



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Micaela Keinonen, Mikko Lappalainen

AVH-kuntoutujan kävelyn kuntoutus

Kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Fysioterapeutti (AMK)

Fysioterapian tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

28.4.2021

Tekijät Otsikko	Micaela Keinonen & Mikko Lappalainen AVH-kuntoutujan kävelyn kuntoutus Kirjallisuuskatsaus
Sivumäärä Aika	29 sivua 28.4.2021
Tutkinto	Fysioterapeutti (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Fysioterapian tutkinto-ohjelma
Ohjaajat	Anu Valtonen, yliopettaja Sirpa Ahola, lehtori
<p>Aivoverenkiertohäiriöllä (AVH) tarkoitetaan aivoverenkierron pysyvää tai tilapäistä aivojen toimintahäiriötä, joka aiheuttaa eriasteisia ja monialaisia toimintakykyä heikentäviä ongelmia. Arviolta joka kuudes suomalainen sairastaa aivoverenkiertohäiriön ja Suomessa vuosittaisia sairastumisia on noin 25 000. Aivoverenkiertohäiriö onkin huomattava terveydenhuoltoa kuormittava tekijä. Aivoverenkiertohäiriöstä seuraa usein kävelyn toimintahäiriötä tyypillisesti toispuoleisen halvausoireiston seurauksena. Kävelyn harjoittaminen on keskeinen osa aivoverenkiertohäiriön kuntoutusta.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kuvaileva kirjallisuuskatsaus aivoverenkiertohäiriön sairastaneen kävelyn kuntoutuksen osa-alueista. Työn tavoitteena oli koota yhteen aihetta tarkastelevaa tutkimustietoa toimeksiantajan toimipisteiden tarjoaman kuntoutuksen tueksi.</p> <p>Toteutuakseen kävely vaatii monimutkaisia hermolihasjärjestelmiä, joiden häiriintymisestä johtuvat motoriset ja toiminnanohjauksen haasteet näyttäytyvät usein kävelykyvyn heikentymisenä. Kirjallisuuskatsaus on toteutettu hakemalla tutkimustietoa aivoverenkiertohäiriön sairastaneen kävelyn kuntoutuksesta kansainvälisistä fysioterapian sekä lääke- ja terveystieteiden tietokannoista. Tässä opinnäytetyössä kävelyn kuntoutuksen tarkasteluun sisällytettiin kävelykyvyn palautumisen kannalta oleellisia harjoittelun osa-alueita, joita ovat kävely-, lihasvoima-, ja tasapainoharjoittelu. Lisäksi tarkastelun kohteena oli kävelyharjoittelun intensiteetin vaikutus tuloksiin.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksen perusteella selvisi, että toistuvalla tehtäväspesifisellä kävelyharjoittelulla voidaan tehokkaasti kehittää yksilön kävelykyvyn eri osa-alueita. Tutkitun tiedon valossa kävelyharjoittelun intensiteetti voi olla yksi harjoittelun vaikuttavuuteen olennaisesti vaikuttava tekijä ja korkean intensiteetin harjoittelu näyttäytyy kaikista tehokkaimpana. Lihasten vahvistamiseen tähtäävien interventioiden käyttö aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kuntoutuksessa näyttää olevan turvallista ja niiden avulla voidaan tehokkaasti kehittää lihasvoimaa sekä kävelykykyä osana muuta kuntoutusta. Tasapainoharjoittelun myötä ympäristön haasteisiin mukautuminen kävelyn aikana helpottuu.</p>	
Avainsanat	aivoverenkiertohäiriö, kävelyn kuntoutus, neurologinen fysioterapia, kirjallisuuskatsaus

Authors Title	Micaela Keinonen & Mikko Lappalainen Gait rehabilitation after stroke A literature review
Number of Pages Date	29 pages 28.4.2021
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Physiotherapy
Instructors	Anu Valtonen, Principal Lecturer Sirpa Ahola, Senior Lecturer
<p>Stroke is defined as a permanent or a temporary cerebral blood flow disorder that can cause multidimensional performance deficits. Approximately one out of six Finns suffer from stroke. In Finland, there are roughly 25 000 strokes each year. Stroke places a significant burden on the healthcare system. Stroke often leads to gait deficits, typically due to hemiparesis. Gait training is an essential part of stroke rehabilitation.</p> <p>The purpose of the thesis was to create a descriptive literature review on the aspects of gait rehabilitation after stroke. The goal of the thesis was to gather up research literature reviewing the topic in support of the rehabilitation provided by the commissioner.</p> <p>Walking ability requires an extremely complex process of neuromusculoskeletal control. The disruption of this process leads to challenges of motor function and executive functions often manifesting as impaired walking ability. The literature review was carried out by searching research data on stroke survivors gait rehabilitation from international databases in physiotherapy and medicine and health sciences. In this thesis, the examination of gait training included the areas of training that are essential for the recovery of walking ability, such as walking, muscle strength, and balance training. In addition, the effect of gait training intensity on the results was examined.</p> <p>Based on the literature review, repeated task-specific gait training can effectively improve different aspects of an individual's walking ability. According to research data, the intensity of gait training can be one of the main factors that significantly influences the effectiveness of training. High-intensity training seems to be the most effective. The use of muscle strengthening interventions in post-stroke rehabilitation appears to be safe and can effectively improve muscle strength and walking ability as a part of gait rehabilitation. Balance training results in improved adaptation to the variable challenges of the surroundings during walking.</p>	
Keywords	stroke, gait rehabilitation, neurological physiotherapy, literature review

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja menetelmät	2
3	Aivoverenkiertohäiriö ja sen vaikutukset kävelyyn	3
3.1	Aivoverenkiertohäiriö	3
3.2	Kävelyn toimintahäiriöt aivoverenkiertohäiriön jälkeen	4
3.3	Kävelyn toimintahäiriöt kävelynvaiheissa	5
4	Kävelyn kuntoutus	8
4.1	Kävelyharjoittelu aivoverenkiertohäiriön jälkeen	8
4.2	Lattiatason kävelyharjoittelu	9
4.3	Painokevennetty kävelyharjoittelu	10
4.4	Elektromekaaninen kävelyharjoittelu	12
4.5	Kävelyharjoittelun intensiteetti	14
4.6	Lihaskuntoharjoittelu	17
4.7	Tasapainoharjoittelu	23
5	Pohdinta	26
	Lähteet	30

1 Johdanto

Vuosittain noin 25 000 suomalaista sairastaa aivoverenkiertohäiriön. Sairastuneista joka neljäs on työikäinen, joka tarkoittaa noin 6 500 työikäistä henkilöä vuodessa. Työikäisten määrä vastaa jopa 130 bussilastillista työmatkalaisia. (Aivoliitto n.d.) Aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden määrän ennakoidaan kasvavan entisestään tulevaisuudessa väestön ikääntymisen myötä. Kaikista aivoverenkiertohäiriön sairastuneista hieman alle puolet tarvitsee kuntoutusta akuuttivaiheessa ja sitä seuraavina kuukausina intensiivisen kuntoutuksen ja toimintakykyä ylläpitävän kuntoutuksen vaiheissa. (Kauranen 2017: 344–345.) Yhden aivoverenkiertohäiriön sairastaneen henkilön hoidon elinaikaiset kustannukset ovat noin 55 000 euroa ja aivoverenkiertohäiriöiden aiheuttamat kokonaiskustannukset ovat noin 1,1 miljardia euroa vuodessa (Aivoliitto n.d.). Aivoverenkiertohäiriön hoitoketju onkin huomattava terveydenhuollon haaste ja se kuluttaa runsaasti julkisen terveydenhuollon voimavaroja (Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2017).

Aivoverenkiertohäiriöstä seuraa usein eriasteisia kävelyn toiminnanhäiriöitä lihasheikkoudesta ja heikentyneestä tasapainosta johtuen (Duncan ym. 2011). Kävelykyky mahdollistaa yksilön osallistumista yhteisössä ja itsenäisen arjen sujumisen, jonka vuoksi kävelykyvyn palauttamiseen tähtäävä fysioterapia on yksi hyvin oleellinen ja tärkeä osa AVH-kuntoutusta. (Mauritz 2004.) Tutkimustulosten perusteella AVH-kuntoutujat asettavatkin kävelykyvyn parantumisen yhdeksi heidän tärkeimmistä kuntoutustavoitteistaan (Harris & Eng 2004). Tutkimuskirjallisuus tukee aivoverenkiertohäiriön jälkeisen fysioterapian myönteisiä vaikutuksia yksilön päivittäisissä toimissa suoriutumisessa, motorisen toiminnan palautumisessa sekä erityisesti tasapainon ja kävelynopeuden parantamisessa (Pollock ym. 2014).

Tässä opinnäytetyössä kuvataan kirjallisuuskatsauksen muodossa AVH-kuntoutujan kävelyn kuntoutuksen eri osa-alueita sekä tarkastellaan kävelyharjoittelun intensiteetin vaikutuksia harjoittelun tehokkuuteen tutkimuskirjallisuuteen perustuen. Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsitellään yleisimpiä aivoverenkiertohäiriöitä, niiden vaikutuksia kävelyn sekä fysioterapian roolia kävelyn kuntoutumisessa.

2 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja menetelmät

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota kuvaileva kirjallisuuskatsaus aivoverenkiertohäiriön sairastaneen kävelykuntoutuksesta. Tuotetun kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on tarjota tukea toimeksiantajan toimipisteiden kehittämistyöhön tuomalla tutkimuskirjallisuudesta tutkimusnäyttöä aivoverenkiertohäiriön jälkeisen kävelyn kuntouttamisesta.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Neuropiste. Toimeksiantajan kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta opinnäytetyön aiheeksi valikoitui aivoverenkiertohäiriön sairastaneen kävelyn kuntoutuksen kirjallisuuskatsaus. Kävelyn kuntoutusta tarkastellaan kävelykykyyn olennaisesti vaikuttavien kirjallisuudesta nousseiden osa-alueiden kautta. Tarkastelun kohteena olevat osa-alueet ovat lihasvoima-, kävely- ja tasapainoharjoittelu, jonka lisäksi opinnäytetyössä tarkastellaan kävelyharjoittelun intensiteetin vaikutuksia kävelykyvyn palautumiseen.

Opinnäytetyöhön on haettu tutkimuskirjallisuutta kansainvälisistä fysioterapian sekä lääke- ja terveystieteiden tietokannoista, kuten Pedrosta ja PubMedistä sekä luotettavista kirjallisuus- ja internetlähteistä. Työhön valittu tutkimuskirjallisuus koostuu tutkimuksista sekä systemaattisista katsauksista. Tutkimuskirjallisuutta on haettu käyttämällä esimerkiksi hakusanoja: stroke, stroke rehabilitation, stroke physiotherapy, walking rehabilitation stroke, walking ability after stroke, stroke gait impairments, stroke gait rehabilitation, stroke gait training, stroke balance, stroke balance training, strength training after stroke, progressive resistance training after stroke, strength deficits after stroke, training intensity stroke, aerobic training stroke, physical fitness training stroke.

3 Aivoverenkiertohäiriö ja sen vaikutukset kävelyyn

3.1 Aivoverenkiertohäiriö

Aivoverenkiertohäiriö (AVH) on yhteisnimike, jota käytetään puhuttaessa aivoverisuonten ja aivoverenkierron sairauksista (Aivoinfarkti ja TIA, Käypä hoito -suositus 2020). Aivoverenkiertohäiriö on aivoverenkierron tilapäinen tai pysyvä toimintahäiriö, joka aiheuttaa motorisia, sensorisia, kielellisiä sekä kognitiivisia vaikeuksia. Aivoverenkiertohäiriön syynä voi olla aivoverisuonitukoksen aiheuttama aivoinfarkti, aivojen sisäinen verenvuoto, lukinkalvonalainen verenvuoto tai ohimenevä aivoverenkiertohäiriö. (Kauranen 2017: 344.)

Aivojen sisäisessä verenvuodossa (ICH) aivovaltimo repeää, jolloin verta pääsee vuotamaan aivokudoksen sisään. Vuotaneen veren muodostama verihyytymä painaa ympäröivää aivokudosta, jonka seurauksena aivoalueen verenkierto ja hapensaanti vähenvät paikallisesti aiheuttaen vaurioita aivokudokseen. (Terveyskylä 2018.) **Aivoinfarktissa (IC)** aivovaltimo on tukkeutunut, jonka seurauksena kyseisen valtimon verisuonitason alueen aivokudoksen hermosolut kärsivät verenkierron häiriintymisestä johtuvasta hapenpuutteesta eli iskemiasta. Hapenpuutteen seurauksena hermo- ja tukisolut kuolevat ja aivokudos menee nekroosiin, jonka seurauksena aivokudos vaurioituu pysyvästi. **Subaraknoidaalivuodossa (SAV)** eli lukinkalvonalaisessa verenvuodossa verta pääsee vuotamaan sisimmän keskushermostoa ympäröivän aivokalvon eli pehmeäkalvon ja keskimmäisen aivokalvon eli lukinkalvon väliseen aivo-selkäydinnestettä sisältävään subaraknoidaalitilaan eli lukinkalvo-onteloon. Subaraknoidaalitilaan vuotanut veri imeytyy vähitellen itsestään pois veriviemäreiden kautta, mutta useimmiten vuoto vaurioittaa aivokudosta. **Ohimenevässä aivoverenkiertohäiriössä (TIA)** aivokudoksen verenkierto on heikentynyt tilapäisesti johtuen valtimon hetkellisestä tukkeumasta. Aivoinfarktista poiketen TIA-kohtaus ei ehdi aiheuttaa aivokudokseen pysyviä vaurioita. (Kauranen 2017: 345–346.)

Tässä opinnäytetyössä käsitteellä aivoverenkiertohäiriö (AVH) viitataan aivoinfarktiin, aivojen sisäiseen verenvuotoon tai lukinkalvonalaiseen verenvuotoon ja aiheen tarkastelu keskittyy näiden aiheuttamien toimintakyvyn häiriöiden ympärille. Olemme rajanneet ohimenevän aivoverenkiertohäiriön aiheen tarkastelun ulkopuolelle, koska TIA ei aiheuta aivokudokseen pysyviä vaurioita ja sen kliininen oireisto on luonteeltaan tilapäinen.

Tekstissä ei kuitenkaan määritellä erikseen mistä aivoverenkiertohäiriön muodosta on kyse, vaan aihetta käsitellään yleisellä tasolla.

3.2 Kävelyn toimintahäiriöt aivoverenkiertohäiriön jälkeen

Kävely mahdollistaa itsenäisen liikkumisen päivittäisissä toimissa ja on ihmisen toimintakyvylle, osallistumiselle ja itsenäisyydelle suuressa roolissa. Aivoverenkiertohäiriöstä seuranneet kävelykyvyn rajoitteet voivat aiheuttaa yksilölle merkittäviä toimintakyvyn puutteita kotona ja yhteisössä. (Carr & Shepherd 2011: 95.) Kävelynopeudella on tutkittu olevan vahva yhteys yksilön yhteisöön paluun kanssa. Siitäkin huolimatta yksilön itsenäinen yhteisössä toimiminen on kompleksinen ilmiö, johon pelkkä kävelynopeuden harjoittaminen ei yksinään vaikuta. Mahdollistuaakseen, paluu normaaliin yhteisössä toimimiseen vaatii myös tasapaino-, motoriikka- ja kestävyysharjoittelua sekä apuvälinetarpeen huomiointia. (Port & Kwakkel & Lindeman 2008.)

Kävely on ihmiselle yleisin tapa liikkua ja se onkin usein itsestäänselvyys terveille yksilöille. Onnistuaakseen kävely vaatii monimutkaisia hermolihajärjestelmiä. Laaja-alaiset neuraalirakenteet, kuten selkäydin, aivorunko, pikkuaivot, tyvitumakkeet, limbinen järjestelmä sekä aivokuori osallistuvat kävelyn prosessiin ja kontrolliin. (Li & Fransisco & Zhou 2018.) Kävelyllä on kolme perusedellytystä, jotka vaikuttavat kävelyn toteutumiseen. Ensimmäinen edellytys on tuottaa etenevä liike haluttuun suuntaan, jolloin lihasten oikea aktivoitumisjärjestys ja niiden koordinoitu käyttö mahdollistaa kävelyn kiihdytys- ja jarrutusvaiheen. Toiseksi kehon täytyy pystyä säilyttämään tasapaino pystyasennossa ja painonsiirroissa. Kolmanneksi ihminen tarvitsee sopeuttamiskykyä mukauttaakseen kävelyään omien kykyjen, tavoitteiden ja ympäristön vaatimusten mukaiseksi. (Sandström & Ahonen 2011: 289.)

Aivoverenkiertohäiriön yhtenä seurauksena esiintyy usein kävelyn erilaisia toimintahäiriöitä. Kävelyn toimintahäiriön laajuuden määrittää lihasheikkouden ja spastisuuden suuruus sekä kompensatoristen mekanismien esiintyvyys. Lihashheikkouden ja spastisuuden myötä ongelmia ilmenee keskivartalossa, lantionseudulla ja alaraajoissa, jonka seurauksena kävely häiriintyy. (Li & Fransisco & Zhou 2018.) Kävelyn toimintahäiriöiden ilmeneminen vaihtelee yksilöllisesti ja tutkimusnäytön mukaan ilmeneminen liittyy erityisesti alaraajojen motoristen haasteiden suuruuteen (Perry & Garrett & Gronley & Mulroy 1995). Helpottaakseen erilaisten aivoverenkiertohäiriöstä seuranneiden kävelyn toimintahäiriöi-

den kuvaamista ja kuntoutuksen suunnittelua, Mulroy ym. ovat luokitelleet aivoverenkier-
tohäiriön sairastaneet neljään eri kävelykategoriaan riippuen kävelyn toimintahäiriön piir-
teistä. Luokat ovat: Nopea kävelijä, keskinopea kävelijä, ojentunut hidas kävelijä sekä
koukistunut hidas kävelijä. (Mulroy & Gronley & Weiss & Newsam & Perry 2002.)

3.3 Kävelyn toimintahäiriöt kävelynvaiheissa

Kävelysykli voidaan jaottaa karkeasti tuki- ja heilahdusvaiheeseen, josta tukivaiheen
osuus on noin 60 % ja heilahdusvaiheen noin 40 % (Kauranen 2017: 332). Tuki- ja hei-
lahdusvaiheen välissä on hetkellinen kaksoistukivaihe, jonka aikana molemmat jalat ovat
kontaktissa tukipintaan (Carr & Shepherd 2011: 96). Mulroy ym. luokituksessa esite-
tään neljän eri AVH-kävelykategorian erityispiirteitä tuki- ja heilahdusvaiheen aikana.

Mulroy ym. luokittelussa kävelyn toimintahäiriöitä voidaan tarkastella entistä yksilölli-
semmin eri kategorioiden kautta. Tutkimuksessa tarkastelun kohteina olivat kävelynopeus,
polven ojennus keskitukivaiheessa ja nilkan dorsifleksio keskiheilahdusvaiheessa.
Nopean kävelijän ryhmässä kävelynopeus oli suurin, polven ojennus tukivaiheessa hie-
man alentunut ja heilahdusvaiheen aikainen nilkan dorsifleksio riittävä. *Keskinopean kä-
velijän* ryhmässä kävelynopeus oli keskivertoinen ja liikemalli lähes vastaavanlainen no-
pean kävelijän ryhmän kanssa, mutta erona oli suurempi polven koukistuminen tukivai-
heessa. *Koukistuneen hitaan ja ojentuneen hitaan kävelijän* ryhmissä kävelynopeus oli
molemmissa ryhmissä erittäin hidas ja nilkan dorsifleksio riittämätön heilahdusvai-
heessa. Ryhmien välisinä eroina koukistuneessa ryhmässä polvessa esiintyi liiallista
koukistumista ja ojentuneessa ryhmässä polvessa esiintyi puolestaan yliojennusta kes-
kitukivaiheen aikana. (Mulroy ym. 2002.)

Taulukko 1. Aivoverenkiertohäiriön sairastaneen kävelykategorialuokittelu (Mulroy ym. 2002)

	Kävelynopeus	Keskitukivaihe	Heilahdusvaihe
Nopea kävelijä	Suuri	Polven ojennus hie- man alentunut	Nilkan dorsifleksio riittävä
Keskinopea kävelijä	Keskivertoinen	Suurempi polven kou- kistus kuin nopealla kävelijällä	Nilkan dorsifleksio riittävä
Koukistunut hidaskä- velijä	Erittäin hidaskä-	Polven liiallinen kou- kistus	Nilkan dorsifleksio riittämätön
Ojentunut hidaskä- velijä	Erittäin hidaskä-	Polven yliojennus	Nilkan dorsifleksio riittämätön

Keskitukivaiheessa *keskinopean kävelijän* kategoriassa ilmenee heikkoutta säären etuosan lihaksissa sekä lonkan ja polven ojentajissa. Lihasheikkouksien lisäksi iso pakaralihas, nelipäinen reisilihas ja nilkan plantaarifleksorit alkavat reagoimaan nopeaan venytykseen spastisesti, jonka seurauksena ilmenee liiallista polven ja lonkan koukistumista. *Nopealla kävelijällä* taas ilmenee kannankohotuksen riittämättömyyden kompen-saationa polven yliojentumista, jotta kehon eteenpäin suuntautuva liike mahdollistuisi. *Koukistuneen hitaan kävelijän* kategoriassa heikentynyt iso pakaralihas ei pysty vetämään reisiluuta taaksepäin stabilisoidakseen polvea, jonka lisäksi ilmenee liiallista lonkan ja polven fleksiota, nilkan dorsifleksiota ja vartalon eteenpäin kumarrusta. *Ojentuneen hitaan kävelijän* kategoriassa tukivaiheen aikana nelipäisen reisilihaksen voimat eivät ole riittävät, jolloin polven tuki on riittämätön kuormituksen aikana. Tällöin iso pakaralihas vetää reisiluuta taaksepäin polven yliojennukseen tukeakseen kehoa. Mahdollinen nilkan plantaarifleksoreiden spastisuus tukee nilkkaa. (Mulroy ym. 2002.)

Päätöstitukivaiheessa *keskinopean kävelijän* kategoriassa nilkan plantaarifleksio, polven ojennus ja kannankohotus ovat riittämättömiä ja nilkkakeinu jää vajaaksi. Tällöin kuntoutujan tukijalan polvessa tapahtuu helposti yliojennusta, johtuen taaemman jalan riittämättömästä kannankohotuksesta pareettisen puolen heikentyneiden plantaarifleksoreiden seurauksena. (Mulroy ym. 2002.)

Heilahdusvaiheessa tyypillisessä hemipareettisessa kävelyssä lonkan korostunut ojentuminen, lähentyminen ja sisäänpäin kiertyminen yhdessä polven korostuneen ojentumisen ja nilkan plantaarifleksion sekä inversion kanssa estää lonkan ja polven luonnollisen

koukistumisen heilahdusvaiheen aikana. Kompensaationa kuntoutuja heilauttaa alaraajan ulkokautta eteen ”hip hiking” metodilla lonkkaa kohottamalla. (Li & Fransisco & Zhou 2018.) Kategorioittain *keskinopea kävelijä* pystyy ylläpitämään heilahdusvaiheessa neutraalia jalan asentoa raidelevyden väljyyden aikaansaamiseksi. Ison pakaralihaksen ja nilkan plantaarifleksoreiden spastisuuden seurauksena *ojentunut hidas kävelijä* joutuu tarkoituksellisesti kohottamaan heilahtavan puolen lonkkaa ja heilauttamaan alaraajan ulkokautta eteen. *Koukistuneella hitaalla kävelijällä* lonkan ja polven liiallinen koukistus, nilkan dorsifleksio ja vartalon koukistunut asento vaikeuttaa heilahdusvaihetta merkittävästi, niin että kävely vaatii avustusta. (Mulroy ym. 2002.)

4 Kävelyn kuntoutus

Itsenäisen kävelykyvyn mahdollisimman hyvä palautuminen on yksi päätavoitteista aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa. Kävelyn kuntoutus voidaan jakaa karkeasti kolmeen vaiheeseen: alkuvaiheen mobilisaatioon vuoteesta istuma-asentoon, itsenäisen kävelykyvyn palautumiseen ja lopulta kävelyn laadun hiomiseen arkielämän edellytyksiä vastaavaksi. (Hesse 2008: 55–56.) Itsenäisen kävelyharjoittelun tärkeitä pääkohtia ovat alaraajojen tukivaiheen ja varvastyönön harjoittelu, tasapainon ylläpitäminen tukipisteen muuttuessa sekä jalan ja polven kontrolli heilahdusvaiheessa. Aivoverenkiertohäiriöstä seuraa usein kävelyä rajoittavia tekijöitä, kuten lihasheikkoutta, alaraajojen kontrollin puutetta, tasapainon heikkoutta sekä lihasten spastisuutta, kontraktuuria ja tonusmuutoksia. Kävelyn kuntoutukseen sisältyy muun muassa kävelyn, lihasvoiman ja kontrollin harjoittelua, lihasten aktiivisia venytyksiä sekä loppuvaiheessa taitojen maksimointia nopeuden ja kestävyuden kautta. (Carr & Shepherd 2011: 104.)

Varhaiset tutkimukset tukevat fysioterapian vaikutuksia kävelykyvyn palautumisessa aivoverenkiertohäiriön sairastaneiden kohdalla. Jorgensen ym. tutkivat kävelykyvyn palautumista AVH-kuntoutujilla ensikertaa laajalla osallistujamäärällä verrattuna aiempiin tutkimuksiin aiheesta. Tutkimukseen osallistui yhteensä 804 akuutin vaiheen AVH-kuntoutujaa. Kuntoutus perustui Bobath-tekniikkaan ja sitä tarjosivat päivittäin moniammatillisen tiimin jäsenet fysioterapeutti, toimintaterapeutti ja hoitohenkilökunta. Sairaalahoidon keskimääräinen pituus oli 35 päivää. Alkutilanteessa puolella osallistujista ei ollut itsenäistä kävelykykyä, 37 % käveli itsenäisesti ja 12 % apuvälineen tai varmistuksen turvin. Kuntoutusjakson päätteeksi 18 % ei kyennyt kävelemään itsenäisesti, 50 % henkilöistä pystyi kävelemään itsenäisesti ja 11 % apuvälineen tai varmistuksen turvin. 80 % ei-kävelevistä kuntoutujista saavutti heille parhaan kävelytoiminnan kuuden viikon sisällä sairastumisesta ja 95 % 11 viikon sisällä. Tutkijat ehdottavat halvausoireiston luonteen vaikuttavan toipumiseen, lievemmän pareesin kuntoutuessa nopeammin ja vaativamman pareesin kuntoutuessa kauemmin. (Jorgensen & Nakayama & Raaschou & Olsen 1995.)

4.1 Kävelyharjoittelu aivoverenkiertohäiriön jälkeen

Toistuva intensiivinen tehtäväspesifinen harjoittelu nähdään tehokkaimpana keinona kehittää yksilön motorista palautumista aivoverenkiertohäiriön jälkeen (Langhorne & Coupar & Pollock 2009). Kävelyn kuntoutuksessa parhaan lopputuloksen aikaansaamiseksi

inhiboivien ja kävelyä valmistelevien toimien sijaan harjoittelun tulisi sisältää monipuolisia ja toistuvia kävelyn syklejä. Motorista oppimista tukeva tehtäväspesifinen toistuva harjoittelu tarkoittaa kävelyn kuntoutuksessa kiteytetysti: ”The best way to improve walking is to walk.” (Hesse 2008.) Juoksumattoharjoittelu ja elektromekaaninen kävelyharjoittelu perustuvat liikkeen toistamiseen ja niiden on osoitettu olevan yhteydessä motorisen toiminnan palautumiseen. Tehtäväspesifisen kävelyharjoittelun on tutkittu AVH-kuntoutujilla kehittävän muun muassa kävelyetäisyyttä, toiminnallista liikkumista, alaraajojen toimintaa, seisomatasapainoa sekä päivittäisissä toimissa pärjäämistä. (French ym. 2016.)

4.2 Lattiatason kävelyharjoittelu

Fysioterapeutin ohjaama lattiatasossa toteutettu kävelyharjoittelu perustuu terapeutin tekemiin havaintoihin ja kuntoutujan kävelyn manuaaliseen ohjaukseen yhdistettynä erilaisiin kävelyä tehostaviin harjoitteisiin, kuten pystyasennossa tehtäviin askellus-, porraskellus-, painonvaraus-, painonsiirto sekä tasapainoharjoitteisiin. Sen sijaan harjoittelu ei sisällä lainkaan teknologian, kuten sähköstimulaation tai kehonpainokevennyksen hyödyntämistä. States ym. tutkivat ensimmäisinä systemaattisessa katsauksessaan lattiatason kävelyharjoittelun vaikuttavuutta kävelykykyyn kroonisen vaiheen AVH-kuntoutujilla, joiden sairastumisesta oli aikaa vähintään 6 kuukautta. Katsaukseen sisällytettiin 10 satunnaistettua vertailukoetta, joissa oli yhteensä 499 osallistujaa. (States & Pappas & Salem 2009.)

Katsauksen tulosten mukaan lattiatason kävelyharjoittelulla ei todettu kävelykykyä kohtavaa vaikutusta AVH-kuntoutujilla. Harjoittelu saattoi hyödyttää tietyissä yksilöllisissä suorituksissa, kuten Timed Up and Go ja 6 minuutin kävelytestissä, mutta vain heti kävelyharjoittelun jälkeen. Tuloksista huolimatta kävelyharjoittelun hyödyiksi voidaan nähdä sen kyky auttaa kuntoutujaa sisäistämään turvallinen kävelytapa sekä rohkaista kävelyyn liittyvien harjoitteiden tekemiseen, jotka osaltaan lisäävät voimaa sekä edistävät sydän- ja verenkiertoelimistön terveyttä. Lattiatason kävelyharjoittelusta ei näin ollen tulisi odottaa merkittäviä muutoksia kävelykykyyn, mutta sen sijaan harjoittelulla voidaan saavuttaa maksimaalisia hyötyjä yhdistelemällä sitä muihin terapiamuotoihin. (States & Pappas & Salem 2009.)

4.3 Painokevennetty kävelyharjoittelu

Painokevennetty kävelyharjoittelu mahdollistaa toistuvan kävelysyklin harjoittelun terapeutin/terapeuttien avustamana. Painokevennetty juoksumattoharjoittelu on näyttäytynyt lupaavana keinona kävelyn palauttamisessa hemipareettisen kuntoutujan kohdalla sen mahdollistaessa komplekseja kävelynvaiheita keskivartalotuen sekä tasapainon turvaamisen kautta. Tehtäväspesifisenä harjoitteena juoksumattoharjoittelu mahdollistaa kokonaisvaltaisen kävelyharjoittelun runsailla toistomäärillä verrattuna yksittäisiin kävelyn valmisteluun liittyviin harjoitteisiin. (Hesse & Bertelt & Schaffrin & Malezic & Mauritz 1994.)

Hesse ym. tutkivat puutteellisen kävelykyvyn omaavien hemipareettisten kuntoutujien kävelykyvyn palautumista kehonpainokevennetyn juoksumattoharjoittelun kautta. Tutkimukseen osallistui 9 aivoverenkiertohäiriön sairastanutta hemipareettista henkilöä (ikä 31–79 v). Keskiarvoaika sairastumisesta tutkimukseen osallistumiseen oli 129 päivää. Painokevennyksen keskiarvo oli noin 31.2 % kehonpainosta harjoittelun aluksi. Kevennystä vähennettiin asteittain aina kun mahdollista, kuitenkin niin, että kuntoutuja pystyi edelleen ojentamaan lonkan ja varaamaan painoa hemipuolelle. Keskimääräisesti kuuden päivän jälkeen seitsemän yhdeksästä kuntoutujasta käveli ilman kehonpainokevennystä. Lähtötilanteessa kaksi terapeuttia avusti manuaalisesti kävelysykliä harjoittelun aikana. Pareettisella puolella istuva terapeutti ohjasi heilahdusvaihetta, kantapään alkukontaktia, askelparin symmetrisyyttä ja esti polvea yliojentumasta. Toinen terapeutti seisoi kuntoutujan takana juoksumatolla fasilitoiden kuntoutujan painonsiirtoa, lonkan ekstensiota, lantion rotaatiota ja keskivartalon ekstensiota. Kävelyharjoittelua toteutettiin päivittäin 5 kertaa viikossa. Yhteensä kävelyharjoittelukertoja kertyi 25 lisäyksenä kuntoutujien tavanomaiseen fysioterapiaan. Harjoittelun kesto aloitettiin 15 minuutista, joka nousi 5 päivän sisällä 30 minuuttiin. (Hesse ym. 1994.)

Juoksumattoharjoittelun aluksi kaikki kuntoutujat tarvitsivat kävelyyntuon joko kahdelta tai yhdeltä terapeutilta tai ajoittaista tukea yhdeltä terapeutilta. Neljällä oli apuvälineenä käytössä kävelykeppi ja kahdella nilkkaortoosi. Harjoitteluajanjakson jälkeen yksi kuntoutuja käveli itsenäisesti, kaksi käveli itsenäisesti tarviten apua vain portaissa, neljä tarvitsi verbaalista ohjausta ja yksi tarvitsi ajoittaista yhden henkilön tukea. Kaikki käyttivät apuvälineenä kävelykeppiä ja kolme nilkkaortoosia. Tuloksista pystyttiin huomaamaan kävelynopeuden kolminkertaistuneen ja tahdin sekä askelpituuden kaksinkertaistuneen. Tekijät tuovat esiin, että sairastumisesta kuluneella ajalla ei nähty vaikutusta lopputulokseen, vaikka mahdollisuus kävelykyvyn palautumiselle on osoitettu olevan korkeimmillaan

kuukausi sairastumisesta. Lisäksi iäkkäiden osallistujien nähtiin hyötyvän harjoittelusta yhtä lailla, jolloin myöskään iällä ei nähty olevan vaikutusta kävelykyvyn palautumiseen. (Hesse ym. 1994.)

Hessen ym. varhaisessa tutkimustyössä painokevennetyn kävelyharjoittelun vaikutuksista kävelykykyyn epäselväksi jää onko kävelykyvyn palautuminen seurausta kävelyn runsaasta harjoittelusta vai painokevennyksen sisällyttämisestä kävelyharjoitteluun. (Hidler ym. 2009). Visintin ym. selvittivät asiaa vertaamalla painokevennetyn ja keventämättömän juoksumattoharjoittelun välisiä vaikutuksia kävelykykyyn. Tutkimukseen osallistui 100 AVH-kuntoutujaa, joista puolet harjoitteli kävelyä painokevennetysti ja puolet ilman painokevennystä. Tuloksien mukaan painokevennyksellä harjoitelleiden kuntoutujien kävelykyvyssä oli huomattavasti parannusta verrattuna ilman painokevennystä harjoitelleisiin kuntoutujiin. (Visintin & Barbeau & Korner-Bitensky & Mayo 1998.)

Kehonpainokevennetystä kävelyharjoittelusta on runsaasti näyttöä kävelykyvyn kuntouttamisessa AVH-kuntoutujilla. Jotta terapeutteja on voitu auttaa määrittämään painokevennyksen sopivaa määrää ja ymmärtämään painokevennyksen mekaanisia vaikutuksia kävelyn, on tarvittu myös tästä aiheesta tietoa. Hessen ym. tutkimuksessa selvitettiin eriasteisten kevennysten vaikutuksia kävelynsykliin osana juoksumattoharjoittelua. Tulosten mukaan painokevennyksellä kuntoutujien pystyasento säilyi kävelyn aikana ojentuneempana keskitekivaiheessa lisääntyneen lonkan ja polven ojennuksen seurauksena. Heilahdusvaiheen aikana esiintyi vähemmän lonkan ja polven koukistumista. Lisäksi osalla kuntoutujista alkukontakti vaihtui päkiältä tai jalkapohjalta kantakontaktiin, mutta 60 % ja 45 % kehonpainokevennyksellä alkukontakti siirtyi päkiälle ja varpaille, jolloin kävely muuttui varvaskävelyksi. Kehonpainokevennyksellä kaksoistekivaiheen kesto lyheni, jonka vaikutuksesta tukivaiheen kesto lyheni ja molempien alaraajojen heilahdusvaiheen kesto piteni. Seurauksena heilahdusvaiheen pitenemisestä pareettisen alaraajan keskitekivaihe piteni, jonka aikana pareettisen puolen painonvaraus lisääntyi haastaen samalla tasapainoa. Kehonpainokevennyksen nähtiin tuovan dynaamisia vaikutuksia kävelynsykliin tarjoten stimulaatiota tasapainolle. Tehokkaan kävelyharjoittelun aikaansaamiseksi tekijät suosittelevat tulostensa perusteella maksimikehonpainokevennyksen määräksi 30 % hemipareettisen kuntoutujan kohdalla. (Hesse & Helm & Krajnik & Gregoric & Mauritz 1997.)

4.4 Elektromekaaninen kävelyharjoittelu

Juoksumattoharjoittelun yhtenä haittapuolena on todettu olevan terapeutille/terapeuteille koituva fyysinen kuormitus pareettisen raajan vaatimasta manuaalisesta ohjaamisesta-harjoittelun aikana. Terapeutin väsyessä kävelysykliin voi syntyä epäsymmetriaa, jolloin kävelyharjoittelun laatu heikkenee. (Hesse & Uhlenbrock 2000.) Elektromekaaniset kävelylaitteet mahdollistavat automatisoidun ja avustetun kävelyharjoittelun vähentäen samalla terapeuttiin kohdistuvan kuorman määrää. Laitteet edesauttavat motorista oppimista fasilitoimalla aktiivisesti ja intensiivisesti kävelytoimintaa. Tutkimustulosten mukaan kävelyrobotti-intervention hyödyntäminen tavanomaisen terapian lisäksi kehittää kävelytoimintaa ja yksilön osallistumista päivittäisiin toimiin. (Taveggia & Borboni & Mulé & Villafañe & Negrini 2015.) Robottiavusteisen kävelyharjoittelun on osoitettu edesauttavan motorisen toiminnan palautumista aivoverenkiertohäiriön jälkeen ja parantavan pareettisen raajan motorista suoriutumista verrattuna tavanomaiseen fysioterapiaan (Chang & Kim & Huh & Lee & Kim 2012).

Kävelyrobotit jaetaan tyypillisesti ulkoisiin tukirankarobotteihin (eng. exoskeleton) ja loppuefektorirobotteihin (eng. end effector). Tyypillinen tukirankarobotti (esim. Lokomat-kävelyrobotti) liikuttaa lonkkaa, polvea ja nilkkaa ja tuo kontrollin kävelysykliin. Tyypillinen loppuefektorirobotti (esim. G-EO, Walk-Around, Gait Trainer) liikuttaa ainoastaan jalkaterää simuloiden tuki- ja heilahdusvaihetta. (Iosa ym. 2012; Cho ym. 2018.)

Werner ym. vertasivat tutkimuksessaan painokevennettyä juoksumattoharjoittelua elektromekaaniseen kävelyharjoitteluun. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko end-effector-tyyppinen kävelyrobotti Gait Trainer yhtä tehokas tai tehokkaampi subakuutin aivoverenkiertohäiriön kävelykuntoutuksessa, kuin painokevennetty juoksumattoharjoittelu sekä määrittää vaatiiko laite vähemmän terapeutin fyysistä panosta verrattuna juoksumattoharjoitteluun. Osallistujat jaettiin kahteen 15 hengen ryhmään. Molemmat, ryhmä A ja ryhmä B saivat kävelykuntoutusta Gait Trainerilla sekä kehonpainokevennetysti kävelymatolla. Eroina, ryhmä A sai kävelyrobottikuntoutusta kaksi kertaa enemmän, kuin ryhmä B, joka harjoitteli enemmän kävelymatolla. Kävelyharjoittelujakso kesti 6 viikkoa, sisältäen päivittäisiä 15–20 min kävelyharjoituksia. Harjoitteluajanjakson päätteeksi molempien ryhmien osallistujien kävelykyky, kävelynopeus ja muut motoriset toiminnot olivat kehittyneet merkittävästi. Kuitenkin ryhmävertailussa A ryhmän osallistujien nähtiin parantaneen kävelykyvyssä huomattavasti enemmän verrattuna B ryhmään. Huomatta-

vana etuna robottivusteisen terapian toteutus ei vaatinut terapeutilta yhtä suurta manuaalista panostusta ohjaukseen, kuin juoksumattoharjoittelun toteutus. Enemmistö osallistujista suosi robottivusteista harjoittelua, sen mahdollistaessa itsenäisemmän kävelyharjoittelun. (Werner & Frankenberg & Treig & Konrad & Hesse 2002.)

Tavecchia ym. vertasivat robottivusteisen kävelyharjoittelun vaikutuksia Bobath- lähtöisen kävelykuntoutuksen vaikutuksiin. Kaksoissokkotutkimuksessa 13 henkilön koeryhmä sai 60 minuuttia Bobath- lähtöistä fysioterapiaa ja lisäksi 30 minuuttia robottivusteista kävelyharjoittelua Lokomat-kävelyrobotin avulla. Kontrolliryhmän 15 osallistujaa saivat 60 minuuttia Bobath-lähtöistä terapiaa, mutta Lokomat-harjoittelun sijaan he harjoittelivat erilaisia kävelyn vahvistamiseen tähtääviä lihasvoimaharjoitteita, kuten polven ojentajien sekä lonkan kiertäjien ja loitontajien vahvistusta sekä erilaisia kävelyä valmistelevia harjoitteita esimerkiksi pystyasennossa toteutettuna. Tuloksia tarkastelemalla huomattiin koeryhmän kehittyneen huomattavasti kävelynopeudessa, kun taas kontrolliryhmän nähtiin kehittyneen huomattavasti kävelyn kestävyudessa. Yhteenvedona molempien ryhmien terapiainterventiot olivat tehokkaita kävelysuorituksen parantamisessa, vaikkakin ainoastaan koeryhmässä esiintyi kävelyn toiminnallista kehitystä sekä motoristen taitojen karttumista. (Tavecchia ym. 2015.)

Edellä mainittu tutkimusnäyttö tuo esille elektromekaanisen kävelyharjoittelun hyötyjä kävelykuntoutuksessa sekä vertailee sitä muihin kävelyharjoitusinterventioihin. Jäljelle on jäänyt erityyppisten elektromekaanisten kävelylaitteiden keskeisten erojen ja vaikutusten vertaaminen kävelykuntoutuksessa. Mehrholz ja Pohlin end-effector- ja exoskeletonlaitteiden vaikutusten välisessä vertailussa ehdotetaan, että elektromekaanisen laitteen valinnalla saattaa olla vaikutusta kävelykuntoutuksen lopputulokseen. End-effector- ryhmässä oli alkuun vähemmän kävelykykyisiä osallistujia, kuin exoskeleton- ryhmässä, mutta lähtötilanteesta huolimatta ryhmässä esiintyi suurempaa itsenäisen kävelykyvyn kehittymistä, kuin exoskeleton- ryhmässä. Tämä voidaan nähdä myös näyttönä siitä, että erilaiset toimintakyvynhäiriöt voivat vastata eri tavoin käytettyyn laitteeseen. Tulosten valossa end-effector- tyyppisen laitteen nähdään mahdollisesti olevan hyödyllisempi aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kävelyn kuntouttamisessa, mutta ei ole täysin selvää mistä tämä johtuu. Laitteen hyötyinä voidaan nähdä kuntoutujan mahdollisuus ojentaa itse vapaasti polvea sekä tasapainolle tarjoutuva haaste harjoittelun aikana. Exoskeleton-laitteiden hyöty syntyy muun muassa kävelysyklin helposta automaattisesta kontrolloinnista. Laitteen valinnassa tulisi pohtia molempien laitteiden tuomia hyötyjä ja haittoja suhteessa kuntoutujan lähtötilanteeseen. (Mehrholz & Pohl 2012.)

4.5 Kävelyharjoittelun intensiteetti

AVH-kuntoutujien fyysinen suorituskyky on usein heikko: Smithin, Saundersin ja Meadin (2012) toteuttaman tutkimuksen perusteella AVH-kuntoutujien kardiorespiratorinen kunto on karkeasti arvioituna vain 50 % saman ikäisten ja samaa sukupuolta olevien terveiden verrokkien kunnosta (ks. Munari ym. 2018: 408). AVH-kuntoutujien heikko fyysinen suorituskyky on todennäköisesti seurausta vähentyneestä hermoimpulssien välityksestä hermostossa sekä siihen liittyvistä lihasten käyttämättömyydestä johtuvista lihasten rakenteellisista muutoksista (Billinger & Coughenour & Mackay-Lyons & Ivey 2012). Aivoverenkiertohäiriöiden aiheuttamien eriasteisten kävelyn toimintahäiriöiden, kuten askelluksen asymmetrian myötä kävelyyn vaaditun lihastyön määrä kasvaa, jolloin myös energiankulutus lisääntyy. AVH-kuntoutujien kävelyn aikainen hapenkulutus eli hapen määrä käveltyä matkaa kohden onkin noin kaksi kertaa korkeampi terveisiin yksilöihin verrattuna. (Danielsson & Willén & Sunnerhagen 2007.) Monet aihetta tarkastelleet tutkimukset ovat keskittyneet vain iäkkäisiin ihmisiin, mutta tutkimustiedon valossa myös nuorempien AVH-kuntoutujien kävelyn aikainen hapenkulutus on merkittävästi korkeampi terveisiin yksilöihin verrattuna. Täten aivoverenkiertohäiriöiden kuntoutuksessa tulisi huomioida myös nuorien kuntoutujien toimintakyvyn arvioinnin ja harjoittelun aerobisen komponentti. (Platts & Rafferty & Paul 2006.)

Marsdenin ym. toteuttaman systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella aerobisen komponentin sisältävät aivoverenkiertohäiriön jälkeiset kuntoutusinterventiot voivat edistää kuntoutujien kardiorespiratorista kuntoa. Katsauksen tulosten mukaan kaikki AVH-kuntoutujat voivat mahdollisesti hyödyä kardiorespiratorisesta harjoittelusta riippumatta kuntoutuksen vaiheesta. (Marsden & Dunn & Callister & Levi & Spratt 2013.) Kardiorespiratorisen harjoittelun hyödyt tulevat esille myös Saundersin ym. toteuttamassa kirjallisuuskatsauksessa. Katsauksen tulosten perusteella kävelyelementin sisältävän kardiorespiratorisen harjoittelun avulla voidaan parantaa kuntoutujien kävelysuoritusta kävelynopeuden ja kestävyuden suhteen sekä mahdollisesti parantaa kuntoutujien kardiorespiratorista kuntoa. Tulokset näyttäisivät viittaavan myös siihen, että kuntoharjoitteluohjelmiin osallistuminen on turvallista ja harjoittelu voi olla tehokkainta, kun se toteutetaan tehtäväkeskeisesti. (Saunders ym. 2016.)

Poiketen em. tuloksista Naven ym. toteuttamassa tutkimuksessa havaittiin, että aivoverenkiertohäiriön subakuutissa vaiheessa toteutettu aerobinen painokevennetty juoksu-

mattoharjoittelu yhdistettynä tavanomaiseen kuntoutusterapiaan ei tuottanut merkittävästi parempia tuloksia kuin rentoutusintervention ja tavanomaisen kuntoutusterapian yhdistelmä maksimaalisen kävelynopeuden (10 metrin kävelytestillä mitattuna) ja Barthel index scoren tulosten suhteen. Lisäksi vakavia haitallisia tapahtumia, kuten sairaalahoidon tarvetta ja uusiutuvia aivoverenkiertohäiriöitä havaittiin enemmän aerobisessa ryhmässä. Vakavia haitallisia tapahtumia ei kuitenkaan ilmennyt interventiosessioiden aikana. Interventiojakson aikaisia itseraportoituja kaatumisia ilmeni enemmän aerobisen harjoittelun ryhmässä, kun taas itseraportoituja huimausta ilmeni enemmän rentoutusryhmässä. Tutkimukseen osallistui yhteensä 200 aikuista subakuutin vaiheen kuntoutujaa ja harjoittelu sisälsi molemmissa ryhmissä 20 kappaletta 25 minuutin harjoittelusesiota. Naven ym. toteuttaman suhteellisen suuren tutkimuksen tulokset eivät siis tue aerobisen painokevennetyn juoksumattoharjoittelun käyttöä aivoverenkiertohäiriön jälkeisen kuntoutuksen subakuutissa vaiheessa maksimaalisen kävelynopeuden ja päivittäisten toimintojen kehittämisen osalta. (Nave ym. 2019.)

Aivoverenkiertohäiriön kuntoutussuositusten mukaan kohtuullisen intensiteetin kardiorespiratorista kuntoharjoittelua tulisi käyttää AVH-kuntoutujien sydän- ja verisuonielimistön terveyden, aerobisen kapasiteetin ja liikuntakyvyn parantamiseksi, motoristen toimintahäiriöiden vähentämiseksi sekä itsenäisyyden lisäämiseksi (Billinger ym. 2014). Tutkimustiedon perusteella kävelyharjoittelun intensiteetti voi olla tärkeässä asemassa määrittämässä harjoittelun avulla saavutetun kävelykyvyn tasoa (Holleran & Rodriguez & Echaz & Leech & Hornby 2015). Aiheeseen liittyvä tutkimustieto viittaa myös siihen, että suurella määrällä lattiatasossa tai juoksumatolla toteutettua korkean intensiteetin tehtäväkeskeistä kävelyharjoittelua voidaan parantaa AVH-kuntoutujien kävelykykyä (Hornby ym. 2011).

Munarin ym. toteuttamassa tutkimuksessa verrattiin korkean intensiteetin ja matalan intensiteetin juoksumattoharjoittelun vaikutuksia kävelykykyyn, elämänlaatuun, kardiorespiratoriseen kuntoon sekä kävelyn aikaiseen hapenkulutukseen kroonisilla AVH-kuntoutujilla. Tutkimuksen alussa osallistujat (N =15) jaettiin kahteen ryhmään (korkean ja matalan intensiteetin harjoittelu) jonka jälkeen osallistujat suorittivat 3 kuukauden harjoitteluhjelman sisältäen viikoittain 3 noin tunnin mittaista harjoittelusesiota. Korkean intensiteetin harjoittelu sisälsi intervalliharjoittelua, jossa intervallit toteutuivat 85 % ja 95 % tasolla huippuhapenkulutuksesta (VO₂peak). Matalan intensiteetin harjoittelu sisälsi 40 minuuttia yhtäjaksoista kävelyä, joka suoritettiin 60 % tasolla huippuhapenkulutuksesta. Mittaukset toteutettiin ennen harjoittelun aloittamista ja sen jälkeen. Tulosten mittareina

toimivat 6 minuutin ja 10 metrin kävelytestit, Timed Up-and-Go-testi, Health Survey Questionnaire SF-36, Stroke Impact Scale, kävelyn analyysi (parametrit: askeleen pituus, askelparin pituus, kävelynopeus (askel/min) ja askelsymmetria (pareettisen puolen askelpituus/ei-pareettisen puolen askelpituus), VO₂peak (mL/kg/min) ja kävelyn aikainen hapenkulutus (mL/kg·km). (Munari ym. 2018.)

Tuloksia tarkastelemalla huomattiin, että korkean intensiteetin harjoittelijoiden kävelykyky kehittyi merkittävästi erityisesti kestävyuden (6 minuutin kävelytesti), kävelynopeuden (10 metrin kävelytesti) sekä kävelyn analyysin sisältämien parametrien suhteen. Huomattava muutos havaittiin myös kävelyn aikaisen hapenkulutuksen arvoissa 100 % omavalinnaisella nopeudella mitattuna. Tämän lisäksi VO₂peak-arvot paranivat kliinisesti merkittävällä tasolla korkean intensiteetin harjoitteluryhmän osallistujilla. Matalan intensiteetin ryhmässä ei puolestaan havaittu ollenkaan merkittäviä muutoksia. Kliinisten testien positiivisista tuloksista huolimatta, elämänlaadussa ei havaittu merkittäviä muutoksia kummassakaan ryhmässä. Ryhmien tulosten välinen vertailu osoitti siis, että korkean intensiteetin juoksumattoharjoittelu oli tehokkaampi interventio kävelykyvyn ja kardiorespiratorisen kunnan kehittämisen sekä kävelyn aikaisen hapenkulutuksen alentamisen suhteen. Tutkimuksen tuloksiin perustuen korkean intensiteetin juoksumattoharjoittelu voi olla tehokas ja turvallinen kuntoutusinterventio ja kroonisen vaiheen AVH-kuntoutujat voivat hyötyä säännöllisestä kohtalaisen/korkean intensiteetin juoksumattoharjoittelusta. (Munari ym. 2018.)

Samanlaisia tuloksia on saatu myös Holleranin ym. toteuttamassa tutkimuksessa, jossa arvioitiin kävelyharjoittelun intensiteetin vaikutuksia harjoittelun avulla saavutettuihin lopputuloksiin kroonisen vaiheen hemipareettisten kuntoutujien kohdalla. Tutkimuksen alussa kuntoutujat (N =12) osallistuivat joko korkean intensiteetin (70–80 % sykereservistä) tai matalan intensiteetin (30–40 % sykereservistä) kävelyharjoitteluun 4–5 viikon aikajaksolla. Harjoittelujaksoa seurasi neljän viikon harjoittelutauko, jonka jälkeen alkuvaiheessa korkean intensiteetin harjoittelun läpikäyneet osallistuivat matalan intensiteetin harjoitteluun ja alkuvaiheessa matalan intensiteetin harjoittelun läpikäyneet osallistuivat puolestaan korkean intensiteetin harjoitteluun. Harjoittelusessiot koostuivat 30 minuutin juoksumattoharjoittelusta ja 10 minuutin lattiatasolla toteutetusta kävelyharjoittelusta. Ennakkomittaukset toteutettiin ennen molempien 4 viikon harjoittelujaksojen alkua ja jälkimittaukset molempien harjoittelujaksojen jälkeen. Mittauksissa arvioitiin omavalinnaisista kävelynopeutta, maksimaalista kävelynopeutta, 6 minuutin kävelytestin tuloksia,

maksimaalista juoksumattonopeutta, kävelyn aikaista hapenkulutusta sekä sydämen sykettä 6 minuutin kävelytestin aikana. Tuloksia tarkastelemalla huomattiin, että 6 minuutin kävelytestin tulos parani korkean intensiteetin harjoittelun jälkeen. Maksimaalinen juoksumattonopeus ja 6 minuutin kävelytestin tulos paranivat osallistujilla, jotka osallistuivat tutkimuksen alussa korkean intensiteetin harjoitteluun. Tutkimuksen tulosten perusteella korkean intensiteetin kävelyharjoittelu voi johtaa parempiin tuloksiin kuin matalan intensiteetin kävelyharjoittelu. (Holleran ym. 2015.)

Edellä mainittujen tutkimuksien tuloksia tukee myös Madhavanin ym. toteuttama tutkimus, jossa pyrittiin selvittämään nopeuteen perustuvan korkean intensiteetin juoksumattoharjoittelun lyhyt- ja pitkäaikaisia vaikutuksia kävelykykyyn kroonisilla AVH-kuntoutujilla. Tutkimuksessa osallistujat (N =16) suorittivat neljän viikon kestoisen juoksumaton nopeuteen perustuvan korkean intensiteetin juoksumattoharjoitteluohjelman, joka sisälsi viikoittain kolme 40 minuutin harjoittelusessiota. Harjoittelun tavoitteena oli saavuttaa entistä suurempi maksiminopeus joka harjoittelukerralla. Kliininen testaus toteutettiin ennen harjoittelun alkua, harjoittelun jälkeen sekä 3 kuukautta harjoittelun jälkeen toteutetuissa jälkimittauksissa. Tulosten mittareina toimivat 10 metrin ja 6 minuutin kävelytestit sekä Stroke Impact Scale, jonka lisäksi kuntoutujien maksimaalinen kävelynopeus mitattiin jokaisen harjoitteluviikon alussa. (Madhavan & Lim & Sivaramakrishnan & Iyer 2019.)

Tuloksia tarkastelemalla huomattiin, että osallistujat kehittyivät merkittävästi: maksimaalinen kävelynopeus parani 19 %, omavalinnainen kävelynopeus parani 18 % ja kävelykestävyys parani 12 %. Poiketen Munarin ym. toteuttaman tutkimuksen tuloksista (Munari ym. 2018) myös osallistujien elämänlaatu oli parantunut alkumittauksiin nähden. Jälkimittauksissa todettiin, että osallistujat olivat ylläpitäneet saavutetun kehityksen tai jopa parantaneet tuloksia entisestään eli myös pitkäaikaisvaikutukset olivat positiivisia. Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että juoksumaton hihnanopeuteen perustuva korkean intensiteetin kävelyharjoitteluohjelma voi toimia tehokkaana kävelykuntoutusinterventiona aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kuntoutuksessa. (Madhavan & Lim & Sivaramakrishnan & Iyer 2019.)

4.6 Lihisvoimaharjoittelu

Yksi yleisistä toimintakykyä rajoittavista aivoverenkiertohäiriön seuraamuksista on lihasheikkous. Lihisheikkoudesta johtuva motorisen kontrollin heikkeneminen vaikeuttaa

päivittäisistä toiminnoista suoriutumista. (Mehta ym. 2012.) Lihasheikkous vaikuttaakin useimmiten suoraan kävelykykyyn, jonka lisäksi lihasheikkous voi johtaa esimerkiksi fyysisen aktiivisuuden määrän vähenemiseen. Lihasheikkouden myötä erityisesti kävelynopeus hidastuu, askelluksen asymmetria lisääntyy ja kävelyn aikainen hapenkulutus kasvaa. (Wist & Clivaz & Sattelmayer 2016.) Kävelynopeuteen vaikuttavia tekijöitä ovat ensisijaisesti hemipuolen heikot lonkan koukistajalihakset sekä polven ojentajalihakset. Askelluksen asymmetriaan vaikuttaa puolestaan pääasiallisesti hemipuolen nilkan plantaarifleksoreiden spastisuuden aste. (Hsu & Tang & Jan 2003.)

Aivoverenkiertohäiriön jälkeinen lihasheikkous johtuu useasta eri mekanismista. Näitä mekanismeja ovat Nielsenin ym. (2008) toteuttaman tutkimuksen tuloksiin perustuen vähentynyt laskevaa kortikospinaalirataa pitkin kulkevien hermoimpulssien välitys aivoista selkäytimen motoneuroneille ja Lukácsin, Vécsein ja Beniczky (2009) toteuttaman tutkimuksen tuloksiin perustuen selkäytimen motoneuroneiden transynaptinen degeneraatio sekä erityisesti suurten motoristen yksikköjen vähentynyt määrä. (ks. Eng 2010: 311.) Laskevien hermoratojen toiminnan häiriintyminen johtaa selkäytimen motoneuroneiden poikkeavaan säätelyyn aiheuttaen muutoksia venytysheijasteeseen, posturaaliseen heijasteeseen sekä tahdonalaisiin liikkeisiin (Teixeira-Salmela & Olney & Nadeau & Brouwer 1999).

Edellä mainittujen syiden lisäksi aivoverenkiertohäiriön seurauksena itse lihasten rakenteissa tapahtuu erilaisia lihaksen voimantuottokykyä heikentäviä muutoksia: lihasmassa pienenee, lihassytt eli lihassolut lyhenevät ja lihassyiden muodostama pennaatiokulma pienenee. Lihasmassan pienenemisen ja lihassyiden lyhenemisen seurauksena rinnakkaisten ja jaksoittaisten lihassupistuksen aikaansaavien aktiini- ja myosiinifilamenttien määrä vähenee, joka johtaa vähentyneeseen voimantuottoon. Kulmassa lihaksen pituusakseliin nähden rakentuvan lihassyiden muodostaman kulman eli pennaatiokulman pieneneminen vähentää myös osaltaan kokonaisvoiman määrää. Näiden muutosten lisäksi lihaksen apurakenteina toimivien jänteiden joustavuuden on todettu lisääntyvän. Jänteen joustavuuden lisääntyessä lihaksen tuottaman voiman siirtäminen jänteen kautta luuhun vie enemmän aikaa, jonka seurauksena jänteeseen varastoituneen elastisen energian määrä vähenee, lihaksen supistumisnopeus hidastuu ja tuotetun voiman määrä vähenee. Aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kuntoutuksessa tulisi pyrkiä ehkäisemään ja/tai lieventämään aivoverenkiertohäiriön seurauksena syntyneitä lihasheikkoutta edistäviä muutoksia lihaksen rakenteessa. (Gray & Rice & Garland 2012.)

Puhuttaessa aivoverenkiertohäiriön jälkeisestä kuntoutuksesta, lihasvoimaharjoittelu on ollut osittain kiistanalainen aihe. Bobath (1978) on esittänyt, että agonistien vähentynyt lihasvoima johtuu enemminkin spastisten antagonistien rajoittavasta vastuksesta eikä niinkään itse agonistilihasten heikkoudesta ja että lihasten rasittaminen lisää spastisuutta sekä pikemminkin vain vahvistaa poikkeavaa liikettä. (ks. Eng 2010: 310–323.) Poiketen Bobathin lähestymistavasta, lukuisat tutkimukset kuitenkin tukevat voimaharjoittelun käyttöä aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kuntoutuksessa ja tutkimusnäytön perusteella voimaharjoittelun ja lihasten vahvistamiseen tähtäävien interventioiden käyttö aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kuntoutuksessa on tehokasta ja turvallista. (Ivey ym. 2016; Ada & Dorsch & Canning 2006; Brown & Kautz 1998).

Lihassoimaharjoittelusta puhuttaessa voimaharjoittelun oletetaan usein tarkoittavan perinteistä progressiivista vastusharjoittelua. (Ada & Dorsch & Canning 2006). Progressiivinen lihasvoimaharjoittelu perustuu harjoitteluvastukseen, joka on vähintään 70 % yhden toiston maksimista (1 RM) (Lexell & Flansbjerg 2008). Progressiivisen lihasvoimaharjoittelun onkin todettu olevan tehokas interventio lihasvoiman lisäämiseksi aivoverenkiertohäiriön jälkeen (Flansbjerg & Miller & Downham & Lexell 2008), ja progressiivisen lihasvoimaharjoittelun keinoin saavutettu kehitys lihasvoimassa on todettu uudelleen jopa neljä vuotta intervention jälkeen toteutetuissa mittauksissa. Tämä viittaa siihen, että progressiivinen lihasvoimaharjoittelu on tehokas kuntoutusinterventio lihasvoiman parantamiseksi ja ylläpitämiseksi myös pitkällä aikavälillä. (Flansbjerg & Lexell & Brogårdh 2012.) Progressiivisen lihasvoimaharjoittelun lisäksi kuitenkin mikä tahansa aivoverenkiertohäiriön jälkeinen kuntoutusinterventio, joka sisältää ponnistelua vaativia toistuvia lihassupistuksia voi johtaa lisääntyneeseen motoristen yksiköiden aktiivisuuteen ja tätä kautta myös mahdolliseen lihasvoiman lisääntymiseen (Ada & Dorsch & Canning 2006).

Tutkimuksessaan Sharp ja Brouwer tarkastelivat 6 viikon isokineettisen voimaharjoittelun vaikutuksia hemipareettisen alaraajan polven ojentajien ja koukistajien lihasvoimiin, toiminnallisuuteen, fyysiseen aktiivisuuteen sekä spastisuuteen. Tutkimukseen osallistui yhteensä 15 henkilöä, joilla oli taustalla vähintään 6 kuukautta aiemmin ilmeneen aivoverenkiertohäiriön aiheuttama hemipareesi. Kohdehenkilöt osallistuivat harjoitteluun 3 kertaa viikossa, jolloin 40 minuutin harjoittelusessioita kertyi 6 viikon aikana yhteensä 18 kappaletta. Voimaharjoittelu sisälsi istuma-asennossa tehtäviä polven koukistus- ja ojennusharjoitteita, jotka toteutettiin isokineettisellä laitteella, joka kontrolloi konseptin lihastyön aikaansaaman liikkeen nopeutta. Kohdehenkilöt suorittivat kolme 6–

8 toiston sarjaa kolmella eri kulmanopeudella edeten progressiivisesti hitaimmasta nopeudesta nopeimpaan. (Sharp & Brouwer 1997.)

Tutkimustuloksia tarkastelemalla huomattiin, että tutkittavien lihaksisto kehittyi huomattavasti lihasvoiman suhteen 6 viikon aikana ilman havaittavia muutoksia spastisuudessa. Lihasvoiman lisäksi tutkittavien kävelynopeus parani harjoittelujakson jälkeen mitattuna 5,3 prosentilla. Timed Up and Go-testissä tai porraskävelyssä ei kuitenkaan havaittu merkittäviä muutoksia. Neljä viikkoa harjoitteluohjelman jälkeen toteutetuissa seuranta-mittauksissa saavutetut muutokset lihasvoimissa eivät olleet enää merkittäviä, mutta tutkittavien kävelynopeus parani 6,8 prosentilla lähtötilanteeseen verrattuna. Kävelynopeuden lisäksi tutkittavien koettu kyvykkyys suoriutua fyysistä aktiivisuutta vaativissa toimissa kehittyi entisestään. Tulosten perusteella lyhyenkin lihasvoimaharjoitteluohjelman avulla krooniset AVH-kuntoutujat voivat parantaa lihasvoimiaan sekä kävelynopeuttaan ilman merkittävää lihastonuksen nousua. (Sharp & Brouwer 1997.)

Kirjallisuuskatsauksessaan Mehta ym. tutkivat lihasvoimaharjoittelun vaikutuksia kävelynopeuteen sekä kestävyteen kroonisen vaiheen AVH-kuntoutujien kohdalla. Aikavälillä 1980–2012 julkaistua kirjallisuutta etsittiin neljästä eri tietokannasta, jonka tuloksena meta-analyysiin valikoitui yhteensä 10 tutkimusta. Sisäänottokriteerit tutkimuksille olivat seuraavanlaiset: lihasvoimaharjoittelu tuli olla aloitettu AVH:n kroonisessa vaiheessa, tutkittavien tuli olla yli 18-vuotiaita kroonisen vaiheen kuntoutujia ja tutkimusten tuli olla satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia. Tutkimuksia ei valittu mukaan, mikäli tutkimukset eivät olleet satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia tai kliinisiä tutkimuksia, aivoverenkiertohäiriöstä oli alle 6 kuukautta, ristikkäisasetelmia lukuun ottamatta kontrolliryhmä oli jo osallistunut lihasvoimaharjoitteluun, intervention osana käytettiin avustavaa teknologiaa ja tutkimus ei tarjonnut riittäviä tietoja tulosten yhdistelemistä varten. Tarkasteltavia ominaisuuksia olivat turvallinen kävelynopeus sekä 6 minuutin kävelytestin avulla arvioitu kävelymatkan kokonaispituus. Meta-analyysiin valikoiduista tutkimuksista kahdessa oli käytetty yksilöterapiaa ja lopuissa ryhmämuotoista kuntoutusta. Harjoittelusessioiden määrä vaihteli 12 ja 36 välillä. Tutkimusten interventioryhmistä viidessä oli käytetty progressiivista lihasvoimaharjoittelua, kolmessa toiminnallista tehtäväkeskeistä progressiivista lihasvoimaharjoittelua, yhdessä isokineettistä lihasvoimaharjoittelua ja yhdessä force feedback -harjoitteluohjelmaa. (Mehta ym. 2012.)

Yhdessä meta-analyysin tuloksiin huomattavasti vaikuttavassa tutkimuksessa harjoitteluinterventiona käytettiin tehtäväkeskeisesti toteutettua progressiivista lihasvoimaharjoittelua. Neljän viikon aikajaksolla toteutettu interventio sisälsi alaraajojen lihasten vahvistamista toiminnallisella työpisteellä toimimisen muodossa. Työpisteellä toimiminen sisälsi seisomaan nousua, seisoma-asennossa tapahtuvaa kurottelua, eteenpäin, taaksepäin ja sivusuunnassa tapahtuvaa askellusta sekä päkiöille nousua. Toiminnallisen työpisteen lisäksi interventio sisälsi myös kokeneen fysioterapeutin yksilöohjausta harjoittelun muodossa. Tehtäväkeskeisen harjoittelun käyttö verrattuna muiden meta-analyysiin valikoitujen tutkimusten eristettyyn lihasvoimaharjoitteluun voikin selittää, miksi kyseinen interventio oli muita vaikuttavampi. Toisessa meta-analyysin tuloksiin huomattavasti vaikuttavassa tutkimuksessa hyödynnettiin puolestaan suhteellisen pitkäkestoista, 18 viikon aikajaksolla toteutettua korkean intensiteetin lihasvoimaharjoittelua. Harjoittelun intensiteettiä säädettiin vuoroviikoin osallistujien yhden toiston maksimin uudelleenarvioinnin avulla. (Mehta ym. 2012.)

Muissa meta-analyysiin valikoiduissa tutkimuksissa ryhmät eivät eronneet huomattavasti toisistaan. Tämä voi johtua siitä, että harjoittelu ei sisältänyt spesifisten toiminnallisten tehtävien harjoittelua. Johtuen kävelyn tarvittavista kävelykyvyn kompleksisista vaatimuksista, eriytetyksi pelkkä lihasvoimaharjoittelu ei siis mahdollisesti ole yksinään riittävä interventio kävelynopeuden ja kestävyuden kehittämiseksi. Jotta harjoittelulla saavutetut hyödyt saataisiin siirrettyä parantuneeseen suoritukseen, yksilöiden täytyy saada mahdollisuus harjoitella tavoiteltua toimintaa tai toimintoa. (Mehta ym. 2012.) Nämä tulokset ovat linjassa aivoverenkiertohäiriön jälkeisen motoristen taitojen kehittämisen suosituksen kanssa: Carr ja Shepherd (2003) esittävät, että motoristen taitojen siirtyminen päivittäiseen toimintakykyyn on epätodennäköistä, mikäli harjoittelu ei sisällä tehtäväkeskeistä kuntoutusinterventiota (ks. Mehta ym. 2012: 476). Tämän lisäksi tutkimuksissa käytetyt interventiot olivat kestoaltaan suhteellisen lyhyitä, josta johtuen ne eivät ole mahdollisesti tarjonneet riittävää hoitovaikutusta (Mehta ym. 2012).

Meta-analyysin tulosten perusteella kroonisessa vaiheessa toteutettu alaraajojen lihasvoimaharjoittelu voi parantaa kävelynopeutta sekä pidentää kävelymatkan kokonaispituutta, kun se toteutetaan yhdessä tehtäväkeskeisen harjoittelun kanssa tai kun sitä toteutetaan pitkällä aikavälillä. Salbach ym. (2004) raportoi 3 turvallisen kävelyvauhdin määrittelemää kävelyn vajauden tasoa: vähäinen ($>0,7$ m/s), kohtalainen ($0,3 - 0,7$ m/s) sekä vaikea ($<0,3$ m/s). (ks. Mehta ym. 2012: 475.) Meta-analyysin tuloksista kävi ilmi, että lihasvoimaharjoitteluryhmän osallistujien kävelyn vajaiden taso parani kohtalaisesta

vähäiseksi, jolla on tärkeä vaikutus yksilöiden itsenäisyyteen ja toiminnallisuuteen. Vaikkakin vaikutuksen koko oli pieni ja vaikutus ei ollut enää merkittävä toteutetuissa seuranta- ja kuntoutusinterventioissa, meta-analyysin tulokset osoittavat, että kroonisen vaiheen AVH-kuntoutajat voivat kuitenkin mahdollisesti hyötyä lihasvoimaa kehittävästä kuntoutusinterventiosta. (Mehta ym. 2012.)

Alaraajojen lihasten vahvistamista tarkastelleessa kirjallisuuskatsauksessa Wist ym. tutkivat alaraajojen lihasten vahvistamisen vaikutuksia lihasvoimaan, tasapainoon ja kävelykykyyn kroonisten AVH-kuntoutujien kohdalla. Tutkimuksia etsittiin viidestä eri tietokannasta ja systemaattisen kirjallisuuskatsauksen suorittamisen jälkeen meta-analyysiin valikoitui yhteensä 10 tutkimusta, sisältäen 355 taustaltaan hemipareettista kuntoutujaa. Sisäänottokriteerit tutkimuksille olivat: tutkittavien tuli olla yli 18-vuotiaita kroonisen vaiheen hemipareettisia kuntoutujia ja tutkimusten tuli olla satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia. Haku kohdistui tutkimuksiin, jossa lihasten vahvistamismenetelmillä tähdättiin alaraajojen motorisen toimintakyvyn kehittämiseen tietyille lihasryhmille kohdennettujen spesifisten intensiivisten harjoitusinterventioiden kautta. Poissulkukriteerit tutkimuksille olivat: tutkimukset, joissa oli käytetty robotiikkaa, lääkitystä tai keskitytty yläraajojen tai vartalon harjoitteluun. Valikoiduissa tutkimuksissa oli tutkittu progressiivista lihasvoimaharjoittelua, tehtäväkeskeistä harjoittelua, toiminnallista sähköstimulaatioita sekä korkean intensiteetin aerobista harjoittelua. Alaraajojen vahvistamisen vaikutuksia kävelyyn mitattiin 6 minuutin sekä 10 metrin kävelytestien avulla. Vaikutuksia lihasvoimaan arvioitiin pääasiassa isokineettisten testien avulla, mutta mittauksessa hyödynnettiin myös manuaalisia dynamometrejä ja manuaalista lihasestausta. Maksimaalista lihasvoimaa testatessa eksentriset testit olivat etusijalla. Alaraajalihasvoiman vahvistamisen vaikutuksia kävelyyn arvioitiin Bergin tasapainotestin ja Timed Up and Go-testin avulla. (Wist & Clivaz & Sattelmayer 2016.)

Meta-analyysin tulosten pohjalta tutkimuksissa käytetyillä alaraajojen vahvistamiseen pyrkivillä terapiamuodoilla oli tilastollisesti merkittävä vaikutus lihasvoimaan sekä Timed Up and Go-testiin, mutta vaikutus Bergin tasapainotestiin sekä kävelyyn ei ollut enää tilastollisesti merkittävä. Lihasvoiman suhteen tulokset osoittivat tilastollisesti merkittävän kehityksen nilkan plantaari- ja dorsifleksion sekä polven ekstension kohdalla. Lonkan koukistajien lihasvoiman kehitys ei puolestaan ollut enää tilastollisesti merkittävä. Meta-analyysin tuloksiin perustuen oikealla tavalla kohdennettu nousujohteinen lihasvoimaharjoittelu näyttäisi olevan kaikista tehokkain lihasvoiman kehittämisen keino ja sen avulla lihasvoimaa voidaan kehittää huomattavasti. (Wist & Clivaz & Sattelmayer 2016.)

Wist ym. (Wist & Clivaz & Sattelmayer 2016) vertailivat oman kirjallisuuskatsauksensa tuloksia aikaisemmin mainittuun Mehtan ym. (Mehta ym. 2012) toteuttaman kirjallisuuskatsauksen tuloksiin. Mehtan ym. toteuttamassa katsauksessa todettiin tilastollisesti merkittävä kehitys interventioryhmän tuloksissa 6 minuutin kävelytestin ja kävelynopeuden (turvallinen kävelynopeus) kohdalla, kun taas Wistin ym. katsauksessa vastaavalaista tilastollisesti merkittävää kehitystä ei ollut nähtävissä 6 minuutin kävelytestillä ja 10 metrin kävelytestillä mitattuna (nopea kävelynopeus). Meta-analyyseiin valikoiduista tutkimuksista kolmea oli käytetty molemmissa analyyseissä. Wisti ym. pohtivat eroavien tulosten selittyvän mahdollisesti sillä, että Mehtan ym. katsaus sisälsi tutkimuksia, joissa kontrolliryhmän harjoittelu koostui vain yläraajojen lihaksien vahvistamisesta alaraajojen roolin jäädessä passiiviseksi tai kokonaan huomiotta, kun taas Wistin ym. katsaus sisälsi puolestaan tutkimuksia, joissa kaikki kontrolliryhmät saivat aktiivista alaraajojen kuntoutusta. Vaikkakin tulokset eivät ole linjassa toistensa kanssa, lihasten vahvistamisen on joka tapauksessa parempi vaihtoehto kuin täysi harjoittelemattomuus. (Wist & Clivaz & Sattelmayer 2016.)

4.7 Tasapainoharjoittelu

Heikentynyt tasapaino on yksi yleisimmistä kävelyä vaikeuttavista tekijöistä aivoverenkiertohäiriön jälkeen (Duncan ym. 2011). Tasapainon rooli liikkumiskyvyn suhteen on merkittävä ja puutteellisen tasapainon on nähty olevan suoraan yhteydessä alhaiseen liikkumiskykyyn AVH-kuntoutujien kohdalla. (Michael & Allen & Macko 2005). Tästä syystä kävelyn kuntoutus ja tasapainoharjoittelu ovat erittäin tärkeitä yksilön elämänlaadun paranemiseksi (Kawamoto ym. 2013).

Onnistuakseen toiminnallinen kävely vaatii kykyä reagoida ja mukaantua ympäristön asettamiin haasteisiin. Tasapainoärsykkeiden välttäminen ja niistä palautuminen on ensisijaisen tärkeää itsenäisen kävelyn onnistumiseksi. Graham ym. tutkivat kävelyn ja tasapainon kehittymistä vertaamalla taitoharjoittelun ja painokevennetyn juoksumattoharjoittelun yhdistelmän vaikutuksia pelkkään painokevennettyyn juoksumattoharjoitteluun. Molemmat ryhmät harjoittelivat 6 viikkoa. Painokevennetty juoksumattoharjoittelu toteutettiin molemmissa ryhmissä ilman käsitukea kaiteista. Tutkijoiden hypoteesina oli, että molemmissa ryhmissä tapahtuisi kehitystä, mutta haastetussa taitoharjoittelua sisältäneessä kävelyharjoittelussa kehitystä ilmenisi enemmän sen kehittäessä uusia tasapainon ja kävelyn kontrollin strategioita. Tutkimuksessa käytetyn KineAssist -laitteen turvamekanismien ansiosta osallistujat pystyivät harjoittelemaan ilman kaiteen tai terapeutin

tukea laitteen estäessä tasapainon menetyksestä johtuvia kaatumisia. Taitoharjoittelua sisältäneessä kävelyharjoittelussa haastavuuden taso asetettiin mahdollistamaan epäonnistumisia, jotta osallistujat pystyivät oppimaan, kuinka välttää tasapainon menetys ja sopeutua muuttuviin olosuhteisiin. (Graham & Roth & Brown 2018.)

Tulosten mukaan taitoharjoittelua sisältäneen painokevennetyn juoksumattoharjoittelun ei nähty olevan tehokkaampi, kuin pelkän painokevennetyn juoksumattoharjoittelun kävelyn kehittymisessä. Tutkijat pohtivat, että molemmille ryhmille osoitettu ohjeistus kävellä ilman tukea oli saattanut olla tarpeeksi iso haaste ja mahdollistanut kävelyn ja tasapainon tasaisen kehittymisen riippumatta ryhmästä. Kuitenkin molempien ryhmien kävelyn päivittäisen toiminnallisuuden kehittymisen seurauksena todettiin, että AVH-kuntoutujat ovat kykeneväisiä kävelyharjoittelemaan tuetta ja hyötyvät vaikeutetusta kävelyharjoittelusta. Lisäksi vaikeutettu kävelyharjoittelu saattaa mahdollistaa toiminnallista kävelyä tukevien tärkeiden taitojen harjoittelun. (Graham & Roth & Brown 2018.)

Motorista palautumista ja aivojen plastisuutta tukevat useat kuntoutumisinterventiot tähtäävät tasapainon ja täten myös kävelyn kuntoutumiseen. Jotta ammattilainen voisi tarjota optimaalista kuntoutusta, tulee tämän pystyä valitsemaan kuntoutujalle sopivin tutkitusti tehokas interventio. Eri interventioiden tehokkuudesta esiintyy kuitenkin epäselvyyttä ja aiheesta on käyty keskustelua. Arienti ym. arvioivat aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kuntoutuksessa käytettyjä tasapainointerventioita systemaattisten katsausten yleiskatsauksessaan, jossa selviää eri interventioiden vaikutukset tasapainon kehittymiseen. Yleiskatsaukseen sisällytettiin 51 systemaattista katsausta, jotka koostuivat yhteensä 248 tutkimuksesta ja 10 638:sta aivoverenkiertohäiriön sairastaneesta osallistujasta. Systemaattiset katsaukset käsittelivät erilaisia AVH-kuntoutuksessa käytettyjä tasapainoharjoittamisinterventioita. (Arienti & Lazzarini & Pollock & Negrini 2019.)

Arientin ym. yleiskatsauksessa haasteeksi näyttäytyi useiden systemaattisten katsausten metodologian heikko laatu, joka vaikeutti selvien johtopäätösten tekemistä. Yhteenvedossa interventiot, joilla oli merkittävä tasapainoa kehittävä vaikutus, olivat exercise-terapia, kuntoharjoittelu, avustajan/hoitohenkilön kanssa suoritettu harjoittelu, toistuva tehtäväharjoittelu ja virtuaalidellisuutta hyödyntävä harjoittelu sekä epästabiililla harjoittelualustalla toteutuva harjoittelu. Interventiot, joilla ei nähty olevan hyötyä tasapainon kehittymisessä, olivat jooga, vedessä toteutettu harjoittelu, aerobinen harjoittelu, lihasvoimaharjoittelu, istuma- ja seisomatasapainoharjoittelu, juoksumattoharjoittelu, robotiivusteinen kävelyharjoittelu, lannerangan stabilisointiharjoittelu, keskivartaloharjoittelu,

harjoitushihnaharjoittelu (esim. TRX), kognitiivinen motoriikkaterapia, Bobath- tekniikka ja virtuaaliterapia (Nintendo Wii). Perinteisen kiinalaisen harjoittelun, kokovartalovärähtelyn ja kiertoarjoittelun vaikutukset jäivät ratkaisemattomiksi. (Arienti & Lazzarini & Pollock & Negrini 2019.)

Robottiaivusteisen exoskeleton-tyyppisen kävelyrobotin hyödyntäminen neuraalirakenteiden toiminnan palautumisessa on yleisesti käytetty tehokas kuntoutusinterventio AVH-kuntoutuksessa (Molteni ym. 2017). Useat tutkimukset kuvaavat robottiaivusteisen kävelyharjoittelun vaikutuksia kävelyyn ja vain harva arvioi sen vaikutuksia tasapainon kehittymiseen. Rojek ym. tarkastelivat tutkimuksessaan exoskeleton-robotilla suoritettua kävelyharjoittelun vaikutuksia tasapainoon, painon varaamiseen ja yksilön toiminnalliseen statukseen. Tutkimukseen osallistui 44 AVH-kuntoutujaa, jotka jaettiin koe- ja kontrolliryhmiin. Koeryhmän henkilöt saivat 4 viikon ajan robottiaivusteista kävelyharjoittelua ja kontrolliryhmä sen sijaan fysioterapeutin ohjaamaa tavanomaista terapiaa sisältäen yksilöllisiä harjoitteita, pystyasennon- ja kävelyn harjoitteita sekä ryhmäharjoittelua yleiskunnan kehittämiseksi.

Tutkimustuloksista huomattiin, että molemmat- robottiaivusteinen kävelyharjoittelu sekä tavanomainen fysioterapia johtivat toiminnallisuuden kehittymiseen AVH-kuntoutujilla. Lisäksi molemmissa ryhmissä oli nähtävillä huomattavaa parannusta tasapainossa. Kumpikaan metodeista ei esittäytynyt toistaan parempana, mutta niiden välillä pystyttiin tekemään yksittäisiä huomioita. Alaraajojen painonsiirroissa huomattiin parannusta robottiaivusteisesti harjoitelleessa koeryhmässä, jonka lisäksi koeryhmäläisillä ilmeni kasvua kävelymatkassa ja askelmäärässä harjoittelujakson aikana. (Rojek & Mika & Stolarczyk & Kielnar 2020.)

5 Pohdinta

Aivoverenkiertohäiriön jälkeinen kuntoutus on laaja kokonaisuus, jonka tavoitteena on yksilön kokonaisvaltainen toimintakyvyn palautuminen ja yhteisöön paluu. Kävelyn kuntoutus on osa aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksen kokonaisuutta. Kävelyn kuntoutuminen on yksi aivoverenkiertohäiriön jälkeisen fysioterapian päätavoitteista. Kävelykyvyn kuntoutuksella tavoitellaan kävelykyvyn mahdollisimman hyvää palautumista yksilön itseenäisyyden ja yhteisössä toimimisen mahdollistumiseksi.

Aivoverenkiertohäiriö aiheuttaa usein muutoksia kävelykykyyn riippuen lihasheikkouden, motorisen häiriön, tasapainoheikkouden, lihasten spastisuuden sekä tonusmuutosten ilmenemisestä. Kävelyn kuntoutus koostuu monesta eri osa-alueesta, jotka kaikki vaikuttavat osaltaan kävelykyvyn palautumiseen aivoverenkiertohäiriön jälkeen. Tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltiin kirjallisuudesta esiin nousseiden kävelyn kuntoutumisen kannalta oleellisten osa-alueiden kävely-, lihasvoima-, ja tasapainoharjoittelun sekä kävelyharjoittelun intensiteetin vaikutuksia kävelykyvyn palautumiseen aivoverenkiertohäiriön jälkeen.

Tarkastelussa olleet kävelyn kuntoutuksen osa-alueet sisältävät laajan kirjon erilaisia interventioita, joiden käyttöönoton valintaa tulisi ohjata paras mahdollinen tutkimusnäyttö sekä kuntoutujan yksilölliset lähtökohdat. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa monipuolinen ja kattava kirjallisuuskatsaus aivoverenkiertohäiriön sairastaneen kävelyn kuntoutuksesta. Valmiin opinnäytetyön tavoitteena oli tarjota ammattilaisille yhteen koottua tutkimusnäyttöä kuntoutuksen kehittämisen ja suunnittelun tueksi.

Tehtäväspesifisellä kävelyharjoittelulla nähtiin olevan isoin rooli kävelykyvyn palautumisessa sen mahdollistaessa monipuolisten ja toistuvien kävelysykliden harjoittamisen tukien motorista oppimista ja palauttaen yksilön motorista toimintaa. Kirjallisuuskatsauksessa selvitettiin erityyppisten kävelyharjoitteluinterventioiden vaikutuksia sekä niiden välisiä eroja kävelykyvyn palautumiseen.

Lattiatasossa toteutettu pääasiassa terapeutin havaintoihin ja kuntoutujan kävelyn manuaaliseen ohjaukseen perustuva kävelyharjoittelu ei tuottanut kävelykykyä kohentavaa vaikutusta kirjallisuuskatsauksen perusteella. Intervention hyötynä nähtiin kuitenkin sen kyky auttaa kuntoutujaa hahmottamaan turvallinen kävelytapa ja interventiosta voitiin

odottaa hyötyjä yhdistelemällä sitä muihin terapiamuotoihin. Painokevennetyn juoksumattoharjoittelun hyödyt perustuivat tutkitusti juoksumaton mahdollistaviin runsaisiin toistomääriin ja painokevennyksen tuomaan helpotukseen. Katsaukseen sisällytettiin painokevennetyn ja ilman painokevennystä suoritettun juoksumattoharjoittelun vaikutuksia vertaileva tutkimus, jonka tuloksista selvisi painokevennetysti harjoitelleiden osallistujien kävelykyvyn parantuneen huomattavasti enemmän, kuin ilman painokevennystä harjoitelleiden. Painokevennetyn juoksumattoharjoittelun vaikutukset kävelykykyyn näkyivät muun muassa kävelynopeuden, tahdin sekä askelpituuden parannuksina.

Elektromekaaninen kävelyharjoittelu hyödyntää teknologiaa, joka edesauttaa motorista oppimista vähentäen samalla lattiataston ja painokevennetyn juoksumattoharjoittelun toteuttamisesta terapeutille koituvaa fyysistä kuormaa. End-effector-tyyppisen Gait Trainer kävelyrobotin nähtiin palauttavan kävelykykyä huomattavasti paremmin, kuin painokevennetyn juoksumattoharjoittelun. Exoskeleton-tyyppisen Lokomat kävelyrobotin ja Bobath-lähtöisen terapian vaikutuksia kävelykykyyn vertailut tutkimus selvitti molempien interventioiden olevan tehokkaita kävelyn kuntoutuksessa, mutta ainoastaan Lokomat-kävelyrobotilla harjoitelleiden kävelyn toiminnallisuudessa sekä motoristen taitojen karttumisessa oli nähtävillä kehitystä. Elektromekaanisten laitteiden välillä saattaa olla eroja, mutta tutkimuskirjallisuudesta ei täysin selviä, mitä ovat laitteiden keskeiset erot ja vaikutukset kävelyn kuntoutuksessa. Erilaisten toimintahäiriöiden voidaan nähdä vastaavan eri tavoin käytettyyn interventioon.

Kirjallisuuskatsaukseen valikoiduissa tutkimuksissa kävelykykyä rajoittavan laajemman oirekuvan kokonaishuomiointi jäi usein osallistujien kuvauksessa puutteelliseksi. On tiedossa, että aivoverenkiertohäiriöstä johtuvat laaja-alaiset tuntoaisti- ja proprioseptiikkahäiriöt, puheentuoton ja ymmärtämisen vaikeudet sekä ympäristön ja kehon hahmottamisen häiriöt vaikuttavat yksilön valmiuksiin harjoitella kävelyä. Kävelyharjoitteluintervention valinnassa tulisi kiinnittää huomiota yksilölliseen oirekuvaan ja toimintakyvyn asteeseen. Kirjallisuudessa ehdotetaan erilaisten aivoverenkiertohäiriöstä seuranneiden toimintakyvynhäiriöiden vastaavan eri tavoin käytettyyn interventioon. Toimintakyvynhäiriöllä tarkoitetaan tässä kontekstissa usein fyysisiä häiriöitä, joka jättää laajemman oirekuvan vaikutusten selvityksen vielä avonaiseksi. Aiheesta olisi toivottavaa saada lisätutkimuksia kokonaisvaltaisemman kuntoutujan voimavaroja hyödyntävän ja erityispiirteet huomioivan kuntoutuksen tueksi.

Kävelyharjoittelun intensiteetillä näyttää olevan vaikutus harjoittelun avulla saavutettuihin tuloksiin. Tutkimustiedon valossa korkean intensiteetin harjoittelu näyttäisi olevan tehokkaampaa kuin matalan intensiteetin harjoittelu ja korkean intensiteetin kävelyharjoitteluohjelma voi toimia tehokkaana kävelykuntoutusinterventiona aivoverenkiertohäiriön jälkeisessä kroonisen vaiheen kuntoutuksessa niin lyhyellä kuin pitkälläkin aikavälillä. Kävelykyvyn lisäksi korkean intensiteetin kävelyharjoittelun avulla voidaan myös mahdollisesti parantaa kuntoutujien kardiorespiratorista kuntoa sekä alentaa kävelyn aikaista hapenkulutusta.

Aivoverenkiertohäiriön jälkeinen useasta eri mekanismista johtuva lihasheikkous vaikuttaa osaltaan suoraan AVH-kuntoutujan kävelykykyyn. Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella alaraajojen lihasten vahvistamiseen tähtäävien interventioiden käyttö aivoverenkiertohäiriön jälkeisen kuntoutuksen kroonisessa vaiheessa vaikuttaa olevan turvallista ja niiden avulla voidaan tehokkaasti kehittää alaraajojen lihasvoimaa, kävelynopeutta ja mahdollisesti kävelykestävyyttä. Tehtäväkeskeisesti toteutettu progressiivinen lihasvoimaharjoittelu näyttäisi olevan kaikista vaikuttavin keino alaraajojen lihasvoiman ja kävelykyvyn kehittämiseksi. Esimerkiksi pelkästään kuntosaliharjoitteluna toteutettu harjoitteluohjelma voi parantaa kuntoutujan alaraajojen lihasvoimia, mutta tämä kehitys ei välttämättä kuitenkaan siirry automaattisesti kävelysuoritukseen ja täten näy parantuneena kävelykykynä.

Tasapainoharjoittelulla tavoitellaan kykyä mukautua ympäristön asettamiin haasteisiin ja muutoksiin kävelyn aikana. Tasapainoharjoittelun nähtiin tutkimuskirjallisuuden valossa parantavan kävelyn toiminnallisuutta. Aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksessa käytettyjen tasapainoharjoitteluinterventioiden tehokkuuksien välillä esiintyi jonkin verran eroja. Intervention valinnassa tutkimustieto auttaa ammattilaista suunnittelemaan vaikuttavaa ja tehokasta kuntoutusta.

Opinnäytetyöprosessi sujui kokonaisuudessaan hyvin ja opinnäytetyö toteutui laatimamme suunnitelman mukaisesti. Aihetta tarkastellutta tutkimuskirjallisuutta oli useimmiten runsaasti saatavilla. Onnistuimme keräämään monipuolista ja luotettavaa tietoa aivoverenkiertohäiriön jälkeisestä kävelyn kuntoutuksesta ja sen eri osa-alueista toimeksiantajamme hyödynnettäväksi. Opinnäytetyön myötä saimme syvennettyä ja täydennettyä omaa ammatillista osaamistamme aivoverenkiertohäiriön kuntoutuksen ympäriltä. Opinnäytetyön vahvuutena on mielestämme kävelyn kuntoutuksen laaja-alainen tarkastelu kuntoutuksen eri osa-alueiden kautta ja käytetyn aineiston laajuus. Osittain tästä

johtuen emme ole kuitenkaan syventyneet eriytetysti yhteen kuntoutuksen osa-alueeseen tarkemmin, joten esimerkiksi yksittäisten harjoitteluinterventioiden syvällisempi tarkastelu olisi mielenkiintoinen aihe tulevia opinnäytetöitä varten.

Lähteet

Ada, Louise & Dorsch, Simone & Canning, Colleen G. 2006. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review. *Australian Journal of Physiotherapy* 52 (4). 241–248. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17132118/>>. Luettu 28.3.2021.

Aivoinfarkti ja TIA 2020, Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Neurologinen yhdistys ry:n asettama työryhmä. Saatavana osoitteessa: <<https://www.kaypahoito.fi/hoi50051?tab=suositus#K1>>. Luettu 25.11.2020.

Aivoliitto n.d. Aivoverenkiertohäiriö (AVH) Suomessa. AVH Suomessa infograafi. Saatavana osoitteessa: <<https://www.aivoliitto.fi/verkkokauppa/tuotteet/aivoverenkiertohairio-infograafi/>>. Luettu 24.11.2020.

Arienti, Chiara & Lazzarini, Stefano G. & Pollock, Alex & Negrini, Stefano 2019. Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews. *Plos One* 14 (7). Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31323068/>>. Luettu. 28.3.2021.

Billinger, Sandra A. & Arena, Ross & Bernhardt, Julie & Eng, Janice J. & Franklin, Barry A. & Mortag Johnson, Cheryl & MacKay-Lyons, Marilyn & Macko, Richard F & Mead, Gillian E. & Roth, Elliot J. & Shaughnessy, Marianne & Tang, Ada & American Heart Association Stroke Council & Council on Cardiovascular and Stroke Nursing & Council on Lifestyle and Cardiometabolic Health & Council on Epidemiology and Prevention & Council on Clinical Cardiology 2014. Physical activity and exercise recommendations for stroke survivors: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke* 45 (8). 2532–2553. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24846875/>>. Luettu 7.4.2021.

Billinger, Sandra A. & Coughenour, Eileen & Mackay-Lyons, Marilyn J. & Ivey, Frederick M. 2011. Reduced Cardiorespiratory Fitness after Stroke: Biological Consequences and Exercise-Induced Adaptations. *Stroke Research and Treatment* 959120. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21876848/>>. Luettu 7.4.2021.

Brown, D.A. & Kautz, S.A. 1998. Increased workload enhances force output during pedaling exercise in persons with poststroke hemiplegia. *Stroke* 29 (3). 598–606. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9506599/>>. Luettu 28.3.2021.

Carr, Janet & Shepherd, Roberta 2011. *Neurological Rehabilitation*. 2. painos. Optimizing Motor Performance. Churchill Livingstone. Elsevier Limited.

Chang, Won Hyuk & Kim, Min Su & Huh, Jung Phil & Lee, Peter K. W. & Kim, Yun-Hee 2012. Effects of Robot-Assisted Gait Training on Cardiopulmonary Fitness in Subacute Stroke Patients: A Randomized Controlled Study. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 26 (4). 318–324. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22086903/>>. Luettu 9.3.2021.

Cho, Ji-Eun & Yoo, Jung Sang & Kim, Kyoung Eun & Cho, Sung Tae & Jang, Woo Seok & Cho, Ki Hun & Lee, Wan-Hee 2018. Systematic Review of Appropriate Robotic Intervention for Gait Function in Subacute Stroke Patients. *BioMed Research International* 4085298. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29546057/>>. Luettu 5.3.2021.

Danielsson, Anna & Willén, Carin & Sunnerhagen, Katharina S. 2007. Measurement of energy cost by the physiological cost index in walking after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 88 (10). 1298–1303. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17908572/>>. Luettu 6.4.2021.

Duncan, Pamela W. & Sullivan, Katherine J. & Behram, Andrea L. & Azen, Stanley P. & Wu, Samuel S. & Nadeau, Stephen E. & Dobkin, Bruce H. & Rose, Dorian K. & Tilson, Julie K. & Cen, Steven & Hayden, Sarah K. 2011. Body-Weight-Supported Treadmill Rehabilitation after Stroke. *The New England journal of medicine*. 364 (21). 2026–2036. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21612471/>>. Luettu 22.3.2021.

Eng, Janice J. 2010. Fitness and Mobility Exercise (FAME) Program for stroke. *Topics in Geriatric Rehabilitation* 26 (4). 310–323. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3266302/#R8>>. Luettu 8.3.2021.

Flansbjerg, Ulla-Britt & Lexell, Jan & Brogårdh, Christina 2012. Long-term benefits of progressive resistance training in chronic stroke: a 4-year follow-up. *Journal of Rehabilitation Medicine* 44 (3). 218–221. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22366878/>>. Luettu 5.4.2021.

Flansbjerg, Ulla-Britt & Miller, Michael & Downham, David & Lexell, Jan 2008. Progressive resistance training after stroke: effects on muscle strength, muscle tone, gait performance and perceived participation. *Journal of Rehabilitation Medicine* 40 (1). 42-48. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18176736/>>. Luettu 5.4.2021.

French, Beverley & Thomas, Lois H. & Coupe, Jacqueline & McMahon, Naoimh E. & Connell, Louise & Harrison, Joanna & Sutton, Christopher J. & Tishkovskaya, Svetlana & Watkins, Caroline L. 2016. Repetitive task training for improving functional ability after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (11). CD006073. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27841442/>>. Luettu 19.3.2021.

Graham, Sarah A. & Roth, Elliot J. & Brown, David A. 2018. Walking and balance outcomes for stroke survivors: a randomized clinical trial comparing body-weight-supported treadmill training with versus without challenging mobility skills. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 15 (1). 92. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30382860/>>. Luettu. 23.3.2021.

Gray, Vicki & Rice, Charles L. & Garland, Jayne S. 2012. Factors That Influence Muscle Weakness Following Stroke and Their Clinical Implications: A Critical Review. *Physiotherapy Canada* 64 (4). 415–426. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3484914/>>. Luettu 30.3.2021.

Harris, Jocelyn E. & Eng, Janice J. 2004. Goal Priorities Identified through Client-Centred Measurement in Individuals with Chronic Stroke. *Physiotherapy Canada* 56 (3). 171–176. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3557500/>>. Luettu 4.4.2021.

Hesse, Stefan 2008. Treadmill training with partial body weight support after stroke: A review. *NeuroRehabilitation* 23 (1). 55-65. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18356589/>>. Luettu 23.2.2021.

Hesse, S. & Helm, B. & Krajnik, J. & Gregoric, M. & Mauritz, K.H. 1997. Treadmill Training with Partial Body Weight Support: Influence of Body Weight Release on the Gait of Hemiparetic Patients. *Journal of Neurologic Rehabilitation* 11 (1). 15-20. Saatavana osoitteessa: <<https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/154596839701100103>>. Luettu 8.3.2021.

Hesse, Stefan & Uhlenbrock, Dietmar 2000. A mechanized gait trainer for restoration of gait. *Journal of Rehabilitation Research and Development* 37 (6). 701–708. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11321006/>>. Luettu 10.3.2021.

Hesse, Stefan & Bertelt, Christine & Schaffrin, Antje & Malezic, Matija & Mauritz, Karl-Heinz 1994. Restoration of Gait in Nonambulatory Hemiparetic Patients by Treadmill Training With Partial Body-Weight Support. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 75 (10). 1087–1093. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7944913/>>. Luettu 5.3.2021

Hidler, Joseph & Nichols, Diane & Pelliccio, Marlena & Brady, Kathy & Campbell, Donielle D. & Kahn, Jennifer H. & Hornby, George 2009. Multicenter Randomized Clinical Trial Evaluating the Effectiveness of the Lokomat in Subacute Stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 23 (1). 5-13. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19109447/>>. Luettu 8.3.2021.

Holleran, Carey L. & Rodriguez, Kelly S. & Echaz, Anthony & Leech, Kristan A. & Hornby, T. George 2015. Potential contributions of training intensity on locomotor performance in individuals with chronic stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy* 39 (2). 95–102. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25784587/>>. Luettu 8.4.2021.

Hornby, T. George & Straube, Donald S. & Kinnaird, Catherine R. & Holleran, Carey L. & Echaz, Anthony J. & Rodriguez, Kelly S. & Wagner, Eric J. & Narducci, Elizabeth A. 2011. Importance of specificity, amount, and intensity of locomotor training to improve ambulatory function in patients poststroke. *Topics in Stroke Rehabilitation* 18 (4). 293–307. Saatavana osoitteessa: <https://www.researchgate.net/publication/51634599_Importance_of_Specificity_Amount_and_Intensity_of_Locomotor_Training_to_Improve_Ambulatory_Function_in_Patients_Poststroke>. Luettu 8.4.2021.

Hsu, An-Lun & Tang, Pei-Fang & Jan, Mei-Hwa 2003. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 84 (8). 1185–1193. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12917858/>>. Luettu 13.3.2021.

Iosa, M. & Morone, G. & Fusco, A. & Bragoni, M. & Coiro, P. & Multari, M. & Venturiero, V. & De Angelis, D. & Pratesi, L. & Paolucci, S. 2012. Seven Capital Devices for the Future of Stroke Rehabilitation. *Stroke Research and Treatment* 187965. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23304640/>>. Luettu 9.3.2021.

Ivey, Frederick M. & Prior, Steven J. & Hafer-Macko, Charlene E. & Katzel, Leslie I. & Macko, Richard F. & Ryan, Alice S. 2016. Strength Training for Skeletal Muscle Endurance after Stroke. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 26 (4). 787–794. Saatavana osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5947878/>>. Luettu 8.3.2021.

Jorgensen S. Henrik & Nakayama, Hirofumi & Raaschou O. Hans & Olsen, Tom 1995. Recovery of Walking Function in Stroke Patients: The Copenhagen Stroke Study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 76 (1). 27-32. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7811170/>>. Luettu 23.2.2021.

Kauranen, Kari 2017. *Fysioterapeutin käsikirja*. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kawamoto, Hiroaki & Kamibayashi, Kiyotoka & Nakata, Yoshio & Yamawaki, Kanako & Ariyasu, Ryohei & Sankai, Yoshiyuki & Sakane, Masataka & Eguchi, Kiyoshi & Ochiai, Naoyuki 2013. Pilot study of locomotion improvement using hybrid assistive limb in chronic stroke patients. *BMC Neurology* 13:141. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24099524/>>. Luettu 5.4.2021.

Langhorne, Peter & Coupar, Fiona & Pollock, Alex 2009. Motor recovery after stroke: a systematic review. *The Lancet Neurology* 8 (8). 741–754. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19608100/>>. Luettu 19.3.2021.

Lexell, Jan & Flansbjerg, Ulla-Britt 2008. Muscle strength training, gait performance and physiotherapy after stroke. *Minerva Medica* 99 (4). 353–368. Saatavana osoitteessa: <https://www.researchgate.net/publication/23133938_Muscle_strength_training_gait_performance_and_physiotherapy_after_stroke>. Luettu 21.3.2021.

Li, Sheng & Francisco, E. Gerard & Zhou, Ping 2018. Post-stroke Hemiplegic Gait: New Perspective and Insights. *Frontiers in Physiology* (9). 1021. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30127749/>>. Luettu 3.3.2021.

Madhavan, Sangeetha & Lim, Hyosok & Sivaramakrishnan, Anjali & Iyer, Pooja 2019. Effects of high intensity speed-based treadmill training on ambulatory function in people with chronic stroke: A preliminary study with long-term follow-up. *Scientific reports* 9 (1). 1985. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30760772/>>. Luettu 10.4.2021.

Marsden, Dianne L. & Dunn, Ashlee & Callister, Robin & Levi, Christopher R. & Spratt, Neil J. 2013. Characteristics of exercise training interventions to improve cardiorespiratory fitness after stroke: a systematic review with meta-analysis. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 27 (9). 775–788. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23884014/>>. Luettu 10.4.2021.

Mauritz, K. H. 2004. Gait training in hemiparetic stroke patients. *Europa Medicophys* 40 (3). 165–178. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16172584/>>. Luettu. 7.4.2021.

Mehrholz, Jan & Pohl, Marcus 2012. Electromechanical-assisted gait training after stroke: a systematic review comparing end-effector and exoskeleton devices. *Journal of Rehabilitation Medicine* 44 (3). 193–199. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22378603/>>. Luettu 12.3.2021.

Mehta, Swati & Pereira, Shelialah & Viana, Ricardo & Mays, Rachel & McIntyre, Amanda & Janzen, Shannon & Teasell, Robert W. 2012. Resistance Training for Gait Speed and Total Distance Walked During the Chronic Stage of Stroke: A Meta-Analysis. *Topics in Stroke Rehabilitation* 19 (6). 471–478. Saatavana osoitteessa: <https://www.researchgate.net/publication/233798518_Resistance_Training_for_Gait_Speed_and_Total_Distance_Walked_During_the_Chronic_Stage_of_Stroke_A_Meta-Analysis>. Luettu 21.2.2021.

Michael, Kathleen M. & Allen, Jerilyn K. & Macko, Richard F. 2005. Reduced Ambulatory Activity After Stroke: The Role of Balance, Gait, and Cardiovascular Fitness. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 86 (8). 1552–1556. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16084807/>>. Luettu 22.3.2021.

Molteni, Franco & Gasperini, Giulio & Gaffuri, Marina & Colombo, Maria & Giovanzana, Chiara & Lorenzon, Chiara & Farina, Nico & Cannaviello, Giovanni & Scarano, Stefano & Proserpio, Davide & Liberali, Davide & Guanziroli, Eleonora 2017. Wearable robotic exoskeleton for overground gait training in sub-acute and chronic hemiparetic stroke patients: preliminary results. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 53 (5). 676–684. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28118698/>>. Luettu 5.4.2021.

Mulroy, Sara & Gronley, JoAnne & Weiss, Walt & Newsam, Craig & Perry, Jacquelin 2002. Use of cluster analysis for gait pattern classification of patients in the early and late recovery phases following stroke. *Gait & posture* 18 (1). 114–125. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12855307/>>. Luettu 18.3.2021.

Munari, Daniele & Pedrinolla, Anna & Smania, Nicola & Picelli, Alessandro & Gandolfi, Marialuisa & Saltuari, Leopold & Schena, Federico 2018. High-intensity treadmill training improves gait ability, VO₂peak and cost of walking in stroke survivors: preliminary results of a pilot randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 54 (3). 408–418. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27575015/>>. Luettu 6.4.2021.

Nave, Alexander H. & Rackoll, Torsten & Grittner, Ulrike & Bläsing, Holger & Gorsler, Anna & Nabavi, Darius G. & Audebert, Heinrich J. & Klostermann, Fabian & Müller-Werdan, Ursula & Steinhagen-Thiessen, Elisabeth & Meisel, Andreas & Endres, Matthias & Hesse, Stefan & Ebinger, Martin & Flöel, Agnes 2019. Physical Fitness Training in Patients with Subacute Stroke (PHYS-STROKE): multicentre, randomised controlled, endpoint blinded trial. *BMJ* 366. l5101. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31533934/>>. Luettu 10.4.2021.

Perry, Jacquelin & Garrett, Mary & Gronley, JoAnne K. & Mulroy, Sara J. 1995. Classification of Walking Handicap in the Stroke Population. *Stroke* 26 (6). 982–989. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7762050/>>. Luettu 18.3.2021.

Platts, Marina M. & Rafferty, Daniel & Paul, Lorna 2006. Metabolic Cost of Overground Gait in Younger Stroke Patients and Healthy Controls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 38 (6). 1041–1046. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16775542/>>. Luettu 8.4.2021.

Pollock, Alex & Baer, Gillian & Campbell, Pauline & Choo, Pei Ling & Forster, Anne & Morris, Jacqui & Pomeroy, Valerie M. & Langhorne, Peter 2014. Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database Systematic Reviews*. (4). CD001920. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24756870/>>. Luettu 7.4.2021.

Port, Van De & Kwakkel, G. & Lindeman, E. 2008. Community ambulation in patients with chronic stroke: how is it related to gait speed? *Journal of Rehabilitation Medicine* 40 (1). 23-27. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18176733/>>. Luettu 18.3.2021.

Rojek, Anna & Mika, Anna & Oleksy, Łukasz & Stolarczyk, Artur & Kielnar, Renata 2020. Effects of Exoskeleton Gait Training on Balance, Load Distribution, and Functional Status in Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Frontiers in Neurology* 10. 1344. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32010039/>>. Luettu 5.4.2021.

Sandström, Marita & Ahonen, Jarmo 2011. Liikkuva Ihminen- aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. VK-Kustannus Oy.

Saunders, David H. & Sanderson, Mark & Hayes, Sara & Kilrane, Maeve & Greig, Carolyn A. & Brazzelli, Miriam & Mead, Gillian E. 2016. Physical fitness training for stroke patients. *The Cochrane database of systematic reviews* 3(3). CD003316. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27010219/>>. Luettu 11.4.2021

Sharp, Shelley A. & Brouwer, Brenda J. 1997. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 78 (11). 1231–1236. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9365354/>>. Luettu 11.3.2021.

States, Rebecca A. & Pappas, Evangelos & Salem, Yasser 2009. Overground physical therapy gait training for chronic stroke patients with mobility deficits. *Cochrane Database of Systematic Reviews* (3). CD006075. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19588381/>>. Luettu 6.4.2021.

Taveggia, Giovanni & Borboni, Alberto & Mulé, Chiara & Villafañe, H. Jorge & Negrini, Stefano 2016. Conflicting results of robot-assisted versus usual gait training during postacute rehabilitation of stroke patients: a randomized clinical trial. *International Journal of Rehabilitation Research* 39 (1). 29-35. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26512928/>>. Luettu 9.3.2021.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos 2017. Aivohalvaus (stroke). Tutkimukset ja hankkeet. Päivitetty 9.2.2017. Saatavana osoitteessa: <<https://thl.fi/fi/tutkimus-ja-kehittaminen/tutkimukset-ja-hankkeet/perfect/osahankkeet/aivohalvaus-stroke>>. Luettu 24.11.2020.

Terveyskylä 2018. Spontaani aivoverenvuoto. Aivotalo. Päivitetty 26.11.2018. Saatavana osoitteessa: <<https://www.terveyskyla.fi/aivotalo/sairaudet/aivoverenkiertoh%C3%A4iri%C3%B6t/aivoverenvuodot/spontaani-aivoverenvuoto>>. Luettu 27.11.2020.

Teixeira-Salmela, Luci Fuscaldi & Olney, Sandra Jean & Nadeau, Sylvie & Brouwer, Brenda 1999. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 80 (10).1211–1218. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10527076/>>. Luettu 2.4.2021.

Visintin, Martha & Barbeau, Hugues & Korner-Bitensky, Nicol & Mayo, Nancy E. 1998. A New Approach to Retrain Gait in Stroke Patients Through Body Weight Support and Treadmill Stimulation. *Stroke* 29 (6). 1122–1128. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9626282/>>. Luettu 8.3.2021.

Werner, C. & Frankenberg, S. & Treig, T. & Konrad, M. & Hesse, S. 2002. Treadmill Training with Partial Body Weight Support and an Electromechanical Gait Trainer for Restoration of Gait in Subacute Stroke Patients A Randomized Crossover Study. *Stroke* 33 (12). 2895–2901. Saatavana osoitteessa: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12468788/>>. Luettu 12.3.2021.

Wist, Sophie & Clivaz, Julie & Sattelmayer, Martin 2016. Muscle strengthening for hemiparesis after stroke: A meta-analysis. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 59 (2). 114–124. Saatavana osoitteessa: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187706571600035X?via%3Dihub#bib0315>>. Luettu 7.3.2021.