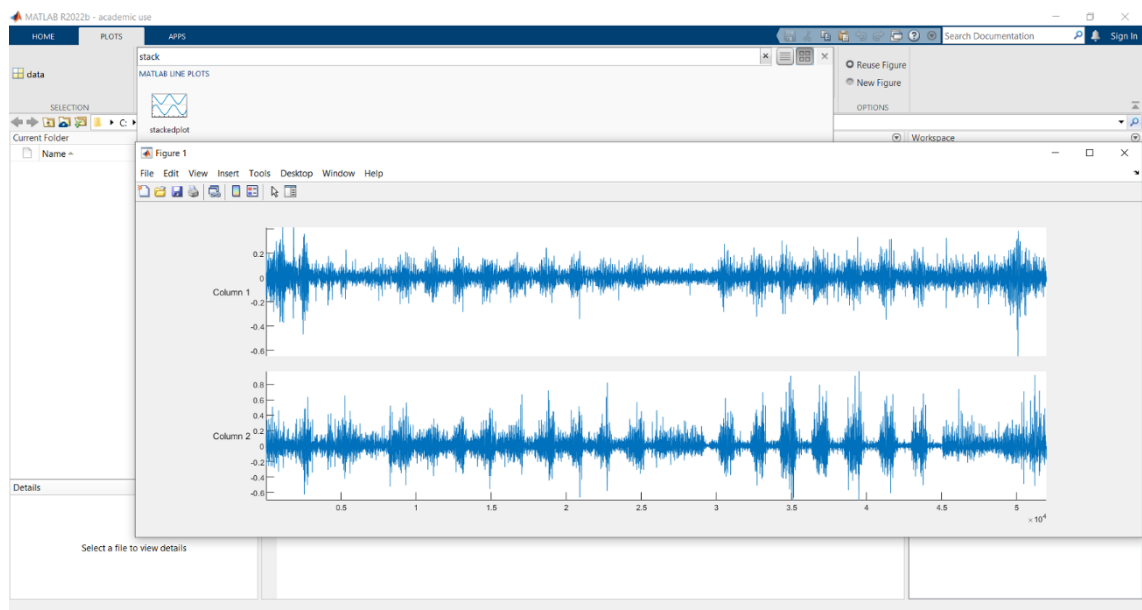
3.4 Tulosten tarkastelu

Biopac 160 mittalaitteen EMG2-4.3:n tuottama data oli analysoitavissa tämän yhteydessä käytettävän AcqKnowledge-ohjelmiston avulla testin aikana. Aineiston analysointiin jälkeenpäin tämä ei kuitenkaan soveltunut, sillä ohjelmisto vaati sen sisältävän USB-tikun pitämistä kiinni koneessa koko tämän ajan, mikä oli mahdotonta järjestää.

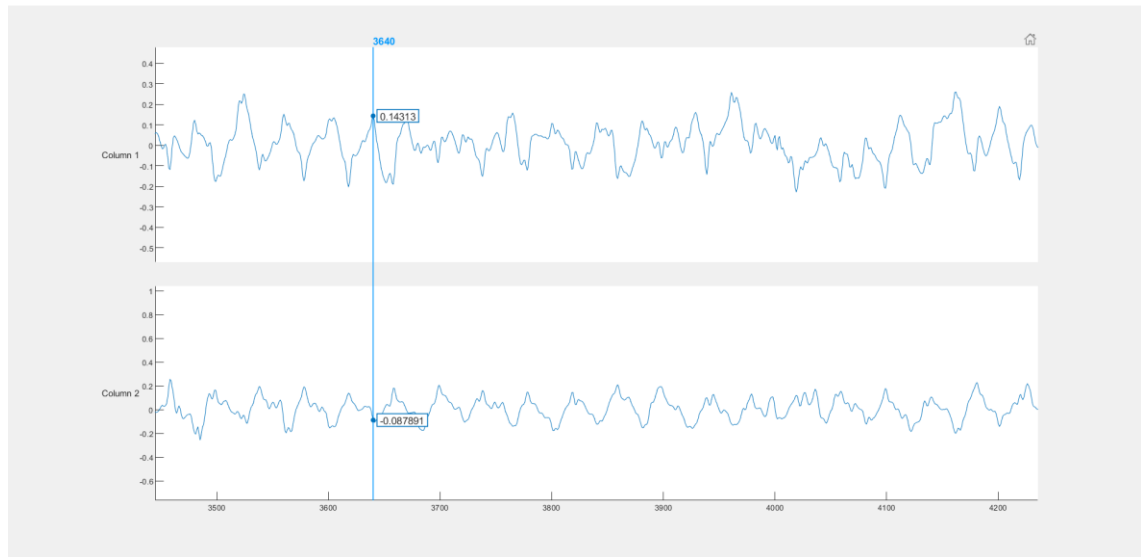
Kuvien 10 ja 11 ylemmistä käyristä on havaittavissa hauislihaksen rasituksessa tuotettu jännite, ja alemmissä käyrissä on havaittavissa olkavärttinälihaksesta tuleva jännite millivolteina. Data analysoitiin jälkeempään MATLAB - ohjelmistolla. MATLAB-ohjelmistolla kuvaa suurentamalla voimme havainnollistaa, miten jännite vaihtelee jokaisen pyöräytyksen yhteydessä. Kuva 12 esittää pieninerojen havaitsemisen ohjelmistolla.



Kuva 10. Kuvankaappaus yhden koehenkilön tuloksista AcqKnowledge-ohjelmistolla.



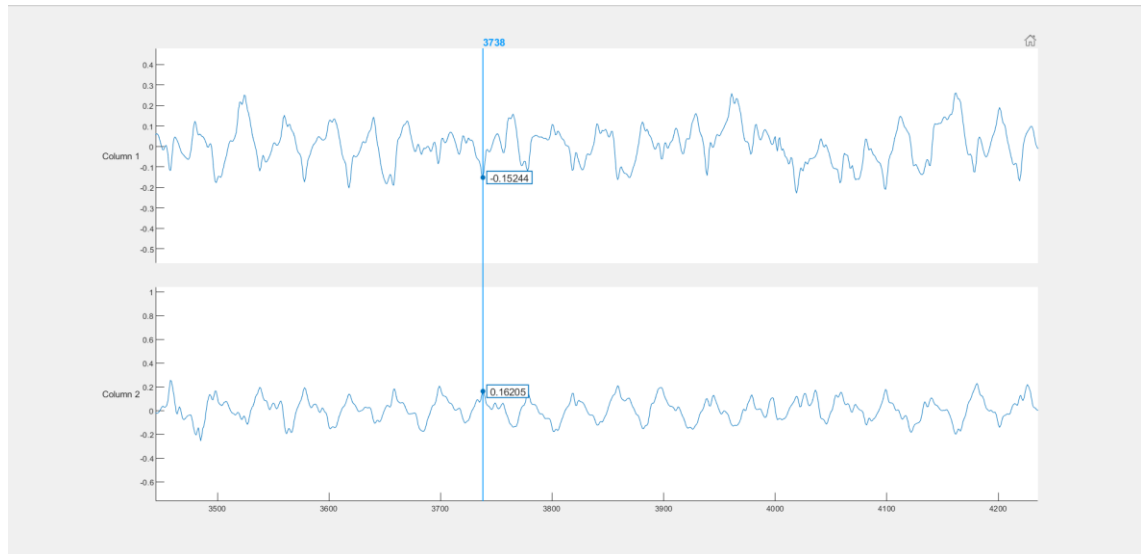
Kuva 11. Kuva MATLAB -ohjelmistosta yhden koehenkilön mittaustuloksista.



Kuva 12. Pyöräytyksen yhteydessä tapahtuva jännite-ero hauis ja olkavärttinäluulihaksen välillä.

Tämä osoittautui hyväksi aineistojen analysointiohjelmistoksi, sillä se mahdollisti datan pienienkin millivolttien (mV) eroittelun ja tutkimisen.

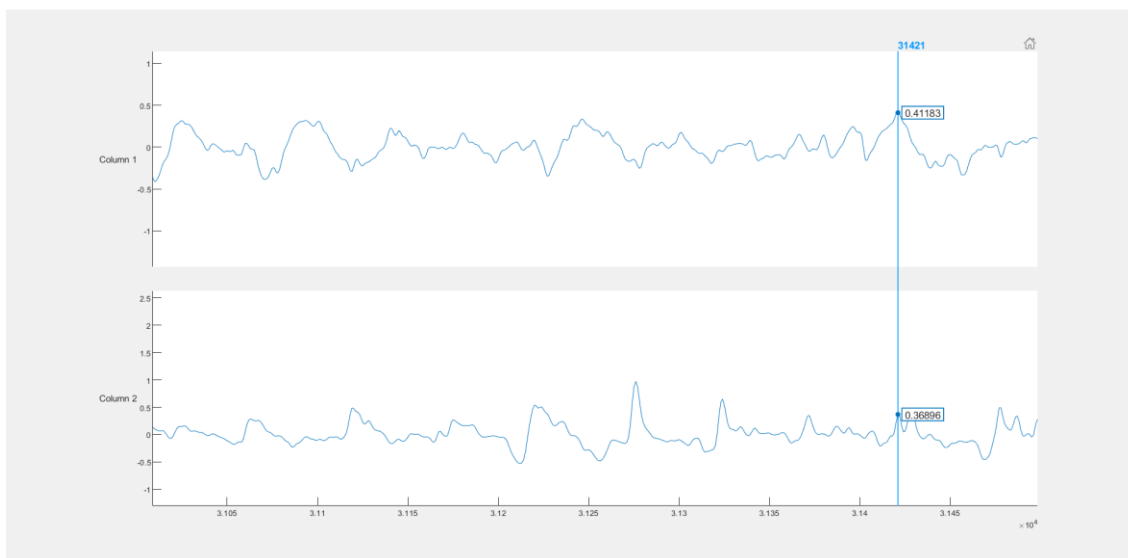
Kuvan 12 mukaisesti voidaan havaita, että hauiksen jännittyessä, olkavärttinäluulihaksen jännite laskee. Tämä johtuu lihasten välisestä, joko agonisesta, antagonisesta tai synergisestä-, suhteesta. (Duodecim 2023; BBC n.d.; Biga, Dawson, Harwell, Hopkins, Kaufmann, LeMaster, Matern, Morrison-Graham, Quick, & Runyeon 2022) kuva 13 havainnollistaa olkavärttinälihaksen jännitteen nousemisen ja hauislihaksen jännitteen samanaikaisen laskun rasituksen aikana.



Kuva 13. Olkavärttinäluu- ja hauislihaksen jännitemuutokset.

Agonisti- ja antagonistilihakset ovat lihasparit, jotka työskentelevät yhdessä liikkeen tuottamiseksi. (BBC n.d.; Biga, ym. 2022) Agonistilihakset supistuvat tuottaakseen liikkeen, kun taas antagonistilihakset rentoutuvat tai pidentyvät. (Williams n.d.) Esimerkiksi kun suoritetaan hauiskääntö, hauis on agonisti, joka supistuu liikkeen tuottamiseksi, kun taas ojentajat ovat antagonisteja, jotka rentoutuvat sallien liikkeen tapahtumisen. (BBC n.d.) Synergistit ovat lihaksia, jotka auttavat liikkeen tuottamisessa. Synergistit voivat myös olla kiinnittäjiä, jotka stabiloivat lihaksen kiinnityskohtaa. (Biga, ym. 2022) Antagonisteilla on kaksi tärkeää roolia lihastoiminnassa: ne ylläpitävät kehon tai raajan asentoa, kuten käsivarren pidättämistä suorana tai seisomista pystyasennossa, ja ne hallitsevat nopeita liikkeitä. (Biga, ym. 2022) Kaikki kehon liikkeet koordinoidaan näiden lihasryhmien yhteistoiminnan avulla, ja näiden toimiva yhteisvaikutus on ratkaiseva onnistuneen liikkeen kannalta. (BiologyOnline 2022)

Olkavärttinäluulihas, sekä hauislihas eivät kumpikaan kuitenkaan ole täysin agonistinen tai antagonistinen, sillä ne työskentelevät yhdessä joissakin liikkeissä mutta vastakkain toisissa. kuva 14 näyttää, että jännite-ero ei ole aina niin selkeä.



Kuva 14. esittää näiden lihasten synergistä toimintaa, molempien käyrien samansuuntaisuudella.

Esimerkiksi varttinäluulihakas on kyynärvarren lihas, joka auttaa kyynärvarren koukistamisessa ja kämmenen kääntämisessä ylöspäin, kun taas hauislihas on kaksipäinen lihas, joka toimii pääasiassa kyynärvarren koukistajana ja kämmenen kääntäjänä ylöspäin. Kuitenkin joissakin liikkeissä, kuten kämmenen kääntämisessä alaspäin, kaksi lihasta voivat toimia vastakkain.

Kokonaisuudessaan varttinäluulihaksen ja hauiksen välinen suhde on monimutkainen ja riippuu suoritettavasta liikkeestä. (Biga, ym. 2022)

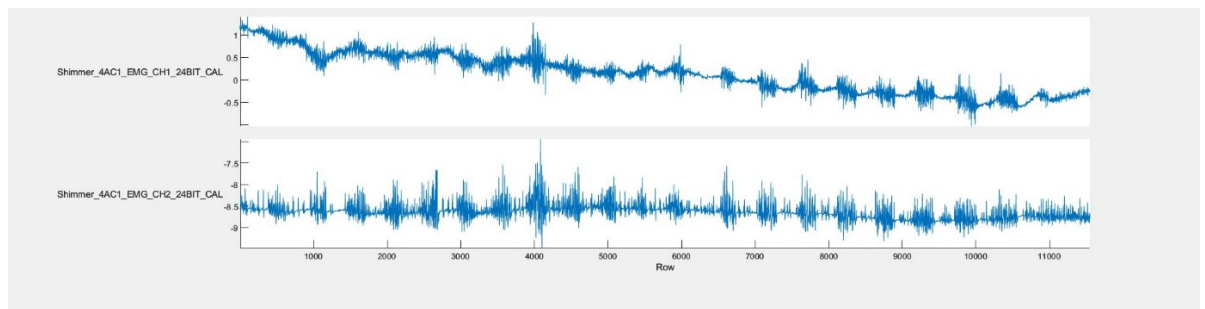
Shimmer3 ECG/EMG ExG unitin tuottama mittausdata tallennettiin .csv -muotoon. Taulukossa 1 on esimerkki Shimmerin tuottamasta raakadatasta.

Taulukko 1. Otos Shimmerin tuottamasta raakadatasta taulukossa.

	A	B	C	D
1	Shimmer9507_Timestamp_Unix_CAL	Shimmer9507_ECG_EMG_Status1_CAL	Shimmer9507_EMG_CH1_16BIT_CAL	Shimmer9507_EMG_CH2_16BIT_CAL
2	ms	no units	mV	mV
3	1.4353185606629333E12	128.0	-1.9756157109286783	4.151254819381288
4	1.4353185606648865E12	128.0	-1.9756157109286783	4.151254819381288
5	1.4353185606668396E12	128.0	-1.9479201635792107	4.138945687225969
6	1.4353185606687927E12	128.0	-1.9479201635792107	4.138945687225969
7	1.4353185606707458E12	128.0	-1.9202246162297434	4.13279112114831
8	1.435318560672699E12	128.0	-1.9202246162297434	4.13279112114831
9	1.435318560674652E12	128.0	-1.914070050152084	4.138945687225969
10	1.4353185606766052E12	128.0	-1.914070050152084	4.138945687225969
11	1.4353185606785583E12	128.0	-1.9202246162297434	4.12355927203182
12	1.4353185606805115E12	128.0	-1.9202246162297434	4.12355927203182
13	1.4353185606824646E12	128.0	-1.9325337483850622	4.102018290760013
14	1.4353185606844177E12	128.0	-1.9325337483850622	4.102018290760013
15	1.4353185606863708E12	128.0	-1.9325337483850622	4.102018290760013
16	1.435318560688324E12	128.0	-1.9325337483850622	4.102018290760013
17	1.435318560690277E12	128.0	-1.9417655975015513	4.111250139876502
18	1.4353185606922302E12	128.0	-1.9417655975015513	4.111250139876502
19	1.4353185606941833E12	128.0	-1.9479201635792107	4.108172856837672
20	1.4353185606961365E12	128.0	-1.9479201635792107	4.108172856837672
21	1.4353185606980896E12	128.0	-1.9417655975015513	4.083554592527034
22	1.4353185607000427E12	128.0	-1.9417655975015513	4.083554592527034
23	1.4353185607019958E12	128.0	-1.944842880540381	4.098941007721183
24	1.435318560703949E12	128.0	-1.944842880540381	4.098941007721183
25	1.435318560705902E12	128.0	-1.9602292957345298	4.086631875565864
26	1.4353185607078552E12	128.0	-1.9602292957345298	4.086631875565864
27	1.4353185607098083E12	128.0	-1.9602292957345298	4.077400026449375

Tämä mahdollistaa datan analysoinnin esimerkiksi MATLAB -ohjelmistolla.

kuvassa 15 Shimmerin raakadata visualisoitu MATLAB -ohjelmistolla



Kuva 15. Visualisoitu Shimmer data. Ylempänä on olkavärttinäluulihaksen EMG-impulssit ja alempana kuvattuna hauislihaksen.

4 Yhteenveto

Tavoitteena oli testata ja tuottaa EMG -mittausdataa kahden eri Turun Health Tech Labin laitteella, ja verrata niiden keskinäistä luotettavuutta. Molempien mittalaitteiden tuottama .csv data on hieman erilaista, kuten voidaan havaita kuvista 12. & 15. Vaihtelu oli Biopac 160:ssa -1 mV – 2 mV ja Shimmerissä -16,5 mV – 18 mV. Mittaustuloksiin on voinut myös vaikuttaa muut huoneessa olevat elektroniset laitteet, esimerkiksi puhelimet, tietokoneet ja/tai muut Turun ammattikorkeakoulun Health Tech Labin laitteet.

Tutkimuksen tarkoituksen ollessa luoda mittausdataa kahdesta eri EMG-mittausdataa keräävästä laitteesta, ja niiden luotettavuuden arvioinnista tulosten perusteella, on todettava, että tässä työssä ei ollut aikaisempaa dataa mihin olisin voinut verrata näitä tuloksia.

Biopac osoittautui mittaustuloksissa kuitenkin tarkemmaksi, ja sen tuottamissa mittaustuloksissa ei ollut havaittavissa yhtä paljon kohinaa kuin Shimmerissä. Suurin huomiota herättävä aspekti on millivolttien vaihteluvälin eroavaisuudet, joissa Biopac osoittui vähemmän alttiiksi ulkoisille häiriöille.

Molemmat laitteet kuitenkin soveltuvat EMG-mittausdatan nauhoittamiseen, eri tarkoitusta varten. Biopac on selkeästi tarkempi ja soveltuu tehokkaammin lääketieteellisiin tutkimuksiin, mutta sen mittauslaitteen käyttö on rajattu vain Biopacin läheisyyteen. Shimmer3 on kätevä työkalu EMG-mittausdatan päivittäiseen seuraamiseen, sillä se on huomattavasti liikuteltavampi laite. Se kykenee nauhoittamaan mittaustulokset suoraan laitteen sisällä olevalle SD-muistikortille, josta ne voidaan siirtää tietokoneeseen, johon on kertaalleen asennettu Consensus-ohjelmisto. Tässä on kuitenkin vielä erikseen huomioitava ulkoisten häiriöiden mahdollinen vaikutus mittaustuloksiin.

Suurimpana haasteena tässä olikin nauhoitetun EMG-mittausdatan analysointi, sillä molempien laitteiden tuottamasta raaka datasta olisi haastavaa analysoida mittaustuloksia ilman ohjelmallistollista apua. Onneksi tässä tilanteessa oli kuitenkin käytettävissä MATLAB-ohjelmisto, jonka avulla raakadatasta oli

mahdollista saada luotua hyvinkin yksinkertaisesti monenlaisia analysointia helpottavia kaavioita.

EMG-mittausdata oli kuitenkin molemmissa laitteissa vertailukelpoista, mutta näiden keskeisten luotettavuuden varmistamiseksi tulisi näiden kesken toteuttaa vielä useampia erilaisia mittaustuloksia vertailevia tutkimuksia.

Lähteet

Al-mulla Mohamed R., Sepuelveda Francisco & Colley Martin. 2011. A Review of Non-Invasive Techniques to Detect and Predict Localised Muscle Fatigue. Viitattu 10.1.2023 [A Review of Non-Invasive Techniques to Detect and Predict Localised Muscle Fatigue - PMC \(nih.gov\)](#)

BBC. n.d.. Musclar system. Viitattu 26.2.2023 <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zct2hv4/revision/2>

Betterhealth. 2012. Muscles. Viitattu 12.1.2023 [Muscles - Better Health Channel](#)

Biga Lindsay, Dawson Sierra, Harwell Amy, Hopkins Robin, Kaufmann Joel, LeMaster Mike, Matern Philip, Morrison-Graham Katie, Quick Devon & Runyeon Jon. 2022. Describe the roles of agonists, antagonists and synergists. Viitattu 26.2.2023 <https://open.oregonstate.education/aandp/chapter/11-1-describe-the-roles-of-agonists-antagonists-and-synergists/>

Biologiikka. 2019. Tuki- ja liikuntaelimistö. Viitattu 10.2.2023 <https://www.biologiikka.com/2019/05/14/tuki-ja-liikuntaelimisto/>

BiologyOnline. 2022. Definition of Antagonistic Muscle. Viitattu 26.2.2023 <https://www.biologyonline.com/dictionary/antagonistic-muscle>

Bioninja. n.d.. Muscle Contraction. Viitattu 10.2.2023 [Muscle Contraction | BioNinja](#)

Cleveland Clinic. 2016. EMG (Electromyography). Viitattu 20.12.2022 [Electromyography \(EMG\): Testing, Muscle Weakness, Nerve Damage \(clevelandclinic.org\)](#)

Cleveland Clinic. 2021. Muscle. Viitattu 12.1.2023 [Muscle: Types of Muscles, Functions & Common Conditions \(clevelandclinic.org\)](#)

Curtin Nancy A., Huw Crompton Robin, Davies Robert E., McNeill Robert, Walker Warren F., Gergely John, Newsom-Davis John M., Warshaw John M.,

McNeill Robert Alexander, Alpert Norman R., Wood Bernard. 2023. Muscle. Viitattu 10.2.2023 [Muscle | Systems, Types, Tissue, & Facts | Britannica](#)

Di nardo Francesco, Morano Martina, Strazza Annachiara & Fioretti Sandro. 2022. Muscle Co-Contraction Detection in the Time–Frequency Domain. Viitattu 19.2.2023 <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/13/4886>

Duodecim. 2023. Lääketieteen sanasto. Viitattu 26.2.2023 <https://www.terveyskirjasto.fi/ltt00220>

Feinberg Joseph. n.d.. EMG Testing: A Patient's Guide. Viitattu 28.1.2023 [EMG Tests: Overview of Electromyographic Nerve Tests | HSS](#)

Hopkinsmedicine. n.d.. Electromyography (EMG). Viitattu 20.12.2022 [Electromyography \(EMG\) | Johns Hopkins Medicine](#)

Kidshealth. 2023. Your Muscles. Viitattu 7.2.2023 [Your Muscles \(for Kids\) - Nemours KidsHealth](#)

Martinek Radek, Ladrova Martina, Sidikova Michaela, Jaros Rene, Behbehani Khosrow, Kahankova Radana & Kawala-Steirniuk Aleksandra. 2021. Advanced Bioelectrical Signal Processing Methods: Past, Present and Future Approach—Part II: Brain Signals. Viitattu 10.1.2023 [Sensors | Free Full-Text | Advanced Bioelectrical Signal Processing Methods: Past, Present and Future Approach—Part II: Brain Signals \(mdpi.com\)](#)

Mayoclinic. 2019. Electromyography (EMG). Viitattu 20.12.2022 [Electromyography \(EMG\) - Mayo Clinic](#)

McDonald Alison, Mulla Daanish, Keir Peter. 2018. Using EMG Amplitude and Frequency to Calculate a Multimuscle Fatigue Score and Evaluate Global Shoulder Fatigue. Viitattu 19.2.2023 [Using EMG Amplitude and Frequency to Calculate a Multimuscle Fatigue Score and Evaluate Global Shoulder Fatigue - Alison C. McDonald, Daanish M. Mulla, Peter J. Keir, 2019 \(sagepub.com\)](#)

Motion Lab Systems. 2009. A software guide for EMG Graphing and EMG Analysis. Viitattu 19.2.2023

https://www.motionlabs.com/pdf/emganalysis_ug.pdf

National cancer institute. n.d.. Introduction to the Muscular System. Viitattu

7.2.2023 [Introduction to the Muscular System | SEER Training \(cancer.gov\)](#)

Renshaw Doug, Bice Matthew, Cassidy Camille, Eldridge James, Powell Douglas. 2010. A Comparison of Three Computer-based Methods Used to

Determine EMG Signal Amplitude. Viitattu 12.1.2023 [A Comparison of Three Computer-based Methods Used to](#)

Shair E.F., Ahmad S.A., Marhaban M. H., Tamrin S. B. Mohd & A. R. Abdullah.

2017. EMG Processing Based Measures of Fatigue Assessment during Manual Lifting. Viitattu 19.2.2023 <https://www.hindawi.com/journals/bmri/2017/3937254/>

Visiblebody. n.d.. Muscle Contractions: How Neurotransmitters And Chemical Reactions Move Muscles And Bones. Viitattu 10.2.2023 [Muscle Contractions |](#)

[Learn Muscular Anatomy \(visiblebody.com\)](#)

Wakim Suzanne, Grewal Mandeep. 2022. Muscle Contraction. Viitattu

10.2.2023 [15.4: Muscle Contraction - Biology LibreTexts](#)

Williams Annie. n.d.. Agonist & Antagonist Muscles: Definition, Tips, and Exercises. Viitattu 26.2.2023

<https://origympersonaltrainercourses.co.uk/blog/agonist-muscle>