

Saimaan ammattikorkeakoulu
Sosiaali- ja terveysala, Lappeenranta
Fysioterapian koulutusohjelma

Eevastiina Hyyrynen, Salli Kirvesmies, Teemu Törö

Suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen elektromyografia-aktiivisuus koko kehon värinä- harjoittelussa multippeliskleroosia sairastavilla

Opinnäytetyö 2016

Tiivistelmä

Eevastiina Hyyrynen, Salli Kirvesmies & Teemu Törö
Suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen elektromyografia-aktiivisuus koko kehon värinäharjoittelussa multippeliskleroosia sairastavilla, 55 sivua, 3 liitettä
Saimaan ammattikorkeakoulu
Sosiaali- ja terveysala Lappeenranta
Fysioterapian koulutusohjelma
Opinnäytetyö 2016
Ohjaaja: yliopettaja Kari Kauranen

Multippeliskleroosi eli MS-tauti on yleisin nuorten aikuisten vakava neurologinen sairaus, jota sairastaa noin 7000 suomalaista. Opinnäytetyön tarkoitus oli selvittää, miten lyhytkestoinen koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuteen MS-tautia sairastavilla. Yhteistyökumppanina opinnäytetyössä toimi Etelä-Karjalan Neuroyhdistys ry.

Opinnäytetyöhön osallistui viisi henkilöä, joilla oli diagnosoitu MS-tauti vähintään vuosi ennen mittauksia. Tutkimus toteutettiin poikittaisasetelmalla, jossa osallistujat kävivät mittauksissa yhden kerran. Osallistujilta mitattiin suoran reisilihaksen (*rectus femoris*) ja kaksoiskantalihaksen mediaalisen pään (*gastrocnemius, caput mediale*) EMG-aktiivisuutta pintaelektrodein. Mittaus tehtiin isometrisessä maksimisuorituksessa ennen värinäalustalla tehtävää koko kehon värinäharjoittelua ja alaraajojen dynaamisten lihasvoimaharjoitteiden aikana, minkä jälkeen tehtiin samat lihasvoimaharjoitteet värinän kanssa. Lopuksi mitattiin isometrinen maksimivoima.

EMG-aktiivisuus suorassa reisilihaksessa oli keskimäärin 49 % ja kaksoiskantalihaksen sisemässä päässä 57 % korkeampaa koko kehon värinän aikana tehdyissä harjoitteissa kuin isometrisessä maksimivoimantuotossa. EMG-aktiivisuus värinän aikana tehdyissä harjoitteissa oli suorassa reisilihaksessa keskimäärin 6 % ja kaksoiskantalihaksen sisemässä päässä 3 % korkeampaa kuin ilman värinää tehdyissä harjoitteissa.

Työn tulosten perusteella koko kehon värinäharjoittelua voidaan mahdollisesti käyttää harjoittelua tai testausta edeltävänä verryttelykeinona tai tehostamaan alaraajojen lihasvoimaharjoittelua. Otoskoon pienuuden takia tulokset eivät ole yleistettävissä. Jatkossa aihetta tulisi tutkia suuremmalla otoskoolla tilastollisen tarkastelun mahdollistamiseksi. MS-tautia sairastavien lihasaktivaatiota voisi tällä asetelmalla verrata myös terveiden henkilöiden lihasaktivaatioon.

Asiasanat: multippeliskleroosi, koko kehon värinäharjoittelu, elektromyografia-aktiivisuus

Abstract

Eevastiina Hyrynen, Salli Kirvesmies, Teemu Törö
Electromyographic activity of rectus femoris and medial head of gastrocnemius in whole-body vibration in patients with multiple sclerosis, 55 pages, 3 appendices
Saimaa University of Applied Sciences
Health Care and Social Services, Lappeenranta
Degree Program in Physiotherapy
Bachelor's Thesis 2016
Instructor: Dr Kari Kauranen, Senior Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences

Multiple sclerosis is the most common severe neurological illness among young adults, and it afflicts approximately 7000 Finns. The purpose of this study was to examine the acute effects of whole-body vibration in electromyographic activation of rectus femoris and medial head of gastrocnemius in patients with multiple sclerosis. The study was carried out in collaboration with Etelä-Karjalan Neuroyhdistys.

Five subjects with multiple sclerosis diagnosed at least one year before participation took part in the study. The study is a cross-sectional study, and the subjects participated in a single measurement. Electromyographic activity (EMG) of rectus femoris and medial head of gastrocnemius in isometric maximal voluntary contraction (MVC) before whole-body vibration (WBV) was measured with surface electrodes. EMG-activity during dynamic lower limb exercises and during the same lower limb exercises with whole-body vibration was measured with surface electrodes. Finally, isometric maximal voluntary contraction was measured.

Based on the results of this study, whole-body vibration can be used as a warm-up method before exercise or MVC testing. Whole-body vibration can also be used to increase the effect of lower limb muscle strength training. The results cannot be generalized due to the small sample size. Further studies with more subjects would enable a proper statistical analysis. With these methods, a study comparing muscle activity of subjects with multiple sclerosis with muscle activity of healthy subjects could be executed.

Key words: multiple sclerosis, whole-body vibration, electromyographic activity

Sisällys

1	Johdanto.....	5
2	Multippeliskleroosi	6
2.1	MS-tautiin liittyvät motoriset ongelmat	7
2.2	Fyysinen aktiivisuus ja motivaatio MS-tautia sairastavilla	11
2.3	MS-tauti ja lihasvoima.....	14
2.4	MS-potilaiden fysioterapia.....	21
3	Koko kehon värinäharjoittelu.....	23
3.1	Koko kehon värinäharjoittelun vaikutukset suorituskykyyn	24
3.2	Värinän aiheuttamat neuraaliset vaikutukset	25
4	Elektromyografia lihaksen sähköisen aktiivisuuden mittaamenetelmänä.....	26
5	Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat	30
6	Opinnäytetyön toteutus.....	30
6.1	Tutkimuksen osallistujat.....	30
6.2	Tutkimusasetelma.....	31
6.3	Tiedonkeruumenetelmät	36
6.4	Tutkimuksen eettisyys.....	38
7	Tulokset	39
8	Pohdinta.....	42
8.1	Aineisto	42
8.2	Menetelmät	44
8.3	Tulokset	46
8.4	Jatkotutkimusaiheet	47
9	Johtopäätökset	47
	Kuvat.....	48
	Taulukot.....	48
	Lähteet.....	49

Liitteet

Liite 1	Saatekirje
Liite 2	Suostumuslomake
Liite 3	Yhteistyösopimus

1 Johdanto

Multippeliskleroosia eli MS-tautia sairastaa Suomessa noin 7000 ja maailmanlaajuisesti yli 2,3 miljoonaa henkilöä. Suurin osa sairastuu tautiin 20–40-vuotiaana. Sairastuneista naisia on noin kaksinkertainen määrä miehiin verrattuna. Tautia aiheuttavat tekijät eivät ole selvillä runsaasta tutkimustyöstä huolimatta. (Hallikainen, Heikkilä, Hämäläinen, Leino, Rantakari, Ruutiainen, Samstén, Toivomäki, Toivonen, Virtanen, & Jalonen 2014.)

MS-taudin oireet hankaloittavat sairastuneen itsenäistä selviytymistä arjen toiminnoista ja heikentävät elämänlaatua. MS-tautiin ei ole parantavaa hoitoa. Sairastuneiden keskimääräinen elinaika diagnoosin jälkeen on noin 38 vuotta (Buhse 2015). Euroopan noin 700 000:sta MS-tautia sairastavasta arviolta 50 % joutuu työttömäksi kolmen vuoden sisällä diagnoosista (Horton, MacDonald, Erickson & Dionigi 2015).

Koko kehon värinäharjoittelun vaikutuksia MS-taudin oireita lievittävänä terapia- ja harjoittelumuotona on tutkittu ristiriitaisin tuloksin (Alguacil Diego, Pedrero Hernández, Molina Rueda & Cano de la Cuerda 2011). Positiivisten fysiologisten vaikutusten vuoksi koko kehon värinäharjoittelua pidetään käyttökelpoisena vaihtoehtona MS-potilaiden kuntoutuksessa. Värinäharjoittelulaitteita onkin käytössä kuntoutuskeskuksissa. Lisätutkimuksia tarvitaan muun muassa lihasten sopeutumisesta kuormitukseen eri parametrein toteutetulla progressiivisella värinäharjoittelulla, EMG-aktiivisuuden ja pohjelihasten voiman mittauksilla. (Broekmans, Roelants, Alders, Feys, Thijs & Eijnde 2010.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten lyhytkestoinen koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuteen MS-tautia sairastavilla henkilöillä. Koko kehon värinää ja sen vasteita yhdistettynä lihaskuntoharjoitteluun on aiemmin tutkittu, mutta sen vaikutukset lihastasolla eivät ole vielä täysin selvillä. Työtä ja sen tuloksia voivat hyödyntää yhteistyötahona toimivan Etelä-Karjalan Neuroyhdistyksen jäsenet lisäinformaation, ohjauksen ja aktivoinnin myötä.

2 **Multippeliskleroosi**

MS-taudilla tarkoitetaan pesäkekovettumatautia, joka on keskushermoston krooninen, tulehduksellinen demyelinaatiosairaus. Demyelinaatiosairaudessa keskushermoston valkea aine vaurioituu pesäkemäisesti, jolloin myeliinitupen vaurioitumisen lisäksi myös aksonin vaurioituminen on mahdollista. Vauriot aiheuttavat motorisia, autonomisia ja kognitiivisia häiriöitä. MS-tauti on nuorten aikuisten yleisin vakava neurologinen sairaus, joka on taudinkulultaan eli etenemisnopeudeltaan ja vaikeusasteeltaan vaikeasti ennakoitavissa. (Alen & Mäkinen 2005, 273-274.)

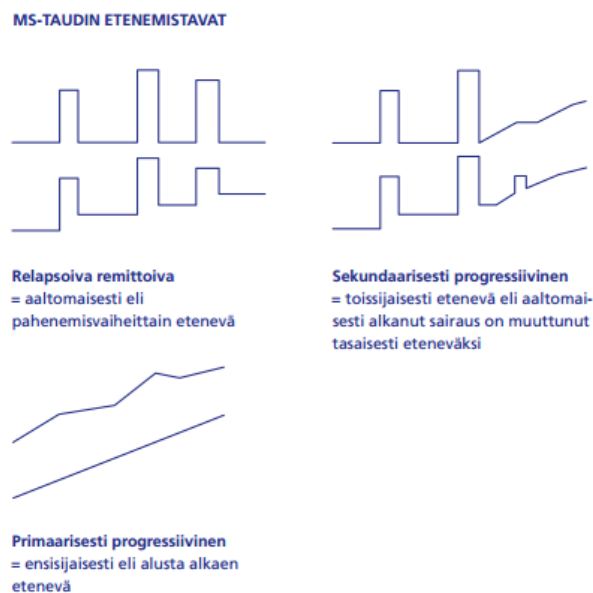
MS-tauti on vielä varsin huonosti tunnettu sairaus. 1800-luvun viimeisinä vuosikymmeninä ymmärrettiin MS-taudin olevan itsenäinen sairaus. Näyttöä sairaudesta on kuitenkin keskiajalta lähtien. Teoriat MS-taudin syntymekanismista ovat vaihdelleet useaan otteeseen. 1900-luvun alussa taudin ajateltiin olevan bakteerin aiheuttama. Myöhemmin syntyi käsitys siitä, että MS-tauti on myrkytyksestä johtuva verenkierron häiriö. 1900-luvun puolivälissä saatiin viitteitä taudin olevan autoimmuuniperäinen. (Rolak 2016.)

Taudin syntymistä pidetään monen eri tekijän yhteisvaikutuksen aiheuttamina, mutta perussy on edelleen tuntematon. Syitä sairastumiseen voivat olla muun muassa perintö- ja ympäristötekijät, lapsena sairastetut infektiosairaudet ja liian vähäinen auringonvalosta saatu D-vitamiini erityisesti pohjoisella pallonpuoliskolla. Perimän merkitys MS-taudin puhkeamisessa on suuri: MS-potilaiden sisaruksilla on 25-kertainen riski sairastua tautiin verrattuna terveiden ihmisten sisaruksiin. (Käypä hoito 2014.)

MS-tauti aiheuttaa myeliinitupen tuhoutumista. Tämä johtaa vähitellen ilmeneviin motoriikan häiriöihin, mikä heikentää merkittävästi fyysistä toimintakykyä. Myös autonomisen hermoston toiminnot häiriintyvät, mikä ilmenee rakon, suolen ja sukupuolielinten toimintahäiriöinä. MS-taudin edetessä esiintyy myös kognitiivisia vaikeuksia. MS-tauti heikentää hermojen toimintaa, lihasten suorituskykyä ja aiheuttaa väsymistä eli fatiikkia. Pyramidiradan vaurioituessa ilmenee spastisuutta ja ataksiaa, sekä ongelmia tasapainossa ja koordinaatiossa. (Alen & Mäkinen 2005, 273-274.)

Tauti jaotellaan etenemismuodon mukaan. MS-tauti etenee monimuotoisesti. Sairauden eri etenemistyypppejä ovat: 1. Relapsoiva remittoiva eli pahenemisvaiheittain (aaltomaisesti) etenevä MS-tauti. 2. Sekundaarisesti progressiivinen eli toissijaisesti etenevä MS-tauti, jossa aaltomaisesti etenevä MS-tauti lopulta muuttuu tasaisesti eteneväksi. 3. Primaarisesti progressiivinen eli sairastumisesta alkaen etenevä MS-tauti. (Hallikainen ym. 2014.)

Aluksi sairaus etenee pahenemisvaiheittain noin 85 %:lla sairastuneista, niin että sairastuneilla voi olla pitkiä oireettomia kausia. Noin puolella sairastuneista tauti muuttuu tasaisesti eteneväksi kahdenkymmenen vuoden kuluessa sairastumisesta. Noin 15 %:lla sairastuneista tauti on alusta alkaen tasaisesti etenevä. Eri etenemismuodot ovat esitettynä oheisessa kuvassa (Kuva 1). (Hallikainen ym. 2014.)



Kuva 1. MS-taudin etenemistavat (Hallikainen ym. 2014)

2.1 MS-tautiin liittyvät motoriset ongelmat

MS-tauti vaikuttaa usein oleellisesti sairastuneiden liikunta- ja toimintakykyyn. Liikkumista vaikeuttavat lihastason ongelmat, kuten lihasten yhteistoiminnan heikentyminen, lihasheikkous ja –jäykkyys. (Hallikainen ym. 2014.) Taudin ensimmäisiä oireita ovat lihasheikkous, huono rasituksen kesto ja kävelyn ongelmat,

jotka ovat tyypillisimpiä ongelmia MS-tautia sairastaville. Lihasjeikkoudesta johtuvat kävelyvaikeudet alkavat nilkan koukistajalihaksista ja etenevät hiljalleen polven- ja lonkankoukistajiin. Alaraajojen lihasten heikkeneminen vaikeuttaa kävelyä ja muuttaa askellusta laahaavaksi. Alaraajojen lihasvoima on yhteydessä yksilön toimintakykyyn ja MS-potilailla alaraajojen lihasvoima heikkenee jatkuvasti sairauden edetessä. Kymmenen vuoden sairastamisen jälkeen noin puolet potilaista tarvitsee apuvälineen 100 metrin kävelymatkalle. (Hartikainen & Herttolin 2013.)

MS-tautia sairastavien fyysistä suoritus- ja toimintakykyä voidaan ylläpitää fyysisellä harjoittelulla ja fysioterapialla, kun taas lihasten spastisuus ja kouristukset vaativat tarkkaan harkittua lääkehoitoa. Eri lääkkeillä pyritään saamaan aikaan immunologisia vaikutuksia, joiden on magneettikuvauksin todettu vähentävän taudin pahenemisvaiheita ja neuronivaurioita. (Hallikainen ym. 2014.)

Tavallisimpia MS-taudin oireita on uupuminen eli fatiikki (engl. *Fatigue*), jonka syntymekanismi on tuntematon. Lapierre & Hum (2007) ovat määrittäneet fatiikin seuraavasti: *Subjekttiivista fyysistä ja/tai henkistä voimattomuutta joka on yksilön tai hoitajan havaittavissa ja häiritsee tavanomaisia tai haluttuja toimintoja*. Fatiikkia esiintyy noin 80 %:lla MS-tautia sairastavista ja 65 – 70 %:lla näistä fatiikki voi olla vaikeaa. Fatiikki lisääntyy päivän kuluessa ja voi provosoitua muun muassa fyysisestä rasituksesta, stressistä ja lämmöstä. Nukkuminen, lepotaot ja viilentäminen vähentävät uupumista. Fatiikkiin ei ole täsmällistä lääkehoitoa, useista testatuista lääkeaineista amantadiinia suositellaan käytettäväksi fatiikin hoidossa. Joidenkin tutkimusten mukaan myös fyysisellä aktiivisuudella on positiivisia vaikutuksia fatiikin hallitsemisessa, minkä vuoksi MS-taudin hoidossa voidaan käyttää fyysisiä ja myös psykologisia tai näitä molempia yhdisteleviä interventiota. (Hallikainen ym. 2014; Tur 2016.)

MS-tautiin liittyvän fatiikin varhainen diagnosointi on tärkeää sen aiheuttaman, joskus vaikean invaliditeetin vuoksi ja siihen henkilökohtaisesti sopivien hoitomuotojen löytämiseksi. Fatiikin arvioinnin tekevät moniammatillisessa yhteistyössä neurologit, MS-hoitajat, toiminta- ja fysioterapeutit. Arvioimisen ensimmäinen vaihe on selvittää mahdolliset fatiikkia aiheuttavat tai laukaisevat MS-tautiin

liittyvät tekijät, kuten kipu, lihasten spastisiteetti, suolen ja virtsarakon toimintahäiriöt, masennus ja unihäiriöt. Tekijät voivat olla myös MS-tautiin liittymättömiä, kuten anemia, kilpirauhasen toimintahäiriöt ja lääkkeiden sivuvaikutukset. Fatiikkia voidaan arvioida käyttämällä sen tasoa kuvaavia mittareita kuten *Fatigue Severity Scale* (FSS) tai *Modified Fatigue Impact Scale* (MFIS) -asteikkoja, jotka ovat helposti täytettäviä kyselylomakkeita. Arviointiin voidaan käyttää myös 10 cm:n mittaista VAS-janaa, jossa 0 kuvastaa erittäin vakavaa fatiikkia ja 10 ei lainkaan fatiikkia. (Hallikainen ym. 2014; Tur 2016.)

Alvarenga-Filho ym. (2016) tutkivat 12 viikon kestoisella yhdistetyllä aerobic- ja pilatesharjoitteluinterventiolla fatiikkia ja valkuaisaineita tuottavan sytokiiniverkoston toimintaa. Tutkimuksen mukaan yhdistelmäharjoittelulla saatiin positiivisia tuloksia fatiikin hallitsemiseksi. Mittarina käytettiin fatiikin tasoa kuvaavaa *Fatigue Severity Scale* (FSS) -asteikkoa, jolla mitattuna fatiikki väheni keskimääräisesti 16,25 pistettä ($p < 0,05$). (Alvarenga-Filho, Sacramento, Ferreira, Hygino, Abreu, Carvalho, Wing, Alvarenga & Bento 2016.)

Motorisista ongelmista koordinaatio- ja tasapainohäiriöt ovat noin 5 %:lla sairastuneista MS-taudin vaikeimmat oireet. Niitä voidaan hoitaa parhaiten esimerkiksi kävelyn apuvälineillä, kuten kyynärsauvat, rollaattorit ja erityisesti alaraajojen toimintakykyyn painottuvalla fysioterapialla. Tasapainohäiriöt korostuvat usein raskuuden yhteydessä tai kuumassa (Hallikainen ym. 2014). Sairauden alussa tavallisia oireita ovat myös erilaiset alaraajojen tuntoaistimukset, jotka ilmenevät pistelynä, nipistelynä, paleluna ja kuumotuksena (Ruutiainen & Tienari 2007). Motoristen ongelmien vuoksi MS-tautia sairastavien kävely on usein rajoittunutta. Tämän vuoksi MS-potilaiden on kävellessä käytettävä tavallista laajempaa tukipinta-alaa. Suunnanmuutoksissa ja liikkeelle lähdössä on havaittavissa lisääntyntä epävakautta. Pystyasennon epävakaus ja kävelyn ongelmat vaikeuttavat ja mahdollisesti rajoittavat päivittäisistä toimista selviytymistä ja näin vaikuttavat myös elämänlaatuun. (Alguacil Diego, Hernández, Rueda & de la Cuerda 2011.)

MS-taudin aiheuttamat motoriset ongelmat ovat yhteydessä tautia sairastavien kohonneeseen kaatumisriskiin. Heikentyneen motoriikan ja puutteellisen tasapainon vuoksi MS-tautia sairastavat kaatuvat usein. Yli 50 % MS-tautia sairastavista kaatuu puolen vuoden seurannan aikana ja yli 30 % heistä kaatuu useamman

kerran. Yli puolet tautia sairastavista on myös loukkaantunut kaaduttuaan. Taudin edetessä tasapainovaikeudet korostuvat jatkuvasti. Kaatumisten myötä aktiivisuus, itsenäisyys ja itseluottamus vähenevät, ja sosiaalinen eristäytyminen, uusien kaatumisien riski, kaatumisten pelko ja terveystalveluiden käyttö lisääntyvät. (Hugos, Frankel, Tompkins & Cameron 2016; Kalron, Fonkatz, Frid, Baransi & Achiron 2016.)

MS-tautia sairastavilla esiintyy suolen ja rakon toimintahäiriöitä, joista aiheutuu inkontinenssia eli ulosteen tai virtsankarkailua. Virtsankarkailua esiintyy 50 – 100 %:lla MS-tautia sairastavista, kun normaaliväestössä virtsankarkailua esiintyy noin 13 %:lla. Inkontinenssityypeistä yleisimmät ovat yliaktiivinen rakko, jota esiintyy 32 - 96 %:lla MS-tautia sairastavista ja alempien virtsateiden oireilu, jota esiintyy 60 - 80 %:lla sairastavista. Yliaktiivinen rakko tarkoittaa jatkuvaa täyden rakon tunnetta ja sen takia tarvetta virtsata usein. Alempien virtsateiden oireisiin kuuluvat muun muassa kasvanut virtsaamisen taajuus ympäri vuorokauden, vaikeus aloittaa virtsaaminen, heikko virtaus ja rakon huono tyhjentyminen. (Block, Rivera, Melnick & Allen 2015.)

MS-tautia sairastavien toimintakykyä ja sairauden aiheuttamaa haittaa kuvaamaan on kehitetty erilaisia mittareita. John F. Kurtzken vuonna 1983 kehittämä 10 asteinen EDSS-luokitus (*Expanded Disability Status Scale*) on laajasti käytössä kansainvälisissä tutkimuksissa ja soveltuu myös sairastuneiden pitkäaikaisseurantaan. (Romberg 2005.) Ohessa EDSS –luokitus (Taulukko 1).

0	Normaali neurologinen tutkimus
1,0-3,5	Vähäisiä tai kohtalaisia neurologisia löydöksiä, kävelykyky normaali
4,0	Kävelee apuvälineittä ja levähtämättä vähintään 500 metriä yhtäjaksoisesti
4,5	Kävelee apuvälineittä ja levähtämättä vähintään 300 metriä yhtäjaksoisesti
5,0	Kävelee apuvälineittä ja levähtämättä vähintään 200 metriä yhtäjaksoisesti
5,5	Kävelee apuvälineittä ja levähtämättä vähintään 100 metriä yhtäjaksoisesti
6,0	Kävelee yhtä tukikeppiä käyttäen välillä levähtäen tai levähtämättä 100 metriä yhtäjaksoisesti
6,5	Kävelee kahta tukisauvaa käyttäen levähtämättä vähintään 20 metriä yhtäjaksoisesti
7,0	Kävelee korkeintaan viisi metriä käyttäen apuvälinettä, käyttää pyörätuolia
7,5	Kävelee korkeintaan pari askelta, saattaa tarvita apua pyörätuolista siirtyessä
8,0	Pystyy istumaan pyörätuolissa, yläraajojen toiminta kohtalainen
8,5	Vuodepotilas, yläraajojen toiminta rajoittunut
9,0	Autettava vuodepotilas, kommunikointi ja nieleminen onnistuu
9,5	Täysin autettava vuodepotilas, kommunikaatio ja nieleminen vaikeutunut
10,0	MS-tautiin liittyvä kuolema

Taulukko 1. EDSS –luokitus (Kurtzke 1983)

2.2 Fyysinen aktiivisuus ja motivaatio MS-tautia sairastavilla

Bjarnadottir ym. (2007) tekemän tutkimuksen mukaan jo viiden viikon fyysisellä harjoittelulla pystytään parantamaan lievää MS-tautia sairastavien fyysistä suorituskykyä, joka yleisesti on terveisiin verrattuna keskiarvoa huonompaa. Tutkimuksessa mitattiin polkupyöräergometrillä poljettavaa kuormaa, maksimaalista hapenottokykyä ja määritettiin anaerobinen kynnyks. Positiiviset muutokset mitatuissa arvoissa olivat keskiarvoiltaan kuormassa 0,34 W/kg, VO₂maks:ssa 4,54 ml/kg/min ja anaerobisessa kynnyksessä 0,32 ml/min (p <0,05) harjoittelemattomaan kontrolliryhmään verrattuna. (Bjarnadottir, Konradsdottir, Reynisdottir & Olafsson 2007.) Broekmans ym. (2011) tutkivat 20 viikon interventiojaksolla vastusharjoittelun vaikutuksia lihasvoimaan ja toiminnallisuuteen MS-potilailla. Tutkimuksessa mitattiin isometristä polven ojennus- ja koukistusvoimaa, jotka kasvoivat lähtötasoon nähden 90° polvikulman mittauksissa ojennuksessa 10 % ja koukistuksessa 9 % (p <0,05). Huomattavaa oli, että myös heikomman alaraajan harjoitusvaste oli positiivinen. Toiminnallisuuteen interventiolla ei ollut vaikutusta. (Broekmans, Roelants, Feys, Alders, Gijbels, Hanssen, Stinissen & Eijnde 2011.)

Kierkegaard ym. (2016) tutkivat korkeatehoisen harjoittelun vaikutuksia aaltomaisesti etenevää MS-tautia sairastavilla henkilöillä (EDSS-luokitus 0-3, Md 1,5). Tutkimuksessa koehenkilöt (n = 17) harjoittelivat 12 viikon ajan kaksi kertaa viikossa korkeaintensiteettisellä tasolla, jonka oli määritetty olevan 80 % yhden toiston maksimiarvosta (1 RM). Fysioterapeutin ohjaamat yhden tunnin mittaiset harjoituskerrat koostuivat kuntopyörällä tehdystä lämmittelystä, neljästä ylävartalon lihaskuntoharjoitteesta (ylätalja, dippipunnerrus, soutu ja penkkipunnerrus), kolmesta alavartalon lihaskuntoharjoitteesta (jalkaprässi, polven ojennus ja polven koukistus), jotka tehtiin kuntosalilaitteilla ja yhdestä koko vartalon harjoitteesta (lankutusasento). Harjoittelu eteni progressiivisesti, niin että joka toinen viikko lisättiin vastusta, jos osallistuja pystyi tekemään kolme sarjaa liikettä enemmän kuin seitsemän toistoa. Intervention jälkeen tehdyissä loppumittauksissa havaittiin mielialan paranemista HADS (*Hospital Anxiety and Depression Scale*) -mittarilla mitattuna, ahdistus väheni keskimääräisesti kaksi pistettä ja masennus pisteen (p <0,05). Fatiikki väheni VAS-janalla mitattuna keskimääräisesti 29 mm, terveyteen liittyvä elämänlaatu parani MSIS-29 (*Multiple Sclerosis Impact Scale*)

-mittarilla mitattuna fyysisen osa-alueen osalta keskimääräisesti viisi pistettä ja psyykkiseltä osa-alueelta keskimääräisesti 25 pistettä ($p < 0,05$). Lihasvoimamittauksissa käytettiin isokineettistä mittausta, jossa $60^\circ/s$ nopeudella polven ojennuksessa vääntövoima kasvoi 11 % ja koukistuksessa 11 %, $90^\circ/s$ nopeudella ojennuksessa 11 % ja koukistuksessa 13 % ($p < 0,05$). Tuolilta seisomaannousutestissä suoritus aika nopeutui keskimääräisesti 16 % ja 10 metrin kävelytestissä kävelynopeus kasvoi 6 % ($p < 0,05$). Kaikkien tutkimukseen osallistuneiden henkilöiden mukaan harjoittelun intensiteetti koettiin riittävänä ja lähes kaikki (16/17) suosittelisivat tämän tyyppistä harjoittelua MS-tautia sairastaville. Tutkimuksen mukaan korkeaintensiteettinen harjoittelu on turvallista ja tehokasta aaltomaisesti etenevää MS-tautia sairastaville, joilla on vähäisiä neurologisia löydöksiä (EDSS 0-3). (Kierkegaard, Lundberg, Olsson, Johansson, Ygberg, Opava, Holmqvist & Piehl 2016.)

MS-tautia sairastavien inaktiivinen elämäntyyli altistaa heitä elämäntapasairauksille kuten sydän- ja verisuonisairauksille ja diabetekselle (Hamburg, McMackin, Huang, Shenouda, Widlansky, Schulz, Gokce, Ruderman, Keaney Jr & Vita 2007). MS-tautia sairastavien keskuudessa tietyt sairaudet esiintyvät useammin kuin perusväestössä. Liitännäissairauksia ovat esimerkiksi aivohalvaus, iskeeminen sydänsairaus, tulehduksellinen suolistosairaus ja ärtyvän suolen oireyhtymä. (Marrie, Miller, Sormani, Thompson, Waubant, Trojano, O'Connor, Fiest, Reider, Reingold & Cohen 2016.) Joidenkin näistä sairauksista on todettu vaikuttavan sairauden tilaan ja suorituskykyyn haitallisesti. MS-tautia sairastavan, jolla on kaksi verisuoniin liittyvää liitännäissairautta, riski vamma-asteen pahenemiselle nousee kaksinkertaiseksi. Verisuonisairauksiin liittyy myös MS-taudin etenemisen nopeutumista. (Marrie, Rudick, Horwitz, Cutter, Tyry, Campagnolo & Vollmer 2010.) Osaan näistä sairauksista on mahdollista vaikuttaa fyysisellä aktiivisuudella, kuten lihasvoimaharjoittelulla. Esimerkiksi lihasvoimaharjoittelun ja kestävyysliikunnan yhdistelmällä on mahdollista vähentää ennenaikaisen kuoleman vaaraa. (Tarnanen, Kesäniemi, Kettunen, Kujala, Kukkonen-Harjula & Tikkanen 2010.)

MS-tautia sairastavista monet kokevat motivaatioon vaikuttavia haasteita, jotka estävät heitä viettämästä aktiivisempaa elämää, vaikka he ovat tietoisia fyysisen

aktiivisuuden positiivisista vaikutuksista terveyteen, hyvinvointiin ja elämänlaatuun. MS-taudin oireista väsymys ja alentunut liikkumiskyky vaikeuttavat MS-potilaiden motivointia fyysiseen aktiivisuuteen. Koska MS-taudissa liikunnan harrastamista rajoittavat tekijät ovat peräisin sairaudesta ja sen oireista, on erittäin tärkeää, että MS-tautia sairastava pystyy liikkumaan turvallisesti. Tämä voidaan varmistaa yksilöllisillä liikuntaohjeilla ja ohjatuilla harjoituksilla. Geertz ym. (2015) tutkivat fyysisen aktiivisuuden ja motivaation yhteyttä MS-tautia sairastavilla henkilöillä. Tutkimuksen alussa yli puolet osallistujista kertoivat fyysistä aktiivisuutta rajoittaviksi tekijöiksi väsymystä, sairautta ja korkeita rahallisia kustannuksia. Tutkimukseen osallistui 40 MS-tautia sairastavaa henkilöä, jotka jaettiin interventioryhmään (n = 20) ja kontrolliryhmään (n = 20). Interventioryhmä harjoitteli 16 - 24 kertaa 8–12 viikon aikana, 2–3 krt/vko ja harjoittelu tehtiin soutu, käsi- ja polkupyöräergometreilla yksilöllisesti progressiivisesti edeten. Mittauksissa havaittiin negatiivista korrelaatiota harjoittelutehon (W) ja koettujen liikunnan harrastamisen rajoitteiden välillä ($r_s = -0,431$, $p < 0,05$), mikä tarkoittaa harjoittelun vaikutuksena tapahtuvaa motivaation kehitystä suuntaan, jossa sairautta ei enää koeta yhtä suurena rajoittavana tekijänä fyysiselle aktiivisuudelle. (Geertz, Dechow, Patra, Hesen, Gold & Schulz 2015.)

Yksi elämänlaatuun vaikuttava tekijä on tautia sairastavan mieliala riippumatta siitä, mikä hänen neurologinen statusensa ja sairauden vakavuusasteensa on (D'Alisa, Miscio, Baudo, Simone, Tesio & Mauro 2006). MS-taudin ja masennuksen välistä yhteyttä ja syitä on tutkittu kattavasti 80-luvun lopulta lähtien. MS-tautia sairastavan masennuksen taustalta on löydetty lukuisia vaikuttavia tekijöitä. Fyysisen invaliditeetin merkityksestä masennuksessa tutkimukset ovat olleet ristiriitaisia. Lihassoiman alenemisen on todettu laskevan MS-tautia sairastavan toiminnallista kapasiteettia ja toiminnallinen kapasiteetti puolestaan on masennuksen yksi mahdollinen osatekijä. Näiden havaintojen perusteella voidaan olettaa, että lihasvoimalla on epäsuora yhteys MS-tautia sairastavan elämänlaatuun. (Arnett, Barwik & Beeney 2008.)

Ensari ym. (2016) mukaan kohtalaisella intensiteetillä suoritettu kävelyharjoitus ilman väsymystä lisääntymistä voi auttaa mielialan hallinnassa MS-tautia sairastavia

henkilöitä. Tutkimuksessa MS-tautia sairastavat (n = 24) suorittivat eri intensiteeteillä 20 minuutin kävelyharjoituksia juoksumatolla. Mielialaa arvioitiin POMS (*Profile Of Mood States*) -kyselyllä ennen harjoittelua, välittömästi sen jälkeen ja 45 minuutin kuluttua harjoituksen päättymisestä. Kohtalaisella intensiteetillä suoritetuilla harjoituksilla saatiin 10 % lisäys mitattuun mielialaan ($t(23) = 3,45$, $p < 0,05$). (Ensari, Sandroff & Motl 2016.)

Fyysinen aktiivisuus ja erityisesti aerobinen harjoittelu ovat tärkeitä MS-taudin oireita lievittäviä osatekijöitä tautia sairastavien henkilöiden mielestä. Positiivinen vaikutus yhdistetään kuitenkin yleensä siihen, että liikunta parantaa mielialaa ja elämänlaatua. (Alen & Mäkinen 2005, 273-274.) Kuntoutusammattilaisten MS-potilaille ohjaama fyysinen harjoittelu on turvallista. Harjoittelun vaikutuksesta fyysinen kunto kohoaa, väsymys vähenee ja elämänlaatu paranee. MS-taudin oireista fatiikki ja sitä provosoiva lämpöherkkyys voivat kuitenkin tehdä liikunnan harrastamisesta epämiellyttävän tuntuista, vaikka harjoittelulla voi vaikuttaa näiden oireiden hallintaan. (Horton ym. 2015.)

2.3 MS-tauti ja lihasvoima

MS-tautia sairastavien maksimaalisen isometrisen lihasvoiman on havaittu olevan alentunut. Tämän ilmiön takana on todettu olevan lihaksistoon ja hermostoon liittyviä mekanismeja. (Wens, Dalgas, Vandenabeele, Krekels, Grevendonk & Eijnde 2014.) Heikompaa lihasvoimaa on selitetty MS-potilaiden inaktiivisuudella. Tutkimusten mukaan pieni osa MS-tautia sairastavista liikkuu päivittäin riittävästi kohtalaisella tai voimakkaasti kuormittavalla tasolla lihasvoiman ylläpitämiseksi. (Ickmans, Simoens, Iowast, Kos, Cras, Willekens & Meeus 2013; Klaren, Motl, Dlugonski, Sandroff & Pilutti 2013.) MS-tautia sairastavilla on todettu lihasbiopsiatutkimuksissa voimantuotto-ominaisuuksista vastaavien Ila- ja IIX-tyyppisten lihassolujen olevan atrofioituneita eli surkastuneita suorassa suhteessa vammausteeseen (Garner & Widrick 2003). Inaktiivisuudesta johtuvaa lihaskatoa tukevat löydökset siitä, että keskivaikeaa MS-tautia sairastavilla on havaittu olevan sa-

mankaltaiset myosiiniraskasketjut ja lihassolujakaumat kuin saman ikäisillä liikumattomilla, mutta muuten terveillä kontrollihenkilöillä (Carroll, Gallagher, Seidle & Trappe 2005).

MS-tautia sairastavien maksimaalisen lihasvoiman lisäksi heidän fyysisen suorituskykynsä on havaittu olevan terveitä henkilöitä alhaisempi. Savci ym. (2005) julkaisema tutkimus käsitteli 6 minuutin kävelytestin sopivuutta MS-potilaiden fyysisen suorituskyvyn mittaamiseen. Tutkimuksessa havaittiin MS-potilaiden (n = 30) kävelymatkan olevan 38 % (p <0,05) saman ikäisiä terveitä kontrollihenkilöitä (n = 30) lyhyempi. Sykkeen, fatiikin ja hengityselimistön toimintakapasiteetin osalta MS-potilaat saivat myös kontrolliryhmään verrattuna heikompia arvoja. Sydämen syke testin aikana oli MS-tautia sairastavilla 33 % (p <0,05) korkeampi kuin terveillä verrokeilla. Koettu hengästyminen oli myös 33 % (p <0,05) korkeampi kontrolliryhmän tuloksiin verrattuna. (Savci, Inal-Ince, Arikan, Guclu-Gunduz, Cetisli-Korkmaz, Armutlu & Karabudak 2005.)

2.3.1 Alaraajojen lihasvoima ja toimintakyky

Alaraajojen maksimivoiman lisäksi MS-tautia sairastavien toimintakykyä on mitattu erilaisilla luotettaviksi todetuilla testeillä, jossa alaraajojen lihasvoima on oleellinen parametri. Erityisesti viiden toiston tuolista ylös nousutesti (5STS-testi) korreloi negatiivisesti (polven koukistaja $r = -0.60$, polven ojentaja $r = -0.77$) isometrisen maksimivoiman ja tasapainon kanssa. (Møller, Bibby, Skjerbæk, Jensen, Sørensen, Stenager & Dalgas 2012.) Tasapainon ja kävelynopeuden välisestä yhteydestä on saatu myös vahvaa näyttöä ($r = 0.703$) (Nogueira, dos Santos, Sabino, Alvarenga & Thuler 2003). Hansen ym. (2014) mukaan kävelynopeus on yhteydessä ensisijaisesti lihasten oksidatiiviseen kapasiteettiin, kun ei oteta neurologisia oireita huomioon (Hansen, Feys, Wens & Eijnde 2014).

Romberg ym. (2005) tutkivat saadaanko kuuden kuukauden kestoisella lihasvoimaharjoitteluun painottuvalla interventiolla aikaiseksi vaikutuksia koehenkilöiden toimintakyvyssä ja elämänlaadussa. Tutkimuksessa koeryhmä (n = 47) teki lihasvoimaharjoitteita kotioloissaan 3-4 kertaa viikossa ja lisäksi kerran viikossa kes-

tävyysharjoittelua, kontrolliryhmän (n = 48) ollessa harjoittelematta. MSFC –mitarilla (*Multiple Sclerosis Functional Composite*) mitattuna koeryhmän tulokset paranivat (ka. 0,114, p <0,05), kun taas kontrolliryhmän toimintakyky heikkeni (ka. -0,128, p <0,05). Harjoitteiden painotuksen vuoksi muutokset kohdentuivat pääasiassa alaraajojen toimintaan. Vaikka interventiolla saatiin vaikutuksia toimintakykyyn, ei elämänlaadussa tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta. (Romberg, Virtanen & Ruutiainen 2005.)

Pearson ym. (2015) tekivät systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja sen pohjalta meta-analyysin fyysistä harjoittelua sisältävien tutkimuksien vaikutuksista MS-tautia sairastavien aikuisten kävelykykyyn. Tarkoituksena oli selvittää harjoittelun hyötyjä kävelynopeuden ja kestävyuden parantamiseksi MS-potilailla. 437:sta tutkimuksesta valittiin 13 satunnaistettua tutkimusta tarkempaan analyysiin, joka sisälsi yhteensä 655 osallistujaa, joista 357 interventio- ja 298 kontrolliryhmissä. Tehdyn meta-analyysin mukaan interventoryhmissä saatiin kävelynopeuteen eroja interventoryhmien eduksi. Kahdeksassa tutkimuksessa kymmenen metrin kävelytestin ajat paranivat (Md -1,76 s, p <0,05), 500 metrin kävelytestin aika parani (Md -0,31 s) (p <0,05), mutta viidessä tutkimuksessa 25-askeleen testillä mitattuna eroa ei ollut (p <0,05). Kävelykestävyyteen saatiin muutoksia (Md 36 m) (p <0,05) interventoryhmien eduksi 6-minuutin kävelytestillä mitattuna neljässä tutkimuksessa ja 2-minuutin kävelytestillä mitattuna viidessä tutkimuksessa (Md 12 m) (p <0,05). Viidessä tutkimuksessa käytetyllä *Timed Up and GO* –testillä ei saavutettu muutosta (p <0,05). Fyysisen harjoittelun vahvimmat vaikutukset kävelynopeuteen saavutettiin tutkimuksissa, joissa oli yhdistetty aerobista harjoittelua vastusharjoitteluun. Interventioilla joissa on yhdistelty edellä mainittuja harjoittelumuotoja ja jotka ovat kestoaltaan yli 12 viikkoa pystytään vaikuttamaan positiivisesti MS-tautia sairastavien kävelynopeuteen ja –kestävyyteen. (Pearson, Dieberg & Smart 2015; Plummer 2016.)

MS-potilailla alaraajojen nopeusvoimantuotto on heikentynyt, minkä on aiemmin todettu korreloivan kävelykyvyn kanssa terveillä iäkkäillä henkilöillä. Kjølhede ym. (2015) totesivat tutkimuksessaan heikomman alaraajan maksimaalisen lihasvoiman olevan nopeusvoimantuottoa parempi kävelykyvyn ennustaja. Nopeusvoimantuotto liittyy myös tasapainoon, sen säilyttämiseen ja kaatumisiin. Muita

MS-potilaiden kävelykykyyn liittyviä lihasvoimaparametreja ovat muun muassa polviniveleen vaikuttavien lihasten voima ja epätasapaino, polven ojentajien voiman epätasapaino ja nilkan koukistajien voima. Kjølhede ym. (2015) tutkivat lihasvoimamittausten ja toimintakyvyn ja sen mittareiden yhteyttä MS-tautia sairastavilla henkilöillä. Tutkimuksessa koehenkilöiltä (n = 35) mitattiin polven ojentajien ja koukistajien nopeusvoimantuottoa isokineettisellä dynamometrillä, maksimaalista isometristä lihasvoimaa ja maksimaalista isokineettistä lihasvoimaa molemmista alaraajoista. Toiminnallisina mittareina käytettiin 25 askeleen testiä (T25FWT), kahden minuutin kävelytestiä (2MWT), viiden toiston tuolista ylösnousun testiä (5STS) ja 22 askelman portaiden nousutestiä. 25 askeleen testi ja kahden minuutin kävelytesti korreloivat kaikkien mitattujen lihasvoimaparametrien kanssa heikomman alaraajan mittauksissa ($r = 0,34 - 0,65$, $p < 0,05$). Viiden toiston tuolista ylösnousutesti ja portaiden nousutesti korreloivat heikomman alaraajan polven ojentajien maksimaalisen lihasvoiman kanssa ($r = 0,35 - 0,54$, $p < 0,05$). MS-potilailla heikomman alaraajan polviniveleen vaikuttavien lihasten alentunut voima rajoittaa kävelykykyä. Alaraajojen puoliero lisää osaltaan lihasten fatiikkia, joka vaikuttaa negatiivisesti kestävyYTEEN ja suorituskykyyn ja näin vaikuttaa myös kävelyyn ja toimintakykyyn. (Kjølhede, Vissing, Langeskov-Christensen, Stenager, Petersen & Dalgas 2015.)

Medina-Perez ym. (2016) tutkivat 12 viikon kestoisella interventiolla polven ojentajien nopeusvoimaharjoittelun vaikutuksia MS-tautia sairastavien henkilöiden (n = 20) alaraajojen maksimivoimaan ja -tehoon. Intervention jälkeen mitattu maksimivoima kasvoi 11 % ($p < 0,05$) ja eri kuormilla (40, 50, 60, 70 ja 80 % maksimista) mitattu teho kasvoi 17–22 % ($p < 0,05$). Nopeusvoimaharjoittelulla voidaan saada samankaltaisia muutoksia MS-tautia sairastavien henkilöiden maksimaaliseen isometriseen voimantuottoon kuin progressiivisesti etenevällä vastusharjoittelulla. (Medina-Perez, Souza-Teixeira, Fernandez-Gonzalo, Hernandez-Murua & Paz-Fernandez 2016.)

Broekmans ym. (2011) totesivat polven ojentajien isometrisen ja isokineettisen maksimivoiman liittyvän merkitsevästi tutkimuksessa käytettyihin lyhyisiin 25 askeleen kävelytestiin ($r = -0,27 - -0,43$, $p < 0,05$), *Timed up and Go* -testiin ($r = -0,27 - -0,40$, $p < 0,05$) ja pidempään, kahden minuutin kävelytestiin ($r = 0,39 -$

0,55, $p < 0,05$). MS-potilailla, joilla on vähäisiä tai kohtalaisia neurologisia löydöksiä ja vain lievä liikkumisen vaikeus (EDSS 1,5-4,0, $n = 31$), todettiin tilastollisesti merkitsevä riippuvuus polven ojentajien isometrisen maksimivoiman (45 asteen polvikulmalla mitattuna) ja kahden minuutin kävelytestin välillä ($r = 0,43$, $p < 0,05$) korrelaatioiden ollessa muiden kävelytestien kanssa pienempiä tai ei merkitseviä. Saman ryhmän polven koukistajien isometrisen maksimivoiman mittauksissa 90 ja 45 asteen polvikulmilla todettiin korrelaatiota kahden minuutin kävelytestin kanssa ($r = 0,43$, $0,50$, $p < 0,05$). Tutkimuksen mukaan polven ojentajien kesto-voima ja polven koukistajien isometrinen maksimivoima ovat tärkeitä kävelykyvyn ennustajia MS-tautia sairastavilla henkilöillä. (Broekmans, Gijbels, Eijnde, Alders, Lamers, Roelants & Feys 2011.)

2.3.2 Epäsymmetria alaraajojen lihasvoimassa

MS-tautia sairastavilla on todettu olevan puoliero alaraajojen toiminnassa ja lihasvoimassa. Alaraajojen lihasvoiman ollessa toispuolisesti heikompaa toiminta on epäsymmetristä, mikä ilmenee erityisesti kävelyssä. Lihasvoiman ja –massan lisäksi myös luuntiheydessä on havaittu puolieroja alaraajojen välillä. MS-tautia sairastavilla voi olla vaikeuksia rekrytoida motorisia yksiköitä molemminpuolisen liikkeen, kuten kävelyn aikana, mikä voi johtaa vahvemman puolen kompensoivien liikemallien kehittymiseen. Tällöin vahvempi puoli kuormittuu jatkuvasti enemmän ja vahvistuu käytön seurauksena, jolloin puoliero korostuu. Larson ym. (2013) tutkivat alaraajojen lihasvoiman ja aerobisen suorituskyvyn puolieroja MS-tautia sairastavilla henkilöillä ($n = 8$) ja terveillä kontrollihenkilöillä ($n = 7$). Kontrolliryhmällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä alaraajojen puolieroja lihasvoimassa. MS-tautia sairastavilla havaittiin alaraajoissa puolieroja lihasvoimassa vahvemman ($43,3 \pm 12,7$ kg, $p < 0,05$) ja heikomman ($37,7 \pm 15,2$ kg, $p < 0,05$) alaraajan välillä. Keskimääräinen ero isometrisessä voimantuotossa oli 18 % alaraajojen välillä. Tutkimuksessa alaraajojen lihasvoimaa mitattiin polven ojentajien eli nelipäisen reisilihaksen maksimaalisena isometrisenä voimantuotona. Maksimikuorman ja aerobisen suorituskyvyn puolieroja mitattiin yhden jalan polkupyöräergometrillä, käyttäen jatkuvasti nousevaa protokollaa, jossa aloituskuorma oli 0

wattia ja vastusta korotettiin yhdellä wattilla kahden sekunnin välein. Maksimikuorman puolierot olivat MS-tautia sairastavilla henkilöillä ($18,1 \pm 14,0$ W, $p < 0,05$) suurempia kuin kontrollihenkilöillä ($-0,57 \pm 5,1$ W, $p < 0,05$). Myös alaraajojen aerobisen suorituskyvyn puolierot olivat suurempia MS-tautia sairastavilla henkilöillä ($3,1 \pm 1,9$ ml/kg/min, $p < 0,05$), kuin terveillä kontrollihenkilöillä ($0,83 \pm 2,0$ ml/kg/min, $p < 0,05$). (Larson, McCully, Larson, Pryor & White 2013.)

Samaei ym. (2016) tutkivat alaraajojen eksentrisen ja konsentrisen lihasvoiman eroja käytännössä ala- ja ylämäkikävelyssä. Tutkimukseen osallistui 34 MS-tautia sairastavaa henkilöä, joista osa ($n = 16$) suoritti neljän viikon kestoisen intervention, joka sisälsi kolme 30 minuutin kestoista 10 % alamäkeen juoksumatolla tehtyä kävelyharjoitusta viikossa ja osa ($n = 15$) suoritti intervention muuten samalla protokollalla, mutta juoksumaton asetus oli 10 % ylämäkeen. Tutkimuksessa mitattiin takareiden ja etureiden lihasten vääntövoimaa isometrisellä dynamometrillä 30, 60 ja 90 asteen polven nivelkulmilla, joista tulokset laskettiin yhteen kuvaamaan mitattujen lihasryhmien voimaa. Etureiden lihasvoimamittauksissa alamäkikävelyryhmän tuloksissa havaittiin lihasvoiman kasvua. Etureiden lihasten voima oli alkumittauksessa alamäkikävelyryhmällä 496,6 Nm, välittömästi intervention jälkeen 651,7 Nm ($p < 0,05$) ja neljä viikkoa intervention jälkeen 606,2 Nm ($p < 0,05$), kun taas ylämäkikävelyryhmän tulokset olivat alkumittauksessa 507,1 Nm, intervention jälkeen 571,2 Nm ja neljän viikon kuluttua 547,8 Nm ($p < 0,05$). Tutkimuksen mukaan alamäkeen tehdyllä kävelyharjoittelulla voidaan mahdollisesti vaikuttaa MS-tautia sairastavien toimintakykyyn kehittämällä alaraajojen lihasvoimaa ja näin parantamalla myös tasapainon hallintaa, joten eksentristen harjoitteiden käyttö osana MS-tautia sairastavien kuntoutusta on perusteltua. (Samaei, Bakhtiary, Hajjhasani, Fatemi & Motaharinezhad 2016.)

MS-tautia sairastavilla henkilöillä alaraajojen lihasvoima on heikentynyttä ja toispuolista, mikä korostuu entisestään nopeiden, dynaamisten supistusten aikana. Terveisiin henkilöihin verrattuna nopeusvoimantuotto on MS-tautia sairastavilla henkilöillä heikentynyttä. Tämä johtuu MS-taudin aiheuttamasta kyvyttömyydestä aktivoida kaikkia motorisia yksiköitä, erityisesti niitä jotka sisältävät nopeus- ja maksimivoimantuottoon erikoistuneita Ila- ja IIX-tyyppin lihassoluja. Kyseiset lihasolut myös surkastuvat MS-taudin edetessä. (Medina-Perez ym. 2016.)

2.3.3 Lihasvoimaharjoittelun neuraaliset vaikutukset

Terveillä yksilöillä lihasvoimaharjoittelun on havaittu aiheuttavan neuraalisia muutoksia. Erityisesti ensimmäisten viikkojen kehitys on pääasiassa hermoston mukautumista harjoitteluun. V-aalto kuvaa tahdonalaisen aktiivisuuden osuutta voimantuotossa ja sitä mitataan käyttämällä sähköistä stimulaatiota suoraan mitattavaan lihakseen tai lihasryhmään. V-aalto aktivoituu erityisesti maksimaalisen tahdonalaisen lihassupistuksen aikana, sen tehtävä on aktivoida mahdollisimman tehokkaasti motorisia yksiköitä. Mitä voimakkaampi tahdonalainen lihassupistus, sitä suurempi on V-aallon amplitudien tiheys eli frekvenssi. Vuosina 2002-2010 tehdyissä tutkimuksissa havaittiin muutosta erityisesti V-aallon amplituditiheydessä lihasvoimaharjoittelun seurauksena. Seitsemästä tutkimuksesta jokaisessa havaittiin V-aallon amplituditiheyden kasvua vähintään 50 %. (Carroll, Selvanayagam, Riek & Semmler 2011.) Esimerkiksi Ekblom (2010) havaitsi plantaarifleksoreiden V-aallossa 77% kasvua maksimaalisessa konsentrisessä ja ekstentisessä lihasvoimatestissä viiden viikon lihasvoimaharjoittelun jälkeen ($p < 0,05$) (Ekblom 2010).

MS-tautia sairastavilla on havaittu samankaltaisia hermostollisia muutoksia voimaharjoittelujakson jälkeen kuin terveillä yksilöillä. Fimland ym. (2010) tutkivat kolmen viikon maksimivoimaharjoittelun vaikutuksia hermoston toimintaan MS-potilailla. Tutkimuksessa koeryhmä ($n = 7$) harjoitteli viisi kertaa viikossa kolmen viikon ajan. Leveästä kantalihaksesta (*m. soleus*) mitattu EMG-aktiivisuus kasvoi koeryhmällä 36 ± 16 % ($p < 0,05$). V-aallon amplitudiaktiivisuus kasvoi koeryhmällä isometrisessä maksimivoimasuorituksessa 81 ± 35 % ($p < 0,05$). (Fimland, Helgerud, Gruber, Leivseth & Hoff 2010.)

Refleksitoiminnan mukautumisen lisäksi toinen mahdollinen neuraalinen mekanismi lihasvoiman kasvussa on motoristen yksiköiden rekrytoinnin kehittyminen (Carroll ym. 2011). Edellä mainitut Fimland ym. (2010) havaitsivat kolmen viikon maksimivoimaharjoittelun jälkeen leveän kaksoiskantalihaksen EMG-aktiivisuuden nousevan 36 ± 16 % ($p < 0,05$) maksimivoimasuorituksessa MS-tautia sairastavilla (Fimland ym. 2010). Del Baso ym. (2007) havaitsivat, että terveillä henkilöillä EMG-aktiivisuuden pinta-ala ($\mu V s$) kasvoi voimaharjoittelun seurauksena. Neljän viikon lyhytkestoisen isometrisen lihasvoimaharjoittelujakson päätyttyä

EMG-aktiivisuus (μ Vs) nousi harjoitusryhmällä $60.7 \pm 30.8\%$ ($p < 0,05$). (Del Baso & Cafarelli 2007.) Vastaavanlaisessa tutkimuksessa iäkkäillä EMG-aktiivisuus (μ Vs) nousi leveässä kantalihaksessa 38% ($p < 0,05$) (Fimland ym. 2010).

2.4 MS-potilaiden fysioterapia

MS-taudille ei ole löydetty parantavaa hoitoa, minkä vuoksi tutkimukset painottuvat erilaisten harjoittelumuotojen vaikutusten selvittämiseen. Eri terapeuttisten harjoittelumenetelmien tutkimuksilla ei ole riittävän pitkäkestoista jatkuvuutta, joten ei voida olla myöskään varmoja niiden pitkäaikaisista vaikutuksista. (Alguacil Diego ym. 2011.) MS-potilaiden fysioterapiassa pyritään erityisesti ylläpitämään potilaiden toimintakykyä, lihasvoimaa sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä kehittäväällä terapeuttisella harjoittelulla. Harjoittelu painottuu henkilön toimintakyvyn, sairauden etenemisvaiheen ja näiden pohjalta asetettujen kuntoutustavoitteiden mukaisesti. Päivittäistoimintoja tuetaan oikeanlaisilla arkea ja liikumista tukevilla apuvälineillä, joita ovat muun muassa kyynärsauvat, rollaattorit, kaiteet ja wc-istuimen korotukset. Kuntoutuksen on oltava pitkäjänteistä ja hyvin suunniteltua. Kuntoutussuunnitelma on hyvä tehdä moniammatillisena yhteistyönä lääkärin ja muiden kuntoutuksen ammattilaisten kanssa. (MS-Liitto 2014.) Kuntoutus tulee aina suunnitella yhdessä kuntoutujan kanssa ja sille on asetettava realistiset tavoitteet (Donzé 2015).

Aikaisempien tutkimusten mukaan terapeuttista harjoittelua pidetään hyödyllisenä MS-tautia sairastaville fyysisen aktiivisuuden immunologisten vaikutusten myötä. Fyysisellä aktiivisuudella pystytään vahvistamaan immunitettia, kehittämään liikkumista ja parantamaan kognitiivisia ja toiminnallisia ominaisuuksia, mutta liikunnalla ei voida vaikuttaa MS-taudin kulkuun. (Florindo 2014.) Uusilla, teknologiaan perustuvilla mobiili- ja pelikuntoutustavoilla voidaan vaikuttaa fyysiseen aktiivisuuteen, omatoimisuuteen ja elämänlaatuun (Donzé 2015).

Hugos ym. (2016) tutkivat kahdeksan viikon kestoisen kaatumisten ehkäisyohjelman vaikutusta MS-tautia sairastavien ($n = 134$) kaatumisiin. Ohjelma sisälsi kahdeksan osiota, joihin kuhunkin kuului tunnin mittainen kaatumisen ehkäisyluento

ja tämän jälkeen tunnin mittainen harjoittelu. Luentojen aiheita olivat muun muassa kaatumisten syyt, tasapainon perusteet, kaatumisen pelko, keskipainopiste ja turvallisuus kotona. Ohjelman fyysisillä harjoituksilla pyrittiin kehittämään sensorisia ja motorisia toimintamalleja tasapainon parantamiseksi. Heti intervention jälkeen mitattuna tutkittavien tulokset paranivat keskimääräisesti 8-asteeseen *Timed up and Go* -testissä 1,13 sekuntia ($p < 0,05$), Bergin tasapainotestissä 3,92 pistettä ($p < 0,05$) ja tasapainovarmuudessa ABC-mittarilla (*Activities-specific Balance Confidence*) 12,13 pistettä ($p < 0,05$). Puolen vuoden seurantajaksolla intervention jälkeen osallistujilla oli vähemmän kaatumisia (ka. 10,56, $p < 0,05$), ja tutkimuksen alkuun verrattuna osallistujista 12 % enemmän ei ollut kaatunut ollenkaan tutkimuksen jälkeisen kuuden kuukauden seurannan aikana. Tutkimuksen mukaan kaatumisten ehkäisyohjelmalla voi olla merkittäviä lyhyen ja pitkän aikavälin hyötyjä MS-tautia sairastaville. (Hugos ym. 2016.)

Potilaskohtaisesti muokattuja tasapainokuntoutusohjelmia tutkittiin kahdeksan viikon kestoisella tutkimuksella 40:llä MS-tautia sairastavalla henkilöllä. Fysiologiaan ja kuntoutukseen erikoistunut asiantuntija teki henkilökohtaisen harjoitusohjelman interventioryhmään ($n = 20$) osallistuneille, minkä jälkeen tasapainokuntoutukseen erikoistunut fysioterapeutti antoi harjoitteet osallistujille. Harjoitusohjelmat sisälsivät erilaisia asentoharjoitteita, seisoma- ja istumatasapainoharjoitteita sekä päivittäistoimintojen ja kävelyn harjoitteita, joita interventioryhmäläiset harjoittelivat kerran viikossa, ja samanaikaisesti kontrolliryhmäläiset ($n = 20$) eivät harjoitelleet. Tutkimuksessa käytettiin useita eri tasapainotestejä ja toiminnallisia mittareita, joista muun muassa Bergin tasapainotestillä (9,5 pistettä, $p < 0,001$), *Timed up and Go* -testillä (3,26 s, $p < 0,001$), 6-minuutin kävelytestillä (75,5 m, $p < 0,001$) ja elämänlaatua mittaavalla *Multiple Sclerosis Quality of Life-54* -kyselyllä (38,95 pistettä, $p < 0,001$) saatiin eroja verratessa interventioryhmän tuloksia kontrolliryhmään. Tutkimuksen mukaan henkilökohtaisesti muokatuilla tasapainokuntoutusohjelmilla pystytään vaikuttamaan positiivisesti MS-tautia sairastavien henkilöiden tasapainoon, elämänlaatuun ja toimintakykyyn. (Ozgen, Karapolat, Akkoc & Yuceyar 2016.)

Uusista harjoittelumuodoista virtuaalisen tasapainoharjoittelun vaikutuksia pystyasennon hallintaan tutkittiin pilottitutkimuksena 30:llä MS-tautia sairastavalla henkilöllä. Interventiossa virtuaaliharjoitteluryhmän (n = 15) henkilöt harjoittelivat kuuden viikon aikana kaksi kertaa viikossa virtuaalisesti todellisuutta jäljittelevällä *CAREN (Computer Assisted Rehabilitation Environment)* -laitteistolla. Samaan aikaan toinen ryhmä (n = 15) teki saman määrän perinteisiä tasapainoharjoitteita sisältäen pystyasennon hallintaa ja painonsiirtoja yhdistettynä erilaisiin häiriötekijöihin kuten pallon kiinniottoa tai terapeutin tekemää horjuttamista. Virtuaalisen harjoittelun laitteisto toimii reaaliaikaisesti ja sillä voidaan jäljitellä erilaisia ympäristöjä käyttäen 3D-kuvaa, ääntä ja proprioseptiikan ärsykeitä. Laitteistoon kuuluu iso valkokangas, jolle heijastetaan 3D-kuvaa virtuaalisesta näkymästä, äänentoistojärjestelmä ja liikealusta, joka liikkuu visuaalisen näkymän mukaisesti. Virtuaalinen näkymä sisälsi tässä tutkimuksessa 1230 metriä pitkän kävelytien, jossa oli erilaisia korkeuden vaihteluita ja töyssyjä. Keskipainopisteen mittauksissa virtuaaliharjoitteluryhmän tulokset paranivat 35 % enemmän kuin vertailuryhmällä. Kokonaisliikkeessä virtuaaliharjoitteluryhmällä tulokset paranivat 35 % enemmän kuin vertailuryhmällä (p <0,05). Huojunnan mittauksessa virtuaaliharjoitteluryhmällä tulokset paranivat 14 % enemmän kuin vertailuryhmällä (p <0,05). Kliinisissä testeissä tuloksia saatiin kurotusetäisyyttä mittaavalla *Functional Reach* -testillä, jossa virtuaaliharjoitteluryhmän tulokset paranivat 85 % enemmän kuin vertailuryhmällä (p <0,05). Tutkimuksen mukaan virtuaalinen tasapainoharjoittelu soveltuu MS-tautia sairastaville henkilöille tehokkaana harjoittelumuotona. (Kalron ym. 2016.)

3 Koko kehon värinäharjoittelu

Koko kehon värinä (engl. *Whole-Body Vibration I. WBV*) syntyy kun värinää tuottavalla laitteella tai alustalla siirretään värinää ihmiskehoon tai kehonosaan. Värinäharjoittelulla tarkoitetaan erilaisia harjoitteita, jotka tapahtuvat värinää tuottavan laitteen päällä tai avustuksella. (Santos-Filho, Cameron & Bernardo-Filho 2011.) Värinän on osoitettu kasvattavan hengitystiheyttä, energiankulutusta, pinta-averenkiertoa, stimuloivan eri kasvuhormonien eritystä, sekä lisäävän toonisen

tärinärefleksin aktivaatiota. Toonisella tärinärefleksillä tarkoitetaan vastetta, joka tulee esiin, kun tärinää kohdennetaan suoraan lihakseen tai jänteeseen. Tällaisessa refleksissä on ominaista lihassukkulan aktivoituminen Ia-tyyppin neuropäätteiden kautta ja ekstrasusaalisten lihassyiden aktivoituminen alfa-motoneuronien kautta. (Cormie, Deane, Tripplett & McBride 2006.) Värinä aiheuttaa lihassupistuksia ja pienentää motoristen yksiköiden rekrytointiherkkyyttä, minkä seurauksena myös nopeat lihassolut aktivoituvat herkemmin (Broekmans ym. 2010).

3.1 Koko kehon värinäharjoittelun vaikutukset suorituskykyyn

Koko kehon värinän on todettu vaikuttavan akuutisti suorituskykyyn positiivisesti ja negatiivisesti. Nämä vaikutukset ovat riippuvaisia käytetystä taajuudesta ja amplitudista, värinän aikana tehdyistä harjoitteista, mitatuista muuttujista ja värinäharjoittelun jälkeisten mittausten ajankohdasta. Koko kehon värinäharjoittelun akuuttien positiivisten vaikutusten vuoksi sitä voidaan käyttää yhtenä urheilijan lämmittelykeinona juuri ennen kilpailua. (McBride, Nuzzo, Dayne, Israel, Nieman & Tripplett 2009.) Cormie ym. (2006) tutkivat koko kehon värinän akuuttia vaikutusta lihasaktiivisuuteen, voimaan ja tehoon. Yhdellä sarjalla 30 sekunnin staattisia kyykkyjä värähtelyn ollessa 30 Hz ja amplitudin 2,5 mm saatiin aikaan kasvua vertikaaliseen hyppykorkeuteen verrattuna kontrolliryhmään mittausten tapahduttua välittömästi värinäharjoittelun jälkeen. Samassa tutkimuksessa ei todettu merkittävää eroa värinäharjoittelu- ja kontrolliryhmän välillä vertailtaessa isometristä maksimivoimaa kyykkyliikkeessä, hyppyjen maksimitehoa ja lihasaktivaatiota mittausten ajankohdan ollessa välittömästi värinäharjoittelun jälkeen, aina 30 minuuttiin asti. (Cormie ym. 2006.)

Broekmans ym. (2010) tutkivat 20 viikon pituisen koko kehon värinäharjoitusohjelman vaikutuksia MS-potilaiden alaraajojen lihastoimintaan ja toimintakykyyn. Tutkimuksen mukaan 20 viikon koko kehon värähtelyharjoittelulla ei pystytty lisäämään alaraajojen lihasten isometristä ja dynaamista voimantuottoa, voima-kestävyyttä, eikä liikenopeutta. Tutkimuksella ei ollut vaikutusta MS-potilaiden toimintakykyyn. Negatiivisista tuloksista johtuen tutkijat pitivät tärkeänä, että koko

kehon värinäharjoittelun vaikutuksista tehdään jatkotutkimuksia pidemmällä seuranta-ajalla ja selvitetään yksilöllisemmin värähtelyparametrien käyttöä progressiivisessa harjoittelussa esimerkiksi lihasten elektromyografia-aktiivisuuden mittauksilla tai pohjelihasten voimamittausten avulla. Näin voitaisiin saada paremmin tietoa lihasten adaptoitumisesta eli kuormitukseen sopeutumisesta MS-potilailla. (Broekmans ym. 2010.)

Eftekhari ym. (2012) tutkivat vastusharjoitteluun yhdistetyn koko kehon värinäharjoittelun vaikutuksia MS-potilailla muun muassa polven ojentajien maksimaaliseen isotooniseen tahdonalaiseen supistukseen. Kahdeksan viikon interventiojaksolla tutkimukseen osallistujat suorittivat ylä- ja alaraajoilla erilaisia dynaamisia lihaskuntoliikkeitä. Harjoittelun lopuksi he tekivät koko kehon värinäharjoituksen, joka sisälsi kuusi erilaista staattista asentoa värinälaitteen päällä. Interventoryhmällä todettiin polven ojentajien maksimaalisessa lihassupistuksessa kasvua 32 % kasvua ($p < 0,05$), kun taas samassa ajassa kontrolliryhmän tulokset laskivat 11 % ($p < 0,05$). Toiminnallisena testinä tutkimuksessa käytettiin 10 metrin kävelytestiä, jossa interventoryhmän kävelynopeus kasvoi 9 % ($p < 0,05$) kontrolliryhmän kävelynopeuden laskiessa 8 % ($p < 0,05$). MS-tautia sairastavien fyysinen harjoittelu on haastavaa erityisesti fatiikin vuoksi. Liikkuessa ruumiinlämpö nousee, mikä provosoi fatiikkia ja voi pahentaa taudin oireita. Tämän takia harjoittelun intensiteetti ei voi olla samalla tasolla terveiden henkilöiden kanssa, joten koko kehon värinäharjoittelua voi käyttää vastusharjoittelun yhteydessä lisäämään protokollan harjoitusvastetta ilman intensiteetin nostamista. (Eftekhari, Mostahfezian, Etemadifar & Zafari 2012.)

3.2 Värinän aiheuttamat neuraaliset vaikutukset

Ihmisen kudoksissa on useita reseptoreja, jotka aktivoituvat värinästä. Näistä reseptoreista nousevaa monosynaptista refleksiä kutsutaan tooniseksi vibraatioheijasteeksi, joka johtaa lihastonuksen nousuun. Normaalitapauksessa pitkitynyt tärinä kipeyttää lihakset, mutta erikoistapauksissa, esimerkiksi halvauspotilailla, luonnollista refleksikaarta voidaan hyödyntää lihasten aktivoinnissa. (Kau-

ranen 2011, 151.) MS-taudille tyypillistä on heijasteiden puuttuminen tai aliaktiivisuus erityisesti vyötärön alueella. Asentoa ylläpitävien ja korjaavien heijasteiden toiminnan häiriintyminen näkyy esimerkiksi tasapainovaikeuksina. MS-tautia sairastavilla henkilöillä on todettu olevan pitkittynyt latenssiaika automaattisessa asennonkorjauksessa verrattuna terveisiin kontrolleihin ($161\text{ms} \pm 31$ vs. 102 ± 21 , $p < 0,01$). Näiden vasteiden on puolestaan havaittu korreloivan positiivisesti selkäytimen somatosensoristen herätepotentiaalien latensseihin ($r=0.73$, $p < 0,01$). (Cameron, Horak, Herndon & Bourdette 2008.)

Suoraan lihakseen tai jänteeseen johdetun värinän on havaittu vaikuttavan lihaskäämin refleksikaareen. Akuutti, alle viisi sekuntia kestävä lokalisoitu värinä lyhentää refleksin kokonaislatenssia. Akuutti värinä ei vaikuta refleksin voimakkuuteen, toisin kuin pitkäkestoinen (20min) paikallinen värinä. Pitkäkestoisesta värinän on havaittu voimistavan refleksiä 20% ($p < 0,05$) sekä kasvattavan refleksin pinta-EMG-amplitudia 30-40% ($p < 0,001$). Vaikka refleksin voimakkuus on pitkäkestoisessa paikallisessa värinäessä suurempi, on refleksin kokonaislatenssi hitaampi. Tutkimuksen mukaan pitkäkestoisella värinällä voidaan käytännössä vähentää lihaskäämin refleksikaaren toimintaa. (Pope & DeFreitas 2015.)

4 Elektromyografia lihaksen sähköisen aktiivisuuden mittausmenetelmänä

Elektromyografinen (EMG) aktiivisuus eli hermo-lihasaktiivisuus mitataan neula-elektrodilla suoraan kohdelihaksesta tai ihon pinnalle asetettavien elektrodien kautta. Elektrodit voivat olla myös integroituina vaatteeseen. Elektrodit mittaavat sähkömagneettista aktiivisuutta eli aktiopotentiaaleja kohdelihaksessa, ja data siirretään vahvistimen kautta tietokoneelle graafiseen muotoon. EMG kuvaa aktiopotentiaalien amplitudia (V), aallon pituutta (s) ja frekvenssiä (Hz). EMG:n avulla voidaan tutkia esimerkiksi kohdelihaksen tai -lihasten aktiivisuutta ja aktiivisuuden tasoa, lihasten yhteistoimintaa, eri tyyppien lihassolujen syttymisnopeutta ja li-

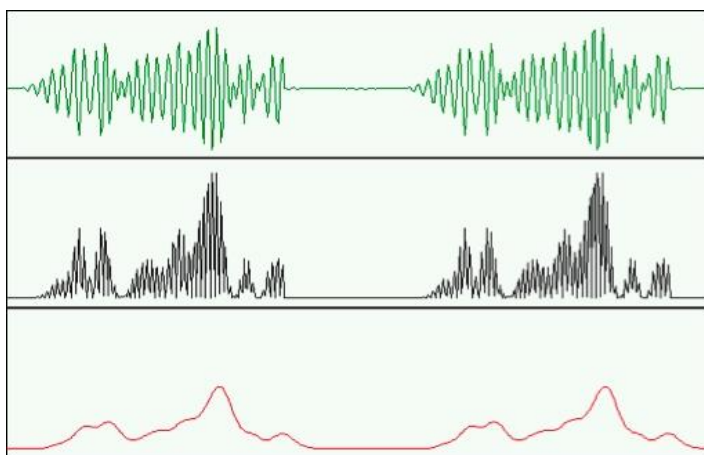
haksen kestävyyttä. EMG-mittaus yhdistetään usein toiseen lihaksen ominaisuuden mittaukseen, kuten lihasvoima- tai kestävyysmittaukseen. (Kauranen & Nurkka 2010.)

EMG:tä voidaan hyödyntää esimerkiksi etsittäessä optimaalista harjoitteluvastetta. Sisemmän reisilihaksen EMG-aktiivisuutta mitattiin isometrisessä jalkaprässissä 45° ja 90° polvikulmilla terveillä koehenkilöillä (n = 35). Sisemmän reisilihaksen EMG-aktiivisuuden todettiin kasvaneen isometrisessä alaraajan ojennuksessa nilkan esijännityksessä molemmilla polvikulmilla verrattuna ilman esijännitystä tehtävään isometriseen alaraajan ojennukseen (p <0,001). (Angst, Kaufmann, Benz, Nehrer, Aeschlimann & Lehmann 2015.) Ito ym. (2016) käyttivät pinta-EMG:tä apuhengityslihasten (suoran vatsalihaksen, ulomman ja sisemmän poikittaisen vatsalihaksen) aktivaation tutkimiseen terveillä koehenkilöillä (n = 42) vastustetussa uloshengityksessä. Tutkimuksessa vatsalihasten EMG-aktiivisuutta verrattiin kunkin vatsalihaksen EMG-aktiivisuuteen isometrisessä maksimivoimantuotossa. Koehenkilöt jaettiin kolmeen ryhmään, joista ensimmäinen ryhmä suoritti uloshengityksen 10 % teholla isometrisestä maksimivoimasta, toinen ryhmä 20 % teholla ja kolmas 30 % teholla. Vatsalihasten EMG-aktiivisuus oli 30 % ryhmässä suurempaa kuin 20 % ryhmässä ulommassa (p <0,05) ja sisemmässä (p <0,01) poikittaisessa vatsalihaksessa. Poikittaiset vatsalihakset ovat aktiivisimpia tehostetussa uloshengityksessä. (Ito, Nonaka, Ogaya, Ogi, Matsunaka & Horie 2016.)

EMG-signaali kulkee mitta-elektrodeista nollaelektrodiin, joka suodattaa ensimmäisenä symmetriset signaalit, jotka tulkitaan häiriöksi. Signaali vahvistetaan kannettavassa keruuyksikössä, joka toimii samalla lähettimenä. Vahvistettu signaali lähetetään tietokoneelle, joka muuntaa analogisen signaalin digitaaliseen muotoon. Vahvistin poistaa myös häiriöitä EMG-signaalista. Häiriöitä aiheutuu muun muassa laitteen omasta kohinasta, ympäristössä olevista muista sähkölaitteista tulevasta kohinasta ja elektrodien, johtojen ja lihasten liikkeistä. Lisäksi mitattavaa lihasta ympäröivistä lihaksista tulevat signaalit (engl. *crosstalking*) häiritsevät mittauksia. Vahvistimen yhteisjännitevaimennussuhde, CMRR (engl. *common mode rejection ratio*), kertoo suhteesta, jolla vahvistin vaimentaa häiriösignaalia suhteessa haluttuun signaaliin. EMG-signaali suodatetaan vahvistamisen

jälkeen. Kaistanpäästösuodattimen (engl. *band-pass filter*) tarkoitus on päästää läpi halutun taajuinen signaali. (Kauranen & Nurkka 2010.)

EMG-signaali käsitellään mittauksen jälkeen tarkasteltavaan muotoon. Käyttötarkoituksesta riippuen raaka-EMG tasasuunnataan ja pehmennetään, ja sen jälkeen signaali integroidaan, keskiarvoistetaan tai normalisoidaan. (Kauranen & Nurkka 2010.) Oheisessa kuvassa on esitettyä raaka-EMG-signaalin eri käsittelyvaiheita. Ylimpänä kuvassa on raaka signaali, keskimmäisenä tasasuunnattu signaali ja alimpana pehmennetty signaali (Kuva 2).



Kuva 2. EMG-signaali (Electrotherapy 2014)

EMG:n ja voimatason välinen yhteys ei ole täysin lineaarinen. Heikko, väsynyt lihas tuottaa korkeita aktivaatiohuippuja, mutta voimantuotto on vähäistä ja aktivaatiotaso laskee nopeasti. Harjoitetun lihaksen EMG-aktiivisuus pysyy tasaisena ja voimantuottotaso on korkea. Lihastyötapa vaikuttaa EMG-huippujen korkeuteen siten, että isometrinen lihastyö tuottaa yleensä korkeampia huippuja kuin dynaaminen. (Kuva 3.) Isometristä lihasvoimamittausta on helpompi kontrolloida kuin dynaamisia liikkeitä, mikä vaikuttaa tutkimuksen toistettavuuteen ja EMG-tulosten luotettavuuteen. (Kauranen & Nurkka 2010.)



Kuva 3. EMG:n ja voimatason välinen yhteys (Kauranen & Nurkka 2010)

MS-tauti voi näkyä EMG-aktiivisuudessa lihaksen nopeana väsymisenä, signaalin katkonaisuutena, raajojen välisenä epäsymmetrisyytenä, lihaksen epänormaalina aktiivisuutena, lihasaktivaation ajoituksen puutteina tai epänormaalina reflektorisena toimintana (Cardinale & Lim 2003). Refleksin ärsytyskynnys ei eroa terveillä spastisista neurologista sairautta sairastavista (Lorentzen, Grey, Crone, Mazevet, Biering-Sørensen & Nielsen 2010). Pau ym. (2015) tutkivat EMG:llä spastisiteetin vaikutusta lihasaktivaatioon suorassa reisilihaksessa, etummaisessa säärilihaksessa ja kaksoiskantalihaksen ulommassa päässä askeleen aikana MS-tautia sairastavilla (n = 38). Koeryhmä koostui 19:sta MS-tautia sairastavasta, joilla oli spastisiteettia oman arvionsa mukaan, ja 19:sta oman arvionsa mukaan ei-spastisesta MS-tautia sairastavasta verrokista. Spastisuutta arvioitiin mittausta edeltävän 24 tunnin ajalta käyttäen *Numerical Rating Scale* (NRS) -asteikkoa. Suoran reisilihaksen aktivaatiossa näkyi aktivaatioero spastisen lihaksen aktivaation ollessa korkeampi kuin verrokin. Vasemmassa alaraajassa spastisella henkilöllä EMG-aktiivisuus oli $0,644 \pm 0,12$ V, ei-spastisella $0,504 \pm 0,08$ V, oikeassa alaraajassa EMG-aktiivisuus oli spastisella $0,639 \pm 0,11$ V, ei-spastisella $0,493 \pm 0,06$ V ($p < 0,001$). (Pau, Coghe, Corona, Marrosu & Cocco 2015.)

5 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää, miten lyhytkestoinen koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuteen MS-tautia sairastavilla henkilöillä.

1. Miten koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuuteen värinän aikana tehtävissä harjoitteissa verrattuna maksimaaliseen EMG-aktiivisuuteen isometrisessä maksimivoimantuotossa?
2. Miten koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuteen värinän aikana tehtävissä harjoitteissa verrattuna maksimaaliseen EMG-aktiivisuuteen isometrisessä maksimivoimantuotossa?
3. Miten koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuuteen värinän aikana tehtävissä harjoitteissa verrattuna EMG-aktiivisuuteen ilman värinää tehtävissä harjoitteissa?
4. Miten koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuteen värinän aikana tehtävissä harjoitteissa verrattuna EMG-aktiivisuuteen ilman värinää tehtävissä harjoitteissa?

6 Opinnäytetyön toteutus

Opinnäytetyö toteutettiin Saimaan ammattikorkeakoulun tiloissa toukokuussa 2016. Tutkittavat rekrytoitiin Neuroliiton paikallisyhdistyksen eli Etelä-Karjalan neuroyhdistyksen jäsenistöstä.

6.1 Tutkimuksen osallistujat

Tutkittavat henkilöt ovat Etelä-Karjalan neuroyhdistyksen jäseniä, jotka osallistui-
vat tutkimukseen vapaaehtoisesti. Hyväksymiskriteeri oli rekrytoimishetkellä vä-
hintään vuosi sitten diagnosoitu MS-tauti. Kävelyn apuvälineillä ei ollut tutkimuk-
sen kannalta merkitystä. Alaraajojen isometrisen maksimivoiman mittauksessa

polvikulma vakioitiin 90°, minkä vuoksi polvinivelen koukistuksen oli oltava vähintään 90° mittausasennon mahdollistamiseksi (Kuva 5). Koehenkilön tuli kyetä seisomaan värinäalustalla vähintään harjoittelun edellyttämä aika, eli noin 1 minuutti ja samalla suorittamaan harjoitusliikkeet, joita olivat kyykky ja varpailenousu. Poissulkukriteereitä olivat raskaus, muu neurologinen sairaus kuin MS-tauti, alaraajojen traumat ja/tai kirurgiset operaatiot viimeisimmän kuuden kuukauden sisällä. Edellä mainittujen poissulkukriteerien lisäksi Power Plate Pro5 AIRdaptive -laitteen maahantuoja on määrittänyt laitteen käytölle omat käyttöohjeet. Maahantuojaan määrittämiä poissulkukriteerejä olivat muun muassa keinoonivel, syvä laskimotukos tai tromboosi, verenkiertoelimistön sairaus, sydämentahdistin, raskaus, epilepsia, kognitiiviset ongelmat, vaikea diabetes, verkkokalvon ongelmat ja vaikeat tuki- ja liikuntaelinsairaudet. Poissulkukriteerit oli lueteltu saatekirjeessä.

Opinnäytetyön mittauksiin osallistui viisi MS-tautia sairastavaa henkilöä, joiden ikä oli keskimäärin 56 (\pm 6,3) vuotta. Henkilöistä neljä oli naisia ja yksi mies. Tiedusteluista huolimatta osallistujilta ei saatu kansainvälisissä tutkimuksissa yleisesti käytettyä EDSS-luokitusta.

6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimus toteutettiin poikittaisasetelmalla (Kuva 4), jossa osallistujat kävivät mittauksissa yhden kerran. Koetilanteessa mitattiin suoran reisilihaksen (*rectus femoris*) ja kaksoiskantalihaksen mediaalisen pään (*gastrocnemius, caput mediale*) EMG-aktiivisuutta pintaelektrodein isometrisessä maksimisuorituksessa ennen koko kehon värinäharjoittelua, alaraajojen lihasvoimaharjoitteiden aikana ja kokovartalovärähtelyssä tehtävien samojen alaraajojen lihasvoimaharjoitteiden aikana, ja lopuksi lihasvoimaa isometrisessä maksimisuorituksessa.



Kuva 4. Tutkimusasetelma

EMG-aktiivisuus mitattiin alaraajasta, joka oli isometriseltä ojennusvoimaltaan (kg) heikompi. Tämä selvitettiin ennen EMG-mittausten aloittamista alaraajan viiden sekunnin isometrisellä maksimiojennuksella 90° polvikulmalla (Kuva 5). Tutkimuspöytäkirjaan kirjattiin lisäksi ikä ja sukupuoli. Osallistujan paino mitattiin henkilövaa’alla Power Plate –laitteen asetuksia varten.



Kuva 5. Alaraajan isometrinen maksimivoimamittaus

Tutkimuksessa koko kehon värinäharjoitteluun käytettiin Saimaan ammattikorkeakoulun biomekaniikan laboratorion Power Plate Pro5 AIRdaptive –laitetta. Laitteella toteutetussa harjoittelussa käytettiin sisäliikuntakenkiä turvallisen suorituksen takaamiseksi. EMG-mittauksia varten osallistuja pukeutui reidet paljastaviin shortseihin tai lyhyisiin housuihin.

Maksimaalinen isometrinen lihasvoima (*MVC, maximal voluntary contraction*) ja kohdelihasten maksimaalinen EMG-aktiivisuus mitattiin valitusta alaraajasta viiden sekunnin isometrisen alaraajojen ojennuksen aikana. Mittaus suoritettiin keran mahdollisen uupumisen ja mittauksen oppimisvaikutusten minimoimiseksi. Suoran reisilihaksen MVC ja maksimaalinen EMG-aktiivisuus mitattiin 90° polvikulmalla (Kuva 6). Kaksoiskantalihaksen sisemmän pään MVC ja maksimaalinen EMG-aktiivisuus mitattiin 55° polvikulmalla ja 90° nilkkakulmalla (Kuva 7). Nivelkulmat mitattiin goniometrillä. Jalkaterän paikka merkittiin teipillä viimeistä mitausta varten. Molemmissa mittauksissa osallistujaa ohjattiin pitämään koko selkä ja takaraivo kiinni testipenkin selkänojassa ja tekemään suoritus maksimaalisesti alusta loppuun. Mittauksista kirjattiin ylös tuotetun lihasvoiman huippuarvo (kg). EMG:stä kirjattiin ylös korkeimmasta huipusta alkaen 0,5 sekunnin ajan keskiarvo (μV). Saatuja EMG-aktiivisuuden tuloksia käytettiin seuraavien mittausten vertailukohtana.

Suoritusohjeet testaustilanteessa annettiin seuraavasti: *Kun sanon hep, ponnista mahdollisimman kovaa ja maksimaalisella teholla kohti jalkalevyä. Pyri ojentamaan polviasi siihen asti kunnes sanon seis.*

Kun sanon hep, ojenna nilkkoja maksimaalisella teholla niin, että pyrit pitämään polvet paikallaan. Suoritus päättyy, kun sanon seis.



Kuva 6. Isometrinen maksimivoimamittaus 90° polvikulmalla



Kuva 7. Isometrinen maksimivoimamittaus 55° polvikulmalla

Osallistuja teki vakaalla alustalla viisi kyykkyä, joissa tavoitteena oli käydä niin alhaalla, että polvikulma oli 90° (Kuva 8). Tämän jälkeen osallistuja teki viisi varpaille nousua niin korkealle kuin pystyi tasapainoisesti vakaalla alustalla tekemään (Kuva 9). Vakaalla alustalla tehtävät liikkeet tehtiin myös värinälaitteen päällä seisten, jolloin tukea pystyi käyttämään yhtä lailla kuin värinän aikana tehtävissä liikkeissä. Suoritustekniikat oli käyty läpi ennen isometrisiä maksimivoimatestejä. Tällöin osallistujilla oli mahdollisuus esittää kysymyksiä. Samassa yhteydessä osallistujat saivat testata 10 sekunnin ajan, miltä seisominen värisevällä alustalla tuntuu. Osallistujille annettiin ohjeet värinäalustalla toimimiseen. Värinäharjoittelun aikana pää tuli pitää pystyasennossa, katse eteenpäin suunnattuna ja kädet kevyesti kiinni laitteen tukikahvoissa vartalon edessä. Jos koko kehon värinäharjoittelun aikana olisi ilmennyt huonoa oloa, hengenahdistusta, kipua tai muuta normaalia poikkeavaa oiretta, harjoittelu olisi lopetettu välittömästi.

Suoritus ohjeistettiin testattavalle seuraavasti: *Kun sanon aloita, tee viisi kyykkyä ja varpailleenousua aikaisemmin harjoitellulla tavalla omaan tahtiin, mahdollisimman symmetrisesti. Sanon hep, kun kyykyn syvyys on riittävä. Lasken suoritukset*

ääneen. Kun sanon seis, suoritus päättyy. Tämän jälkeen sama toistetaan värisevällä alustalla.

EMG-aktiivisuus tallennettiin liikkeiden aikana, ja ylös kirjattiin kunkin toiston korkeimmasta huipusta alkaen 0,5 sekunnin ajan keskiarvo (μV) käyttämällä mitausohjelman *Area of Interest*- eli mielenkiintoaluetta. Seuraavaksi toteutettiin samat liikkeet Power Plate Pro5 AIRdaptive -laitteessa. Värähtelyn taajuudeksi määritettiin 30 Hz ja laitteen amplitudiasetukseksi valittiin *LOW*, jossa aallonkorkeus oli 1,1 millimetriä tutkimuksen mukaisesti. (Marín, Santos-Lozano, Santin-Medeiros, Vicente-Rodriguez, Casajús, Hazell, & Garatachea, 2012.) Ilma-asetus säädettiin tutkittavan henkilön painon mukaan, *air level 1*: paino alle 60 kg, *air level 2*: paino 60 – 90 kg, *air level 3*: paino yli 90 kg. Aika-asetukseksi valittiin 60 sekuntia, jonka aikana vaadittavat liikkeet ehdittiin suorittamaan. Kunkin liikkeen viiden toiston mittaustuloksista määritettiin keskiarvo (μV), jota verrattiin maksimi-EMG-arvoon (μV).



Kuva 8. Kyykky



Kuva 9. Varpaillenousu

6.3 Tiedonkeruumenetelmät

Alaraajojen isometrisen maksimivoiman mittaukseen käytettiin Newtest Leg Force –mittauslaitteistoa, joka perustuu venymäliuska-anturilla mitattavaan venytykseen eli anturiin kohdistuvaan voimaan. Laitteisto ilmoittaa voiman kilogrammoina. Suoran reisilihaksen maksimivoimamittauksessa alaraaja asetettiin ponnistuslevylle lonkka, polvi ja jalkaterä samaan linjaan, polvi 90 asteen kulmaan (Kuva 6). Tätä säädettiin jalkalautaa siirtämällä ja mittaamalla polvikulmaa samanaikaisesti goniometrillä. Kaksoiskantalihaksen isometrisen maksimivoiman mittauksessa polvikulmaksi määritettiin 55° ja nilkkakulma 90° (Kuva 7). Jalkaterän paikka ponnistuslevyssä merkittiin teipillä. Jalkalautaa ei liikutettu mittausten välissä, jolloin asento pystytettiin vakioimaan viimeistä mittausta varten.

EMG-mittaukseen tässä opinnäytetyössä käytettiin MegaElectronics Ltd:n MegaWin ME6000 –mallista EMG-mittalaitteistoa. Ensimmäiseksi EMG-signaali tallennettiin alaraajojen isometrisen maksimiojennuksen ajan (5 s), josta rajattiin mielenkiintoalueeksi 0,5 sekuntia korkeimmasta huipusta eteenpäin. Huippujen keskiarvoa 0,5 sekunnin ajalta käytettiin vertailukohtana muille mittaustuloksille. Käytössä oli kaksi mittauskanavaa. Toinen mittasi suoran reisilihaksen ja toinen kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuutta heikommasta alaraajasta. Mittaelektrodien havaitsema sähköinen aktiivisuus suodatettiin ensin maaelektrodin kautta mittalaitteeseen, joka vahvistaa signaalin ja lähettää sen tietokoneelle. Signaali suodatettiin Megawin-mittausohjelmalla välille 10-500 Hz. Raaka-EMG tasasuunnattiin ja tasoitettiin, minkä jälkeen kirjattiin ylös parametrit oheisen taulukon mukaisesti (Taulukko 2).

Mittaus	Mitattava parametri	Yksikkö
Isometrinen maksimivoima	Maksimiarvo	Kilogramma (kg)
EMG-aktiivisuus maksimivoimantuotossa	EMG- data, keskiarvo	Mikrovoltti (µV)
EMG-aktiivisuus	EMG-data, keskiarvo	Mikrovoltti (µV)

Taulukko 2. Rekisteröidyt parametrit

EMG-mittaukset valmisteltiin kuorimalla mittausalueen ihoa hiomapaperilla ja puhdistamalla alue alkoholiliuoksella. Suoran reisilihaksen EMG-mittauksessa elektrodit asetettiin kuvan osoittamalla tavalla henkilön istuessa polvi 90° kulmassa (Kuva 9). Elektrodien paikka määritettiin reiden keskelle ottamalla mitta

polvilumpion yläreunasta suoliluun etuyläkäärkeen ja merkitsemällä tämän mitan keskikohta tussilla reiteen. Näin määritettiin kohta, jonka molemmin puolin mittaelektrodit asetettiin. Maaelektrodi asetettiin mittaelektrodeista katsottuna mediaalisesti EMG-mittauslaitteen ohjeistuksen mukaisesti (Kuva 10). Kaksoiskantali-haksen sisemmän pään elektrodiasettelua varten mitattiin mittanauhalla henkilön pohkeen paksuin kohta, jonka molemmin puolin mittaelektrodit asetettiin (Kuva 11). EMG-mittauksen tuloksista kirjattiin ylös mittausohjelman määrittämät arvot. Signaalin tasasuuntaamisen ja pehmentämisen jälkeen laskettiin keskiarvo (μV) käyttämällä 0,5 sekunnin tarkasteluväliä. Viiden toiston sarjojen keskiarvoista laskettiin keskiarvo koko liikesarjasta. Tätä verrattiin maksimaalisessa isometri- sessä supistuksessa saatuun maksimi-EMG-arvoon. Työn tulokset on esitetty graafisesti viivadiagrammeihin Tulokset -osiossa (Kuvat 12 & 13).



Kuva 10. EMG-pintaelektrodien asettelu suoraan reisilihakseen (MegaElectronics 2016)



Kuva 11. EMG-pintaelektrodiin asettelu kaksoiskantalihaksen sisempään päähän (MegaElectronics 2016)

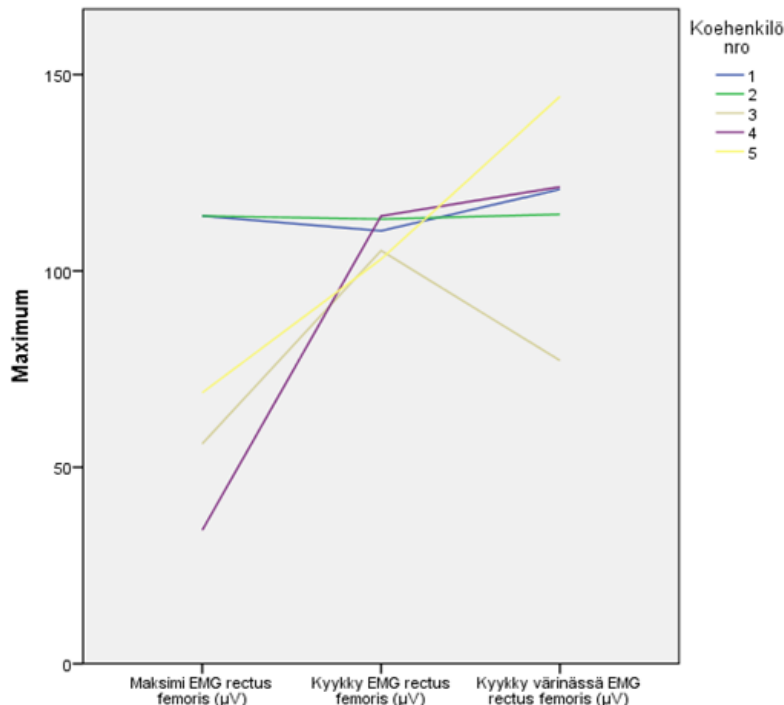
6.4 Tutkimuksen eettisyys

Osallistujille lähetettiin saatekirje, jossa kerrottiin tutkimuksen sisältö ja tarkoitus. Kirjeestä kävi ilmi tutkimukseen osallistujien rooli tutkimuksessa ja mukaanotto-kriteerit. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista, keskeyttäminen oli mahdollista missä tutkimuksen vaiheessa tahansa, eikä tutkimus velvoittanut osallistujilta muuta kuin aktiivisuutta tutkimuksen läpiviemisen takaamiseksi. Osallistujista kerättäviä tietoja käsiteltiin luottamuksellisesti ja tiedot olivat vain tutkimuksen tekijöiden nähtävissä ja saatavilla. Tutkimuksen aikana tuloksia käsiteltiin nimettöminä. Ennen alkumittauksia osallistujat allekirjoittavat suostumuslomakkeen, jossa he antoivat luvan käyttää saatuja testituloksia osana opinnäytetyötä. Tutkimuksen aikana tietoja säilytettiin yksittäisellä ulkoisella muistiasemalla, joka oli vain tutkimuksen tekijöiden käytettävissä ja salasanalla suojattu. Tutkimuksen jälkeen yksilöivät tiedot osallistujista on hävitetty paperisilppurissa.

7 Tulokset

Opinnäytetyön mittauksiin osallistui viisi henkilöä, joiden tuloksia ei tarkasteltu tilastollisesti vähäisen osallistujamäärän vuoksi, vaan jokainen koehenkilö toimii itsensä verrokkina eri mittausten välillä. Suoran reisilihaksen EMG-mittauksissa arvot on ilmoitettu suhteessa maksimaalisessa isometrisessä voimantuotossa mitattuun maksimi-EMG-aktiivisuuteen. Koehenkilö 1:llä suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuus oli kyykkyliikkeessä 97 % ja värinässä 106 %. Koehenkilö 2:lla 99 % ja 100 %. Koehenkilö 3:lla 189 % ja 138 %. Koehenkilö 4:llä 335 % ja 357 %. Koehenkilö 5:llä 149 % ja 209 %.

Keskimääräisesti tarkasteltuna suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuus koko kehon värinäharjoittelun aikana tehdyissä kyykkyliikkeissä oli 49 % korkeampaa kuin EMG-aktiivisuus isometrisessä maksimivoimantuotossa. Koko kehon värinäharjoittelun aikana tehdyissä kyykkyliikkeissä EMG-aktiivisuus oli 6 % korkeampaa kuin EMG-aktiivisuus kyykkyliikkeissä ilman värinää.

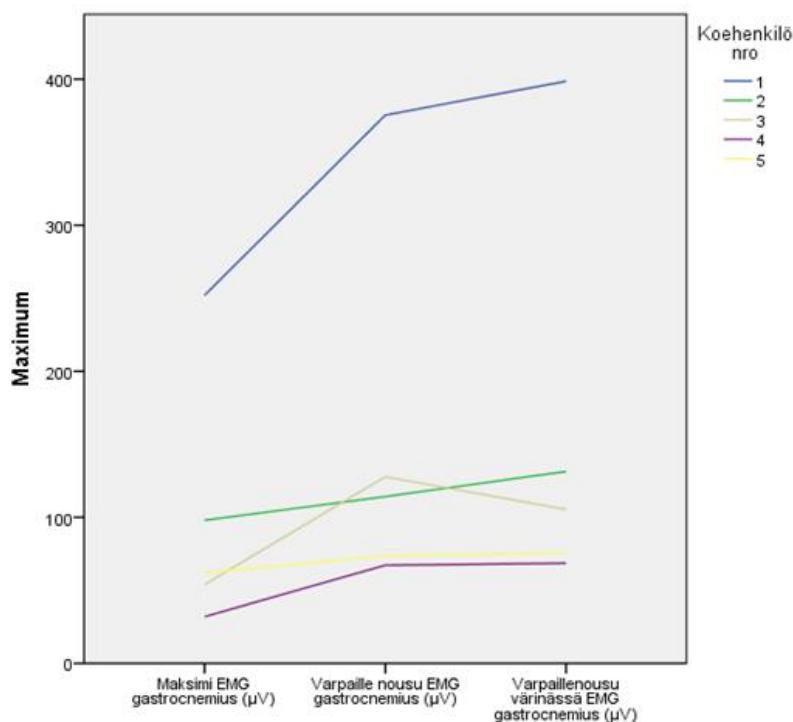


Kuva 12. Suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuus

Kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuden tulokset on esitetty oheisissa kuvaajissa (Kuva 12). Arvot on ilmoitettu suhteessa maksimaalisessa

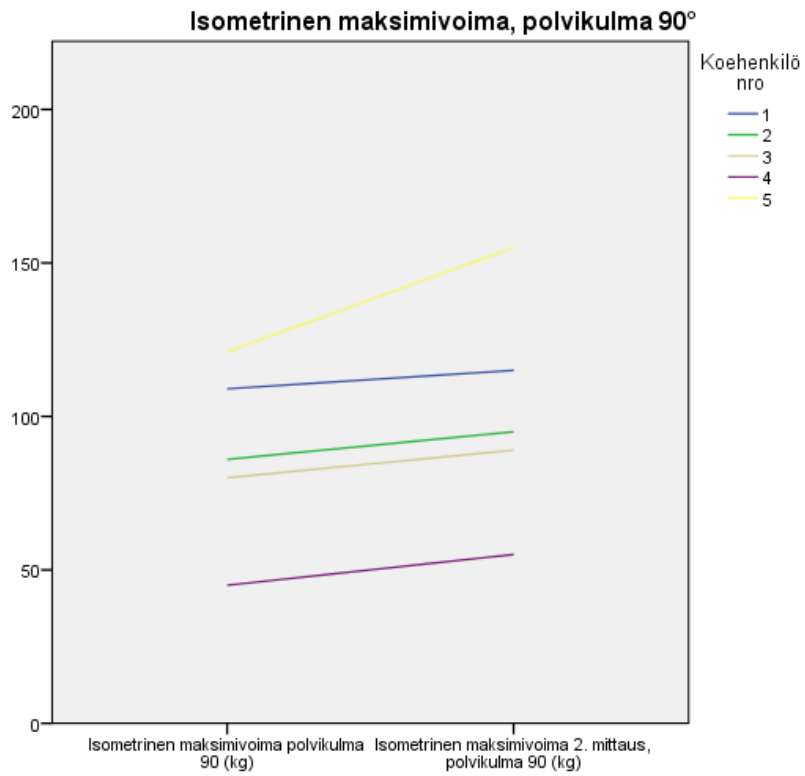
isometrisessä voimantuotossa mitattuun maksimi-EMG-aktiivisuuteen. Koehenkilö 1:llä EMG-aktiivisuus oli varpaillenousussa 149 % ja varpaillenousussa värinän aikana 158 %. Koehenkilö 2:lla 117 % ja 138 %. Koehenkilö 3:lla 237 % ja 195 %. Koehenkilö 4:llä 210 % ja 214 %. Koehenkilö 5:llä 119 % ja 122 %.

Keskimääräisesti tarkasteltuna kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuus koko kehon värinäharjoittelun aikana tehdyissä varpaillenousuissa oli 57 % korkeampaa kuin EMG-aktiivisuus isometrisessä maksimivoimantuotossa. Koko kehon värinäharjoittelun aikana tehdyissä varpaillenousuissa EMG-aktiivisuus oli 3 % korkeampaa kuin EMG-aktiivisuus varpaillenousuissa ilman värinää.

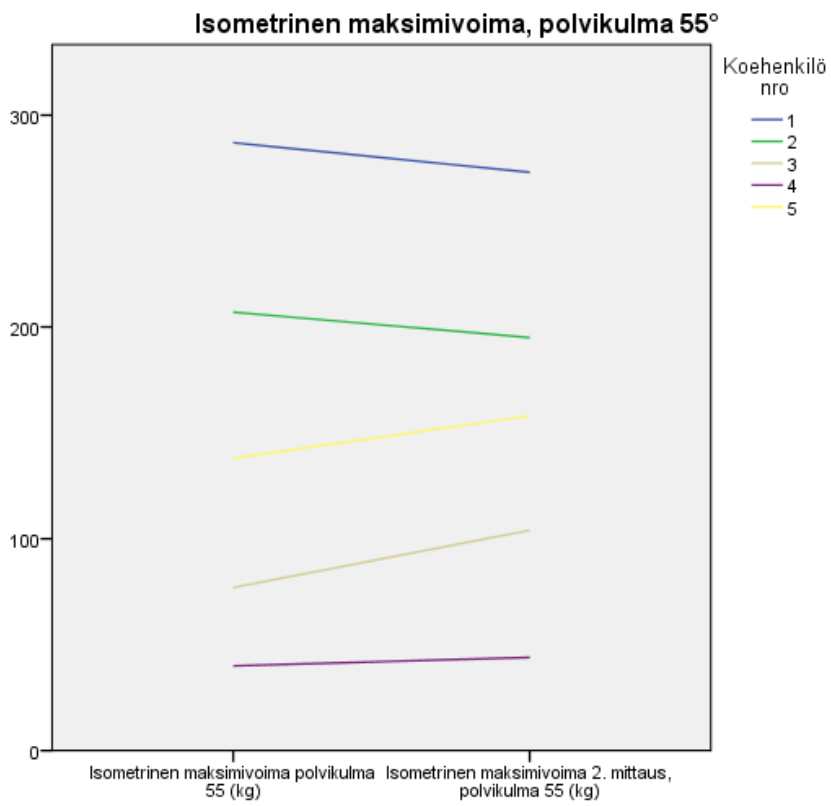


Kuva 13. Kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuus

Isometrisen maksimivoiman mittaukset on esitetty oheisissa kuvaajissa (Kuvat 14 & 15). 90° polvikulman isometrisissä maksimivoimamittauksissa lihasvoima oli koko kehon värinäharjoittelun jälkeen mitattuna keskimääräisesti 15 % suurempaa kuin ennen harjoittelua tehdyissä mittauksissa. 55° polvikulman isometrisissä maksimivoimamittauksissa lihasvoima oli koko kehon värinäharjoittelun jälkeen mitattuna keskimääräisesti 3 % suurempaa kuin ennen harjoittelua tehdyissä mittauksissa.



Kuva 14. Isometrinen maksimivoima, polvikulma 90°



Kuva 15. Isometrinen maksimivoima, polvikulma 55°

8 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, miten lyhytkestoinen koko kehon värinäharjoittelu vaikuttaa suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuteen MS-tautia sairastavilla henkilöillä. Tutkimusongelmiin saatiin vastaukset seuraavasti:

1. Suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuus oli keskimäärin 49 % korkeampaa koko kehon värinän aikana tehdyissä harjoitteissa kuin EMG-aktiivisuus isometrisessä maksimivoimantuotossa.
2. Kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuus oli keskimäärin 57 % korkeampaa koko kehon värinän aikana tehdyissä harjoitteissa kuin EMG-aktiivisuus isometrisessä maksimivoimantuotossa.
3. Suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuus oli värinän aikana tehdyissä harjoitteissa keskimäärin 6 % korkeampaa kuin EMG-aktiivisuus ilman värinää tehdyissä harjoitteissa.
4. Kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuus oli värinän aikana tehdyissä harjoitteissa keskimäärin 3 % korkeampaa kuin EMG-aktiivisuus ilman värinää tehdyissä harjoitteissa.

8.1 Aineisto

Työn kannalta suurin luotettavuutta heikentävä tekijä oli rekrytoinnista huolimatta pieni osallistujamäärä ($n = 5$). Tutkimuksen aikana ei tapahtunut osallistujakatoa. Pieni otos on herkkä poikkeavuuksille, eikä tuloksia voi siksi yleistää. Otosta ei voi pitää täysin perusjoukon ominaisuuksia edustavana. Otos voi olla vinoutunut, koska osallistujiksi ilmoittautuneet olivat sosiaalisesti aktiivisia ja esittivät jatkuvaa kiinnostusta opinnäytetyötä kohtaan. Vammatason arviointiin suunniteltiin käytettäväksi EDSS-luokitusta, mutta yksikään opinnäytetyöhön osallistuneista henkilöistä ei tiennyt omaa luokitustasoaan. Suoritusmekaniikat vaihtelivat osallistujien välillä, mikä saattoi kasvattaa tulosten välisiä eroja. Liikuntatausta ja fyysinen aktiivisuus vaikuttavat motoristen yksiköiden syttymiseen ja rekrytointiin, mikä on tämän opinnäytetyön tulosten kannalta oleellista.

Castillo-Bueno ym. (2016) tekemän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mukaan MS-tautia sairastaville henkilöille tehdyissä koko kehon värinäharjoittelututkimuksissa on päädytty erilaisiin tuloksiin. Kirjallisuuskatsaus tehtiin yhdeksälle tutkimukselle, joista osassa on todettu tapahtuvan kehittymistä lihasvoimassa, toiminnallisuudessa, koordinaatiossa, kestävyudessa tai tasapainossa. Yhdenmukaisten harjoitusvaikutusten varmistamiseksi tutkimuksia on vielä liian vähän, ja osa niistä on rajoittunut yksittäiseen suoritus- tai toimintakyvyn osa-alueeseen. (Castillo-Bueno, Ramos-Campo & Rubio-Arias 2016.)

MS-tauti haittaa sairastuneiden fyysistä suoritus- ja toimintakykyä, mutta MS-potilaat hyötyvät erilaisista kuntoutusmuodoista sairastamisensa ajan. Perinteinen lihaksia aktivoiva terapia on tehokasta ja suositeltavaa. Muut tekniikat, kuten TENS-sähköärsytys, sähkömagneettinen terapia, koko kehon värinäharjoittelu ja robottiaivustettu kävelyterapia eivät ole osoittautuneet paremmiksi kuin perinteiset menetelmät. Uudet terapiamuodot vaativat vielä lisää tutkimuksia. (Donzé 2015.) MS-taudissa kyky aktivoida motorisia yksiköitä lihassupistuksen aikana on madaltunut ja lihassyiden keskimääräinen poikkipinta-ala on alentunut, ja siksi koko kehon värinän avulla tapahtuvaa harjoittelua pidetään käyttökelpoisena vaihtoehtona MS-potilaiden kuntoutuksessa sen positiivisten fysiologisten vaikutusten vuoksi. Vaikka tieteellinen näyttö on vielä puutteellista, niin koko kehon värinälaitteita on käytössä MS-kuntoutuskeskuksissa ja klinikoilla. (Broekmans ym. 2010.) Koko kehon värinäharjoittelun vaikutuksia MS-taudin oireita lievittäväenä terapia- ja harjoittelumuotona on tutkittu muutamissa tutkimuksissa, mutta niiden tulokset ovat ristiriitaisia (Alguacil Diego ym. 2011).

Vaikka koko kehon värinäharjoittelun hyödyistä on saatu näyttöä, on värinäharjoittelun ja aktiivisen fysioterapian vaikuttavuutta vertailevia tutkimuksia tehty vähän. Kolme tällaista tutkimusta on tehty Parkinsonin tautia sairastavilla. Näissä tutkimuksissa havaittiin, että eroa taudin oireissa, tasapainossa tai kävelyssä ei ollut värinäharjoitteluryhmän ja tavallisen fysioterapiaryhmän välillä interventiojakson päätyttyä. (Arias, Chouza, Vivas & Cudeiro 2009; Carroll ym. 2011.) Esimerkiksi kolmen viikon interventiojakson jälkeen molemmat ryhmät paransivat tuloksiaan Tinetti-tasapainotestissä 38 % ($p < 0,001$) (Ebersbach, Edler, Kaufhold & Wissel 2008).

8.2 Menetelmät

Tutkimusprotokolla opinnäytetyössä oli vakioitu ja sitä testattiin ulkopuolisella, terveellä henkilöllä tutkimuksen suunnitteluvaiheessa. Työnjako tutkimustilanteessa oli sovittu etukäteen ja se pysyi samanlaisena kaikkien mitattavien kohdalla. Mittareiden yhdenmukaisuutta ei ollut mahdollista vertailla, koska käytettävissä ei ollut eri indikaattoreita. Suunnitellun EDSS-luokituksen lisäksi osallistujilta olisi voitu kerätä lisätietoja sairauden kestosta, etenemistyyppistä ja vaiheesta sekä osallistujien fyysisestä aktiivisuudesta. Näin otosta olisi voitu kuvailla tarkemmin. Tutkimuksessa käytettyjen mittareiden luotettavuudesta on tutkimustietoa, jonka perusteella ne on todettu tähän opinnäytetyöhön sopiviksi. EMG-aktiivisuuden tulokset ovat dynaamisissa harjoitteissa viiden toiston tulosten keskiarvoja, mikä pienentää satunnaisvirheen vaikutusta tuloksissa. EMG-datan analysoinnissa määritettiin mielenkiintoalueeksi puoli sekuntia korkeimmasta aktiivisuushuipusta eteenpäin. Datan käsittelyssä jouduttiin tekemään tulkinnallisia valintoja, esimerkiksi kahden yhtä korkean aktiivisuushuipun kohdalla. Dynaamisia liikkeitä tehtäessä suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuudet olivat isometrisissä mittauksissa saatuja EMG-aktiivisuuden arvoja korkeampia. Isometrisessä maksimivoimamittauksessa tallennetut EMG-aktiivisuudet eivät näin mitattuna kuvaa edellä mainittujen lihasten maksimaalista EMG-aktiivisuutta.

Tässä opinnäytetyössä käytettiin MegaElectronics Ltd:n MegaWin EMG-mittalaitteistoa ME6000. Valmistajan mukaan kyseistä laitteistoa on käytetty tutkimuksissa, joissa on mitattu lihaksen EMG-aktiivisuutta (MegaElectronics 2016). Elektromyografiaa käytettäessä elektrodiasettelu ja sen vakiointi ovat lopputuloksen ja sen luotettavuuden kannalta tärkeitä. Työssä määritettiin elektrodeille paikat käytetyn ohjelman ohjeiden mukaisesti. Ohjeen mukaisesta sijoittelusta huolimatta yhdellä osallistujalla ei aluksi saatu kunnollista dataa, vaan elektrodien paikkoja jouduttiin muuttamaan tulosten saamiseksi.

Farina ym. (2014) mukaan pintaelektrodeilla mitattu EMG-signaali voi kärsiä monista häiriötekijöistä, kuten ympäröivistä sähkölaitteista. Mittausolosuhteiden vakioiminen ja dokumentointi ovat tärkeitä toistettavuuden takaamiseksi. Tiettyjä muuttujia, kuten tutkittavan ihonalaiskudosten paksuutta, lihassolujakaumaa ja

lihassolujen sisäistä johtumisnopeutta, ei voida kontrolloida. (Farina, Merletti & Enoka 2014.) Tästä johtuen on hyväksyttävä, että mittaus on epätarkka, mutta sama epätarkkuus toistuu jokaisessa mittauksessa mahdollisimman samankaltaisena. Pintaelektrodeilla tehdyn EMG-mittauksen toistettavuutta ja validiteettia on tutkittu. Viiden sekunnin maksimaalisen isometrisen lihassupistuksen EMG-mittaus on osoittanut korkeaa reliabiliteettia (ICC > 0,82, p <0,001) mittausten välillä nilkan plantaarikoukistajissa. (Bernecke, Pukenas, Imbrasiene, Mickeviciene, Baranauskiene, Eimantas & Brazaitis 2015.)

Isometristä maksimivoimaa mitattaessa käytettiin Newtest Leg Force –mittauslaitteistoa, jonka tulisi näyttää ponnistuksessa saatu maksimiarvo suorituksen päätyttyä. Laitteisto ei kuitenkaan näyttänyt kuin jatkuvasti muuttuvaa arvoa aiheuttaen sen, että mittaaja joutui silmämääräisesti seuraamaan ja merkitsemään mittauspöytäkirjaan suurimman näytöllä näkyneen arvon. Tämän takia on mahdollista, että suurin arvo on jäänyt huomaamatta.

Paltamaa ym. (2005) tutkivat fyysisen toimintakyvyn mittareiden luotettavuutta toimintakykyisillä MS-potilailla (n = 19). Tutkimuksessa oli yhteensä 12 eri testipatteristoa ja –laitetta, mukana oli myös isometrinen alaraajojen ojennusvoimaa mittaava laite. Tutkimuksen mukaan 10 mittausta, joihin sisältyi myös alaraajojen isometrinen voimamittaus, osoittautuivat luotettaviksi (ICC > 0,80) mittareiksi testi-uusintatesti -tyyppisessä seurantakäytössä MS-potilailla. (Paltamaa, West, Sarasoja, Wikström & Mälkiä 2005.)

Koko kehon värinäharjoittelussa käytettiin aiemmassa tutkimuksessa käytettyjä ja laitteen valmistajan suosittelemia asetuksia. Broekmans ym. (2010) käyttivät pitkäkestävyyttä tutkimuksensa alussa MS-henkilöille yhtäjaksoisesti 30 sekunnin koko kehon värinäharjoitteita taajuudella 20 Hz ja 2,5 mm amplitudilla (Broekmans ym. 2010). Power Plate Pro5 AIRdaptive -laitteen käyttäjäopas suosittelee voimaharjoittelun alussa ja lämmittelyssä käytettävän amplitudiasetusta "LOW" ja taajuutta 30 Hz (Power Plate® 2008).

8.3 Tulokset

Koko kehon värinäharjoittelua voi käyttää MS-tautia sairastavilla lämmittelykeinona ennen harjoittelua tai lisäämään lihasaktivaatiota esimerkiksi kuntoutuksen tai omatoimisen liikunnan yhteydessä. Värinäharjoittelu saattaa lisätä motoristen yksiköiden rekrytointiherkkyyttä, mikä voi kasvattaa maksimaalista voimantuottoa. Tällä perusteella voitaisiin saada lisää tehoa perusvoimaharjoitteluun ja sitä kautta kasvattaa kuntoutujan lihasvoimaa tehokkaammin. Tämän opinnäytetyön tuloksista voi päätellä varpaillenousun olevan hyvin soveltuva liike kaksoiskantalihaksen EMG-aktiivisuuden mittaamiseen. Tämän tiedon perusteella kaksoiskantalihaksen maksimaalisen EMG-aktiivisuuden mittaussasetelmaa olisi syytä kehittää varpaillenousuliikkeen suuntaiseksi. Tämän opinnäytetyön tulokset eivät ole yleistettävissä.

Tämän opinnäytetyön isometrisen maksimivoiman mittauksissa polvikulman ollessa 90° kaikkien osallistujien maksimivoima oli keskimäärin 15 % korkeampi. MS-tautia sairastaville on hermoston muutosten vuoksi vaikeaa rekrytoida maksimivoimaa tuottavia Ila- ja IIX-tyypin lihassoluja käyttäviä motorisia yksiköitä, tai ne ovat taudin edetessä suurimmaksi osaksi surkastuneet. Medina-Perez ym. (2016) mukaan MS-tautia sairastavien henkilöiden maksimaalisen isometrisen voiman kehittyminen vastusharjoittelun jälkeen johtuu ennemminkin hermostollisista muutoksista kuin lihasmassan kasvamisesta (Medina-Perez ym. 2016). McBride ym. (2009) mukaan koko kehon värinäharjoittelun akuuttien positiivisten vaikutusten vuoksi sitä voi käyttää yhtenä lämmittelykeinona ennen liikuntasuoritusta. (McBride ym. 2009.)

Kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuuden mittauksissa tulokset olivat tässä opinnäytetyössä kaikilla koehenkilöillä korkeampia (ka. 57 %) varpaillenousuliikkeen aikana kuin isometrisen maksimivoimamittauksen aikana mitattuna maksimi-EMG:ssä. Aiemman tutkimuksen mukaan värinä aiheuttaa lihas-supistuksia ja pienentää motoristen yksiköiden rekrytointiherkkyyttä, minkä seurauksena myös nopeat lihassolut aktivoituvat herkemmin (Broekmans ym. 2010). Tässä opinnäytetyössä dynaamisten liikkeiden aikana mitattu korkeampi EMG-aktiivisuus voi johtua puutteellisesta asetelmasta tai MS-taudille tyypillisestä maksimivoimaa tuottavien motoristen yksiköiden rekrytoinnin vähyydestä. Tämän

vuoksi lihaksen todellista maksimaalista EMG-aktiivisuutta ei saatu tallennettua isometrisessä maksimivoimamittauksessa.

8.4 Jatkotutkimusaiheet

Väriharjoittelun akuutteja vasteita EMG-aktiivisuudessa tulisi jatkossa tutkia suuremmalla otoskolla koe- ja kontrolliryhmä-asetelmalla, jotta tuloksia olisi mahdollista tarkastella tilastollisesti. Asetelman voisi toteuttaa vertaillen MS-tautia sairastavien lihasaktivaatiota myös terveisiin verrokkeihin, jolloin otoskokoa saisi edelleen kasvatettua. Edellä mainittu asetelma toisi lisätietoa MS-taudin vaikutuksista lihasaktivaatioon. Jatkotutkimusta voisi tehdä myös lihaksen aktivoitumisen erosta isometrisessä ja dynaamisessa lihastyössä MS-tautia sairastavilla. Tutkimuksen voisi rajata MS-taudin eri vaiheisiin tai etenemistyyppeihin ja niistä esille nouseviin eroihin väriharjoittelun hyödyntämisessä ja lihasten aktivoimisessa.

9 Johtopäätökset

Lyhytkestoinen koko kehon väriharjoittelu lisäsi suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuutta ja kasvatti alaraajojen isometristä maksimivoimaa 90° polvikulmalla mitattaessa. Näiden havaintojen perusteella koko kehon väriharjoittelua voidaan mahdollisesti käyttää harjoittelua tai testausta edeltävänä verryttelykeinona tai tehostamaan alaraajojen lihasvoimaharjoittelua. Tulokset eivät ole yleistettävissä pienen otoskoon vuoksi.

Kuvat

Kuva 1. MS-taudin etenemismuodot, s. 7

Kuva 2. EMG-signaali, s. 28

Kuva 3. EMG:n ja voimatason välinen yhteys, s. 29

Kuva 4. Tutkimusasetelma, s. 32

Kuva 5. Alaraajan isometrinen maksimivoimamittaus, s. 33

Kuva 6. Isometrinen maksimivoimamittaus 90° polvikulmalla, s. 34

Kuva 7. Isometrinen maksimivoimamittaus 55° polvikulmalla, s. 34

Kuva 8. Kyykky, s. 35

Kuva 9. Varpaille nousu, s. 35

Kuva 10. EMG-pintaelektrodien asettelu suoraan reisilihakseen, s. 37

Kuva 11. EMG-pintaelektrodien asettelu kaksoiskantalihaksen sisempään päähän, s. 38

Kuva 12. Suoran reisilihaksen EMG-aktiivisuus, s. 39

Kuva 13. Kaksoiskantalihaksen sisemmän pään EMG-aktiivisuus, s. 40

Kuva 14. Isometrinen maksimivoima, polvikulma 90°, s. 41

Kuva 15. Isometrinen maksimivoima, polvikulma 55°, s. 41

Taulukot

Taulukko 1. EDSS –luokitus, s. 10

Taulukko 2. Rekisteröidyt parametrit, s. 36

Lähteet

Alen, M. & Mäkinen, T. 2005. Liikuntalääketiede, Neurologiset oireet ja sairaudet, 273-274

Alguacil Diego, I.M., Pedrero Hernández, C., Molina Rueda, F. & Cano de la Cuerda, R. 2011. Effects of vibrotherapy on postural control, functionality and fatigue in multiple sclerosis patients. A randomised clinical trial. *Neurologia* 2012; 27(3), 143-153

Alvarenga-Filho, H., Sacramento, P., Ferreira, T., Hygino, J., Abreu, J., Carvalho, S., Wing, A., Alvarenga, R. & Bento, C. 2016. Combined Exercise Training Reduces Fatigue and Modulates the Cytokine Profile of T-cells from Multiple Sclerosis patients in Response to Neuromediators. *Journal of Neuroimmunology* 293, 91-99

Angst, F., Kaufmann, M., Benz, T., Nehrer, S., Aeschlimann, A. & Lehmann, S. 2015. Quadriceps performance under activation of foot dorsal extension in healthy volunteers: an interventional cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 16:340

Arias, P., Chouza, M., Vivas J. & Cudeiro, J. 2009. Effect of whole body vibration in Parkinson's disease: a controlled study. *Movement Disorders Journal - The Movement Disorder Society* 30;24(6), 891-898

Arnett, P.A., Barwik, F.H. & Beeney & J.E. 2008. Depression in multiple sclerosis: Review and theoretical proposal. *Journal of the International Neuropsychological Society*. 14, 691–724

Bernecke, V., Pukenas, K., Imbrasiene, D., Mickeviciene, D., Baranauskiene, N., Eimantas, N. & Brazaitis, M. 2015. Test-Retest Cross-Reliability of Tests to Assess Neuromuscular Function as a Multidimensional Concept. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 29(7), 1972-1984

Bjarnadottir, O.H., Konradsdottir, A.D., Reynisdottir, K. & Olafsson, E. 2007. Multiple sclerosis and brief moderate exercise. *Multiple Sclerosis* 13(6), 776-782

Block, V., Rivera, M., Melnick, M. & Allen, D. 2015. Do Physical Therapy Interventions Affect Urinary Incontinence and Quality of Life in People with Multiple Sclerosis? *International Journal of MS Care* 17, 172-180

Broekmans, T., Gijbels, D., Eijnde, B., Alders, G., Lamers, I., Roelants, M. & Feys, P. 2011. The Relationship Between Upper Leg Muscle Strength and Walking Capacity in persons with Multiple Sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal* 19(1), 112-119

- Broekmans, T., Roelants, M., Alders, G., Feys, P., Thijs, H. & Eijnde, B.O. 2010. Exploring the Effects of a 20-Week Whole-Body Vibration Training Programme On Leg Muscle Performance and Function in Persons with Multiple Sclerosis. *Journal of Rehabilitation Medicine* 42, 866-872
- Broekmans, T., Roelants, M., Feys, P., Alders, G., Gijbels, D., Hanssen, I., Stinissen, P. & Eijnde, B.O. 2011. Effects of long-term resistance training and simultaneous electro-stimulation on muscle strength and functional mobility in multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis* 17(4), 468-477
- Buhse, M. 2015. The Elderly Person with Multiple Sclerosis: Clinical Implications for the Increasing Life-Span. *The Journal of Neuroscience Nursing* 47(6), 333-339
- Cameron, M., Horak, F., Herndon, R. & Bourdette, D. 2008. Imbalance in Multiple Sclerosis: A Result of Slowed Spinal Somatosensory Conduction. *Somatosensory & Motor Research* 25(2): 113–122
- Cardinale, M. & Lim, J. 2003. Electromyography Activity of Vastus Lateralis Muscle During Whole-Body Vibrations of Different Frequencies. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17(3), 621–624
- Carroll C.C., Gallagher P.M., Seidle, M.E. & Trappe, S.W. 2005. Skeletal muscle characteristics of people with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 86(2), 224-229
- Carroll, T., Selvanayagam, V., Riek, S. & Semmler J. 2011. Neural adaptations to strength training: moving beyond transcranial magnetic stimulation and reflex studies. *Acta physiologica (Oxford, England)* 202(2):119-140
- Castillo-Bueno, I., Ramos-Campo, D.J. & Rubio-Arias, J.A. 2016. Effects of whole-body vibration training in patients with multiple sclerosis: A systematic review. *Neurologia* 19.7.2016
- Cormie, P., Deane, R., Triplett, T. & McBride, J. 2006. Acute Effects of Whole-Body Vibration on Muscle Activity, Strength and Power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20(2), 257-261
- D'Alisa, S., Miscio, G., Baudo, S., Simone, A., Tesio, L. & Mauro, A. 2006. Depression is the main determinant of quality of life in multiple sclerosis: A classification-regression (CART) study. *Disability and Rehabilitation*. 28(5), 307–314
- Del Baso, C. & Cafarelli, E. 2007. Adaptations in the activation of human skeletal muscle induced by short-term isometric resistance training. *Journal of Applied Physiology*. 103(1):402-411
- Donzé, C. 2015. Update on Rehabilitation in Multiple Sclerosis. *La Presse Médicale* 44(4), 169-176

Ebersbach, G., Edler, D., Kaufhold, O. & Wissel, J. 2008. Whole Body Vibration Versus Conventional Physiotherapy to Improve Balance and Gait in Parkinson's Disease. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 89(3): 399-403

Eftekhari, E., Mostahfezian, M., Etemadifar, M. & Zafari, A. 2012. Resistance Training and Vibration Improve Muscle Strength and Functional Capacity in Female Patients with Multiple Sclerosis. *Asian Journal of Sports Medicine*, Vol 3(4), 279-284

Eklom, M. 2010. Improvements in dynamic plantar flexor strength after resistance training are associated with increased voluntary activation and V-to-M ratio. *Journal of Applied Physiology*. 109: 19–26

Electrotherapy 2014. www.electrotherapy.org Luettu 6.6.2016

Ensari, I., Sandroff, B. & Motl, R. 2016. Intensity of Treadmill Walking Exercise on Acute Mood Symptoms in Persons with Multiple Sclerosis. *Anxiety, Stress & Coping, An International Journal* 25.2.2016, 1-11

Farina D., Merletti R. & Enoka R. 2014. The extraction of neural strategies from the surface EMG: an update. *Journal of Applied Physiology* 117(11), 1215–1230

Fimland, M., Helgerud, J., Gruber, M., Leivseth, G. & Hoff, J. 2010. Enhanced neural drive after maximal strength training in multiple sclerosis patients. *European Journal of Applied Physiology*. 110(2010), 2, pp. 435-443

Florindo, M. 2014. Inflammatory Cytokines and Physical Activity in Multiple Sclerosis. *ISRN Neurology* 27.1.2014

Garner D.J. & Widrick J.J. 2003. Cross-bridge mechanisms of muscle weakness in multiple sclerosis. *Muscle & Nerve Journal*. 27(4), 456-464

Geertz, W., Dechow, A-S., Patra, S., Heesen, C., Gold, S. & Schulz, K-H. 2015. Changes of Motivational Variables in Patients with Multiple Sclerosis in an Exercise Intervention: Associations between Physical Performance and Motivational Determinants. *Behavioural Neurology* Vol. 2015

Hallikainen, M., Heikkilä, M., Hämäläinen, P., Leino, H-M., Rantakari, T., Ruutinen, J., Samstén, R., Toivomäki, A., Toivonen, M., Virtanen, E. & Jalonen, M. 2014. MS-Tauti – Käsikirja vastasairastuneelle. Suomen MS-Liiton julkaisusarja n:o 36. Luettu 4.11.2015

Hamburg, N.M., McMackin, C.J., Huang, A.L., Shenouda, S.M., Widlansky, M.E., Schulz, E., Gokce, N., Ruderman, N.B., Keaney Jr, J.F. & Vita, J.A. 2007. Physical Inactivity Rapidly Induces Insulin Resistance and Microvascular Dysfunction in Healthy Volunteers. *American Heart Association*. 27(12), 2650-2656

Hansen, D., Feys, P., Wens, I. & Eijnde, B.O. 2014. Is walking capacity in subjects with multiple sclerosis primarily related to muscle oxidative capacity or

maximal muscle strength? A pilot study. *Multiple Sclerosis International*. Vol. 2014

Hartikainen, S. & Herttolin, M. 2013. Sekä sähköärsytys että harjoittelu paransivat MS-tautia sairastavien kävelyä. *Fysioterapia-lehti* 1/13, 32-36
Heikkilä Tarja 2014. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita.

Horton, S., MacDonald, D., Erickson, K. & Dionigi, R. 2015. A Qualitative investigation of exercising with MS and the impact on the spousal relationship. *European Review of Aging and Physical Activity*. 12(3)

Hugos, C., Frankel, D., Tompkins, S. & Cameron, M. 2016. Community Delivery of a Comprehensive Fall-Prevention Program in People with Multiple Sclerosis, A Retrospective Observational Study. *International Journal of MS Care* 18, 42-48

Ickmans, K., Simoens, F., Iowast, J.N., Kos, D., Cras, P., Willekens, B. & Meeus, M. 2013. Recovery of peripheral muscle function from fatiguing exercise and daily physical activity level in patients with multiple sclerosis: A casecontrol study. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 122(2014) 97–105

Ito, K., Nonaka, K., Ogaya, S., Ogi, A., Matsunaka, C. & Horie J. 2016. Surface electromyography of the rectus abdominis, internal oblique, and external oblique muscles during forced expiration in healthy adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 28(2016) 76-81.

Kalron, A., Fonkatz, I., Frid, L., Baransi, H. & Achiron, A. 2016. The Effect of Balance Training on Postural Control in People with Multiple Sclerosis Using the CAREN Virtual Reality System: a pilot randomized controlled trial. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation* 13(13)

Kauranen, K. 2011. Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen. Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 167, s. 151

Kauranen, K & Nurkka, N 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Helsinki: Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 166, s. 307-326

Kierkegaard, M., Lundberg, I., Olsson, T., Johansson, S., Ygberg, S., Opava, C., Holmqvist, L. & Piehl, F. 2016. High-intensity resistance training in Multiple Sclerosis – An exploratory study of effects on immune markers in blood and cerebrospinal fluid, and on mood, fatigue, health-related quality of life, muscle strength, walking and cognition. *Journal of the Neurological Sciences* 362, 251-257

Kjølhede, T., Vissing, K., Langeskov-Christensen, D., Stenager, E., Petersen, T. & Dalgas, U. 2015. Relationship Between Muscle Strength Parameters and Functional Capacity in Persons with Multiple Sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders* 4, 151-158

- Klaren, R.E., Motl, R.W., Dlugonski, D., Sandroff, B.M. & Pilutti, L.A. 2013. Objectively quantified physical activity in persons with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 94(12), 2342-2348
- Kurtzke J.F. 1983. Rating neurologic impairment in multiple sclerosis: an expanded disability status scale (EDSS). 33(11), 1444-1452
- Käypä hoito 2014. MS-taudin käypähoito –suositus, 12/2014. <http://www.kaypa-hoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus;jsessionid=3C2A39606A0F6A79C3B133187C5501C9?id=hoi36070> Luettu 14.4.2015
- Larson, R., McCully, K., Larson, D., Pryor, W. & White, L 2013. Bilateral Differences in Lower-Limb Performance in Individuals with Multiple Sclerosis. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 50(2), 215-222
- Lorentzen, J., Grey, M.J., Crone, C., Mazevet, D., Biering-Sørensen F. & Nielsen J.B. 2010. Distinguishing active from passive components of ankle plantar flexor stiffness in stroke, spinal cord injury and multiple sclerosis. *Clinical Neurophysiology*. 121(11), 1939–1951
- Marín, P.J., Santos-Lozano, A., Santin-Medeiros, F., Vicente-Rodriguez, G., Casajús, J.A., Hazell, T.J. & Garatachea, N. 2012. Whole-body vibration increases upper and lower body muscle activity in older adults: Potential use of vibration accessories. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 22(3), 456-462
- Marrie, R.A., Miller, A., Sormani, M.P., Thompson, A., Waubant, E., Trojano, M., O'Connor, P., Fiest, K., Reider, N., Reingold, S. & Cohen, J. 2016. Recommendations for observational studies of comorbidity in multiple sclerosis. *The official Journal of the American Academy of Neurology*. 12;86(15), 1446-1453
- Marrie, R.A., Rudick, R., Horwitz, R., Cutter, G., Tyry, T., Campagnolo, D. & Vollmer, T. 2010. Vascular comorbidity is associated with more rapid disability progression in multiple sclerosis. *The official Journal of the American Academy of Neurology*. 74, 1041-1047
- McBride, J., Nuzzo, J., Dayne, A., Israetel, A., Nieman, D. & Triplett, T. 2009. Effect of an Acute Bout Whole Body Vibration Exercise on Muscle Force Output and Motor Neuron Excitability. *Journal of Strength and Conditioning Research* 0(0), 1-6
- Medina-Perez, C., Souza-Teixeira, F., Fernandez-Gonzalo, R., Hernandez-Murua, J-A. & Paz-Fernandez, J. 2016. Effects of High-speed Power Training on Muscle Strength and Power in Patients with Multiple Sclerosis. *Journal of Rehabilitation Research & Development*. 53(3) 359-368
- MegaElectronics 2016. http://www.megaemg.com/wp-content/uploads/2012/10/emg_database_2012-10-12.pdf Luettu 6.3.2016

- Møller, A.B., Bibby, B.M., Skjerbæk, A.G., Jensen, E., Sørensen, H., Stenager, E. & Dalgas, U. 2012. Validity and variability of the 5-repetition sit-to-stand test in patients with multiple sclerosis. *Disability and Rehabilitation*. 34(26), 2251-2258
- Nogueira, L.A., dos Santos, L.T., Sabino, P.G., Alvarenga, R.M. & Thuler L.C. 2003. Factors for Lower Walking Speed in Persons with Multiple Sclerosis. *Multiple Sclerosis International*. Vol. 2013
- Ozgen, G., Karapolat, H., Akkoc, Y. & Yuceyar, N. 2016. Is customized vestibular rehabilitation effective in patients with multiple sclerosis? A randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 6.4.2016, 466-478
- Paltamaa, J., West, H., Sarasoja, T., Wikström, J. & Mälkiä, E. 2005. Reliability of physical functioning measures in ambulatory subjects with MS. *Physiotherapy Research International: The Journal for Researchers and Clinicians in Physical Therapy* 10(2), 93-109
- Pau, M., Coghe, G., Corona, F., Marrosu, M.G. & Cocco, E. 2015. Effect of spasticity on kinematics of gait and muscular activation in people with Multiple Sclerosis. *Journal of the Neurological Sciences* 358, 339-344
- Pearson, M., Dieberg, G. & Smart, N. 2015. Exercise as a therapy for improvement of walking ability in adults with multiple sclerosis: a meta-analysis. *Archieve of Physical Medicine and Rehabilitation* 96(7), 1339-1348
- Plummer, P. 2016. Aerobic and Resistance Training Improve Walking Speed and Endurance in People with Multiple Sclerosis. *Journal of Physiotherapy* 62, 113
- Pope, Z. & DeFreitas, J. 2015. The effects of acute and prolonged muscle vibration on the function of the muscle spindle's reflex arc. *Somatosensory & Motor Research* 32:4, 254-261
- Power Plate International 2008, United Kingdom. Power Plate Pro5 Käyt-täjäopas.
- Rolak, L. 2016. The History of MS. The Basic Facts. National Multiple Sclerosis Society. <http://www.nationalmssociety.org/NationalMSSociety/media/MSNationalFiles/Brochures/Brochure-History-of-Multiple-Sclerosis.pdf> Luettu 8.3.2016
- Romberg, A. 2005. MS ja liikunta: iloa, elämänlaatua, toimintakykyä. Helsinki: Edita, 11-15
- Romberg, A., Virtanen, J. & Ruutiainen, J. 2005. Long-term exercise improves functional impairment but not quality of life in multiple sclerosis. *Journal of Neurology* 252(7), 839-845

Ruutiainen, J. & Tienari, P. 2007. Neurologia, MS-tauti ja muut demyelinaatio-sairaudet. Helsinki: Duodecim, 379-394

Samaei, A., Bakhtiary, A.H., Hajjhasani, A., Fatemi, E. & Motaharinezhad, F. 2016. Uphill and Downhill Walking in Multiple Sclerosis, A Randomized Controlled Trial. International Journal of MS Care 18, 34-41

Santos-Filho, S., Cameron, M. & Bernardo-Filho, M. 2011. Benefits of Whole-Body Vibration with an Oscillating Platform for People with Multiple Sclerosis: A Systematic Review. Multiple Sclerosis International. Vol. 2012

Savci, S., Inal-Ince, D., Arikan, H., Guclu-Gunduz, A., Cetisli-Korkmaz, N., Armutlu, K. & Karabudak, R. 2005. Six-minute walk distance as a measure of functional exercise capacity in multiple sclerosis. Disability and Rehabilitation. 27(22), 1365 – 1371

Tarnanen, K., Kesäniemi, A., Kettunen, J., Kujala, U., Kukkonen-Harjula, K. & Tikkanen, H. 2010. Liikunta on lääke (Liikunta-suositus). Duodecim terveystietokirjasto.

Tur, C. 2016. Fatigue Management in Multiple Sclerosis. Current Treatment Options in Neurology 18(6)

Wens, I., Dalgas, U., Vandenabeele, F., Krekels, M., Grevendonk, L. & Eijnde, B.O. 2014. Multiple Sclerosis Affects Skeletal Muscle Characteristics. PLoS One. 9(9)

Fysioterapiaopiskelijat: Eevastiina Hyrynen, Salli Kirvesmies, Teemu Törö

Opinnäytetyön aihe: Suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen elektromyografia-aktiivisuus koko vartalon värinäharjoittelussa multippeliskleroosia sairastavilla

Opinnäytetyön tarkoitus: Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää miten lyhytkestoinen kokovartalovärähtelyharjoittelu vaikuttaa suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen mediaalisen pään EMG-aktiivisuuteen Ms-tautia sairastavilla.

Toteuttamistapa ja -aika: Tutkimus toteutetaan keväällä 2016 Saimaan ammattikorkeakoulun biomekaniikan mittauslaboratoriossa. Tutkittavilta edellytetään yhtä käyntikertaa mittauksissa. Yhden mittauksen kesto on noin 30 - 45 minuuttia.

Tutkimuksessa mitataan alaraajojen maksimaalista ojennusvoimaa istuma-asennossa jalkaprässin kaltaisessa mittauslaitteessa ja samanaikaisesti mitataan alaraajan sähköistä aktiivisuutta reiden etuosan ihoon kiinnitettävien pinta-elektrodein. Koko vartalon värinäharjoittelu tapahtuu värisevällä alustalla seisten. Harjoittelu koostuu kahdesta tai kolmesta eri alaraajojen lihaskuntoliikkeestä, joita kutakin toistetaan kolme kertaa. Jokainen osallistuja tekee liikkeen oman toimintakykynsä mukaisesti.

Tutkimukseen osallistuminen: Koehenkilöillä tulee olla vähintään vuosi sitten diagno-soitu MS-tauti. Toimintakyvyn on oltava tasolla, että osallistuja kykenee seisomaan yhtäjaksoisesti 2-3 minuuttia tukea käyttäen ja samanaikaisesti suorittamaan lihaskuntoliik-keet.

Opinnäytetyöhön osallistuminen on vapaaehtoista ja koehenkilö voi keskeyttää osallistu-misensa missä tahansa vaiheessa. Koehenkilöiden henkilötietoja ja tutkimustuloksia kä-sitellään anonyymisti ja luottamuksellisesti. Tutkimustulokset käsitellään nimettöminä. Tulokset esitellään vuoden 2016 aikana Saimaan ammattikorkeakoululla opinnäytetyö-seminaarissa.

Vasta-aiheita värinäharjoittelulle ovat: raskaus, syvä laskimotukos tai tromboosi, ve-renkiertoelimistön sairaus, tuore leikkaushaava/arpä, akuutti tyrä, vaikea diabetes, epilep-sia, akuutti sairaus tai tulehdustila, kova migreeni, sydämentahdistin, hiljattain asennettu kierukka, kasvain, verkkokalvon ongelmat tai toimintahäiriöt, vakavat tuki- ja liikuntaelin-ongelmat, naulat tai ruuvit yms., sekä vakavat kognitiiviset ongelmat.

Mikäli haluatte osallistua opinnäytetyötutkimukseen tai teillä on kysyttävää opinnäytetyö-hön liittyen, voitte ottaa yhteyttä milloin tahansa

sähköpostiin:
puhelimitse:

teemu.toro@student.saimia.fi
044 /Eevastiina Hyrynen
050 /Salli Kirvesmies

Yhteistyöterveisin:

Eevastiina Hyrynen, Salli Kirvesmies, Teemu Törö



Sosiaali- ja terveysala
Fysioterapian koulutusohjelma

Suostumuslomake

Suostumus

Opinnäytetyön nimi: Suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen elektromyografia-aktiivisuus koko vartalon värinäharjoittelussa multippeliskleroosia sairastavilla

Tekijät: fysioterapeuttiopiskelijat Eevastiina Hyyrynen, Salli Kirvesmies, Teemu Törö

Olen saanut riittävästi tietoa kyseisestä opinnäytetyöstä ja olen ymmärtänyt saamani tiedon. Minulla on ollut mahdollisuus esittää kysymyksiä ja olen saanut kysymyksiini riittävät vastaukset. Tiedän, että minulla on mahdollisuus keskeyttää osallistumiseni missä tahansa vaiheessa ilman että se vaikuttaa saamaani hoitoon tai kuntoutukseen. Suostun vapaaehtoisesti osallistumaan tähän opinnäytetyöhön liittyvään tutkimukseen.

Aika ja paikka

Asiakas

Opiskelijat

**YHTEISTYÖSOPIMUS
OPINNÄYTETYÖSTÄ**

Aihe	Suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen elektromyografia-aktiivisuus koko vartalon väriharjoittelussa multipeliskiepposia sairastavilla	
Opinnäytetyön tekijät	Opiskelijat Eevastiina Hyörynen Salli Kirvesmäies Teemu Törö	Yhteystiedot eevastiina.hyorynen@student.saimia.fi salli.kirvesmaies@student.saimia.fi teemu.toro@student.saimia.fi
Ohjaajat	Työelämän edustaja Eriela-Karjalan Neuroyhdistys <i>Auli Gröhn</i>	Yhteystiedot pj.neuroeka@gmail.com
	Saimaan amm. Kari Kauranen	Yhteystiedot kari.kauranen@saimia.fi
Opinnäyteprojektin kokonaiskesto	18 kuukautta.	
Työsuunnitelma:	Tavoitteena on selvittää miten lyhytkestoisen kokoväriharjoittelun yhdyttämisen avulla suoran reisilihaksen ja kaksoiskantalihaksen EMG-aktiivisuuteen MS-tautia sairastavilla. Osallistujien rekrytointi yhdistyksistä alkuvuodesta 2016. Tuotos huhti-toukokuussa 2016. Tuotos valmis elokuussa 2016.	
<ul style="list-style-type: none"> • Projektin tavoitteet, työväitteet ja niiden toteutusajankalau • Opinnäytetyön tuloksena syötty 	Tutkimusraportti, jota yhdistys voi hyödyntää parhaaksi näkemällään tavalla.	
Sopimus resurssien käytöstä, kustannusten jakautumisesta ja patikkioista	Työ toteutetaan Saimaan ammattikorkeakouluun tiloissa ja laitteilla. Työ on kustannusvapaat. Osallistujille ei makseta palkkioita. Osallistujat sitoutuvat ennakustanteisesti saapumaan mittauspaikalle.	
Tekijänoikeudet (tekijänoikeuslaki, mallioikeuslaki, aineoikeuslaki, työedellysmaaililaki)		
Raportointi ja tavoitteiden toteutumisen seuranta	Tulokset esitellään vuoden 2016 aikana Saimaan ammattikorkeakoululla opinnäytetyö-seminaarissa. Valmis työ toimitetaan yhteistyökätilälle.	
Vastuukysymykset ja salassapito	Koehenkilöiden henkilötietoja ja tutkimustuloksia käsitellään anonyymisti ja luottamuksellisesti. Tutkimustulokset käsitellään nimettömänä. Tutkimuksen jälkeen vastustitvat tiedot osallistujista hävitetään.	
Työn arviointi	Työelämän edustaja osallistuu arviointiin <input type="checkbox"/> Työelämän edustaja ei osallistu arviointiin <input checked="" type="checkbox"/>	
Päiväys ja allekirjoitukset <i>16.8.2016</i>	Työelämän edustaja <i>[Signature]</i>	
	Opiskelijat <i>[Signatures: Eevastiina Hyörynen, Salli Kirvesmäies, Teemu Törö]</i>	
<i>16.9.2016</i>	Saimaan amm. tutortti/yliohjaaja <i>[Signature]</i> KARI KAURANEN	