

Opinnäytetyö (AMK)
Fysioterapian koulutusohjelma
Fysioterapia
2015

Juulia Helin, Kirsi Korpela ja Emmi Leikkonen

AIVOHALVAUSKUNTOUTUJIIEN HARJOITTELU LOKOMAT- KÄVELYROBOTILLA

- Kävelymatkan pituus ja alaraajojen aktiivisuus kävelyrobotilla kävellessä



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Fysioterapian koulutusohjelma

Lokakuu 2015 | 36 sivua ja 2 liitettä

Niina Katajapuu

Juulia Helin, Kirsi Korpela ja Emmi Leikkonen

AIVOHALVAUSKUNTOUTUJIIEN HARJOITTELU LOKOMAT-KÄVELYROBOTILLA - KÄVELYMATKAN PITUUS JA ALARAAJOJEN AKTIIVISUUS KÄVELYROBOTILLA KÄVELLESSÄ

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Lokomat-kävelyrobotin vaikutusta aivohalvauskuntoutujien kävelymatkan pituuteen ja alaraajojen aktiivisuuteen kävelyrobotilla kävellessä. Toimeksiantajana toimi Laitilan Terveyskoti, jossa tutkittu aineisto kerättiin terapiatilanteissa vuosina 2012-2014. Opinnäytetyössä käytettiin valmista aineistoa, jonka Lokomat-kävelyrobotti on tallentanut automaattisesti harjoittelukertojen yhteydessä. Opinnäytetyö tehtiin vuosien 2014-2015 aikana.

Tarkastelujoukkoon kuului kymmenen kroonista aivohalvauskuntoutujaa. Tarkasteluajanjakso oli puoli vuotta Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun aloittamisesta, josta valittiin kuntoutujan kolme harjoituskertaa mittauskohteiksi. Muuttujat olivat kävelymatka, harjoittelukertojen määrät, aktiivinen harjoittelu-aika, kävelynopeus, sairastumisajankohdan merkitys ja kävelyn laatuun vaikuttava alaraajojen aktiivisuus Lokomat-kävelyrobotilla harjoiteltaessa. Aineistoa tarkasteltiin tilastollisin menetelmin SPSS-ohjelmalla, poislukien biofeedback-taulukot, joista alaraajojen aktiivisuutta tulkittiin silmämääräisesti.

Opinnäytetyön tuloksena oli, että mitä aikaisemmin sairastumisajankohdastaan aivohalvauskuntoutuja aloitti Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun ja mitä useammin harjoitteli, sitä enemmän kävelymatka lisääntyi. Optimaalisen kävelynopeuden myötä kuntoutuja pystyi aktivoimaan mahdollisimman hyvin alaraajojen lihaksia fysiologisen kävelysyklin mukaisesti kävelyrobotilla kävellessä.

ASIASANAT:

Aivohalvaus, Fysioterapia, Kuntoutus, Kävelyharjoittelu, Kävelyrobotti, Lokomat, Robotiikka

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Physiotherapy

October 2015 | 36 pages and 2 appendices

Niina Katajapuu

Juulia Helin, Kirsi Korpela, Emmi Leikkonen

STROKE PATIENT'S EXERCISE WITH LOKOMAT WALKING ROBOT – CHANGES IN WALKING DISTANCE AND ACTIVITY OF LOWER EXTREMITIES

The aim of this thesis was to investigate the effect of Lokomat walking robot for stroke patients walking distance and the activity of lower extremity while walking with Lokomat walking robot. The employer of the thesis was Laitilan Terveyskoti where the investigated material was measured in 2012-2014. In this thesis we got the research material ready from Lokomat walking robot, which has automatically recorded data during practice. The thesis was made during 2014-2015.

The group consisted of ten chronic stroke patients. The period of measurement was the first six months of training where was selected three training sessions for measurement points. Following variables were revived: walking distance and speed, amount of training sessions, walking time, stroke onset and how the activity of lower extremity affects the quality of gait. The data was analyzed with statistical methods using SPSS software. Lower extremity activity was examined visually from biofeedback-tables.

Result was that the sooner stroke patient started training and the more often stroke patient practiced with Lokomat walking robot the more walking distance developed. Stroke patient was able to activate muscles of lower extremity as well as possible within robot walking when the walking speed was set optimally and individually for the person

KEYWORDS:

Locomotion training, Lokomat, Physiotherapy, Rehabilitation, Robotic, Stroke, Walking robot

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 LOKOMAT-KÄVELYROBOTIN KÄYTTÖ AIVOHALVAUSKUNTOUTUJIENTÄMOTORISEN OPPIMISEN TUKENA KÄVELLESSÄ	8
2.1 Lokomat-kävelyrobotin käyttöperiaate	8
2.2 Aivoverenkiertohäiriö	9
2.3 Aivoverenkiertohäiriön vaikutus toimintakykyyn ja kuntoutus	10
2.4 Kävelykyvyn edellytykset	11
2.5 Aivohalvauksen vaikutus kävelykykyyn	12
2.6 Motorinen oppiminen	13
3 AIEMPAA TUTKIMUSTIETOA	15
4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMA	17
5 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS	18
5.1 Tutkimusstrategiat	18
5.2 Aineiston valinta	18
5.3 Aineiston analyysi	20
6 TULOKSET	21
6.1 Kävelymatkan, -nopeuden ja aktiivisen harjoitteluajan muutos mittauskertojen välillä	21
6.2 Harjoittelukertojen määrän suhde kävelymatkan kehittymiseen 1. ja 2. mittauskertojen välillä	22
6.3 Sairastumisajankohdan merkitys tuloksiin kävelymatkassa 1. ja 3. mittauskertojen välillä	23
6.4 Lihasaktivaation muutos 1. ja 2. mittauskertojen välillä	24
7 ANALYYSI	27
8 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33

LIITTEET

LIITE 1. Tutkimustaulukko.
LIITE 2. PEDro arviointiasteikko.

KUVIOT

Kuvio 1. Biofeedback - Henkilö E 1. ja 2. mittauskertojen vertailu. 25
Kuvio 2. Biofeedback - Henkilö G 1. ja 2. mittauskertojen vertailu. 26

TAULUKOT

Taulukko 1. Tarkastelujoukko, sukupuoli, ikä ja keskiarvo (ka). 19
Taulukko 2. Kävelymatkan, kävelynopeuden ja aktiivisen harjoitteluajan muutos mittauskertojen välillä. 22
Taulukko 3. Harjoittelukertojen määrän suhde kävelymatkan kehittymiseen 1. ja 2. mittauskertojen välillä. 23
Taulukko 4. Sairastumisajankohdan merkitys tuloksiin kävelymatkassa 1. ja 3. mittauskertojen välillä. 24

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun vaikutusta aivohalvauskuntoutujien kävelymatkan pituuteen ja alaraajojen aktiivisuuteen kävelyrobotilla kävellessä. Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelu on havaittu fysioterapian tulevaisuuden kannalta hyvin lupaavaksi kuntoutuskeinoksi, erityisesti aivohalvauksesta toipuvien kuntoutujien parissa (Husemann ym. 2007; Hessen ym. 2008). Aihe vaatii vielä paljon lisää tutkimustulosta niin maailmalla kuin Suomessakin, sillä robotiikka on kehittymässä osaksi fysioterapeuttista kuntoutusta. Robotiikalla ei tulisi kuitenkaan korvata täysin kuntoutujan ja fysioterapeutin välistä terapiaa, vaan ottaa robotiikka mukaan yhdeksi kuntoutusvälineeksi (Hessen ym. 2008). Laitilan terveyskodissa Lokomat-kävelyrobotia hyödynnetään useimmiten neurologisten kuntoutujien kuntoutuksessa. Kuntoutujista muodostuu selkeästi diagnoosien mukaan kolme pääryhmää: aivohalvaus-, aivovamma- ja selkäydinvammakuntoutujat. Tarkastelukohteeksi tässä opinnäytetyössä valittiin aivohalvauskuntoutujat.

Aivoverenkiertohäiriöistä 75 % on aivohalvauspotilaita. Suomessa aivoverenkiertohäiriö (AVH) on kolmanneksi kallein kansantauti mielenterveyshäiriöiden ja dementian jälkeen. Vuosittain aivoverenkiertohäiriöön sairastuu 25 000 suomalaista eli 68 henkilöä joka päivä. Joka toiselle sairastuneelle jää pysyvä haitta aivoverenkiertohäiriöstä. Aivoverenkiertohäiriöön sairastuneista joka neljäs toipuu oireettomaksi ja yli puolet omatoimisiksi. Aivoverenkiertohäiriöön sairastuneista joka neljäs on työkäinen. Sairastuneista lähes joka neljäs jää työkyvyttömyyseläkkeelle, eli vuosittain noin 85 henkilöä. Sairastuneista noin 45 % arvioidaan tarvitsevan lääkinnällistä kuntoutusta akuuttivaiheessa sekä sitä seuraavina kuukausina. (Aivoliitto 2012.)

Lääkinnällisen kuntoutuksen tueksi kehitetty Lokomat-kävelyrobotti on ensimmäinen robottiohjattu kävelyortoosi, joka on ohjelmoitu avustamaan juoksumatolla alaraajojen liikettä toteuttaen oikeaoppista fysiologista askelmallia (Husemann ym. 2007). Kävelyrobotti takaa ohjattuun liikerataan jatkuvan, symmet-

risen ja vastavuoroisen ihmisen kävelymallin sagittaalitasossa avustaen polvi- ja lonkkaniveltä. Kuntoutuja saa visuaalisen palautteen kävelystään kokovartalo-peilistä ja rohkaisua aktiivisuuteen terapeutin kannustavasta verbaalisesta ohjauksesta. (Hornby ym. 2008.)

Ensimmäiset Lokomat-kävelyrobotit kehitettiin Sveitsissä, Zurichissä. Hocoma -yhtiö toi robotin markkinoille vuonna 2001 Sveitsissä, Saksassa ja Yhdysvalloissa. (Hocoma 2014.) Suomeen ensimmäinen Lokomat-kävelyrobotti saatiin vuonna 2010 Kannuksen Kitinkannukseen ja myöhemmin Laitilan terveyskotiin Laitilaan, Saarenvireeseen Tornioon sekä uusimpana Hatanpään sairaalaan Tampereelle.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Laitilan Terveyskoti, jossa moniammatillinen henkilökunta toimii ”kunnossa kotona” -periaatteella. Laitilan Terveyskodissa on saatavilla fysioterapiaa, toimintaterapiaa ja Laitilan Veljeskodin tehostettua asumista. Lokomat-kävelyrobotti hankittiin Laitilaan vuonna 2012 ja robotin käyttöaste on korkea. Muun muassa monet sotaveteraanit Laitilan Veljeskodista ovat saaneet huomattavan lisän kuntoutumiseen harjoittelemalla Lokomat-kävelyrobotilla. Laitilan Terveyskoti tekee myös yhteistyötä Hyvinvointikeskus Poukanvillen kanssa. (Laitilan Terveyskoti 2014a; 2014b.) Laitilan Lokomat-kävelyrobotin käyttäjät tulevat eri puolilta Suomea.

2 LOKOMAT-KÄVELYROBOTIN KÄYTTÖ AIVOHALVAUSKUNTOUTUJIIEN MOTORISEN OPPIMISEN TUKENA KÄVELLESSÄ

2.1 Lokomat-kävelyrobotin käyttöperiaate

Lokomat-kävelyrobotti on ensimmäinen kehitetty robottiohjattu kävelyortoosi, joka avustaa kuntoutujaa kävelyharjoittelussa jatkuvaan symmetriseen askelukseen juoksumatolla (Husemann ym. 2007; Hornby ym. 2008). Robotti takaa kuntoutujalle selkeän, tuetun ja turvallisen ympäristön ohjaamaan pystyasentoa, koordinaatiota, askellusta, kävelynopeutta sekä hermostollisesti oikein ajoitettua lihasvoiman käyttöä. Kävelyn vaadittavia ominaisuuksia voidaan täten harjoittaa lähempänä motorisen oppimisen periaatetta kun saatu ärsyke on lähellä oikeaoppista, tavoiteltua liikettä eli kävelyä. (Husemann ym. 2007.)

Kuntoutuja kiinnitetään kävelyrobottiin turvavaljailta ylävartalosta, lantiosta ja molemmin puolin alaraajoista polvi- ja lonkkanivelen ympäriltä yksilöllisesti säädettyinä ortooseihin. Nilkkanivel voidaan kiinnittää remmeillä neutraaliasentoon kuntoutujan yksilöllisten tarpeiden mukaan. (Hornby ym. 2008; Westlake & Patten 2009.) Alaraajoihin kiinnitettävissä osissa on sisäänrakennetut sensorit, joiden kautta monitorille tulee visuaalista näyttöä siitä, kuinka aktiivisesti kuntoutuja käyttää lonkan- ja polven alueen lihasvoimaa (Hessen ym. 2008; Westlake & Patten 2009). Kuntoutuja saa visuaalisen ulkoisen palautteen kävelystään myös kokovartalopeilistä ja rohkaisua aktiivisuuteen terapeutin kannustavasta verballisesta ohjauksesta. Ohjaus edesauttaa kuntoutujaa aktiiviseen askeltamiseen yhdessä Lokomat-kävelyrobotin ohjatun sagittaalisen liikkeen kanssa ja kannustaa kuntoutujaa maksimaaliseen tavoiteltuun suoritukseen, erityishuomioiden esimerkiksi aivohalvauskuntoutujan pareettisen puolen kehosta. (Husemann ym. 2007; Hornby ym. 2008.)

Lokomat-kävelyrobotti ohjaa koko ajan kuntoutujan symmetristä kävelyä mukailleen tavallista kävelyn kinematiikkaa: tuki- ja heilahdusvaiheet, nivelkulmat, sopiva alaraajojen kuormitus, askelpituuden ja painopisteiden siirrot. Robotti avustaa painonkannatteleminen lisäksi myös tarvittavan prosentuaalisen määrän alaraajojen liikuttamista. Tavoitteena on kuitenkin aina, että kuntoutuja pyrkii kävelemään käyttäen mahdollisimman aktiivisesti alaraajojen lihaksiaan. (Husemann ym. 2007; Hessen ym. 2008.) Fysioterapeutti pystyy manuaalisesti säätelemään robotin painokevennystä kävelyn aikana kuntoutuksen tavoitteen mukaisesti (Husemann ym. 2007). Painokevennyksellä tarkoitetaan kuinka paljon valjain kannateltua kehon massaa kohdistetaan kuntoutujan alaraajojen vaaraan. Ylävartalon vastavuoroiset liikkeet ovat mahdollista saada mukaan verbaalisen ohjauksen myötä tai esimerkiksi manuaalisesti avustaen terapiakepillä.

2.2 Aivoverenkiertohäiriö

Aivoverenkiertohäiriöllä tarkoitetaan joko iskemiaa eli paikallista aivokudoksen verettömyyttä (TIA tai aivoinfarkti) tai hemorragiaa paikallista aivovaltimon verenvuotoa (aivoverenvuoto tai SAV) (Soinila ym. 2001, 247–248; Aivoliitto 2014). Iskeemisessä ohimenevässä kohtauksessa eli TIA:ssa (Transient Ischemic Attack) oireet muistuttavat aivoinfarktia, mutta kestävät yleensä alle tunnin, usein vain minuutteja (Soinila ym. 2001, 269; Aivoliitto 2012). TIA:n saaneilla potilailla on kasvanut riski saada varsinainen aivoinfarkti (Soinila ym. 2001, 257; Carr & Shepherd, 2010, 250). Aivoverenvuodossa valtimon repeämisen seurauksena verta vuotaa aivokudoksen sisään. Subaraknoidaalivuodossa (SAV) valtimovuoto tapahtuu subaraknoidaalitilaan. (Soinila ym. 2001, 285.)

Aivoinfarktiin johtaa yleensä aivovaltimotukoksen aiheuttama aivoiskemia, jolla tarkoitetaan hapen tai veren puutetta kudoksessa. Aivoinfarktin yleisimpiä oireita ovat nopeasti ilmaantuneet tois- tai molemminpuoleinen heikkous, puhe- ja nielemisvaikeudet, kiertohuimaus, dyspraksia, hahmotushäiriöt, ataksia, näkö- ja tuntohäiriöt. Aivoinfarktin oireiden alettua ensimmäiset tunnit ovat ratkaisevia

hoitoon hakeutuessa, koska infarktoitunutta iskeemisen alueen ydintä ympäröivää kudosta voidaan mahdollisesti pelastaa. (Soinila ym. 2001, 269-270; 278.)

2.3 Aivoverenkiertohäiriön vaikutus toimintakykyyn ja kuntoutus

Aivoinfarkti aiheuttaa usein aivovaurion, josta seuraa haittaa toimintakyvylle. Aivoinfarktin aiheuttama tyypillinen oire on hemipareesi eli toispuolihalvaus. Hemipareesi esiintyy noin kolmella neljäsosalla potilaista akuutissa vaiheessa. Eriasteiset kognitiiviset häiriöt ovat myös yleisiä. Vaurion paikasta aivoissa riippuen esiintyy myös erilajuisia muistihäiriöitä. Noin kolmasosalla potilaista esiintyy afasiaa eli kielellisten toimintojen täydellistä tai osittaista häiriötä. Lisäksi kirjoittamis-, lukemis- ja laskemishäiriöitä saattaa esiintyä. (Soinila ym. 2001, 104; 296.)

Aivohalvauskuntoutujan kuntoutuksen tavoitteena on toimintakyvyn parantuminen ja kudosvaurioiden aiheuttamien vajaatoimintojen korjaantuminen. Huomiota kiinnitetään myös kuntoutujan ja lähiomaisten sopeutumiseen. Kuntoutuksessa pyritään edistämään spontaanisti tapahtuvaa paranemista ja ehkäisemään virheellisiä liike- ja asentotottumuksia sekä lihastonuksen kohoamista. Kuntoutuksessa kartoitetaan tarve apuvälineisiin ja perehdytetään niiden käyttöön. (Soinila ym. 2001, 296.)

Kuntoutuminen on nopeaa ensimmäisten viikkojen ja kuukausien aikana aivohalvauksen jälkeen. Halvaantuneen puolen alaraajan toipumisen ennuste on parempi verrattuna yläraajaan. Kuntoutuja oppii kävelemään 80 % todennäköisyydellä, jos halvaantuneessa alaraajassa on liikettä viikon kuluttua sairastumisesta. Kuntoutumiseen ja ennusteeseen vaikuttaa vamman vaikeus. Kuntoutustyössä kuntoutujalle asetetaan yksilölliset kuntoutustavoitteet ja suunnitelma tavoitteiden saavuttamiseksi. (Soinila ym. 2001, 297.)

Aivohalvauskuntoutujien kuntoutus porrastetaan seuraavasti: intensiivinen kuntoutus vuodeosastolla, intensiivinen kuntoutus sairaalavaiheen jälkeen ja ylläpitävä kuntoutus. Fysioterapia aloitetaan mahdollisimman nopeasti, viimeistään seuraavana päivänä sairastumisen jälkeen. Aluksi kuntoutusta tulisi olla päivit-

täin. Kuntoutuksessa kiinnitetään erityishuomiota halvaantuneeseen puoleen, mutta huomioidaan myös terve puoli niin, ettei se kompensoi halvaantuneen puolen toimintaa. Tilanteen kehittyessä stabiiliksi, voidaan kartoittaa mahdollisten apuvälineiden tarve. Intensiivinen kuntoutus sairaalavaiheen jälkeen toteutuu 2-3 kertaa viikossa polikliinisesti, kunnes selkeää edistystä ei enää tapahdu. Intensiivisen kuntoutuksen jälkeen, keskimäärin puolesta vuodesta vuoteen sairastumisesta, siirrytään ylläpitävään kuntoutukseen. Päämääränä on ylläpitää kuntoutuksessa jo saavutetut tulokset. Ylläpitävää kuntoutusta myönnetään yksilöstä riippuen kaksi tai kolme 15 kerran fysioterapiajaksoa vuodessa. (Soinila ym. 2001, 297-298.)

2.4 Kävelykyvyn edellytykset

Itsenäiseen kävelyyn on tiettyjä rakenteellisia ehtoja, kuten esimerkiksi riittävä alaraajojen lihasvoima sekä nivelliikkuvuus (Levangie & Norkin 2005, 525; 544). Monien motoristen ja kognitiivisten taitojen yhtäaikainen koordinoiminen on edellytys itsenäiselle kävelylle. Esimerkkeinä ovat tasapainon säilyttäminen pysäyksenä, painon siirtäminen eteenpäin heilahdusvaiheessa, lihasvoiman ajoittaminen sekä vartalon painon kannattelemisen yksöistukivaiheen aikana. (Husemann ym. 2007).

Tavallisesti yhden alaraajan tukivaihe on 60 % kävelysykleistä. Usein hyvin kriittinen hetki on keskitukivaihe, jolloin vain toinen alaraajoista on kosketuksissa tukipintaan kannatellen koko vartalon painoa. Yksöistukivaiheen onnistumiseksi alaraajassa on oltava tarpeeksi lihasvoimaa ja motoriikkaa. Molempien alaraajojen askelpituudet ovat normaalissa kävelyssä melko samanpituiset, joten pienetkin ongelmat näkyvät herkästi toisen alaraajan askelpituuden lyhentymisenä. Heikkous vartalon sivuttaisliikkeen stabiloinnissa heijastuu yleensä askelleveyden suurentumisena. (Levangie & Norkin 2005, 519; 523-524.)

Kävelyn edellytyksiä voidaan myös lähestyä nivelliikkuvuuksien näkökulmasta. Lonkka-, polvi- ja nilkkanivelten liikkuvuudet täytyy olla tarpeeksi suuret kävelyn onnistumiseksi. Lonkkanivelen tarvittava fleksio kävelyn aikana on 20-30° ja

ekstensio 10-20°. Polvinivelen optimaalinen liikkuvuus kävelyn aikana on 0-kulmasta 60° fleksioon. Nilkkanivel liikkuu normaalin kävelyn aikana 5° dorsifleksiosta 20° plantaarifleksioon. (Levangie & Norkin 2005, 525.)

Lihastyön näkökulmasta kävelyn aikana lihasryhmien tulisi antaa hyvä tuki alaraajaan ja lihasten on saatava energiaa supistuakseen, jolloin normaalin askeluksen on mahdollista toteutua. Myöhemmin kävelyn harjoittelun edetessä voidaan lisätä yksityiskohtaisia variaatioita, esimerkiksi painottaen kantaiskua. Kävelyn aikana eri lihasryhmät supistuvat vuorotellen sopivalla voimalla toisiinsa nähden. Vastavuoroisen kävelyn aikaansaamiseksi tarvitaan myös lantion liikettä, vartalon rotaatiota, yläraajojen liikettä ventraali-posteriori -suunnassa sekä vartalon pientä sivuttaisliikettä painonsiirtojen aikana. (Levangie & Norkin 2005, 543; 551-552.)

2.5 Aivohalvauksen vaikutus kävelykykyyn

Ihmiskeho pystyy kompensoimaan paljon omia heikkouksiaan. Muut lihakset kykenevät korvaamaan sovelletusti toimimattoman lihaksen tai lihasryhmän työn. Useimmat näistä kompensatorisista liikkeistä tapahtuu tiedostamatta. Ne kuitenkin kuluttavat enemmän energiaa ja luovat paljon ylimääräistä työtä muihin kehon rakenteisiin. (Levangie & Norkin 2005, 562; 564.)

Tavallisesti aivohalvauksen myötä kuntoutujan motoriset taidot heikkenevät ja kävely muuttuu hitaammaksi sekä epäsymmetriseksi (Husemann ym. 2007; Hesse ym. 2008). Usein kävelyssä edistyminen ja itsenäistyminen ovat aivohalvauskuntoutujille tärkeitä, sillä ne parantavat elämänlaatua (Westlake & Patten 2009). Suurella osalla aivohalvauskuntoutujista kävely hidastuu noin prosentilla, mikä heikentää jo merkittävästi itsenäistä ja tavallista elämää (Hesse ym. 2008). Esimerkiksi hemipareesikuntoutujille on usein ongelmia kantaa vartalon painoa halvaantuneen jalan varassa kävelyn tukivaiheen aikana. Tavallisesti kuntoutuja kompensoi tätä pidentämällä terveen alaraajan tukivaihetta. (Husemann ym. 2007; Hesse ym. 2008.)

2.6 Motorinen oppiminen

Yhden teoriakäsityksen mukaan motorinen oppiminen on harjoittelun kautta saavutettu melko pysyvä muutos kyvykkyydessä tehdä jokin taitoa vaativa tehtävä tai toiminto (Kauranen 2011, 291; Shumway-Cook & Woollacott 2012, 22). Tätä melko pysyvää muutosta eli motorista oppimista ei voida arvioida harjoittelun aikana. Tämä johtuu siitä, että harjoittelun aikana ei voida vielä tietää, kuinka pysyvää muuttunut toiminta on. Harjoittelun aikana voidaan arvioida vain suorittamista, joka onkin väliaikaista toiminnan muutosta. (Shumway-Cook & Woollacott 2012, 22.)

Uusien asioiden oppimisen mahdollistaa aivojen plastisuus eli muovautuvuus. Plastisuudella tarkoitetaan neuronien synapsiyhteyksissä tapahtuvia jatkuvia lyhytaikaisia muutoksia, jotka pitkällä aikavälillä muuttavat hermosolujen yhteyksiä pysyvästi. (Kauranen 2011, 317.) Aivovamman jälkitilan myötä vaurioitunutkin hermoverkko kykenee oppimaan uutta ehjien hermoratayhteyksien avulla. Muihin toimintoihin ohjautuneet hermoverkot voivat myös harjaantua täydentämään uudenlaisia toimintatapoja. (Kuikka ym. 2001, 35.) Aivojen plastisuuden kehittyessä ensimmäisenä synapseissa tapahtuu sähköisen aktiivisuuden muutos, joka kehittyy välittäjämolekyylien muutokseksi ja lopulta hermoimpulssin kulku helpottuu tietyissä hermoverkoston osissa. Oppimiseen eli hermoverkoston muuttumiseen vaikuttavat olennaisesti erilaiset tukiaktiviteetit, joita ovat motivaatio, tarkkaavaisuus, vireystila ja lääkkeet. Hermoston plastisiteetin muodostumiseen vaikuttavat olennaisesti ihmisen ajattelu, toiminta, kokemukset sekä ympäristö. (Kauranen 2011, 317-318.)

Eri teorioiden yhdenmukaisuuksista on koottu tiivistetty versio, joka selittää motorisen oppimisen kolmea eri vaihetta. Ensimmäisessä, taitojen oppimisen vaiheessa henkilön tekeminen on hyvin tiedostettua ja pyrkimyksenä on muodostaa strategioita oikeanlaisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Toisessa eli harjoitteluvaiheessa strategiat ovat löytyneet ja huomiota voi kiinnittää jo pieniinkin yksityiskohtiin. Kolmannessa eli lopullisessa taitojen oppimisvaiheessa toiminto

on lähes automatisoitunut ja huomiota voi kiinnittää ympäristöön sekä sen vaatimuksiin. (Kauranen 2011, 356-358.)

Motorisen taidon uudelleen harjoittelussa, esimerkiksi aivovaurion jälkitilassa, tärkein asia on, että harjoittelua olisi määrällisesti mahdollisimman paljon, kuukausien ajan useita tunteja päivässä (Kuikka ym. 2001, 35; Kauranen 2011, 331; Shumway-Cool & Woollacott 2012, 34). Lokomat-kävelyrobotin avulla harjoittelun aikana kävelty matka on pidempi ja askelsarjojen lukumäärä suurempi tavalliseen fysioterapiaan verrattuna (Husemann ym. 2007). Uusiin toimintamalleihin hermoverkot eivät harjaannu nopeasti (Kuikka ym. 2001, 35). Harjoittelun alussa kehitys voi kuitenkin olla nopeaa, mutta sen jälkeen hidastuu selkeästi. Kehitystä tapahtuu jopa vuosia. (Shumway-Cool & Woollacott 2012, 34.) Yksittäisen harjoittelutilanteen tulisi mukailla autenttista ympäristöä, jotta henkilö pystyy siirtämään motorisen taitonsa elinympäristönsä (Kauranen 2011, 292).

Motorisessa oppimisessa harjoittelun määrän lisäksi palautteella on merkittävä rooli (Shumway-Cool & Woollacott 2012, 34). On olemassa sisäistä eli henkilökohtaista oman suorituksen arviointia sekä ulkoista palautetta. Ulkoinen palaute tulee aina toisen henkilön tai jonkin elektronisen laitteen kautta. (Kauranen 2011, 391.) Ulkoinen palaute on hyvin käytössä Lokomat-kävelyrobotilla harjoiteltaessa, sillä monitorit näyttävät harjoittelun ajan kuntoutujan alaraajojen lihasaktiivisuutta, ja fysioterapeutti on koko ajan vieressä ohjaamassa kuntoutujaa (Westlake & Patten 2009).

3 AIEMPAA TUTKIMUSTIETOA

Aiheesta suoritettiin 17.9.2014 kirjallisuushaku PubMed-tietokannassa hakusanoilla: "Locomotion Training and Stroke and Robotic". Tulokset rajattiin seuraavasti: free full text, 10 years, humans, 19-44years, 45-64years, 65+years. Tällä haulla tutkimuksia löytyi 15 kappaletta. Poissulkukriteereitä ei käytetty, kaikki tutkimukset otettiin tarkasteluun. Tutkimuksia käytettiin osaksi opinnäytetyön lähteinä ja niistä koottiin yhteenvetotaulukko (Liite 1.) sekä tutkimustuloksia vertailtiin keskenään. Tutkimukset arvioitiin PEDro Scale -arviointikriteereillä (Liite 2.). PEDro Scale -arvioinnin keskiarvo oli 4,9 pistettä ja vaihteluväli oli 3-7.

Kirjallisuushaun tutkimuksista tehdyssä yhteenvetotaulukossa (Liite 1.) on esitetty tutkimusten pääpiirteet: tarkastelu- ja vertailuryhmä, sairaudentila, tutkimuksessa käytetty robotti, harjoitteluajanjakso ja -määrät, tulosuuttajat, mittarit ja tulokset. Tutkimuksien pääpiirteistä löydettiin yhtäläisyyksiä. Lokomatkävelyrobotia käytettiin seitsemässä tutkimuksessa (Husemann ym. 2007; Hornby ym. 2008; Westlake & Patten 2009; Coenen ym. 2012; Krishnan ym. 2012; Shuck ym. 2012; Krishnan ym. 2013) ja lopuissa kahdeksassa tutkimuksessa käytettiin muita kävelyavusteisia robotteja (Mirelman ym. 2009; Burgess ym. 2010; Hesse ym. 2010; Maeshima ym. 2011; Koopman ym. 2013; Blanchette ym. 2014; Delussu ym. 2014; Wu ym. 2014). Tutkimusjoukkojen sairaudentila oli krooninen useimmissa tutkimuksissa, ainoastaan Hesse ym. (2010) ja Delussu ym. (2014) tutkimuksissa tutkimusjoukkojen sairaudentila oli subakuutti ja Husemann ym. (2007) sairaudentila oli akuutti.

Kaikkien tutkimusten ajanjaksot olivat lyhyitä muutamien päivien interventioita tai 4-6 viikon mittaisia tutkimusjaksoja. Osallistujamäärät olivat useimmissa tutkimuksissa suhteellisen pieniä, esimerkiksi Krishnan ym. (2012) tutkimuksessa oli vain yksi henkilö. Yhdessä tutkimuksessa tutkimusjoukko sai muuta terapiaa tutkimustilanteessa robottiharjoittelun lisäksi (Husemann ym. 2007). Vertailuryhmissä annettiin useimmiten kuntouttavaa fysioterapiaa tai kävelyharjoittelua juoksumatolla, joilla saatiin myös näyttöä tuloksellisesta harjoitteluvasteesta.

Robottiaivusteisella harjoittelulla nähtiin olevan hyötyä monissa eri kävelyn osaluissa. Robottiaivusteisen harjoittelun todettiin muun muassa vaikuttavan positiivisesti aivohalvauskuntoutujien kävelynopeuteen (Huseman ym. 2007; Hornby ym. 2008; Mirelman ym. 2009; Westlake & Patten 2009; Burgess ym. 2010; Maeshima ym. 2011; Shuck ym. 2012; Krishnan ym. 2012; Wu ym. 2014), lihastyön symmetriaan (Hesse ym. 2010; Coenen ym. 2012; Krishnan ym. 2012; Krishnan ym. 2013) sekä kävelyn fysiologisen liikemallin uudelleen oppimiseen (Hornby ym. 2008; Hesse ym. 2010; Shuck ym. 2012; Krishnan ym. 2012; Krishnan ym. 2013). Suurimmassa osassa tutkimuksista mittarina käytettiin EMG-laitetta (Hesse ym. 2010; Maeshima ym. 2011; Coenen ym. 2012; Krishnan ym. 2012; Shuck ym. 2012; Krishnan ym. 2013; Blanchette ym. 2014), jonka avulla todettiin esimerkiksi Krishnan ym. (2013) ja Blanchette ym. (2014) tutkimuksissa m. tibialis anteriorin lihasaktivaation lisääntyneen.

Robottiikka ei korvaa manuaalista terapiaa, mutta tutkimustulokset osoittavat robotiikan olevan täydentävä osa kuntoutusta, erityisesti kävelyn harjoittelussa. Robottiaivusteisella harjoittelulla luodaan turvallisempi harjoitteluympäristö verrattuna terapeutin manuaaliseen tukeen. Robotti tukee kaikkia alaraajojen niveliä samanaikaisesti, jolloin nivelten virheasennoilta vältytään ja loukkaantumisen riski on pienempi. Yhden terapeutin manuaalisen ohjauksen resurssit ovat rajalliset, jolloin kävelyharjoittelu joudutaan esimerkiksi jakamaan pienempiin osiin.

Tutkimusten tuloksista ilmeni, että robottiaivusteinen kävelyharjoittelu lisäsi henkilöiden itsevarmuutta omatoimiseen kävelyyn (Krishnan ym. 2012; Shuck ym. 2012). Virtuaalitodellisuuden ja sen tuottaman visuaalisen palautteen todettiin lisäävän henkilön aktiivista osallistumista ja harjoittelun positiivisia tuloksia (Mirelman ym. 2009; Shuck ym. 2012; Koopman ym. 2013). Virtuaalitodellisuutta hyödynnettiin henkilön normaalin kävelyn mallintamisessa (Shuck ym. 2012). Hornby ym. (2008) tutkimuksessa suositeltiin lisätutkimusta robotiikan hyödyntämisestä kuntoutuksessa ja erityisesti sairauden subakuutti- ja akuuttitilanteissa.

4 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää miten Lokomat-kävelyrobotti vaikuttaa aivohalvauskuntoutujien kävelyyn Lokomat-kävelyrobotilla kävellessä. Opinnäytetyön tulokset tarkoitettiin hyödynnettäväksi Lokomat-kävelyrobotia työssään käyttäville fysioterapeuteille. Tulokset tukevat aivohalvauskuntoutujien kävelyn harjoittelun suunnittelua ja toteutusta. Opinnäytetyön pääongelmana oli Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun vaikutus aivohalvauskuntoutujien kävelymatkan pituuteen ja alaraajojen aktiivisuuteen kävelyrobotilla kävellessä.

5 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS

5.1 Tutkimusstrategiat

Opinnäytetyö oli teoreettinen tutkimus, joka toteutettiin käyttäen määrällistä eli kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Kvantitatiivinen tutkimus vastaa esimerkiksi kysymykseen kuinka paljon ja tutkimustulos on parhaimmillaan tutkijasta riippumaton eli objektiivinen tulos. Tutkimuksella kerätään tietoa muuttujista ja käytetyillä mittareilla saadaan määrällistä aineistoa. (Vilka 2007, 13-14.) Tutkimusmenetelmä selittää ja kartoittaa numeraalisesti tutkittavaa asiaa (Vilka 2007, 19- 20). Opinnäytetyön tutkimustapa oli tapaustutkimus. Tapaustutkimuksessa tarkastellaan yleensä vain yhtä tai muutamaa tiettyä ilmiötä, jotka kuvataan tarkasti ja perusteellisesti (Laine ym. 2007, 9).

5.2 Aineiston valinta

Opinnäytetyössä toimeksiantajana toimi Laitilan terveyskoti, joka käyttää terapiavälineenä Lokomat-kävelyrobotia. Lokomat-kävelyrobotiin tallentuu automaattisesti tiedot jokaisesta harjoittelukerrasta jokaisen kuntoutujan kohdalta. Tästä valmiiksi tallennetusta datasta rajattiin opinnäytetyössä käytetty aineisto. Perusjoukko oli Laitilan terveyskodissa Lokomat-kävelyrobotilla harjoitelleet aivohalvauskuntoutujat. Otanta rajattiin täysi-ikäisiin kroonisen vaiheen aivohalvauskuntoutujiin. Kuntoutujilta on pyydetty lupa käyttää tallennettua harjoittelun dataa tutkimuskäyttöön. Salassapitovelvollisuutta noudattaen aineisto käsiteltiin luottamuksellisesti.

Laitilan terveyskodin Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelevista kuntoutujista valittiin aivohalvauskuntoutujien data. Tarkastelujoukkoon otettiin mukaan kuntoutujat, jotka olivat harjoitelleet vähintään kymmenen kertaa Lokomat-kävelyrobotilla. Kuntoutujia oli yhteensä 12 henkilöä. Alkuperäisenä suunnitelmana oli rajata tarkasteltava harjoittelun ajanjakso puoleen vuoteen vuoden

2014 lopusta. Ajanjaksolla harjoitteleiden aivohalvauskuntoutujien määrä jäi ainoastaan muutama henkilöön, joten laajensimme aikaväliä pidemmäksi. Ajanjaksoksi otettiin koko aika, jolloin Lokomat-kävelyrobotti on ollut Laitilan terveystieteiden keskuksessa (2012-2014). Tutkimusaineistoksi valittiin aivohalvauskuntoutujien harjoittelusta ensimmäisen puolen vuoden harjoittelukerrat. Rajauksen jälkeen opinnäytetyön lopulliseksi otokseksi muodostui kymmenen henkilöä (N=10), josta yksi oli nainen ja yhdeksän oli miehiä. Henkilöiden keski-ikä oli 62,1 vuotta. Tarkastelujoukosta seitsemän henkilöä sai Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun lisäksi myös muuta fysioterapiaa 1-2 kertaa viikossa.

Taulukko 1. Tarkastelujoukko, sukupuoli, ikä ja keskiarvo (ka).

N=10	Aloituspäivä (v)	Sukupuoli
A	43	N
B	66	M
C	58	M
D	66	M
E	64	M
F	65	M
G	78	M
H	61	M
I	71	M
J	49	M
KA 62,1		

Puolen vuoden harjoitteluajanjakson mittauksista valittiin tarkasteluun kolme harjoituskertaa. Ensimmäiseksi tarkastelukohteeksi valittiin kuntoutujan toinen harjoittelukerta (Mittauskerta 1.) Lokomat-kävelyrobotilla, koska ensimmäisellä kerralla suurin osa ajasta kuluu robottiin tutustumiseen ja yksilöllisten säätöjen asetteluun, eikä aktiiviselle harjoittelulle jää paljoa aikaa. Toinen tarkastelukohteeksi valittiin ensimmäisestä tarkastelukohteesta ajallisesti kolmen kuukauden päähän (Mittauskerta 2.). Kolmas tarkastelukohteeksi valittiin ensimmäisen tarkastelukohteen päivämäärästä ajallisesti puoli vuotta eteenpäin, mistä valittiin ajallisesti lähimpänä oleva harjoittelukerta tarkasteluun (Mittauskerta3.).

Tarkastellulta puolen vuoden ajanjaksolta laskettiin kuntoutujien harjoittelukertojen määrät analyysia varten. Laskuissa huomioitiin vain harjoittelukerrat, jotka

kestivät yli kymmenen minuuttia, koska kävelyrobotti ei tallenna dataa alle kymmenen minuuttia kestävästä harjoituksesta. Lokomat-kävelyrobotti tallentaa automaattisesti joka harjoituskerrasta kuntoutujan alaraajojen aktiivisen lihasaktivaation muutosta biofeedback-taulukoihin. Biofeedback-tilaukossa x-akselilla todennetaan harjoittelun aikaa (min) ja y-akselilla todennetut luvut ovat tuotesuojattuja. Tämän vuoksi biofeedback-tilaukoiden tarkastelu on tulkinnanvaraista. Lihasaktivaation muutoksesta voi tulkita kävelyn laatua Lokomat-kävelyrobotilla kävelyssä. Biofeedback-tilaukot valittiin silmämääräiseen tarkasteluun osaksi opinnäytetyön aineistoa, koska emme löytäneet aiheesta aiempaa analysointia tutkimuksissa.

5.3 Aineiston analyysi

Analyysitapamme oli selittämiseen pyrkivä lähestymistapa, jossa aineistoa tulkittiin tilastollisin menetelmin ja saaduista tuloksista tehtiin päätelmiä. Lokomat-kävelyrobotista saatiin Portable Document Format eli PDF-muodossa olevaa valmista dataa, josta siirrettiin tarvittavat tiedot manuaalisesti Excel-tilaukoihin. Kirjaukset ristiintarkistettiin, jotta luotettavuus säilyisi. Tiedot siirrettiin Statistical Package for the Social Sciences 22 eli SPSS-ohjelmaan. SPSS-ohjelman avulla analysoitiin tarkasteltavaa aineistoa käyttäen ristiintilaukointia ja toistomittaus-ten varianssianalyysin parittaista vertailua. Muuttujien normaalijakautuneisuus testattiin käyttäen Kolmogorov-Smirnovin -testiä.

Opinnäytetyön tutkimustuloksiin perustuen valittiin kahden henkilön biofeedback-tilaukot analysoitavaksi. Valitut henkilöt olivat kehittyneet kävelymatkassa prosentuaalisesti eniten ja vähiten 1. ja 2. mittauskertojen välillä. Biofeedback-tilaukoiden viivadiagrammia tulkittiin silmämääräisesti. Mitä suurempaa vaihtelua viivadiagrammissa esiintyi, sitä suurempaa oli henkilön alaraajojen lihasaktivaatio. Lokomat-kävelyrobotia työssään käyttävien fysioterapeuttien mukaan viivadiagrammissa toisinaan esiintyvät selkeät yksittäiset piikit voivat johtua yleensä teknillisistä syistä, eivätkä äkillisestä lihasaktivaation noususta.

6 TULOKSET

6.1 Kävelymatkan, -nopeuden ja aktiivisen harjoitteluajan muutos mittauskertojen välillä

SPSS-ohjelman parittaisen vertailun avulla selvitettiin, tapahtuuko kävelymatka, -nopeudessa ja aktiivisessa harjoitteluajassa muutosta kaikkien kolmen mittauskerran välillä Lokomat-kävelyrobotilla harjoiteltaessa. Tarkastelujoukkoon kuului jokaisen muuttujan kohdalla 10 henkilöä (N=10). Taulukossa 2 on esitetty kolmen eri tarkastelukohteen tulosten p-arvot ja luottamusvälit (CI).

Kävelymatkan muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä minkään mittauskertojen välillä. Kävelymatka 1. ja 2. mittauskertojen välillä p-arvo oli 0,074, joka oli tuloksista lähimpänä tilastollisesti merkitsevää rajaa ($p < 0,05$). Kävelymatkan 1. ja 2. mittauskertojen luottamusväli (CI) oli -742,375 - 31,475.

Kävelynopeuden muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä minkään mittauskertojen välillä. Kävelynopeudessa 1. ja 2. mittauskertojen välillä p-arvo oli 0,793, joka oli tuloksista lähimpänä tilastollisesti merkitsevää rajaa. Kävelynopeuden 1. ja 2. mittauskertojen luottamusväli (CI) oli -0,558 - 0,236.

Aktiivisessa harjoitteluajassa 1. ja 2. mittauskertojen välillä harjoitteluajan muutos oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0,008$). Aktiivisen harjoitteluajan 1. ja 2. mittauskertojen luottamusväli (CI) oli 2,909 - 17,091. Muiden mittauskertojen välillä harjoitteluajan muutos ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mutta 1. ja 3. mittauskertojen välillä aktiivisen harjoitteluajan todettiin olleen lähellä tilastollisesti merkitsevää rajaa ($p=0,08$).

Taulukko 2. Kävelymatkan, kävelynopeuden ja aktiivisen harjoitteluajan muutos mittauskertojen välillä.

Parittainen vertailu				
Kävelymatka (m), kävelynopeus (km/h) ja aktiivinen harjoitteluaja (min), N=10				
Mittauskerta	Mittauskerta	Merkittävyys, p-arvo	95 % Luottamusväli (CI)	
			Ala raja- arvo	Ylä raja- arvo
Kävelymatka 1	Kävelymatka 2	0,074	-742,375	31,475
Kävelynopeus 1	Kävelynopeus 2	0,793	-0,558	0,236
Aktiivinen harjoitteluaja 1	Aktiivinen harjoitteluaja 2	0,008	2,909	17,091

6.2 Harjoittelukertojen määrän suhde kävelymatkan kehittymiseen 1. ja 2. mittauskertojen välillä

SPSS-ohjelman ristiintaulukoinnin avulla selvitettiin Lokomat-kävelyrobotin harjoittelukertojen määrää suhteessa kävelymatkan kehittymiseen 1. ja 2. mittauskertojen välillä. Mittauskerrat valittiin huomattuaamme aikaisemmassa taulukossa (Taulukko 2.) kävelymatkan kehittyneen eniten 1. ja 2. mittauskertojen välillä. Mittauskertojen välillä oli ajallisesti kolme kuukautta. Tarkastelujoukkoon valittiin vain positiiviset muutosprosentit, jolloin kymmenestä henkilöstä kaksi (n=2) karsittiin negatiivisten muutosprosenttien vuoksi. Lopulliseen tarkastelujoukkoon kuului kahdeksan henkilöä (n=8), joiden harjoittelukertojen keskiarvo 1. ja 2. mittauskertojen välillä oli 12 kertaa ja vaihteluväli oli 8-18.

Taulukossa 3 on esitetty harjoittelukertojen ja kävelymatkan muutoksen välistä suhdetta. Henkilöiden harjoittelukerrat jaettiin kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän henkilöt (n=4) harjoittelivat 11 kertaa tai alle ja toisen ryhmän henkilöt (n=4) harjoittelivat yli 11 kertaa Lokomat-kävelyrobotilla. Kävelymatkan kehitys muutosprosentteina luokiteltiin kahteen ryhmään siten, että ensimmäinen luoki-

tus oli 1-100 % ja toinen luokitus 100,1 % tai yli. Tuloksena oli, että toisen ryhmän kävelymatka kehittyi suhteessa enemmän verrattuna ensimmäiseen ryhmään, joka harjoitteli vähemmän. Toisen ryhmän neljästä henkilöstä kolmen kävelymatka kehittyi yli 100 %. Ensimmäisessä ryhmässä harjoitelleista vain yhden henkilön kävelymatka kehittyi yli 100 %.

Taulukko 3. Harjoittelukertojen määrän suhde kävelymatkan kehittymiseen 1. ja 2. mittauskertojen välillä.

Ristiintaulukointi				
1. ja 2. mittausten välinen harjoittelumäärä * matkanmuutos 1. ja 2. mittauskertojen välillä				
Ryhmä	n=8	Matkanmuutos %		Yhteensä
		1-100	≥100,1	
1	Henkilöiden lukumäärä	3	1	4
	Harjoitellut ≤11 kertaa	75,00 %	25,00 %	100,00 %
2	Henkilöiden lukumäärä	1	3	4
	Harjoitellut >11 kertaa	25,00 %	75,00 %	100,00 %

6.3 Sairastumisajankohdan merkitys tuloksiin kävelymatkassa 1. ja 3. mittauskertojen välillä

SPSS-ohjelman ristiintaulukoinnin avulla selvitettiin, onko sairastumisajankohdalla merkitystä tuloksiin kävelymatkassa 1. ja 3. mittauskertojen välillä. Mittauskertojen välillä oli ajallisesti kuusi kuukautta. Tarkastelujoukkoon valittiin vain positiiviset muutosprosentit, jolloin kymmenestä henkilöstä kaksi (n=2) karsittiin negatiivisten muutosprosenttien vuoksi. Lopulliseen tarkastelujoukkoon kuului kahdeksan henkilöä (n=8).

Taulukossa 4 on esitetty sairastumisajankohdan ja kävelymatkan muutoksen välistä suhdetta. Sairastumisajankohta luokiteltiin kahteen ryhmään. Ensimmäisen ryhmän henkilöt (n=4) aloittivat Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun 12kk tai aiemmin sairastumisesta aivohalvaukseen. Toisen ryhmän henkilöt (n=4) aloittivat Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun myöhemmin kuin 13kk sairastumisestaan. Kävelymatkan kehitys muutosprosentteina luokiteltiin kahteen ryhmään siten, että ensimmäinen luokitus oli 1-45 % ja toinen luokitus 45,1 % tai yli. Tuloksena oli, että ensimmäisen ryhmän neljästä henkilöstä kolmen kävelymatka kehittyi yli 45 %. Toisen ryhmän kaikilla neljällä henkilöllä kävelymatka kehittyi alle 45 %.

Taulukko 4. Sairastumisajankohdan merkitys tuloksiin kävelymatkassa 1. ja 3. mittauskertojen välillä.

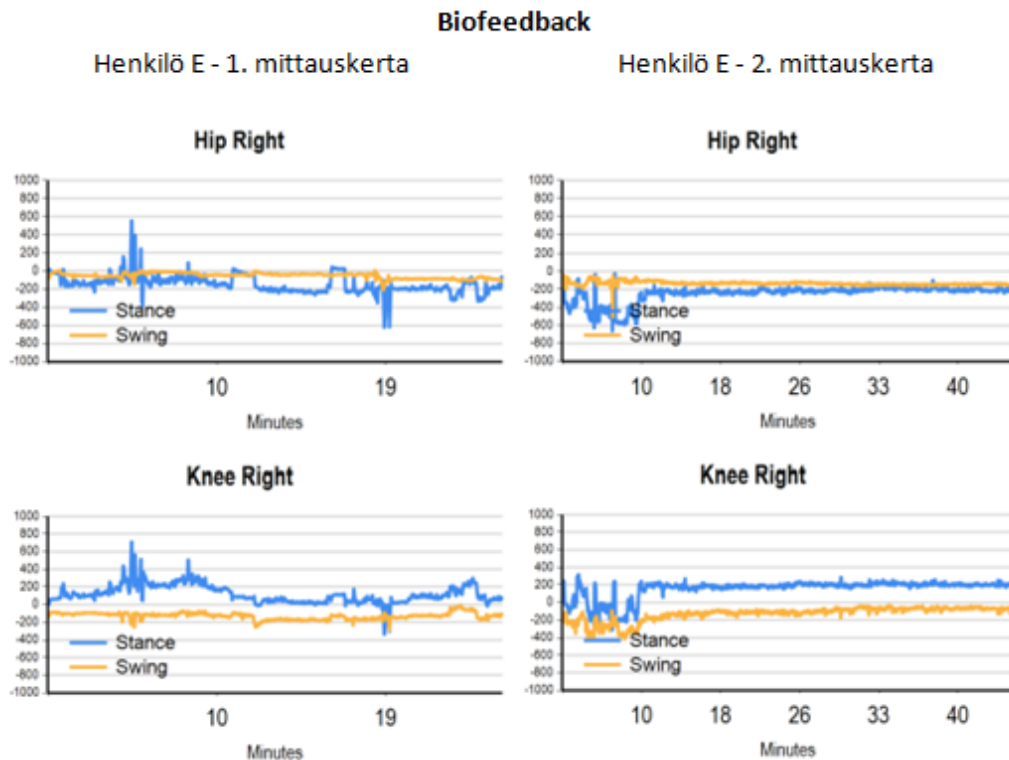
Ristiintaulukointi				
Harjoittelun aloittaminen sairastumisen jälkeen * matkanmuutos				
Ryhmä	n=8	Matkanmuutos %		Yhteensä
		1-45	≥45,1	
1	Henkilöiden lukumäärä	1	3	4
	Harjoittelun aloittaminen ≤12kk sairastumisesta	25,00 %	75,00 %	100,00 %
2	Henkilöiden lukumäärä	4	0	4
	Harjoittelun aloittaminen >13kk sairastumisesta	100,00 %	0,00 %	100,00 %

6.4 Lihasaktivaation muutos 1. ja 2. mittauskertojen välillä

Tarkastelukohteeksi valittiin kaksi henkilöä kävelymatkan kehityksen perusteella 1. ja 2. mittauskertojen välillä. Molemmilla henkilöillä oli oikean puolen hemiplegia, jonka vuoksi tarkastelukohteeksi valittiin oikean alaraajan lihasaktivaation

muutos. Biofeedback-taulukoita tarkasteltiin silmämääräisesti ja tulkinnanvaraisesti fysioterapian asiantuntijan avustuksella, joka on työskennellyt Lokomat-kävelyrobotin kanssa päivittäin Laitilan terveyskodissa.

Henkilö E kehittyi kävelymatkassa 1. ja 2. mittauskertojen välillä prosentuaalisesti eniten (+107 %) ja Henkilö G kehittyi kävelymatkassa 1. ja 2. mittauskertojen välillä prosentuaalisesti vähiten (-41 %). Henkilö E:llä tapahtui oikean alaraajan lihaksissa aktivaation lisääntymistä heilahdusvaiheessa, erityisesti polven alueen lihaksistossa. Henkilö E:llä oli harjoittelukerran ensimmäisen kymmenen minuutin ajan hitaampi vauhti (1,2-1,6 km/h), jolloin alaraajojen lihasaktivaatio näkyi viivadiagrammissa suurempana vaihteluna kuin harjoittelukerran nopeammassa vauhdissa (1,7-1,9 km/h). Henkilö G:llä tapahtui oikean alaraajan lihaksissa aktivaation lisääntymistä heilahdus- ja erityisesti tukivaiheessa. Tulkittaessa havaittiin myös vasemman eli terveen puolen lihasaktivaation lisääntymistä.

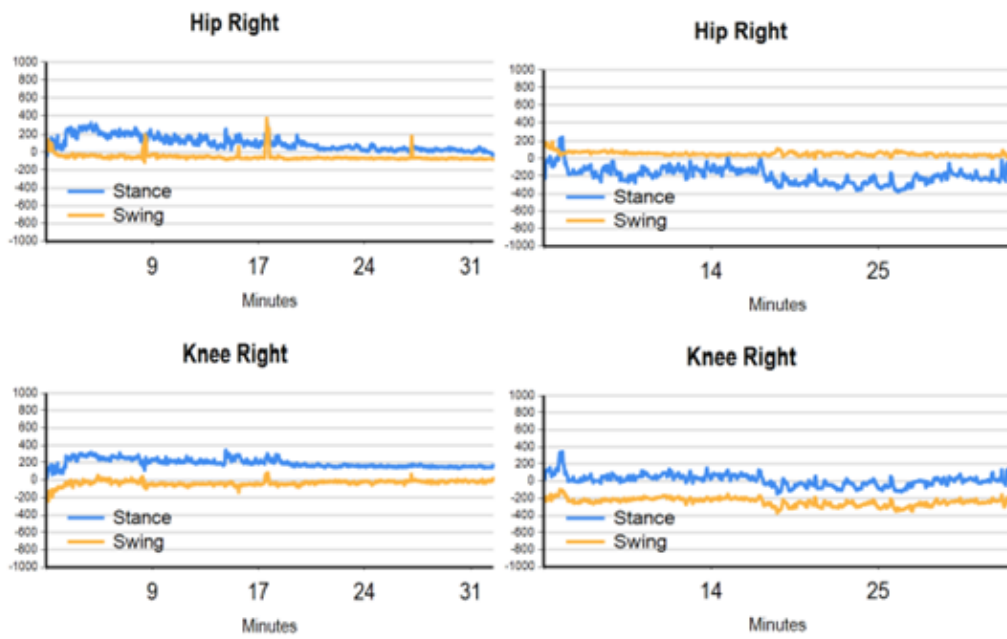


Kuvio 1. Biofeedback - Henkilö E 1. ja 2. mittauskertojen vertailu.

Biofeedback

Henkilö G - 1. mittauskerta

Henkilö G - 2. mittauskerta



Kuvio 2. Biofeedback - Henkilö G 1. ja 2. mittauskertojen vertailu.

7 ANALYYSI

Opinnäytetyössä tutkittiin Lokomat-kävelyrobotin harjoittelun vaikutusta aivohalvauskuntoutujien kävelymatkan ja -laadun muutokseen. Aineiston analyysi toteutettiin tilastollisin menetelmin, pois lukien biofeedback-taulukot, joita tulkittiin silmämääräisesti. Tarkastelukohteina olivat kävelymatka, harjoittelukertojen määrät, aktiivinen harjoittelu-aika, kävelynopeus, sairastumisajankohdan merkitys ja kävelyn laatuun vaikuttava alaraajojen aktiivisuus Lokomat-kävelyrobotilla harjoiteltaessa.

Kävelymatkan kehitys (Taulukko 2.) 1. ja 2. mittauskertojen välillä todettiin olevan lähimpänä tilastollisesti merkitsevää rajaa ($p=0,074$). Henkilöiden kävelymatkan kehitys oli 1. ja 2. mittauskertojen välillä 72,3m-824,3m. Motorista oppimista tapahtui todennäköisesti eniten ensimmäisen kolmen kuukauden aikana. Harjoittelun alussa kehitys on yleensä nopeampaa, jonka jälkeen harjoittelun jatkuessa kehitys voi hidastua selkeästi (Kauranen 2011, 371). Kaksi henkilöä kymmenestä ei kehittänyt kävelymatkassa 1. ja 2. mittauskertojen välillä. Näiden kahden henkilön harjoittelun kohdalla keskityttiin mahdollisesti enemmän kävelyn laatuun hitaammalla nopeudella kuin kävelymatkan pituuteen. Kävelymatkan kehitys 1. ja 3. sekä 2. ja 3. mittauskertojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevä, kuitenkin suurimmalla osalla kuntoutujista oli kävelymatkassa positiivista kehitystä. Harjoittelun positiiviset tulokset, kuten esimerkiksi mahdollinen kestävyys ja kävelytekniikan kehittyminen, voivat motivoida kuntoutujaa jatkamaan harjoittelua lisää. Opinnäytetyön tulokset eivät suoranaisesti kerro Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun siirtovaikutusta itsenäiseen kävelyyn, koska opinnäytetyössä käytetty aineisto koski ainoastaan Lokomat-kävelyrobotilla kävelyä. Siirtovaikutus on riippuvainen taidon harjoittelun realistisuudesta, jossa tulisi toteutua mahdollisimman tarkasti motorinen, sensorinen ja kognitiivinen osa-alue (Kauranen 2011, 379).

Kävelynopeuden (Taulukko 2.) muutoksen ei todettu olevan minkään mittauskerran välillä tilastollisesti merkitsevä. Jokaisella harjoittelukerralla terapeutti määrittää kuntoutujan kanssa sopivan kävelynopeuden, jonka avulla pyritään

saavuttamaan harjoittelukerran tavoite. Terapeutin tehtävänä on huolehtia siitä, että kävelyn laatu ei kärsi nopeutta liiallisesti kasvattamalla. Nopeuden suurella nostamisella kuntoutujan on mahdollisesti haastavampaa osallistua aktiivisesti kävelyn harjoittamiseen. Lokomat-kävelyrobotin harjoituskerroilla tulisi tavoitella kuntoutujan maksimaalista lihasaktivaation määrää eikä nopeuden liiallista kasvattamista ja sitä kautta kävelymatkan lisääntymistä. Tärkeää olisi saada kuntoutuja motivoitumaan aktiiviseen osallistumiseen harjoittelussa.

Aktiivisen harjoitteluajan muutos (Taulukko 2.) todettiin olevan 1. ja 2. mittauskertojen välillä tilastollisesti merkitsevä ($p=0,008$). Harjoittelukerrat Lokomat-kävelyrobotilla olivat kuitenkin ajallisesti rajattu yleensä yhteen tuntiin, joten aktiivinen harjoittelu-aika Lokomat-kävelyrobotilla oli noin 50 minuuttia. Tutkimusjoukosta pisin tallennettu harjoittelu-aika 1. ja 2. mittauskertoja vertaillen oli 49 minuuttia ja suurin kävelyajan kehitys 1. ja 2. mittauskertojen välillä oli 19 minuuttia. Ensimmäisillä harjoituskerroilla aikaa saattoi kulua enemmän Lokomat-kävelyrobotin henkilökohtaisten säätöjen löytymiseen ja kuntoutujan totuttautumiseen harjoittelun kulkuun, minkä vuoksi aktiivinen harjoittelu-aika oli 2. mittauskerralla pidempi. Kävelyajan kehittymiseen 1. ja 2. mittauskertojen välillä oli voinut vaikuttaa myös henkilöiden kestävyiden parantuminen. Harjoittelu-aikaan oli voinut vaikuttaa henkilön jaksaminen sekä harjoittelukerran tavoitteellisuus. Aktiivisen harjoitteluajan todettiin olevan 1. ja 3. mittauskertojen välillä lähellä tilastollisesti merkitsevää rajaa ($p=0,08$). Aktiivisen harjoitteluajan kehitys 2. ja 3. mittauskertojen välillä ei todettu olevan tilastollisesti merkitsevä, koska kyseisten mittauskertojen aktiiviset harjoitteluajat olivat keskiarvoltaan hyvin lähellä toisiaan. Toiseen mittauskertaan mennessä aktiivisessa harjoittelussa oli voitu jo saavuttaa lähes maksimi harjoittelu-aika, jonka vuoksi kolmannella mittauskerralla aktiivista harjoittelu-aikaa ei enää voitu pidentää rajoitetun terapia-ajan vuoksi.

Harjoittelukertojen määrällä (Taulukko 3.) todettiin olevan vaikutusta kävelymatkan lisääntymiseen Lokomat-kävelyrobotilla kävellessä. Enemmän harjoitelleiden henkilöiden kävelymatka lisääntyi enemmän verrattuna vähemmän harjoitelleisiin henkilöihin. Harjoittelun tulisi koostua yksilöllisestä, intensiivisestä ja

toistuvasta harjoittelusta, jotta harjoittelulla olisi positiiviset vaikutukset motoristen ratojen kehittymiseen ja uuden taidon oppimiseen (Carr & Shepherd 2013, 8). Henkilöiden mahdollisuuksiin harjoitella Lokomat-kävelyrobotilla vaikuttavat esimerkiksi kustannukset, asuinpaikka ja motivaatio.

Sairastumisajankohdalla (Taulukko 4.) todettiin olevan vaikutusta kävelymatkan kehittymiseen 1. ja 3. mittauskertojen välillä. Tuloksista ilmeni, että mitä aikaisemmin kuntoutuja aloitti harjoittelun sairastumisajankohdastaan, sitä suurempi oli kuntoutujan kävelymatkan prosentuaalinen kehitys. Kuntoutuksen varhainen aloittaminen näyttäisi eniten edistävän kuntoutuksen tuloksellisuutta (Kauranen 2011, 405). Kuntoutujat, joilla sairastumisajankohdan ja harjoittelun aloittamisen välissä oli pidempi aika, olivat kuitenkin kaikki kehittyneet positiivisesti kävelymatkassa. Harjoittelulla oli yleisesti positiivista vaikutusta, mutta Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun kehittymiseen vaikuttaa eri harjoittelukertojen tavoitteellisuus. Tarkasteluun otettiin ainoastaan kävelymatkassa positiivisesti kehittyneet kahdeksan henkilöä, joten tarkastelusta jätettiin pois kaksi negatiivisen muutosprosentin saanutta henkilöä. Heidän kohdallaan tavoiteltiin todennäköisesti kävelyn laatua, jolloin kävelymatka kehittyi suhteessa vähemmän.

Edellä mainitut tutkimusaiheet keskittyivät suurelta osin kävelymatkaan ja sen muutokseen. Toinen näkökulma Lokomat-kävelyrobotilla harjoitteluun oli kuntoutujan alaraajojen aktiivisuuden eli kävelyn laadun tarkastelu biofeedback-tilaukoista (Kuvio 1.-2.). Biofeedback-tilaukoita tarkastelemalla huomattiin, että kävelynopeudella oli merkitystä kuntoutujan lihasaktivaation määrään. Optimaalinen kävelynopeus mahdollistaa kuntoutujan keskittymisen ja täysivaltaisen osallistumisen lihasaktivaation tuottoon kävelyn aikana. Kuntoutujan keskittymisen herpaantumisen harjoittelusta heikentää motorista oppimista, joten täydellinen harjoitteluvaste saavutetaan kuntoutujan aktiivisella keskittymisellä ja läsnäololla harjoitteluun (Kauranen 2011, 372-373). Kuntoutuja ei välttämättä ehdi käyttämään kaikkia resurssejaan jos kävelynopeus asetetaan liian suureksi, jolloin harjoittelulla ei saavuteta parasta mahdollista hyötyä. Kuntoutujan kanssa arvioidaan yksilöllisesti voimavarat, joiden mukaan mietitään harjoittelukerran tavoitetta.

Lokomat-kävelyrobotilla harjoitteluun vaikuttavat lisäksi monet tekijät kuten kognitio, motivaatio, tunnetilat, vireystila, kestävyys ja tavoitteet. Kuntoutujalla on oltava riittävä kognitio Lokomat-kävelyrobotilla harjoitteluun, jotta harjoittelu on turvallista ja kuntoutuja ymmärtää harjoittelun tarkoituksen. Motivaatiolla on merkittävä vaikutus harjoittelun onnistumisessa ja hyödyn saavuttamisessa. Motivoituneen kuntoutujan keskittyminen harjoitteluun on parempaa, mikä edistää uudelleen oppimista eli plastisiteetin muovautumista. Motivaation lisäksi aktiiviseen osallistumiseen harjoittelussa vaikuttavat myös tunnetilat ja vireystila, jotka vaihtelevat päivittäin. Kuntoutujan ja terapeutin tulisi oppia tunnistamaan henkilön sen hetkiset vireys- ja tunnetilat sekä edetä niiden mukaisesti harjoittelussa, sillä esimerkiksi tunnetilat vaikuttavat yksilöllisesti spastisuuteen. Kuntoutujan kestävyys kehittyy harjoittelun myötä, joka tulisi ottaa huomioon harjoittelun kuormittavuuden säätelyssä ja tavoitteiden asettamisessa. Terapeutin tulisi asettaa yhdessä kuntoutujan kanssa harjoittelukertojen tavoitteet yksilöllisesti ja arvioi jatkuvasti harjoittelun etenemistä.

Opinnäytetyön tutkimustulokset olivat keskenään vertailtuna samansuuntaisia. Opinnäytetyön tulokset kävelymatkan ja -nopeuden kehittymisen suhteen olivat samansuuntaisia aiempiin tutkimustuloksiin verrattuna. Biofeedback-taulukoista emme löytäneet tutkimustietoa, joten opinnäytetyössä saatiin uutta tietoa kävelyn laadusta alaraajojen lihasaktivaation osalta.

Opinnäytetyön tulosten validiteettia eli luotettavuutta lisäsi standardoidun Lokomat-kävelyrobotin mittaamat arvot, jotka saatiin käsiteltäväksi valmiina aineistona. Opinnäytetyöntekijöinä emme vaikuttaneet aineistoon muuta kuin rajamalla tarkastelujoukon ja harjoittelun ajanjakson. Tutkimusaineisto nähtiin vasta rajauksen jälkeen. Saatu aineisto kerättiin ennen opinnäytetyön aloittamista, joten fysioterapeutit eivät ole terapiatilanteessa tienneet aineistoa käytettävän tähän opinnäytetyöhön. Näin ollen fysioterapeuttien tietoisuus opinnäytetyön tutkimuksesta olisi todennäköisesti voinut vaikuttaa tavoitteiden asetteluun harjoittelussa tai harjoittelun kulkuun, mikä olisi saattanut vaikuttaa opinnäytetyön tutkimustuloksiin.

Opinnäytetyön tulosten luotettavuutta lisäisi suurempi tarkastelujoukko, jolloin yleistettävyyks olisi parempi. Aineisto pitäisi saada valmiina käsiteltävässä muodossa, esimerkiksi Excel-tilukkomuodossa eikä PDF-muodossa, jotta mahdollisilta näppäilyvirheilä välttyttäisiin. Opinnäytetyön tulosten luotettavuutta parantaisi myös useampi tarkasteltava mittauskerta, jolloin kokonaiskuva harjoittelusta olisi laajempi. Biofeedback-talukoiden analysointi on tulkinnanvaraista tuotesuoja syistä, jonka vuoksi talukoista ei saada kaikkea tietoa luotettavasti käyttöön.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutkittiin Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun vaikutusta aivohalvauskuntoutujien kävelymatkan pituuteen ja alaraajojen aktiivisuuteen kävelyrobotilla kävellessä. Tarkasteluajankohtana oli aivohalvauskuntoutujien harjoittelun ensimmäinen puoli vuotta, josta valittiin mittauskohteiksi kolme Lokomat-kävelyrobotin harjoittelukertaa. Tarkastelujoukkoon kuului kymmenen aivohalvauskuntoutujaa. Lokomat-kävelyrobotin automaattisesti tallennettu data oli sellaisenaan valmis käytettäväksi. Opinnäytetyön tuloksista ilmeni, että mitä aikaisemmin sairastumisajankohdastaan kuntoutuja aloitti Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelun ja mitä useammin harjoitteli, sitä enemmän kävelymatka lisääntyi. Optimaalisen kävelynopeuden myötä kuntoutuja pystyi osallistumaan aktiivisesti ja täten aktivoimaan mahdollisimman hyvin alaraajojen lihaksia fysiologisen kävelysyklin mukaisesti Lokomat-kävelyrobotilla kävellessä.

Kirjallisuushaussa mukana olleista tutkimuksista löytyi tietoa robotiikan hyödyntämisestä fysioterapiassa, mutta tutkimusta Lokomat-kävelyrobotin hyödyistä ehdotettiin tutkittavan lisää. Opinnäytetyön perusteella jatkotutkimusta suositellaan tehtävän suuremmalla tutkimusjoukolla. Mittauskertojen määrään lisääminen ja ajanjakson pituuden muuttaminen saattaisi tuoda lisää uutta ja mielenkiintoista näkökulmaa tuloksiin. Kiinnostava vertailukohde olisi eri diagnosiryhmään, esimerkiksi selkäydinvamma, kuuluvien kuntoutujien Lokomat-kävelyrobotin aineiston tutkiminen ja vertaaminen jo saatuihin opinnäytetyön tuloksiin. Mielenkiintoista olisi tutkia lisää alaraajojen lihasten aktiivisuutta ja siihen vaikuttavia tekijöitä biofeedback-taulukoista, mutta y-akselin määreen ollessa tuotesuojattu tutkimuksen luotettavuus heikkenee. Opinnäytetyön tutkimusaihetta voisi lähestyä laadullisesta näkökulmasta, jolloin haastateltaisiin kuntoutujien subjektiivisia kokemuksia Lokomat-kävelyrobotilla harjoittelusta ja sen vaikutuksista päivittäiseen toimintakykyyn.

LÄHTEET

Aivoliitto 2014. Aivoverenkiertohäiriö. Viitattu 22.9.2014. <http://www.aivoliitto.fi/>
> Aivoverenkiertohäiriö (AVH) > Aivoverenkiertohäiriö.

Aivoliitto. 2012. Aivoverenkiertohäiriö lukuina. Viitattu 16.9.2014.
<http://www.aivoliitto.fi/> > Aivoverenkiertohäiriö (AVH) > Aivoverenkiertohäiriö
lukuina.

Blanchette, A.; Noel, M.; Richards, C.; Nadeau, S. & Bouyer, L. 2014. Modifications in ankle dorsiflexor activation by applying a torque perturbation during walking in persons post-stroke: a case series. Journal of neuroengineering and rehabilitation. Vol. 11, No 98.

Burgess, J.; Weibell, G. & Brown, D. 2010. Overground walking speed changes when subjected to body weight support conditions for nonimpaired and post stroke individual. Journal of neuroengineering and rehabilitation. Vol. 7, No 6.

Carr, J. & Shepherd, R. 2012. Neurological Rehabilitation. Optimizing motor performance. 2. painos. Churchill Livingstone.

Coenen, P.; Werven, G.; van Nunen, M.; Van Dieen, J.; Gerrits, K. & Janssen, T. 2012. Robot-assisted walking vs overground walking in stroke patients: an evaluation of muscle activity. Journal of rehabilitation medicine. Vol. 44, No 4/2012, 331-337.

Delussu, A.; Morone, G.; Iosa, M.; Bragoni, M.; Trallesi, M. & Paolucci, S. 2014. Physiological Responses and Energy Cost of Walking on the Gait Trainer with and without Body Weight Support in Subacute Stroke Patients. Journal of neuroengineering and rehabilitation. Vol. 11, No 54.

Hesse, S.; Mehrholz, J. & Werner, C. 2008. Robot-Assisted Upper and Lower Limb Rehabilitation After Stroke. Deutsches Ärzteblatt International. Vol. 105, No 18, 330-336.

Hesse, S.; Waldner, A. & Tomelleri, C. 2010. Innovate gait robot for the repetitive practice of floor walking and stair climbing up and down in stroke patients. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. Vol. 7, No 30.

Hornby, G.; Campbell, D.; Kahn, J.; Demott, T.; Moore, J. & Roth, H. 2008. Enhanced Gait-Related Improvements After Therapist- Versus Robotic-Assisted Locomotor Training in Subjects With Chronic Stroke. A Randomized Controlled Study. *Stroke*. Vol. 39, No 6/2008, 1786-1792.

Husemann, B.; Muller, F.; Krewer, C.; Heller, S. & Koenig, E. 2007. Effects of Locomotion Training With Assistance of a Robot-Driven Gait Orthosis in Hemiparetic Patients After Stroke. A Randomized Controlled Pilot Study. *Stroke*. Vol. 38, No 2/2007, 349-354.

Kauranen, K. 2011. Motoriikan säätely ja motorinen oppiminen. Liikuntatieteellisen seuran julkaisu 167. Helsinki.

Koopman, B.; Asseldonk, E. & van der Kooij, H. 2013. Selective Control of Gait Subtasks in Robotic Gait Training: Foot Clearance Support in Stroke Survivors with a Powered Exoskeleton. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. Vol. 10, No 3.

Krishnan, C.; Ranganathan, R.; Kantak, S.; Dhaler, Y. & Rymer, W. 2012. Active robotic training improves locomotor function in stroke survivor. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*. Vol. 9, No 57.

Krishnan, C.; Ranganathan, S.; Dhaler, Y. & Rymer, W. 2013. A pilot study on the Feasibility of robot-aided leg motor training to facilitate active participation. *PLoS ONE*. Vol. 8, No 10/2013.

Kuikka, P.; Pulliainen, V. & Hänninen, R. 2001. Kliininen neuropsykologia. Porvoo: WS Bookwell Oy.

Laine, M.; Bamberg, J. & Jokinen, P. 2007. Tapaustutkimuksen taito. Helsinki: Gaudeamus.

Laitilan Terveyskoti 2014a. Terveyskoti. Viitattu 17.9.2014 <http://terveyskoti.fi/> > Terveyskoti.

Laitilan Terveyskoti 2014b. Palvelut. Viitattu 17.9.2014 <http://terveyskoti.fi/> > Palvelut.

Levangie, P. & Norkin, C. 2005. Joint Structure and Function: A Comprehensive Analysis. Philadelphia: F.A. Davis Company.

Maeshima, S.; Osawa, A.; Nishio, D.; Hirano, Y.; Takeda, K.; Kigawa, H. & Sankai, Y. 2011. Efficacy of a hybrid assistive limb in post-stroke hemiplegic patients: a preliminary report. BMC Neurology. Vol. 11, No 116.

Mirelman, A.; Bonato, P. & Deutsch, J. 2009. Effects of Training with a Robot-virtual Reality System Compared with a Robot Alone on the Gait of Individuals After Stroke. Stroke. Vol. 40, No 11/2008, 169-174.

Shuck, A.; Labruyere, R.; Vallery, H.; Riener, R. & Duschau-Wicke, A. 2012. Feasibility and effects of patient-cooperative robot-aided gait training applied in a 4 week pilot trial. Journal of neuroengineering and rehabilitation. Vol. 9, No 31.

Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. 2012. Motor control. Translating Research into Clinical practice. 4. uudistettu painos. Baltimore: Liplincott Williams & Wilkins.

Soinila, S.; Kaste, M.; Launes, J. & Somer, H. 2001. Neurologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Westlake, K. & Patten, C. 2009. Pilot Study of Lokomat Versus Manual-assisted Treadmill Training for Locomotor Recovery Post-stroke. BioMed Central. Journal of neuroengineering and rehabilitation. Vol. 6, No 18.

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa. Määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi.

Wu, M.; Landry, J.; Kim, J.; Schmit, B.; Yen, S. & MacDonald J. 2014. Robotic Resistance/Assistance Training Improves Locomotor Function in Individuals Poststroke: A Randomized Controlled Study. Archives of physical medicine and rehabilitation. Vol. 95, No 5/2014, 799-806.

LIITE 1. Tutkimustaulukko.

Tutkimus, vuosi	Tarkastelu- / vertailuryhmä	Sairauden tila*	Lokomat kävelyrobotti / muu**	Harjoitteluaajanjakso ja määrät vko/krt/min	Tulosmuuttujat	Mittarit	Tulokset / Johtopäätökset
Blanchette ym. 2014	6/0	K	M	1pv - 3krt/1-3min	M. tibialis anteriorin aktivaation määrä	Goniometri, modifioitu Ashworth, Daniels and Worthingham's manuaalinen lihastesti, EHO, EMG	M. tibialis anteriorin aktivaatio lisääntyi heilahdusvaiheessa 4hlö/6 tilastollisesti merkitsevästi (p < 0,001).
Delusu ym. 2014	6/6	SA	M	4pv - 1krt/pv (+2 harjoittelukertaa)	Painonkevennys, syke, keuhkotuuletus, hapenkulutus, RER, ECW	OWT, painokevennys (0%, 30%, 50%), K4b ²	Tarkasteluryhmällä robotilla kävely oli vähemmän verenkiertoelimistöä rasittavaa kuin maalla kävely. Painokevennetty robottikävely saattaa olla turvallisempaa kuin maalla kävely subakuuteilla aivohalvauksipotilailla.
Wu ym. 2014	15/15	K	M	6vk - 3krt/vk /45min	Kävelynopeus, 6-min kävelytesti, kliininen arviointi: tasapaino, lihastonus ja elämänlaatu	6-min kävelytesti, kliininen arviointi	Kävelynopeus lisääntyi molemmissa ryhmissä, mutta ilman merkitsevää eroa ryhmien välillä. Avustetussa ryhmässä 6-min kävelytesti ja tasapaino parantuivat merkittävästi.
Krishnan ym. 2013	3/6	K	L	1krt/20min	Lihaskiväilymäärän muutos alaraajan lihaksissa ja tavoitteellisen harjoittelun vaikutus kävelysykliin	Lokomat, EMG ja nilkasta mitattu kehitys-kaari kävelyn syklistä	Kävelyn sykli kehittyi harjoittelun loppua kohden. Alaraajojen lihasaktivaation määrä oli merkittävästi suurempaa aktiivisen tavoitteellisen robottiharjoittelun aikana verrattuna normaaliin robottiharjoitteluun molemmilla ryhmillä. Alaraajojen lihasryhmien aktivaation kehitys oli tilastollisesti merkitsevää, kontrolli ryhmällä enemmän paitsi m. tibialis anterior kohdalla.
Koopman ym. 2013	6/12	K	M	1pv	Kävely eri nopeuksilla (0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4 ja 5 km/h),	Vicon Oxford Metrics, VMC	VMC:n avulla pystytään vaikuttamaan selektiivisesti ja vähitellen askelkorkeuteen. VMC:n avulla nilkka saatiin tuettua

					askelkorkeus		jokaisen aivohalvauspotilaan erityistarpeet huomioiden. Suurimmalla osalla visuaalinen palaute auttoi aktiivisempaan osallistumiseen.
Krishnan ym. 2012	1/0	K	L	4vk - 3krt/vk /90min	Kävelyn tukivaiheet, kävelynopeus, lihastyö, subjektiivinen kokemus, kävelymatka, kävelymalli, kliininen arviointi	Lokomat, nilkasta mitattu kehityskaarit kävelyn syklistä, GRF, EMG, MCE, alku-, keski- ja loppu testaus: SIS, TUG, 6-min kävelytesti, yhden jalan seisonta testi, kävelynopeus-testi ja Fugl-Myer arviointilomake	Alaraajojen osalta kävely symmetrisempää, työntövoima (GRF) kasvanutta sekä parettisen puolen terveen puolen alaraajassa. Toisen tutkimuksen tuloksiin verrattuna tutkitavan kävely oli lähempänä terveen aikuisen kävelyä. Alaraajojen lihaksissa tapahtunut positiivinen muutos jatkui vielä harjoittelun jälkeenkin. Kliinisesti henkilön oma kävelykyky parantui harjoittelun jälkeen sekä testitulokset kävelynopeudessa, 6min kävelyssä, TUG- ja yhden jalan seisonta -testissä sekä itsearviointilomakkeissa parantuivat.
Shuck, ym. 2012	4 (2 avh ja 2 sci)/16	K	L	4vk - 4krt/vk /45min	Lihaskiväilymäärä ja kävelymatkan pituus, kävelynopeus, kävelymalli, subjektiivinen kokemus	Lokomat, EMG, Borgin asteikko, 10m kävelytesti, HR sekä virtuaalisen kävelymallin mallintaminen kävellessä (liikemalli tai nopeus)	Yksi osoitti tilastollisesti merkitsevän muutoksen kävelynopeudessa (p=0,024) 10m kävelytestissä 4vko Lokomat harjoittelun jälkeen. Virtuaalisen kävelymallin mallintaminen parantui huomattavasti. Harjoittelu lisäsi motivaatiota ja tutkittavista vaikutti tulleen luottavaisempia omaa kävelyä kohtaan. Borgin asteikko ja HR eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Lokomat-robotilla kävellessä alaraajan lihaksia käytettiin lähempänä fysiologista liikemallia.
Coenen ym. 2012	10/10	K	L	Robottikävelyä 10min, kävelyä ilman robottia 1min. Vertailuryhmä käveli ilman robottia 1min.	Lihaskiväilymäärä, kävelyn symmetrisyys	EMG, Lokomat	Tarkasteluryhmän ei-avustetussa kävelyssä lihaskiväily (EMG) oli huomattavasti korkeampi kuin robottiväilyssä. Vertailuryhmän ja avustetun kävelyn välillä ei tilastollista merkittävyyttä, mutta vertailuryhmän ja ei-avustetun kävelyn välillä oli eroa. Lihaskiväily oli symmetrisempää robottiväilyssä kuin ei-avustetussa.
Maeshima	16 (jae)	K	M		Askelpituus, kävelynopeus	HAL, KAFO, EMG	Hal-robotti askelpituutta lisäsi ja

ym. 2011	ttiin kolme ryhmään (3/4/9)				peus, PCI		kävelynopeutta 4/16 ja PCI kehittyi 12/16. HAL ei ole hyödyllinen kaikille hemipareesipotilaille, mutta robotti voi lisätä kävelynopeutta ja vaikuttaa kykyyn kävellä.
Burgess ym. 2010	12/11	K	M	2krt, toinen robotilla ja toinen ilman	Kävelynopeus, -rytmi, askelpituuden keskiarvo, askelten määrä 10m aikana	Bergin tasapainotesti, Fugl-Meyer arviointilomake, 6-min kävelytesti, KineAssist,	Asiakkaan omavalintainen kävelynopeus nopeutui ja askelpituuden keskiarvo pidentyi.
Hesse ym. 2010	6 /sa mat	SA	M	5vk - 5krt/vk /25-30min	Lihaskiväilymäärä	EMG, G-EO System -robotti, modifioitu Ashworth Scale, Infotronic, RMS	Tavallisessa kävelyssä ja G-EO robotilla kävellessä alaraajojen lihasten aktiivisuus oli verrattavissa (EMG). G-EO robotilla porraskävelyssä säären alueen lihasten aktivaatio oli paremmin ajoitettua. Vaikeasti halvaantuneet saavuttivat uudelleen kävely- ja portaidennousukykyyn.
Westlake & Paten, 2009	16 (jätettiin kahteen ryhmään (8/8))	K	L	4vk - 3krt/vk /30min	Asiakkaan omavalintainen kävelynopeus (m/s), pareettisen alaraajan askelpituuden suhteellinen osuus	Lokomat, GaitRite, 6 minuutin kävelytesti, Fugl-Meyer arviointilomake, SPPB, Bergin tasapainotesti, LLFDI	Ei tilastollista merkitsevyyttä kävelynopeudessa (p=0,72) eikä pareettisen puolen askelpituudessa (p=0,28) vertailuhyhmään verrattuna, mutta ed. mainitut parantuivat enemmän Lokomat-kävelyryhmässä.
Mirelman ym. 2009	18 (jätettiin kahteen ryhmään (9/9))	K	M	4vk - 3krt/vk /60min	Kävelynopeus 7 metrin matkalla, kävelyaktiivisuus kotona ja lähiympäristössä (askelmäärä, -pituus, kävelynopeus, -rytmi, -matka)	PAM, 6-min kävelytesti, 7m kävely	Virtuaaliodellisuudessa harjoitteleella ryhmällä kävelymatka ja -nopeus kehittyivät enemmän. Virtuaaliodellisuudessa harjoitteleilla askelmäärät ja kävelymatka olivat suurempia lähiympäristössä kuin pelkällä robotilla harjoitteleilla.
Hornby ym. 2008	48 (jätettiin kahteen ryhmään (24/24))	K	L	12krt/30min	Lokomat kävelyharjoittelu vs. terapeutin ohjaama terapia (kävely). Askelpituus ja askelsymmetria ja normaali- että nopea-kävelynopeus, kliini-	Lokomat, alkua ja loppumittaus sekä kontrolli, normaali- ja nopea-kävelynvauhti, askelpituus, 6-min kävelytesti, mEAFP, Bergin tasapainotesti ja MOQ. Kliinisesti Modified Ashworth Scale,	Normaali ja nopea kävelynopeus parantuivat molemmilla ryhmillä, terapiaryhmällä tilastollisesti merkitsevästi (p=0,04 ja 0,04) ja Lokomat ryhmällä nopea kävelynopeus lähes merkitsevästi (p=0,06). Robottiharjoittelulla askelsymmetria lisääntyi eniten. Terapiaryhmällä, testitulokset paranivat enemmän. Terapiaharjoittelun

					nen arviointi, itsearviointi	lihasvoima ja masennusarviointi-asteikko	todetaan olevan vaikuttavampaa itsenäisesti käveluille toispuolihalvaantuneille kuin robotiikalla harjoittelu. Tärkeää juuri määrittellä oikein ketkä asiakkaat voivat hyötyä eniten robotiikalla harjoittelusta, mm. subakuutti avh.
Hu- se- mann ym. 2007	16/ 14	A	L	4vk - 5krt/vk/ 30min (+20krt muu fysiote- rapia)	Lokomat ryhmä vs. tavanomai- nen fysiote- rapia. Käve- lynopeus, kudosten koostumus, kävelyn vaiheet ja päivittäistä asioista itsenäinen selviytymi- nen, kliininen arviointi	Alku- ja loppu- mittaus, FAC, 10m kävelytesti, kävelysyklin parametrit ja kävelyaika, pehmytkudos analyysi, Mo- dified Asworth Scale, lihasvoi- ma, BI, MI	Molemmissa ryhmissä askelpituus, kävelytahti ja -nopeus parantuivat. Ryhmien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa (p=0,922). Lokomat ryhmässä huomattavasti paremmat tulokset kävelyn edistymisessä, askelluksessa. Lokomat ryhmän kävelyn keskitukivaihe normalisoitui ja askellusten toistomäärä oli suurempi. Lokomat ryhmällä lihasmassa kehittyi. Molempien ryhmien arjesta selviytyminen parantui.

* Sairaudentila A= akuutti, SA= subakuutti ja K= krooninen ** Lokomat-kävelyrobotti vai muu robotti L= Lokomat M= muu robotti

BI = Barthel Index, BWS = Body Weight Support, ECW = Energy Cost Walking, EHO = Electrohydraulic ankle-foot Orthosis, EMG = Electromyography, FAC=Functional Ambulation Classification, GRF = Ground Reaction Forces, GT = Gait Training, HAL = the Hybrid Assistive Limb, HR = Heart Rate, KAFO = Knee-Ankle-Foot Orthosis, K4b² = Gold Standard Ambulatory Metabolic System, LLFDI = Late-Life Function & Disability Instrument, MCE = Motor Cortical Excitability, mEAFP = the modified Emory Functional Ambulation Profile, MI = the Motricity Index, MOQ = the Medical Outcome Questionnaire, OWT = Overground Walking Test, PAM = Patient Activity Monitor, PCI = Physiological Cost Index, RMS = Root-Mean-Square, SIS = Stroke Impact Scale, SPPB = Short Physical Performance Battery, TUG=Timed Up-and-Go, VMC = Virtual Model Control

Liite 2. PEDro arviointitaulukko.

Tutkimus, vuosi	Satunnaistettu jako ryhmiin	Salattu jako ryhmiin	Samat lähtötilanteet ryhmässä	Tutkittavat sokkoutettu	Terapautit sokkoutettu	Tutkijat sokkoutettu	Mittaus yli 85 % toteutunut	Alkuperäiset ryhmäjaot analysivaiheessa	Ryhmiä väliset vertailut, ainakin yksi tulomuuttuja	Mittaustulokset ja hajonnat ainakin yhdestä esitetty	Pisteet yhteensä, max 10
Blanchette ym. 2014			X				X			X	3
Delussu ym. 2014			X				X	X	X	X	5
Wu ym. 2014	X	X	X				X	X	X	X	7
Krishnan ym. 2013			X				X	X	X	X	5
Koopman ym. 2013			X				X	X	X	X	5
Krishnan ym. 2012			X				X	X			3**
Shuck ym. 2012							X	X	X	X	4
Coenen ym. 2012			X				X	X	X	X	5
Maeshima ym. 2011			X				X	X		X	4
Burgess ym. 2010			X				X	X	X	X	5
Hesse ym. 2010			X				X	X	X	X	5
Westlake & Patten, 2009	X	X	X				X		X	X	6*
Mirelman ym. 2009	X		X			X			X	X	5*
Hornby ym. 2008	X	X	X						X	X	5*
Husemann ym. 2007	X	X	X			X	X		X	X	7*

* Sama arviointi pisteytys löytyy Physiotherapy Evidence Database (PEDro) -tietokannasta. ** Tutkimuksessa Krishnan ym. 2012 tutkitaan vain yhtä henkilöä, joten PEDro arviointiasteikko ei sovellu tämän tutkimuksen arviointiin.