

Kalle Eronen  
Janne Salmela

**C-MILL VR-KÄVELYHARJOITTELU-  
LAITTEISTON  
KÄYTTÖMAHDOLLISUUDET**  
Opas terapatilanteen läpiviemiseksi

Opinnäytetyö  
Jalkaterapeuttikoulutus

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkinto</b>	<b>Aika</b>
Kalle Eronen Janne Salmela	Jalkaterapeutti (AMK)	Helmikuu 2020
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		51 sivua
C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston käyttömahdollisuudet Opas terapiatilanteen läpiviemiseksi		4 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk, Jalkaterapeuttikoulutus		
<b>Ohjaaja</b>		
Arja Kiviaho-Tiippana, Laura Saar		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston käyttömahdollisuudet kävelykuntoutuksessa sekä pyrkiä helpottamaan ja selkeyttämään laitteistolla toteutettavia terapiatilanteita. Opinnäytetyömme teoriapohjassa käsitellään jalkaterapeutin ammatinkuvaa ja kävelyn teoriaa sisältäen kävelyn vaiheet, siihen vaikuttavat tekijät sekä kävelyn tutkimisen ja havainnoinnin. Käsittelemme myös kävelymaton käyttöä kävelyn tutkimisen apuna jalkaterapiassa.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena tuotettiin opas, joka helpottaa ja selkeyttää ammattilaisten valmistautumista sekä työskentelyä C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteistolla suoritetuissa terapiatilanteissa. Opas sisältää terapiaprosessin vaiheet, ohjeistuksen toimintakyvyn määrittämiseen, terapiatavoitteiden laatimiseen, terapiaprosessin läpiviemiseen harjoitteineen sekä esimerkkejä mittaustuloksista ja antaa näin selkeän kuvan koko terapiaprosessista. Oppaassa sekä opinnäytetyössä käytämme harjoitteista niiden laitteessa esiintyviä alkuperäisiä englanninkielisiä nimiä oppaan käytettävyyden selkeyttämiseksi ja työn sisällöllisten riskien välttämiseksi. Opinnäytetyö rajattiin käsittelemään kävelyä, sen tutkimista sekä C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston hyödyntämistä kävelyn eri osa alueiden parantamisessa ja tutkimisessa. Opas rajattiin käsittelemään terapiaprosessin sisältöä ja sen läpivientä.</p> <p>Opinnäytetyön opas on tuotettu tuotekehitysprosessin mukaisesti. Tilaajana opinnäytetyösämme toimi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, jalkaterapeuttikoulutus. Laitteisto sijaitsee Mikkelin Saimaa Stadium Active Live Lab:ssa.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Jalkaterapia, kävely, kävelymatto, C-Mill VR, terapia, toiminnalliset harjoitteet, opas		

Author (authors)	Degree	Time
Kalle Eronen Janne Salmela	Bachelor of Health Care, Podiatrist	February 2020
<b>Thesis title</b>		51 pages
Implementation possibilities of C-Mill VR- instrumented treadmill A guide to manage therapy sessions		4 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
South-Eastern Finland University of Applied Sciences (Xamk)		
<b>Supervisor</b>		
Arja Kiviaho-Tiippana, Laura Saar		
<b>Abstract</b>		
<p>The purpose of this thesis was to find out how to use the C-Mill VR instrumented treadmill in Walking Rehabilitation, with the intention to facilitate and clarify the therapy sessions performed on the treadmill. The theoretical framework of our thesis investigates into the job description of a podiatrist and the theory of walking, including the phases of walking, the factors that influence gait and the study and observation of walking. We also deal with the use of treadmill as an aid in podiatry for gait examination.</p>		
<p>The outcome of this thesis is a guide that facilitates and clarifies the preparation and work in therapy sessions performed with the C-Mill VR instrumented treadmill. The guide includes steps in the therapy process, instructions for determining a functional profile, setting therapy goals, completing the therapy process with exercises, and examples of measurement results to provide a clear view of the entire therapy process.</p> <p>Both in the guide and in the thesis report the original English names are used for the exercises featured on the treadmill in order to clarify the usability of the guide and to avoid any contradictory contents in the work. The scope of this thesis included walking, exploring it, and utilizing the C-Mill VR instrumented treadmill to improve and examine the different stages of walking. The guide was limited to dealing with the contents of the therapy process and its implementation.</p>		
<p>The thesis guide was produced in accordance with the structure of product development process. The client of our thesis was South-Eastern Finland University of Applied Sciences Xamk, Podiatry education. The equipment is located at the Saimaa Stadium Active Live Lab in Mikkeli.</p>		
<b>Keywords</b>		
Podiatry, gait, walk, instrumented treadmill, C-Mill VR, therapy, functional training, guide		

## SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>JALKATERAPEUTIN AMMATINKUVA</b> .....	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>KÄVELY TUTKIMISEN KOHTEENA</b> .....	<b>8</b>
3.1	Kävelyn vaiheet .....	9
3.2	Kävelyyyn vaikuttavat tekijät.....	14
3.2.1	Sisäiset tekijät.....	14
3.2.2	Ulkoiset tekijät.....	18
3.3	Kävelyn arviointi, tutkiminen ja havainnointi .....	20
3.4	Kävelymaton käyttö jalkaterapiassa.....	21
<b>4</b>	<b>MOTEK FORCELINK C-MILL VR-KÄVELYHARJOITTELUKALUSTE</b> .....	<b>22</b>
4.1	C-Mill- terapia .....	23
4.2	Harjoitteet ja niiden valintaan vaikuttavat tekijät .....	25
4.3	Harjoitteista saatava data .....	30
4.4	C-Mill VR-kävelyharjoittelukalusteen mahdollisuudet jalkaterapiassa.....	36
<b>5</b>	<b>OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS</b> .....	<b>38</b>
<b>6</b>	<b>TUOTEKEHITYSPROSESSI</b> .....	<b>38</b>
6.1	Kehittämistarpeen tunnistaminen.....	39
6.2	Ideavaihe .....	40
6.3	Luonnosteluvaihe.....	40
6.4	Kehittelyvaihe .....	42
6.5	Viimeistelyvaihe .....	42
6.6	Valmiin tuotteen esittely .....	43
<b>7</b>	<b>POHDINTA</b> .....	<b>44</b>
7.1	Eettisyys ja luotettavuus .....	45
7.2	Oman oppimisprosessin tarkastelu.....	46
7.3	Jatkotutkimusaiheet.....	46
	<b>LÄHTEET</b> .....	<b>48</b>

KUVALUETTELO

TAULUKKOLUETTELO

Liite 1. Tutkimustaulukko

Liite 2. Tutkimuslupa

## 1 JOHDANTO

Kävelyn tutkiminen on tärkeä osa ihmisen toimintakyvyn arviointia. Kävelyn aikana ilmenevät haasteet tai poikkeavuudet voidaan havaita silmämääräisesti, mutta kävelyliikkeistä aiheutuvia voimia ei voida havainnoida visuaalisesti. Kävelijän kehossa tapahtuu kävelyn aikana suuri määrä liikkeitä samaan aikaan, joka vaikeuttaa havaintojen tekemistä. Silmämääräisesti on lähestulkoon mahdotonta tehdä havaintoja useamman kehonkohdan toiminnoista samanaikaisesti. Kävelyä tulisi aina arvioida sivulta, edestä ja takaa katsottuna. Nykyteknikka helpottaa kävelyn havainnointia ja analysointia. Laitteistoilla voidaan analysoida esimerkiksi voimalevyn tuottamaa dataa, jonka avulla pystytään arvioimaan esimerkiksi askelpituuksia tai painonjakautumista kävelysyklin aikana. Myös kävelyn kuvaaminen helpottaa analysoimista, koska tällöin pystytään palaamaan johonkin tiettyyn kävelyn vaiheeseen useita kertoja tai jopa pysäyttämään kuva, jolloin analysoiminen helpottuu. (Ahonen ym. 2016, 322 – 324.)

Opinnäytetyömme ohjaaja kertoi, että Mikkelin Saimaa Stadium Active life Lab:oon on hankittu uusi kävelyharjoittelulaitteisto, ja ettei kukaan ole vielä laatinut siitä opinnäytetyötä. Tämä herätti kiinnostuksemme aiheeseen, ja sen innoittamana lähdimme tutustumaan laitteistoon. Tutustuessamme tarkemmin laitteistoon ja sen käyttöohjeeseen havaitsimme, että nykyisellä ohjeistuksella terapiaprosessin läpivieminen on erittäin hidasta ja haastavaa. Havaitsimme myös, että laitteiston tuottama kävelystä saatava data on erittäin moninaista ja sen tulkitseminen vaikeaa. Tämän perusteella katsoimme olevan selkeästi tarvetta oppaalle, joka on sisällöltään tarpeeksi informatiivinen mutta riittävän pelkistetty ja lyhyt. Tavoitteenamme oli tuottaa opas, jonka avulla jalkaterapeutti, kuntoutuksen ja terveydenhuollon ammattihenkilö tai opiskelija pystyvät sujuvasti toimimaan terapiatilanteessa tutkittavan kanssa.

Opinnäytetyössämme käydään läpi jalkaterapeutin ammatinkuvaa, kävelyä ja sen vaiheita, kävelyyyn vaikuttavia tekijöitä, kävelyn tutkimista ja siinä apuna käytettäviä laitteita yleisellä tasolla sekä C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteistoa, jonka käyttöä selkeyttämään opas tuotetaan. Opas on suunnattu jalkaterapeuteille, muille kuntoutus- ja terveydenhuoltoalan ammattihenkilöille sekä

alan opiskelijoille. Käytämme opinnäytetyössämme edellä mainituista ammattilaisista yleistä nimitystä terapeutti. Käytämme tässä raportissa ja oppaassa laitteiston harjoitteista niiden alkuperäisiä englanninkielisiä nimiä kokonaisuuden selkeyttämisen vuoksi. Opas tuotetaan tuotekehitysprosessina yhteistyössä työn tilaajan Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun jalkaterapeuttikoulutuksen kanssa.

## **2 JALKATERAPEUTIN AMMATINKUVA**

Jalkaterapeutti on ammattikorkeakoulun suorittanut alaraajojen ja jalkojenhoidon asiantuntija. Jalkaterapeuttikoulutusta on järjestetty korkeakoulutasoisena vuodesta 1996 lähtien. Ensimmäiset jalkaterapeutit valmistuivat vuonna 1999. (Stolt ym. 2017, 27.)

Perusterveydenhuolto sekä erikoissairaanhoidon työllistävät jalkaterapeutteja, mutta suurin osa jalkaterapeuteista työskentelee kuitenkin yksityisellä sektorilla yksityisinä ammatinharjoittajina. Jalkaterapeutin osaamisala on monipuolinen. Tämä ilmenee ammatin ydinosaamisalueista, joita ovat toimintakyvyn arviointi, terveyttä edistävä jalkaterapia, alaraajojen toimintoja tukevat terapiat, jalkaterän apuvälineterapia sekä kynsien ja ihon hoito. (Stolt ym. 2017, 28,30.)

Toimintakyvyn arvioinnissa jalkaterapeutti kiinnittää huomiota asiakkaan pysyasentoon, alaraajojen linjauksiin sekä lihas ja niveltoimintoihin. Myös kävelyn sekä tasapainon tutkiminen antavat paljon tietoa asiakkaan toimintakyvystä. Muita jalkaterapian keinoja asiakkaan toimintakyvyn arviointiin ovat jalkojen perustutkimuksen (sis. iho- ja kynsimuutosten tutkiminen, jalkapohjien kuormituksen tutkiminen, jalkaterän ja varpaiden asentomuutokset sekä kivun ja turvotuksen selvittäminen) lisäksi neurologiset tutkimukset, vaskulaariset tutkimukset, jalkahaavojen tutkimukset sekä diabeettisen riskijalkatutkimus ja riskiluokitus. (Stolt ym. 2017, 28-29.)

Terveyttä edistävässä jalkaterapiassa puolestaan paneudutaan asiakkaan jalkojen omahoitotottumusten kartoittamiseen ja niiden parantamiseen ammattitaitoisen ohjauksen avulla. Ohjausta saatetaan tarvita myös apuvälineiden tai

jalkineiden käytössä, hoitamisessa ja pukemisessa. Myös yksilöllisten harjoitteiden suunnittelu ja ohjaus kuuluvat terveyttä edistävään jalkaterapiaan. (Stolt ym. 2017, 28-29.)

Ihon ja kynsien hoidolla jalkaterapeutti pääsee jo varhaisessa vaiheessa vaikuttamaan asiakkaan kynsien tai ihon alueelle ilmestyviin muutoksiin ja pystyy tätä kautta edistämään asiakkaan kokonaisvaltaista hyvinvointia sekä mahdollisesti pysäyttämään muutoksien etenemisen ja lisämuutoksien syntymisen. Mahdollisuuksina ovat esimerkiksi kynsien mekaaninen hionta ja ihon kosteutaminen, suojaaminen sekä keventäminen. (Stolt ym. 2017, 28-29.)

Alaraajojen toimintoja tukeva jalkaterapia voi puolestaan olla kivunhoitoa, nivelten mobilisointia, hierontaa tai vaikkapa jonkun jäsenen, nivelen tai lihaksen teippausta. Toiminnallisten harjoitteiden suunnittelu ja ohjaus asiakkaalle ovat myös osa tätä kokonaisuutta. (Stolt ym. 2017, 28-29.)

Jalkaterapeutti voi myös auttaa asiakasta apuvälineterapian keinoin. Tällöin jalkaterapeutti voi esimerkiksi valmistaa asiakkaalle pikapohjalliset tai tarpeen vaatiessa täysin yksilöidyt pohjalliset. Hän pystyy myös valmistamaan asiakkaan vaatimuksiin sopivat yksilölliset kevennykset sekä varvasortoosit eli suojat ja oikaisijat. (Stolt ym. 2017, 28-29.)

Valmistuttuaan jalkaterapeutti hallitsee asiakaspalvelun, ohjauksen sekä asiakkaan motivoinnin. Jalkaterapeutti taitaa alaraajojen terveydentilan ja toimintakyvyn tutkimisen, hoitamisen ja kuntouttamisen. Hän hallitsee myös oman ammattitaitonsa ylläpidon ja sen kehittämisen. (Xamk, 2019.)

### **3 KÄVELY TUTKIMISEN KOHTEENA**

Kävelyn katsotaan olevan ihmisen pääasiallinen liikkumismuoto juoksemisen ja ryömimisen ohella. Kävelemään opitaan yleensä noin vuoden ikäisinä, eikä siihen tarvita opastusta, ellei taustalla ole jokin keskushermoston sairaus tai kehityshäiriö. Normaalisti kehittyvällä, terveellä lapsella kävely siis alkaa, kun keskushermosto on siihen valmis (Ahonen & Sandström 2011, 289).

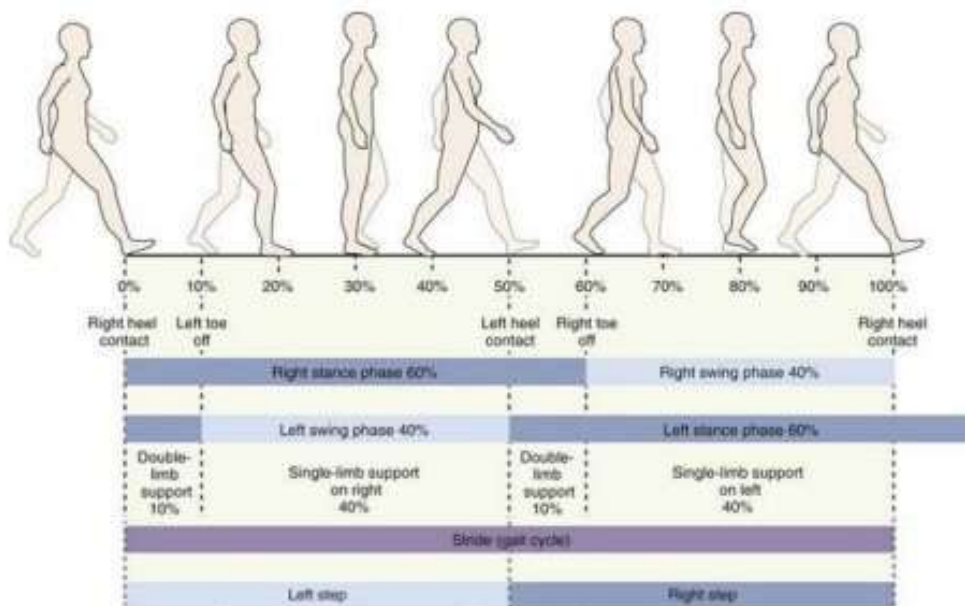


### 3.1 Kävelyn vaiheet

Kävelyä tarkasteltaessa olisi hyvä ymmärtää, mistä kaikesta kävely koostuu ja minkälaisia vaiheita se pitää sisällään. Väyrysen mukaan (2017,182) kävely voidaan jakaa kolmeen päävaiheeseen: Kiihdytysvaihe, rytmisen vaihe sekä hidastumisvaihe. Ahosen ym. mukaan (2002, 156) kävelyä tarkasteltaessa tulisi aina tutkia rytmistä vaihetta, koska se on vaiheista pisin ja yleensä kävelyn virheet tai ongelmat ilmenevät rytmisen vaiheen aikana.

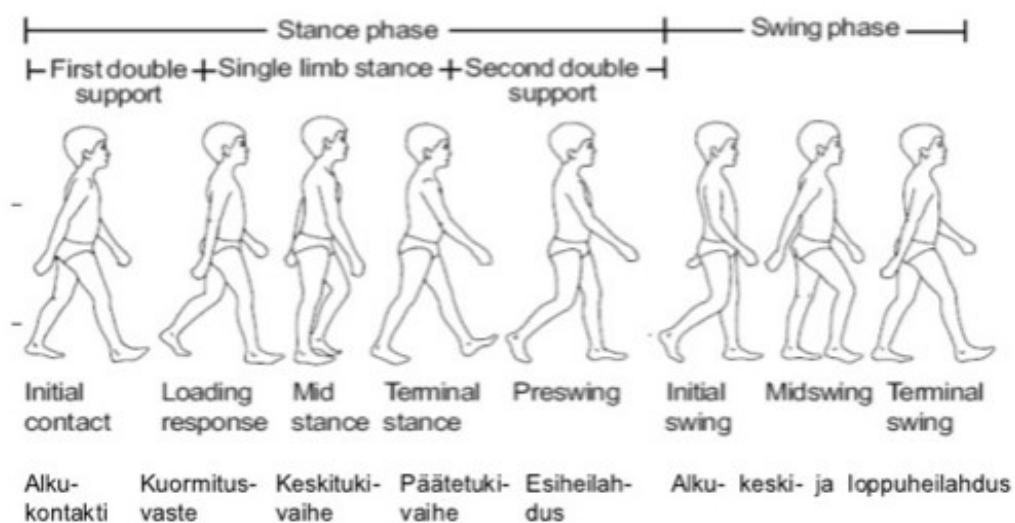
Kiihdytysvaihe, jota Lettre & Contini (1967) kutsuivat kehittymisvaiheeksi, tarkoittaa vaihetta, jossa kävelijä lähtee liikkeelle paikallaan olevasta seisoma-asennosta ja kiihdyttää vauhtiaan. Kun kävelijä saavuttaa halutun kävelynopeuden, alkaa toinen kävelyn päävaiheista eli rytmisen vaihe. Rytmisen vaihe pitää sisällään useita erilaisia liikkeitä, joita toistetaan tietyssä syklissä koko rytmisen vaiheen ajan. Rytmisen vaihe päättyy, kun kävelijä haluaa pysähtyä. Tällöin alkaa kolmas ja viimeinen kävelyn päävaihe eli hidastumisvaihe (pysähtymisvaihe). Tämän vaiheen aikana liikkeiden rytmitys muuttuu ja vauhti hidastuu. Tämä vaihe päättyy, kun vauhti on kokonaan pysähtynyt ja kävelijä seisoo paikallaan. (Ahonen ym. 2002, 156.)

Kävelyn rytmisen vaihe voidaan jakaa yksittäisen askeleen vaiheiden perusteella kahteen askelvaiheeseen: Tukivaiheeseen sekä heilahdusvaiheeseen. Tukivaiheessa keho siirtyy eteenpäin tuen yli. Tuella tarkoitetaan tässä tapauksessa alaraajaa tai alaraajoja, jotka ovat kontaktissa alustaan. Tämä on yksi selvimmistä kävelyn ja juoksun välisistä eroista. Tukivaihe on noin 60 % koko askelsyklistä. Askelsyklillä tarkoitetaan yhtä askelparia (Kuva 1). Askelsykli alkaa kannan osuessa alustaan ja päättyy saman kannan osuessa seuraavan kerran alustaan. Toisen askelvaiheen eli heilahdusvaiheen aikana raaja on irti alustasta ja se liikkuu vapaasti eteenpäin vieden kävelijää myös samalla eteenpäin. Tämä vaihe alkaa, kun varpaat irtoavat alustasta ja päättyy, kun raaja seuraavan kerran osuu alustaan. Heilahdusvaihe on noin 40 % koko askelsyklistä. (Väyrynen, 2017, 183; Everet & Kell, 2010, 176.)



Kuva 1. Askelsyklin tuki ja heilahdusvaiheet. Mukailten (C-Mill Guideline 2016,16-17)

Väyrysen mukaan 2017 tukivaihe pitää sisällään viisi eri vaihetta: Alkukontakti, kuormitusvaste, keskitukivaihe (varhainen ja myöhäinen) sekä päätöstukivaihe. Heilahdusvaihe pitää sisällään askelsyklin kolme viimeistä askelvaihetta, jotka ovat esi-, alku- sekä loppuheilahdus. Alkukontakti aloittaa askelsyklin tukivaiheen. Alla olevassa kuvassa (kuva 2) on esitetty kävelyn kahdeksan askelvaihetta.



Kuva 2. Kävelysyklin kahdeksan askelvaihetta. Mukailten (Vaughan ym. 1999.)

Alkukontaktissa (Kuva 2) eteenpäin astuva raaja ottaa ensimmäisen kontaktin alustaan. Kontakti tapahtuu yleensä kantapäällä, tarkemmin ottaen hieman kantapään ulkoreunalla. Tämä johtuu siitä, että kantaluu on alustakontaktin aikana hieman inversiossa eli sen alareuna on kääntynyt sisäänpäin ja näin ollen alempi nilkkanivel (art. talocalcaneonavicularis) on supinaatiossa. Sääri on kiertynyt hieman ulkokiertoon, jonka seurauksena myös jalkaterä osoittaa yleensä hieman ulospäin jalan kuvitteellisesta keskilinjasta. Tästä syystä joissain lähteissä alkukontaktia on kutsuttu myös kantaiskuksi. On kuitenkin mahdollista, että alkukontakti tapahtuu jollain muulla jalkaterän osalla, kuten esimerkiksi päkiällä tai sen ulkoreunalla (Rose & Gamble 2006, 39). Tämä voi johtua jostain neurologisesta häiriöstä tai esimerkiksi jostain opitusta liikemallista, kuten voimistelijoille tyypillisestä päkiä - askelluksesta. Jotta alkukontakti voitaisiin suorittaa kantapään alueella, tulisi ylemmän nilkkanivelen (art. talocruralis) olla neutraalissa asennossa eli 90°:een kulmassa. Tämä vaihe on osa kaksoistukivaihetta, joka tarkoittaa sitä, että etummainen jalka suorittaa alkukontaktia ja taempi jalka puolestaan päätöstukivaihetta (Everett & Kell 2010, 176). Alkukontaktissa kehon paino on vielä pääosin taemman alaraajan päällä, mutta kuormitus siirtyy nopeasti etummaiselle jalalle sen kannan osuessa alustaan. (Ahonen ym. 2002, 175-183; Ahonen & Sandström 2011, 297 – 299; Väyrynen 2017, 183.)

Alkukontaktia seuraa kuormitusvaste (Kuva 2). Ahosen ym. mukaan (2011, 298, 310) nämä kaksi vaihetta sulautuvat saumattomasti yhteen. Painon siirtyessä taemmalta alaraajalta etummaiselle kuormitusvastevaihe alkaa. Etummainen jalkaterä painuu alustaan ja koko alaraajassa alkaa iskunvaimennus kehon painon siirryttyä sille. Jousto alkaa alemmasta nilkkanivelestä, kun kantaluu kääntyy eversioon eli sen alareuna kääntyy ulospäin. Tätä liikettä kutsutaan alemman nilkkanivelen pronaatioksi. Ylemmässä nilkkanivelessä tapahtuu koukistuminen eli dorsifleksio, jossa säären ja jalkaterän välinen kulma pienenee. Polvinivelessä (art. genu) tapahtuu pieni koukistuminen osana koko raajan joustoa. Myös lonkkanivel (art. coxae) osallistuu joustoon pienen koukistus - suuntaisen liikkeen muodossa ja lantio kiertyy hieman eteen, jotta koko ylävartalo saadaan jalan päälle. Alkukontaktin edetessä kuormitusvaste – vaiheeseen, tapahtuu myös yksi kolmesta kävelyn keinusta eli kantakeinu. Sillä tarkoitetaan sitä, kun alkukontaktin jälkeen kehon paino rullaa kantapään yli kuormitusvaste - vaiheeseen koko jalkaterän laskeutuessa alustalle. Mitä

nopeampi tämä keinu on, sen parempi. Keinua voi hidastaa esimerkiksi liian pitkä askel. Tämä voi altistaa säären etuosan kiputiloille, koska silloin säären etuosan lihakset joutuvat työskentelemään jarruttaen voimakkaasti jalkaterän plantaarifleksiota, jotta jalkaterä ei läpsähtäisi alustalle. Liian pitkä askel myös jarruttaa kehon eteenpäin suuntautuvaa liikettä. (Ahonen & Sandström 2011, 298, 310.)

Kuormitusvastevaiheen vaihtuessa keskitukivaiheeseen päättyy myös askel-syklin ensimmäinen kaksoistukivaihe, kun takimmainen jalka irtoaa alustalta ja paino siirtyy kokonaan etummaiselle jalalle (Kuva 2). Tämä vaihe ja sitä seuraava päätöstukivaihe ovat kävelyn haastavimmat vaiheet. Tämä johtuu siitä, että ne molemmat ovat yhden jalan tukivaiheita. Vaiheiden aikana tapahtuu reilusti etenemistä kehon painon ollessa täysin yhden alaraajan varassa. Irrottuaan alustalta, taempi jalka jatkaa vapaata heilurimaista liikettään kohti tukijalan linjaa ja sen ohi. (Ahonen & Sandström 2011, 301.)

Keskitukivaihe voidaan jakaa sen pituudesta johtuen varhaiseen ja myöhäiseen keskitukivaiheeseen. Varhaisessa vaiheessa kehon paino on jakautunut aika lailla tasaisesti jalkaterän etu- ja takaosan kesken. Tässä vaiheessa jalkaterässä vallitsee vielä pronaatio, joka kuitenkin alkaa vaiheen edetessä muuttua resupinaatioksi, kun kehon paino siirtyy jalkaterän ulkosyrjälle. Tämä mahdollistaa myöhemmin tapahtuvan jalkaterän jäykistymisen ja sen toimimisen vipuvartena ponnistuksessa. Lähestyttäessä myöhäistä vaihetta kehon paino alkaa myös siirtyä enemmän jalkaterän etuosalle, joka mahdollistaa päätöstukivaiheessa (Kuva 2) tapahtuvan kannan kohoamisen alustasta. Kehon massan painopiste liikkuu keskitukivaiheen aikana alustassa kiinni olevan raajan yli jatkaen kohti päätöstukivaihetta. Kaikki eteenpäin suuntautuva liike tapahtuu ylemmän nilkanivelen kautta. Keskitukivaihe jatkuu siis siihen saakka, kunnes alustassa olevan jalan kanta irtoaa alustasta. (Ahonen & Sandström 2011, 301 - 303; Väyrynen 2017, 183 – 185.)

Ahosen ym. mukaan (2011, 303 - 304) päätöstukivaihe alkaa siitä, kun tukijalan kanta kohoaa irti alustasta. Liike on jatkumoa keskitukivaiheen liikkeelle. Tämä tapahtuu alkuun passiivisesti, koska jalkaterän ei kuulu vielä tässä vaiheessa ponnistaa. Jos kannankohotus olisi aktiivinen, liike suuntautuisi enemmän ylöspäin kuin kehon kulkusuuntaan eli eteenpäin. Kävely olisi näin ollen

pomppivaa ja epätaloudellista. Päästötukivaiheessa taempi alaraaja heilahtaa eteen valmistautuen seuraavassa vaiheessa ottamaan kehon painon vastaan. Päästötukivaiheen edetessä kohti loppuaan, paino siirtyy jalkaterässä kohti päkiää ensimmäisen ja toisen jalkapöydänluun (os. metatarsus I -II) päiden kohdalle. Tämä mahdollistaa tulevan ponnistuksen tapahtumisen ensimmäisen päkiänivelen (art. metatarsophalangealis -I) ja ensimmäisen varpaan kautta. Päästötukivaihe päättyy siihen, kun tukijalassa tapahtuu aktiivinen ponnistus ja heilahtavan raajan kanta osuu alustalle. Tähän päättyy myös kävelysyklin ensimmäinen yhden jalan tukivaihe. (Ahonen & Sandström 2011, 301 – 303.)

Esiheilahdus - vaihe aloittaa kävelysyklin toisen kaksoistukivaiheen (Kuva 2). Vaiheen alussa etummaisesta jalan kannan ollessa alustalla, paino on jo siirtynyt sille. Koko taempi alaraaja on tässä vaiheessa ulkokierrossa valmistautuessaan heilahtamaan eteenpäin. Taemman jalan vaikutus etenemiseen loppuu ja sen heilahdusmainen liike eteenpäin alkaa lonkan ojennuksen muuttuessa nopeasti koukistus -suuntaiseksi liikkeeksi. Reisi heilahtaa eteenpäin ja jalkaterä rullaa päkiän yli. Tätä tapahtumaa voidaan myös kutsua taemman alaraajan varvastyönnöksi. Vaihe päättyy, kun taemman jalan varpaat irtoavat alustasta. Samalla päättyy myös askelsyklin toinen kaksoistukivaihe. (Väyrynen 2017, 185.)

Ponnistavan alaraajan varpaiden irrotessa alustasta alkaa kävelysyklin toinen yhden jalan tukivaihe (Kuva 2). Tämän tukivaiheen aloittaa alkuheilahdus, jossa taempi alaraaja on irti alustasta ja se heilahtaa vapaasti kohti etummaisesta raajan säärtä. Tämän vuoksi vaiheen aikana tapahtuu myös selkeää eteenpäin vievää liikettä. Lonkan koukistuminen jatkuu ja reisi liikkuu kohti etummaista raajaa. Tämän seurauksena polvinivel myös koukistuu. Polven riittävä koukistuminen on tärkeää, koska näin varmistetaan, etteivät jalkaterä ja varpaat osu alustaan heilahduksen aikana. Vaihe päättyy siihen, kun heilahtavan raajan varpaat ovat saavuttaneet tukijalan nilkan. Vaiheen tarkoituksena on saada taempi alaraaja heilahtamaan eteenpäin kohti seuraavaa askelta mahdollisimman taloudellisesti. (Väyrynen, 2017; Ahonen, 2011.)

Alkuheilahdusvaihetta seuraa keskiheilahdusvaihe (Kuva 2). Alustasta irti oleva alaraaja jatkaa vapaata heilurimaista liikettään eteenpäin. Vaihe alkaa

heilahtavan alaraajan ollessa tukijalan vieressä. Vaiheen aikana etenevä liike tapahtuu tukijalan ylemmän nilkkanivelen kautta kehon hyödyntäessä nilkka-keinu –strategiaa. Lonkkanivelen koukistuminen on maksimissaan ja sääri liikkuu eteenpäin polvinivel liikeakselinaan. Vaihe päättyy, kun heilahtavan alaraajan sääri on alustaan nähden pystysuorassa asennossa. (Ahonen & Sandström 2011, 307.)

Kävelysyklin viimeinen vaihe on nimeltään loppuheilahdus (Kuva 2). Vaihe alkaa, kun säären liike jatkuu alustaan nähden pystysuorasta asennosta eteenpäin. Vaiheen aikana liike hidastuu alaraajan valmistautuessa laskeutumaan alustalle. Polvinivel siis jatkaa ojentumistaan ja jalka suoristuu eteenpäin valmistautuen ottamaan alustakontaktin. Lonkan koukistus ei saisi enää tässä vaiheessa lisääntyä, koska se altistaisi liian pitkälle askeleelle ja tämän seurauksena kanta iskun törmäysvoima kasvaisi liian suureksi. Ylemmässä nilkkanivelessä tapahtuu myös aktiivista koukistus – suuntaista liikettä, kun jalkaterä valmistautuu laskeutumaan alustalle seuraavan askelsyklin ensimmäistä vaihetta, alkukontaktia varten. (Ahonen & Sandström 2011 307 - 308; Väyrynen 2017, 186.)

### **3.2 Kävelyyn vaikuttavat tekijät**

Kävelyyn vaikuttavia tekijöitä on useita. Tekijät voidaan karkeasti jakaa sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin. Ihmisen kävely itsessään on pystyssä tapahtuva, erittäin monimutkainen syklisten eteenpäin vievien liikkeiden sarja (Ahonen ym. 2002,86). Väyrysen mukaan (2017, 181 - 182) ei ole olemassa yhtä oikeaa tapaa kävellä. Hänen mukaansa kävely rakentuu ala- ja yläraajojen sekä vartalon liikkeiden yhdessä muodostamasta monimutkaisesta liikkeiden sarjasta.

#### **3.2.1 Sisäiset tekijät**

Ahosen mukaan (2002, 102) jokaisella ihmisellä on oman kehon yksilölliset mahdollisuudet sekä rajoitukset, jotka vaikuttavat hänen kävelyynsä joko avustaen tai rajoittaen. Väyrysen mukaan (2017,181) kävelyä arvioitaessa tulisi suhteuttaa kehon yksilöllistä rakennetta liikkumiseen.

Ihmisen luusto asettaa liikkumiselle tietyt lainalaisuudet. Luisen rakenteen aiheuttamat vipuvarret vaikuttavat kehon mekaniikkaan ja tätä kautta myös liikkumiseen. Vipuvarsien keskinäiset suhteet ovat hyvinkin yksilöllisiä. Tämän takia esimerkiksi askelpituudessa voidaan yksilöiden välillä havaita suuriakin eroja. Myös kävelyn heiluriliikkeet niin ala- kuin yläraajoissa voivat erota yksilöiden välillä selkeästi. Yksittäiset luut voivat myös olla rakenteeltaan kiertyneitä esimerkiksi lapsena paljon toistetun, vääränlaisen istuma-asennon seurauksena. Lapsen luusto on erittäin joustavaa ja näin ollen myös altis muutoksille. Alaraajojen luiset poikkeamat vaikuttavat erityisen paljon siihen, kuinka liikkeet ohjautuvat ja kuinka jalka ja koko alaraaja kuormittuvat kävelyn aikana. (Ahonen 2002, 88; Väyrynen 2017, 181.)

Myös nivelten rakenne ja toiminta vaikuttavat kävelyyn. Tässä kappaleessa keskitymme käsittelemään alaraajojen niveliä. Ihmisen kehossa on useita, rakenteeltaan erilaisia niveliä. Nivelen rakenne määrittää sen mahdollisuudet ja tehtävän. Niveliä on yksi, kaksi tai kolme akselisia. Akseleiden määrä määrittää nivelen liikesuuntien määrän. Yksiakselisia sarananiveliä alaraajojen alueella ovat esimerkiksi kaikki varpaiden pienet nivelet PIP-nivelet (art. interphalangea proximalis), IP-nivelet (art. interphalangeales pedis) ja DIP-nivelet (art. interphalangea distalis) sekä ylempi nilkkanivel. Kaksiakselisia niveliä puolestaan ovat MTP-nivelet, jotka ovat liikelaajuudeltaan rajoitettuja palloniveliä. Kaksiakselisilla nivelillä tärkeimmät liikkeet ovat koukistus- ojennus (Fleksio - ekstensio) ja sekundaarisena liikkeenä usein lähennys- loitonnuksen (Adduktio - abduktio). Alempi nilkkanivel eli ST-nivel on hyvä esimerkki kolmiakselisesta nivelestä. ST-nivel on niveltypiltään tasonivel ja sen liikkeet ovat kolmiulotteisia, niin kuin akseleiden määrästäkin voidaan jo päätellä. Muita kolmiakselisia niveliä ovat pallonivelet ja tästä hyvänä esimerkkinä alaraajojen alueella toimii lonkkanivelet. (Ahonen 2002, 89.)

Nivelten liikkuvuudet tai liikerajoitukset voivat vaikuttaa olennaisesti kävelyyn. Ikääntyneillä ihmisillä nivelten liikelaajuudet ovat pienentyneet ja lihaskireydet lisääntyneet. Tämä vaikuttaa olennaisesti tasapainoon, jonka seurauksena kävely vaikeutuu ja kaatumisriski kasvaa. Muita kaatumisriskiä kasvattavia tekijöitä ovat esimerkiksi heikentynyt toimintakyky sekä sairaudet. (Saarikoski & Stolt 2016, 22-23; Niemi & Reinilä 2013, 2.)

Nivelen aliliikkuvuus rajoittaa sen normaalia toimintaa ja vaikeuttaa nivellelle ominaisen liikkeen toteutumista. Tämä johtuu yleensä niveltä tukevien rakenteiden kireydestä. Aliliikkuvuus nivelessä voi myös aikaansaada kompensaa-tion, jossa liikeketjussa ylempänä tai alempana olevassa nivelessä ilmenee yliliikkuvuusoireita. Liikelaajuudeltaan rajoittuneessa nivelessä ei yleensä esiinny kipua, tai muita oireita. Vastaavasti kompensoiva yliliikkuva nivel voi alkaa oireilla. Yliliikkuvassa nivelessä nivelen tukirakenteet mahdollistavat liian suuren liikelaajuuden, jonka seurauksena nivel menettää stabiliteettiaan. Tämän vuoksi on tärkeää tutkia ja selvittää tarkasti kipuoireen syy. Tilanteissa, joissa kompensatiota ei huomata kipuoireen aiheuttajana, voivat hoitotoimen-piteet olla virheellisiä ja suuntautua väärän kehonosaan tai kudokseen. Esi-merkiksi ST-nivelen yliliikkuvuus vaikuttaa olennaisesti alaraaja linjaukseen, biomekaniikkaan ja tämän kautta koko suljettuun kineettiseen ketjuun. (Aho-nen ym. 2002, 89-90.)

Ahosen ym. mukaan (2011, 308 – 309) kävelyssä sovelletaan suljetun kineet-tisen ketjun eli liikeketjun periaatteita. Alaraajan osalta tämä tarkoittaa sitä, että kun alaraajan distaalinen osa eli jalkaterä laskeutuu alustalle, muodostaa se suljetun liike ketjun, jossa alaraajan nivelet joustavat tasapainoisessa suh-teessa toisiinsa. Jalkaterän nivelet aloittavat jouston, nilkan alueen nivelet yh-tyvät joustoon polvinivelen sekä lonkan ja lantion alueen nivelten seurattessa ketjumaisesti perässä distaalisten nivelten aloittamaa joustoliikettä. Normaa-lissa kävelyssä pystytäänkin havaitsemaan toisiinsa nähden tasapainossa ole- via joustoliikkeitä koko kehon alueella. (Ahosen ym. 2011, 308 – 309.)

Myös lihaksiston vaikutukset kävelyyn on hyvä tiedostaa. Ahosen ym. (2011, 295) mukaan suurin osa kävelyn aikana tapahtuvasta lihastyöstä on jarrutta-vaa eli eksentristä lihastyötä. Osa lihaksista myös supistuu kävelyn aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että ne suorittavat tällöin konsentrista lihastyötä. Tätä il-menee lihaksissa, jotka ovat suorittaneet joustoa ja palautuvat siitä sekä myös ponnistusta suorittavissa lihaksissa. (Ahonen ym. 2011, 295.)

Ahosen mukaan (2002, 90 – 91) lihaskireydet ja heikko lihasvoima etenkin lantion ja lonkan alueella vaikeuttavat normaalin kävelyn toteuttamista. Li-



hasheikkous oi näkyä erilaisina kompensatioina esimerkiksi tukivaiheen aikana. Lihasten voima ei riitä stabiloimaan (tukevoittamaan) jotain tiettyä kehon osaa, jonka seurauksena ihminen pyrkii muilla vartalon osilla korjaamaan tilanteen, jotta tasapaino säilyisi ja etenevää liikettä kyettäisiin jatkamaan. Lihaskireydet puolestaan voivat ilmetä nivelissä niiden liikelaajuuksien kaventumisena. Tämä saa aikaan kompensatioita, jotka ilmenevät yleensä viereisissä nivelissä. Liike siirtyy rajoittuneesta nivelestä sinne, missä se pystytään toteuttamaan. Tämän seurauksena voi koko kyseisen kehon osan tai alueen kuormitus häiriintyä ja yleisimmin se johtaa myös erilaisiin nivelten virheasentoihin ja kipuoireisiin. Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan pitää Lanne - suoliluun lihaksen (m. iliopsoas) kireyden vaikutus lonkan ja lantion alueen toimintaan päätöstukivaiheen aikana. Em. lihaksen liiallinen kireys estää lonkkaniveltä ojentumasta riittävästä. Tämän seurauksena ponnistus jää vajaaksi. Jos tätä ongelmaa yritetään korjata pyrkimällä ojentamaan lonkkaa enemmän kävelyn aikana, heijastuu se ei toivottuna liikkeenä lantion alueella, tarkemmin ristiluun (os. sacrum) ja suoliluun (os. ilium) välissä oleviin SI - niveliin (art. sacroiliaca), sekä koko lannerankaan aiheuttaen lantion yläreunan kääntymisen eteenpäin (anteriorisesti) sekä lannenotko (lannelordoosin) kasvamisen. Keho kompensoi tätä siirtämällä ylävartalon painopistettä taemmaksi aiheuttaen selän kipeytymisen ja lannenikamien ylisuuren kuormittumisen. Liian kireiden lihasten vastavaikuttajalihakset joutuvat myös työskentelemään koko ajan kireyttä vastaan, jolloin niiden omat liikkeet muuttuvat tahmeiksi. (Ahonen 2002, 90 – 91.)

Lihaksistoa, ja näin ollen myös ihmisen liikettä ohjaa ja säätelee erittäin laaja ja monimutkainen hermojärjestelmä. Kävelyn aikana hermosto yhdistelee aistitietoja muodostaen liikekäskyjä koordinoimaan lihasten yhteistoimintaa. Saatuttaakseen tilanteeseen sopivan vakaan kävelyn hermoston mekanismien tulee suoriutua erittäin monimutkaisista tehtävistä. (Ahonen 2016, 289.) Hermoston hyvä toiminta antaa edellytykset oikeaoppiselle, virheettömälle kävelylle. Pitkittyneet toiminnalliset häiriöt voivat jättää jälkensä myös hermoihin. Uusien liikemallien oppimisessa on kyse hermojen ja lihasten uudelleen opettamisesta. (Ahonen 2002, 101.)

### 3.2.2 Ulkoiset tekijät

Ahosen mukaan (2002, 102) kävelyä tutkitaan yleensä mahdollisimman neutraaleissa olosuhteissa. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimusolosuhteet pyritään järjestämään niin, että alusta olisi mahdollisimman tasainen ja kävelyä varten järjestetty tila olisi sisätila. Tällä tavoin pyritään sulkemaan pois kaikki ulkoiset tekijät, jotka voivat vaikuttaa kävelyyn. Alustan ominaisuudet sekä sääolosuhteet voivat vaikuttaa suuresti kävelyn toteuttamiseen ja tällä tavoin vaikuttaa vääristävästi kävelyn havainnointiin ja tutkimiseen. Tämä ei kuitenkaan tue ajatusta siitä, mitkä ovat ihmisen jalkaterän kolme tärkeintä tehtävää: Toimia tehokkaana iskunvaimentajana, mukautua erilaisille, epätasaisillekin alustoille ja muuttua ponnistusta varten jäykäksi ja tukevaksi vipuvarreksi. (Ahonen 2022, 102.)

Alustan ominaisuuksilla katsotaan siis olevan vaikutusta kävelyyn. Alustan eri suuntaiset kallistukset muuttavat askellusta ja esimerkiksi pitkään kaltevalla alustalla askeltaminen voi johtaa sääarten alueiden lihasten kipeytymiseen. Ylämäkeen käveleminen taas pakottaa ihmisen nojaamaan eteenpäin, jotta kehon painopiste saataisiin pidettyä jalkojen eli kehon tukipinnan päällä. Tämä saa aikaan lanneselän notkon suoristumisen. Pohjalihakset joutuvat työskentelemään ahkerammin ja ponnistamaan ylivenytyneinä. Myös lonkan koukistajalihakset joutuvat työskentelemään enemmän polven riittävän nousun turvaamiseksi, jotta jalka saataisiin kehon painopisteen alle. Lonkan ojentajalihakset kuten pakaralihakset sekä reiden takaosan lihakset joutuvat myös työskentelemään huomattavasti pidempään ja voimakkaammin kuin tasaisella alustalla kävellessä. Myös alustan kovuudella on omat vaikutuksensa kävelyyn. Tottumattoman kävelijän tulisikin suosia hieman pehmeämpiä, joustavia alustoja kovien sijaan. Kovalla alustalla, kuten esimerkiksi asfaltilla käveleminen kuormittaa alaraajoja huomattavasti enemmän, kuin pehmeämmillä alustoilla suoritettu kävely, koska kovalta alustalta raajaan takaisin välittyvä reaktivoima on selvästi suurempi, kuin esimerkiksi pururadasta tai metsäpolusta välittyvä reaktivoima. Liian pehmeä alusta voi puolestaan korostaa askelluksessa olevia virheitä ja tämän seurauksena koko alaraaja voi alkaa kipeytyä. (Ahonen 2002, 104 – 107.)

Myös alustan liukkaus tuo omat haasteensa kävelylle. Ahosen mukaan (2002, 106) liukkaalla alustalla kävely muuttuu varovaiseksi ja jännittyneeksi. Askelus tulisikin hänen mukaansa pitää riittävän lyhyenä, jotta jalka saataisiin laskeutua alustalle mahdollisimman pystysuorasti. Tällä varmistetaan jalan kontaktituminen alustaan suoraan massan painopisteen alle. Tällöin alustasta välittyvä reaktivoima mahdollistaa tasapainon säilyttämisen. Liian pitkä askel altistaa liukastumisille, koska kontakti alustaan tapahtuu kannalla selvästi kehon massan painopisteen etupuolelle. Tällaisessa tilanteessa liike-energia suuntautuu eteenpäin viistosti alustaan nähden ja kun alusta on liukas eikä kitkaa juurikaan ole, jalka luistaa eteenpäin ja kävelijä kaatuu. Liukkailla alustoilla liukastumisten ja kaatumisten takia hoitoon joutuu joka vuosi iso määrä ihmisiä. Yleisimpiä liukastumisen aiheuttamia vammoja ovat esimerkiksi erilaiset luunmurtumat, pehmytkudoksien venähdykset ja nivelten nyrjähdykset. (Ahonen 2002, 106.)

Ilmaston vaikutus kävelyyhin on myös hyvä ottaa huomioon. Lämpimällä ilmalla lihaksisto rentoutuu helpommin kuin kylmällä ilmalla. Kylmä ilma vaikuttaa myös niveliin jäykistäen niitä. Myös tuulen voimakkuus vaikuttaa kävelyn toteuttamiseen. Voimakas tuuli muuttaa kävelyasentoa. Vastatuuleen käveleminen vaatii voimakkaampaa lihastyötä ja yleensä kävelijän on lisättävä etunojaa painamalla ylävartaloa eteenpäin. Myötätuuleen käveleminen puolestaan ei yleensä vaadi lihaksistolta mitään ylimääräistä. Kävelijä voikin nojata hieman taaksepäin ja kävely rullaa kuin itsestään. (Ahonen 2002, 107.)

Ihmisen luonnollinen kävely tapahtuu paljasjaloin, ilman jalkineita. Ilmasto ja jotkin kulttuuriset tekijät ovat pakottaneet suuren osan väestöstä käyttämään jalkineita. Jalkineiden pääasiallinen tarkoitus onkin suojata jalkoja ulkoisilta iskuilta, hankauksilta, pistoilta, kosteudelta sekä kylmyydeltä. Jalkineen tulisi olla käyttötarkoitukseensa nähden oikeanlainen. Talvella jalkineen vaatimukset ovat riittävä lämmön eristys, oikeanlainen, pitävä pohjamateriaali ja sen kuviointi. Kävelyn toteutumiselle on ensiarvoisen tärkeää, että kengän pohja ei pääsisi liukumaan alustalla. Myös vaatetus pitää valita sopimaan ilmasto-olosuhteisiin. Liian niukka vaatetus altistaa kylmälle ja tätä kautta lisää lihasjännitystä ja jäykistää niveliä. Kävelijän tulisi välttää liian kireitä, kiristäviä vaatteita, koska ne voivat rajoittaa raajojen liikkeitä ja näin ollen estää kävelyn oikeanlaisen toteuttamisen. (Ahonen 2002, 107 – 109.)

### 3.3 Kävelyn arviointi, tutkiminen ja havainnointi

Kävelyn biomekaniikkaa voidaan tutkia eri osa-alueilta. Näitä ovat kinematiikka, energetiikka sekä kinetiikka. Kinematiikassa pyritään visuaalisesti selvittämään kävelyn aikaisia tapahtumia ja liikkeiden liittymistä toisiinsa. Ovatko liikkeet normaalin rajoissa, vai tapahtuuko liiketasolla poikkeamia, tai muita mahdollisia muutoksia. On tärkeää ymmärtää perusliikkeet, siirtymisen, nopeuden ja liikkeen kiihtyvyyden osalta. Nämä asia luovat kinematiikan perustan. Kinematiikkaa tutkittaessa voidaan visuaalisen havaintojen lisäksi käyttää valokuvausta, videokuvasta/suurnopeuskameraa tai tietokoneisiin liittyviä liikeanalysointilaitteita. Tutkimisen oletuslähtökohtana on kuitenkin selvittää, mikä on normaalia toimintaa ja vasta tämän jälkeen voidaan selvittää virheellinen tai patologinen toiminta. (Ahonen ym. 2002, 80.)

Energetiikka tutkii energian kulutusta. Ihmiset kävelevät luonnollisesti energiaa säästävällä tavalla. Kävelynopeudeksi muodostuu nopeus, joka minimoi energian kulutuksen. Normaalisessa kävelyssä raajojen ja kehon liikkeet ovat pehmeitä. Liikkeet tasoittavat ja vähentävät painopisteen siirtymistä. Normaalista poikkeava kävely lisää energian kulutusta ja rajoittaa liikkumista. Kävelyn energian kulutukseen vaikuttavat mm. ikä, paino, kävelynopeus sekä sukupuoli. (Rose ym. 2006, 77.)

Kinetiikassa kineettinen tutkiminen ei tapahdu visuaalisesti vaan se perustuu joko mittaamiseen jollakin välineellä tai aiemmin tallennettuihin kinemaattisiin tietoihin (Ahonen ym. 2002, 80). Kinetiikka sisältää sisäiset ja ulkoiset voimat. Sisäiset voimat tulevat lihasaktiivisuudesta, nivelsiteistä tai lihasten ja nivelten kitkasta. Ulkoiset voimat tulevat alustasta tai ulkopuolisesta kuormasta, toimivista kehosta esimerkiksi jalkapalloilija käyttää voimaa taklauksessa tai passiivisesta lähteistä kuten esimerkiksi tuulen vastus. (Winter 2009, 10.)

Kävelyssä tapahtuvat liikkeet ovat kolmiulotteisia, joten se tekee kävelyn tutkimisesta haastavaa. Periaatteena kuitenkin on, että kävelyn ensimmäinen havainnot tutkittavasta tehdään jo siinä vaiheessa, kun asiakas liikkuu vielä täysin spontaanisti vaikkapa vastaanottohuoneeseen. Kävelyn tutkimisessa huomioidaan ilman kuormitusta sekä staattisesta tutkimisesta tehdyt havainnot,

jotka yhdistetään kävelyssä havaittuihin toiminnallisiin tekijöihin. (Stolt ym. 2007, 186.)

Itse kävelyn tutkiminen tulisi tehdä riittävän suuressa tilassa, jossa tutkittava kävelee loivaa kaarta pitkin. Helpompaa kävelyn tutkiminen on kuitenkin kävelymatolla, koska tutkittava pysyy tällöin tilassa paikallaan. Kävelyn analysoinnissa voidaan käyttää myös videokuvausta, jolloin tutkiminen helpottuu. Kävelyn vaihteita voidaan videokuvassa hidastaa tai liike voidaan pysäyttää havaintojen tekemiseksi. (Ahonen & Sandström 2011, 322.)

Riippumatta kävelyn analysointimenetelmästä tutkiminen kannattaa pilkkoa pienemmiksi osa-alueiksi. Ensimmäisessä vaiheessa voidaan havainnoida kehonosien suhteelliset asennot toisiinsa nähden Pää-hartiarengas-rintakehän asentoon -jalkojen alustupaikka. Seuraavassa vaiheessa voidaan katsoa puolittain vasen ja oikea puoli. Tämän kautta havaintoja voidaan tarkentaa keskittymällä vain yhteen osa-alueeseen esim. polveen. Kun tutkiminen tarkennetaan yhteen raajaan tai sen osaan, tulee tutkijan tuntea kävelyn vaiheet ja siihen liittyvät lihastoiminnot. (Ahonen & Sandström 2011, 322.)

### **3.4 Kävelymaton käyttö jalkaterapiassa**

Jalkaterapeutin osaamisalueisiin kuuluu ihmisen toimintakyvyn ja liikkumisen arviointi. Kävely on ihmisen perusliikkumista ja sen arvioinnissa sekä tutkimisessä voidaan käyttää apuna erilaisia teknisiä apuvälineitä kuten esimerkiksi kävelymattoa. Kävelymaton etuina kävelyn tutkimisessä ovat esimerkiksi tutkittavan pysyminen tilaan nähden paikallaan. (Väyrynen 2017, 189.)

Mielestämme tämän ansiosta tutkijan keskittyminen itse tutkittavaan ja hänen kävelyynsä helpottuu, kun hänen ei tarvitse kävellä tutkittavan mukana. Kävelymaton etuina ovat myös harjoitteiden toistettavuus, kävelynopeuden vakiointi tai muuttaminen sekä tasainen alusta. Kävelymaton haittoina kävelyn tutkimiselle voivat olla tutkittavan tottumattomuus kävelymatolla kävelemiseen.

Papegaaijin ja Steenbrinkin (2017) mukaan on tärkeää, että tutkittava suorittaa kuuden minuutin harjoituskävelyn ennen varsinaista kävelyn tutkimusta. Kuuden minuutin kävelyn jälkeen spatiotemporaaliset parametrit sekä polven

kinematiikka eivät enää eroa kävelystä, joka suoritetaan normaalilla alustalla. (Papegaaijin & Steenbrink 2017, 3.)

#### 4 MOTEK FORCELINK C-MILL VR-KÄVELYHARJOITTELUKÄVÄLYLÄITTEISTO

C-Mill VR on moderni kävelyharjoittelulaitteisto, jolla kävelyn harjoittaminen on turvallista ja monipuolista. Harjoittelun mielekkyyttä ja haastavuutta voidaan lisätä esimerkiksi erilaisin matolle heijastettavien visuaalisten efektien ja näytölle ilmestyvien pelien muodossa. Kävelylaitteistoon, maton alle integroidun voimalevyn avulla saadaan selville kävelyssä välittyvät voimat sekä muut kävelyyn liittyvät suureet. Näitä tietoja hyödyntämällä terapeutti pystyy analysoimaan esimerkiksi kävelyn puolieroja, voimantuottoa sekä askelvaiheiden kestoja. (Solutions: C-Mill, 2019.)

Laitteita on Suomessa tällä hetkellä ainoastaan yksi ja se sijaitsee Mikkelissä Saimaa Stadiumin Active Live Lab:ssa. C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston komponentin on esitelty kuvassa 3 ja selitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston komponentit

1	Kävelymatto	Matto, integroitu voimalevy
2.	Hätä/seis katkaisimet	Maton pysäyttäminen hätätilanteissa
3.	Kaiteet+ turvaljaat	Asiakkaan tukemiseen
4.	Projektorit	Matolle heijastettavat objektit
5.	Käyttöpöytä	Tietokone, hiiri, näppäimistö
(6.)	Ohjelmisto	Käyttöliittymä maton ohjaamiseen
7.	Videokamerat	Kävelyn kuvantamiseen edestä ja sivulta
8.	Etunäyttö	Harjoitteiden visualisointi



Kuva 3. C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston komponentit

C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteisto on monipuolinen laitteisto, joka mahdollistaa kuntoutujalle moniaistiärsykeisen terapian. Kävelyharjoittelua voidaan suorittaa myös painokevennettynä. Laitteisto (Kuva 3) pitää sisällään esimerkiksi kävelymaton, sisään rakennetun voimalevyn sekä projektorin, jolla matolle voidaan projisoida erilaisia visuaalisia objekteja, kerättävien esineiden ja väistettävien esteiden muodossa. Laitteistossa on lisäksi etunäyttö, jossa harjoitteita voidaan esittää visuaalisesti. Kävelymaton voimalevy ja projektori ja näyttö toimivat synkronoidusti. Voimalevy tunnistaa matolle tapahtuvan kontaktin, mittaa objektin paikan ja vertaa sitä kontaktiin. Voimalevyn avulla kerätään myös dataa arviointia varten. Kerätystä datasta ohjelmisto muodostaa yhteenvedon graafisessa sekä numeraalisessa muodossa, jonka perusteella terapeutti arvioi esimerkiksi epäsymmetrioita kävelysyklistä. Laitteisto sisältää lisäksi etu- ja sivukamerat. Nämä mahdollistavat kävelyn kuvaamisen. (Solutions: C-Mill, 2019.)

#### **4.1 C-Mill- terapia**

C-Mill- terapia muodostuu kuudesta eri vaiheesta. Ensimmäisessä vaiheessa varmistetaan terapian soveltuvuus tutkittavalle. Soveltuvuuden arvioinnissa tutkittavan terveydentilaa verrataan terapian indikaatioihin ja kontraindikaatioihin. Tällä tavoin pystytään selvittämään, onko tutkittavalla jokin tai joitakin terveydellisiä tai toiminnallisia rajoituksia, jotka voivat estää terapian. Käyttöönottovaiheessa tutkittavan toimintakyky ja terapiatavoitteet määritetään ja sen perusteella valitaan soveltuva terapiakategoria. (C-Mill Therapy Guideline. 2016, 6.)

Alkuarviointivaiheessa tutkittavalle tehdään seisomatasapainoa mittaavat staattisen- (Procedure Postural Stability) sekä dynaamisen tasapainon (Procedure Limits of Stability) arvioinnit. Näiden testien perusteella valitaan terapiakategoria. Harjoitteluvaiheessa suoritetaan valitun terapiakategorian tavoitteisiin tähtääviä harjoitteita, näiden harjoitteiden jälkeen suoritetaan uudelleen arviointi, käyttäen samaa arviointimenetelmää kuin alkuarvioinnissa. Näiden arviointien tuloksia vertailemalla voidaan selvittää terapian vaikutuksia. Suunnitellun terapiajakson päätteeksi terapeutti arvioi, onko terapian jatkolle tar-

vetta. Terapeutti voi teettää vielä arvioinnin, jolla selvittää onko tutkittava saavuttanut terapiatavoitteen ja toiminnalliset tavoitteet. (C-Mill Therapy Guideline. 2016, 6.) Alla olevassa taulukossa 2 on esitetty terapian vaiheet sisältöineen. Kuvassa 4 on esitetty terapiaprosessin vaiheet.

Taulukko 2. Terapiaprosessin vaiheet mukailleen. (C-Mill Therapy Guideline. 2016, 6.)

<b>Terapian soveltuvuuden selvittäminen:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mahdollisten indikaatioiden ja kontraindikaatioiden selvittäminen eri harjoituskategorioihin (Stand, Step, ja Walk).</li> </ul>
<b>Käyttöönotto:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tutkittavan toimintakyvyn arviointi ja terapiatavoitteen määrittäminen.</li> <li>• Valitaan tutkittavan toimintakykyä vastaava terapia-kategoria. Stand, Step tai Walk.</li> </ul>
<b>Alkuarviointi:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terapian lähtötilanteen arviointi hyödyntäen laitteen testausohjelmia.</li> <li>• Testausohjelma valitaan käyttötossa määritetyn toimintakyvyn tason mukaan.</li> </ul>
<b>Harjoittelu:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harjoitusohjelmien suoritus terapiatavoitteiden saavuttamiseksi.</li> </ul>
<b>Uudelleen arviointi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harjoituksen tulosten vertailu alkuarvointiin.</li> </ul>
<b>Loppuarviointi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Loppuarviointi terapeutin kanssa arviointiraportin avulla.</li> </ul>



Kuva 4. C-Mill- terapian vaiheet. (C-Mill Therapy Guideline 2016, 6.)



## 4.2 Harjoitteet ja niiden valintaan vaikuttavat tekijät

C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston ohjelmisto sisältää runsaasti erilaisia tasapaino-, askellus sekä kävelyharjoitteita. Askellus- ja kävelyharjoitteita pystytään räätälöimään tutkittavan toimintakyvyn asettamien rajoitusten mukaisiksi. Kävelyharjoittelulaitteistolla on mahdollista suorittaa harjoitteet myös painokevennettyinä. Harjoitteiden haastavuutta pystytään lisäämään esimerkiksi muuttamalla visuaalisia objektien kokoa, määrää tai lisäämällä kävelymaton pyörimisnopeutta, jolloin kävelynopeus kasvaa ja visuaaliset objektit ilmestyvät nopeammin ja tämän kautta reagointiaika jää lyhyemmäksi. Holmbergin (2017, 55) mukaan visuaalisesti kävelymatolle heijastettavat askelmerkit lisäävät askelpituutta ja ylläpitävät sitä (Holmberg 2017, 55). Lisää aiheeseen liittyviä tutkimuksia liitteessä 1.

Tästä eteenpäin tämä luku perustuu mukailleen C-Mill Therapy Guideline. (2016, 6- 22) oppaaseen. C-Mill- terapia soveltuu tutkittaville kuntoutuksen useassa eri vaiheessa ja se on jaettu kolmeen eri kategoriaan, jotka ovat Stand, Step ja Walk. Stand-kategoria soveltuu staattisen pystyasennon sekä painopisteen siirtämisen harjoittamiseen. Step-kategorialla voidaan harjoittaa askeltasapainoa sekä yhden jalan tukivaihdetta. Walk-kategoria soveltuu kävelyn toiminnallisuuden sekä muokattavuuden harjoittamiseen. Ennen terapian aloittamista tulee poissulkea mahdolliset terapian estävät kontraindikaatiot.

Terapian estävät kontraindikaatiot:

- Tutkittavalla on vakava näkö tai kuulovamma, tutkittava ei pysty noudattamaan terapeutin antamia ohjeita.
- Tutkittava painaa yli 135 kg.
- Selkärangan epävakaus tai murtumat.
- Vakavia verenkiertohäiriöitä tai epänormaali sydämen toiminta, jotka vaikuttavat turvalliseen harjoitteluun
- Avoimet ihorikot tai sidokset valjaiden kiinnityskohdissa.
- Voimakas luutiheyden heikkeneminen.

Ilman painokevennystä suoritettussa harjoittelussa FAC-tason (Functional Ambulation Classification) tulee olla 2 tai suurempi ja tutkittavan pitää pystyä seisomaan tuen kanssa. Taulukossa 3 on esitetty vaadittava FAC-luokitus terapiakategoriakohtaisesti.

Taulukko 3. FAC-luokitus suhteutettuna ei painokevennetyin harjoittelun indikaatioihin.

Indikaatiot ilman painokevennystä	
Stand	FAC taso 2 Tutkittavalla on heikentynyt tasapaino Tutkittava tarvitsee yhden henkilön tuen kävelyn aikana välttääkseen kaatumisen tasaisella alustalla. Jatkuva tuen tarve, tasapainon ylläpitäminen sekä koordinaation avustaminen on jatkuvaa.
Step	Tutkittavalla on heikentynyt askellus ja/tai askeltasapaino. Tutkittavalla on tasapainovaikeuksia, kun kehonpaino on yhden jalan varassa. Minimissään FAC taso 2 tai korkeampi.
Walk	FAC taso on 3 tai korkeampi. Tutkittava pystyy kävelemään ilman tukea tai kävelymaton käsikaiteeseen tukeutuen

C-Mill VR:llä toteutetussa painokevennetyissä harjoittelussa käytetään FAC-kävelyluokitusta indikaationa. Painokevennetyissä harjoittelussa FAC-kävelyluokituksen tulee olla 3 tai matalampi ja tutkittavan pitää pysyä seisomaan ilman tukea. Painokevennyksen ei tulisi olla missään kävelysyklin vaiheessa yli 40%:a tutkittavan painosta. Liiallinen kevennys voi vaikeuttaa normaalia askelusta. Taulukossa 4 on esitetty FAC-luokitus suhteutettuna painokevennetyin harjoittelun indikaatioihin.

Taulukko 4. FAC-luokitus suhteutettuna painokevennetyn harjoittelun indikaatioihin.

Indikaatiot painokevennyssä harjoittelussa	
FAC Taso 1	Tutkittava ei voi kävellä, Kävelee ainoastaan tukikaiteita hyödyntäen. Vaatii ohjaajan tai useamman avustajan tukea siirtyäkseen pois tukikaiteilta
FAC Taso 2	Tutkittava tarvitsee yhden henkilön tuen kävelyn aikana välttääkseen kaatumisen tasaisella alustalla. Jatkuva tuen tarve, tasapainon ylläpitäminen sekä koordinaation avustaminen on jatkuvaa.
FAC Taso 3	Tutkittava kykenee kävelemään joko ilman tai tukikaiteita hyödyntäen kävelymatolla. Tutkit-tavan turvallisuuden takaamiseksi riittää suul-linen ohjaus.

C-Mill Therapy Guideline (2016) oppaan mukaan terapiakategoria määräytyy alkuarvioinnin perusteella. Valittu terapiakategoria määrittää harjoitteiden perustason. Vaativuutta voidaan tarvittaessa muokata manuaalisesti kesken harjoituksen. (C-Mill Therapy Guideline 2016, 9.)

Alla olevissa taulukoissa on esitetty harjoitteet terapiakategorioittain. Taulukossa 5 olevissa harjoitteissa visuaaliset objektit heijastetaan kävelymatolle. Taulukossa 6 harjoitteet suoritetaan niin että visuaalinen informaatio välitetään etunäytön kautta. Taulukoissa on harmaalla pohjalla esitetty terapian tavoitteet. Oikean puoleisissa pystysarakkeissa ovat harjoiteohjelmat, sekä niiden soveltuvuudet suhteessa terapian tavoitteisiin.





### 4.3 Harjoitteista saatava data

Suoritettujen harjoitteiden jälkeen saadaan harjoitteesta tulokset, jotka ohjelma esittää kuvina, kaavioina ja numeroarvoina. Tuloksista terapeutti voi havainnoida ja päätellä kävelyssä ilmeneviä poikkeamia, sekä arvioida harjoituksen vaikeustason soveltuvuutta kohdehenkilölle.

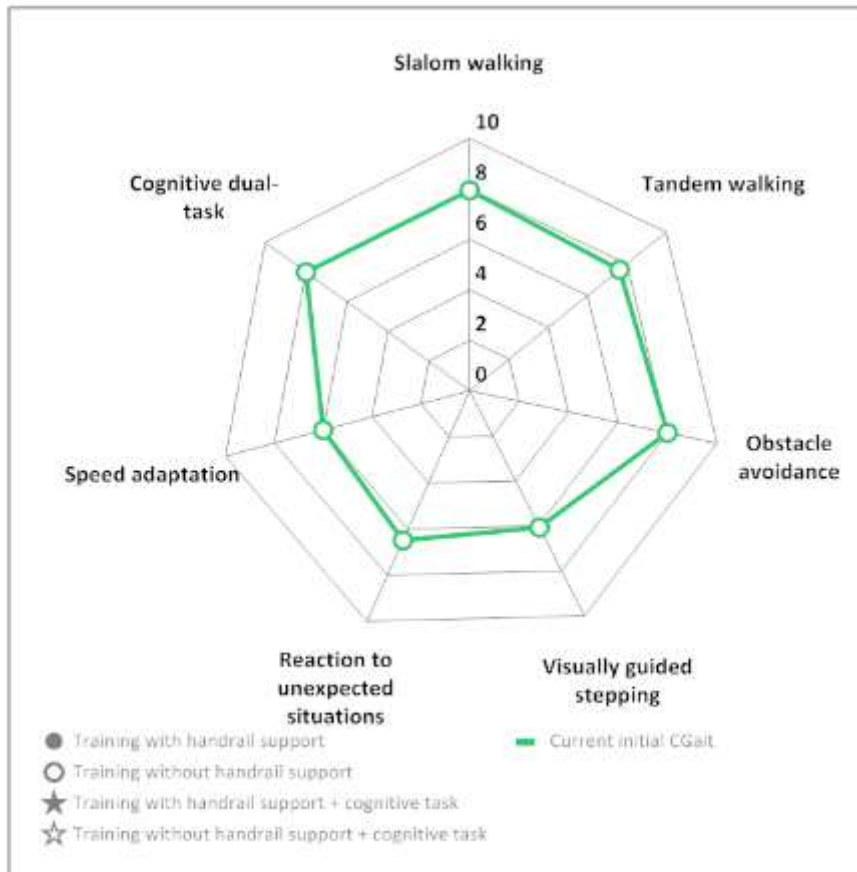
Useamman harjoituskerran jälkeen voidaan tuloksia vertailla keskenään ja arvioida mahdollista kehitystä. Vertailu tulee ensin tehdä harjoitekohtaisesti vertaamalla samasta harjoitteesta saatuja tuloksia keskenään. Tämän jälkeen näitä tuloksia voidaan verrata lähtötasotestistä saatuihin tuloksiin. Tällä varmistetaan vertailun luotettavuus. (C-Mill Therapy Guideline. 2016, 23 – 24.) Tulosten perusteella terapeutti voi myös muokata harjoitetta tai valita kokonaan uudet harjoitteet vastaamaan kohdehenkilön tarpeita.

Alla olevissa kuvissa on esitetty ohjelman kokoamaa harjoite-dataa. Esimerkkikuvat havainnollistavat harjoite-datan esittämismuodon. Analysoimalla nämä tulokset terapeutti arvioi harjoitteiden vaikutusta. Tulosten perusteella terapeutti muodostaa yksilöllisen palautteen ja käy sen läpi kohdehenkilön kanssa. Visuaalinen palaute auttaa kohdehenkilöä paremmin ymmärtämään tuloksia.



## Hämähäkkikuvio

Hämähäkkikuvio esittää C-Gait kävelynarviointitestin tulokset graafisesti. Kuvista voidaan helposti havaita mahdolliset haasteet kävelyn osa-alueissa.

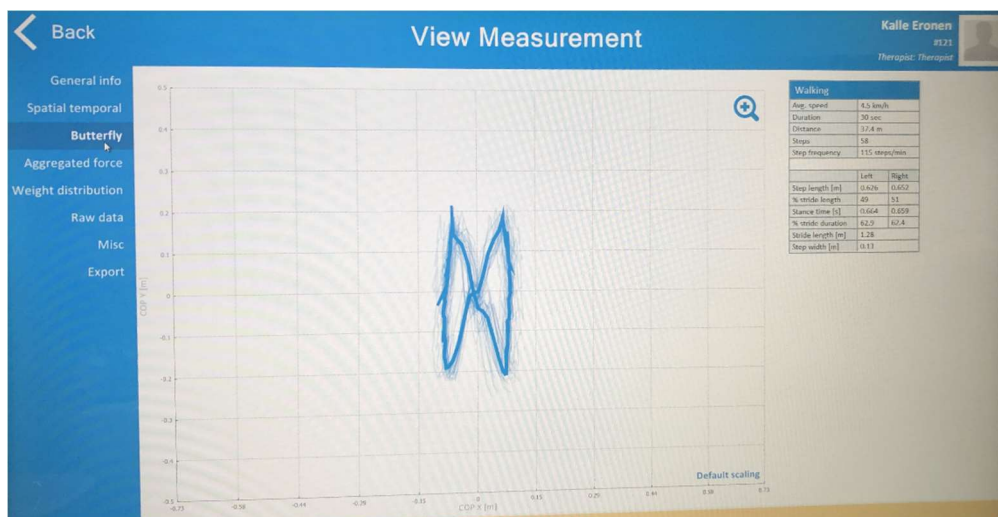


Kuva 6. Hämähäkkikuvio C-Gait kävelynarviointitestin tuloksista. (C-Mill Therapy Guideline 2016,14.)

## Perhoskuvio

Perhoskuvio kuvaa paineakeskipisteen siirtymistä kävelysyklin aikana. Visuaalisen kuvion epäsymmetriat kertovat kävelyssä esiintyvistä puolieroista tai muista poikkeavuuksista. Numeraalinen data puolestaan esittää esimerkiksi kävelyn tukivaiheiden kestoja tai askelpituuksia. Nämä tiedot on koottu yhteen näkymään.

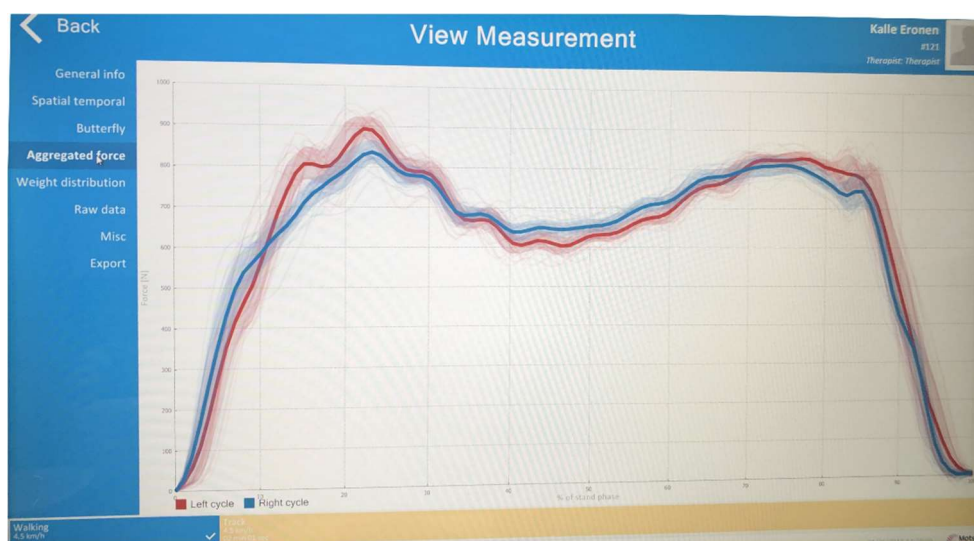




Kuva 7. Perhoskuvio ja numeraaliset tulokset.

## Alustan reaktivoima

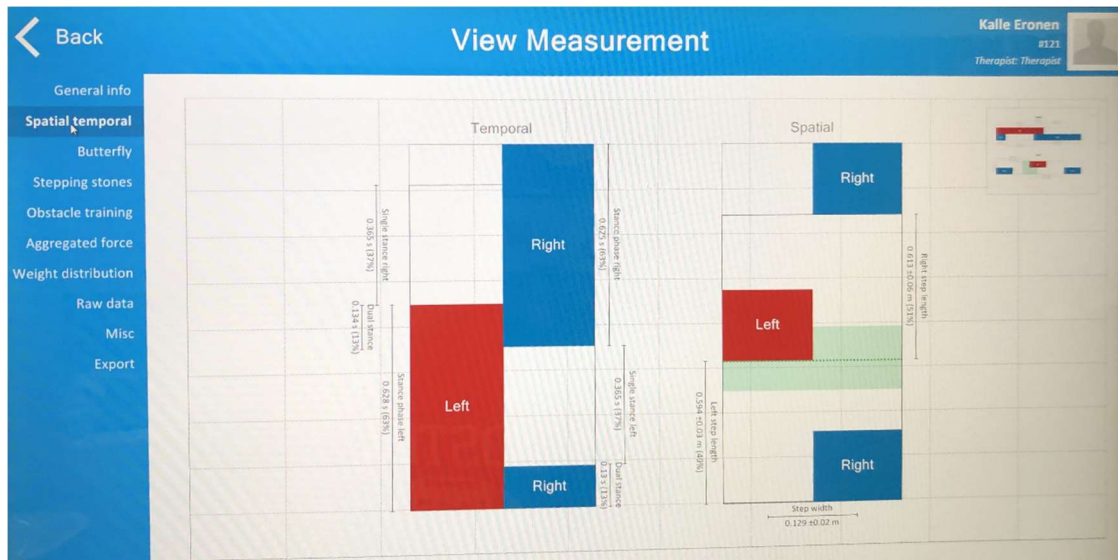
Kuvio esittää askelsyklin aikana alustasta välittyvän reaktivoiman voimakkuuden. Molemmista jalkojen sykleistä on esitetty oma käyränsä. Lihavoitu käyrä on esittänyt reaktivoiman keskiarvon harjoitteessa.



Kuva 8. Alustan reaktivoima kävelysykliden aikana.

## Spatiaaliset ja temporaaliset tulokset

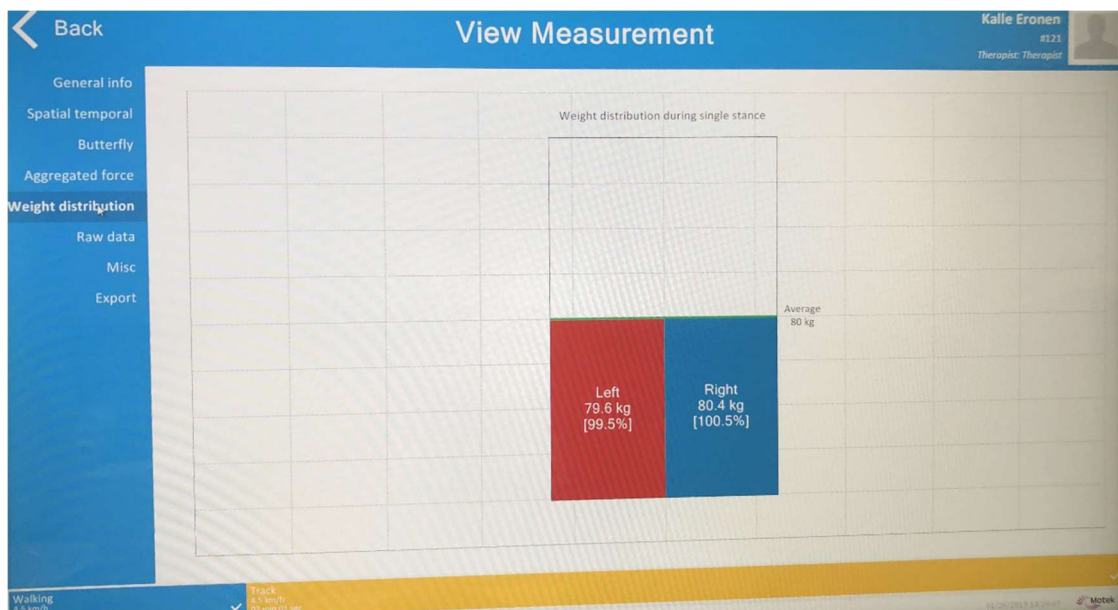
Kuvio on mahdollista saada kävelyharjoitteista. Spatiaaliset tulokset ilmenevät esimerkiksi askelpituutena tai askelleveytenä ja temporaaliset tulokset ilmenevät tukivaiheiden kestona



Kuva 9. Spatiotemporaaliset tulokset.

## Painon jakautuminen

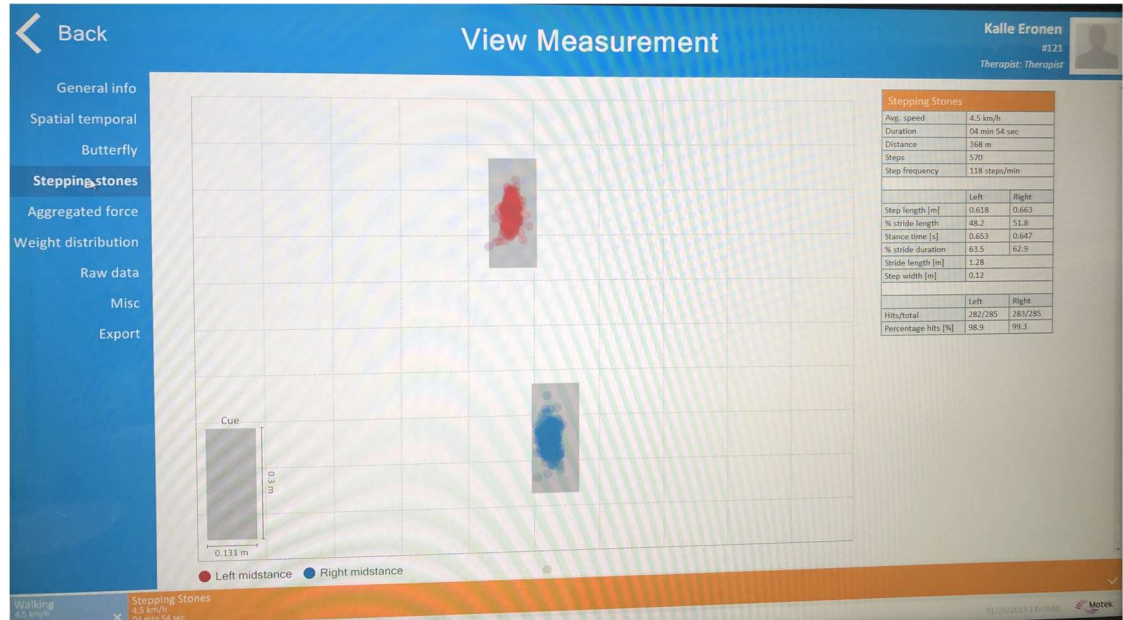
Kuvio esittää keskiarvon painon jakautumisesta yhden jalan tukivaiheiden aikana. Kuvioista pystytään helposti havainnoimaan puolieroja.



Kuva 10. Painon jakautuminen.

## Stepping stones

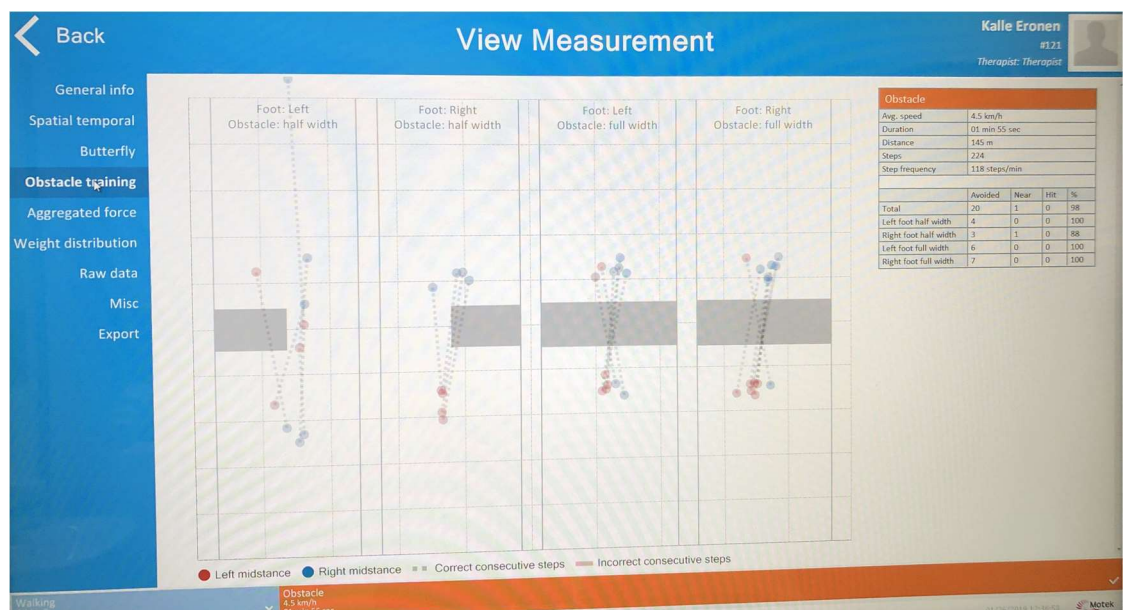
Stepping stones kuva esittää askeleen keskitikivaiheen osumisen matolle projisoidulle kuviolle.



Kuva 11. Stepping stones.

## Obstacle avoidance

Kaavio esittää, kuinka hyvin esteitä on kyetty välttämään harjoitteen aikana.



Kuva 12. Obstacle avoidance.

## Rawdata

Kaikista harjoitteista on saatavissa numeraalinen raakadata. Emme ole huomioineet sen käyttöä tässä opinnäytetyössä.

### 4.4 C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston mahdollisuudet jalkaterapiassa

C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteistolla pystytään harjoittamaan kävelyn liittyviä asioita kuten tasapaino, askelpituus sekä kävelyn muokattavuus (C-Mill Therapy Guideline 2016, 3.) Kävelyn normaaliin suorittamiseen voivat vaikuttaa monet tekijät. Näitä voivat olla rakennepoikkeamat, traumat, erilaiset TULE-ongelmat, neurologiset sekä verenkiertohäiriöt. Kävelyn poikkeama voivat olla seurausta myös jostakin sairaudesta. Kaikki edellä mainitut tekijät voivat vaikuttaa kävelyn temporaalisesti, jolloin kävelyn jonkin vaiheen kesto on ajallisesti joko liian pitkä tai lyhyt. Vaikutukset voivat olla myös spatiaalisia. Tällöin virheellisyyttä voi esiintyä askelpituudessa, -leveydessä sekä jalkaterän ulko- tai sisäkierrossa. Kaurasen mukaan kävelyn epänormaalisuuksia ovat esimerkiksi ataktinen kävely, hemiplegia-kävely, kipukävely, kontraktuura-kävely, nivelrikkokävely, parkinsonkävely, peroneuspareesi-kävely, pithipolvikävely, pituuserokävely, psoas-kävely, trendelenburg-kävely sekä varvaskävely. (Kauranen 2017, 340-342.)

Alla olemme esitelleet muutamia tutkimustuloksia sekä omia mielipiteitämme C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston hyödyntämisestä kävelyn muokattavuuden parantamiseksi.

Fonteyn ym. (2014) tutkimuksen mukaan 10:lle pikkuaivojen ataksiasta kärsiville potilaille teetettiin viiden viikon aikana kymmenen, kestoltaan tunnin mittaista etukäteen suunniteltua harjoitusta. Näissä harjoituksissa kävelymatolle heijastettiin askelkohdat, joihin potilaan piti astua sekä kohdat, joita tuli välttää. Harjoittelua seuranneissa testeissä havaittiin, että esteiden välttämistehtävän tulokset olivat parantuneet huomattavasti verrattuna ennen harjoitteita saatuihin tuloksiin nähden. Tämä näkyi mm. kävelyn muokattavuuden kehittymisenä. (Fontey 2014.)

Käypä hoito - suosituksen mukaan (2020) aivoverenkiertohäiriöpotilailla (AVH) kävelyn muokkautuvuus ja esteiden välttäminen ovat heikentyneet. Tämä lisää merkittävästi kaatumisriskiä. On erittäin tärkeää, että AVH-potilailla kävelyn muokattavuutta ja esteiden välttämistä harjoitetaan käyttäen elektromeekaanisia laitteita kävelyn itsenäisyyden saavuttamiseksi. (Käypä hoito – suositus 2020.)

Timmermansin ym. mukaan (2016) aivohalvauksen saaneilla henkilöillä on vaikeuksia muokata askellustaan. Tämä ilmenee esimerkiksi kävelyn aikana väistettäessä esteitä. Heeren ym. (2013) tekemän tutkimuksen mukaan kohdehenkilöiden kävelyn muokattavuus sekä tarkkaavaisuus esteiden havaitsemiseksi parani 5-6 viikon harjoitusjakson aikana. Harjoitusjakso sisälsi 10 harjoituskertaa. Harjoitus sisälsi kävelymatolle projisoitujen esteiden välttämisen lisäksi auditiivisen Stroop-testin. Siinä kohdehenkilölle välitetään ristiriitaista informaatiota kuulokkeiden kautta. Tämä aiheuttaa aivoille konfliktitilanteen (Lapakko 2017, 14). Tutkimuksen tulokset osoittivat, että esteiden välttäminen parani kohderyhmässä keskimäärin 25 % sekä esteiden ylityksen yhteydessä suoritettujen auditiivisten Stroop-testin tulokset paranivat keskimäärin 15 %. (Heeren ym. 2013, 1-10.) Lisää tutkimuksia aiheeseen liittyen liitteessä 1.

Mielestämme C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteisto soveltuu hyvin kävelyn muokattavuuden parantamiseen eri potilasryhmille. Sitä voidaan hyödyntää niin nuorilla kuin iäkkäilläkin kohdehenkilöillä. Laitteisto soveltuu hyvin kuntoutuksen eri vaiheisiin laajan ja monipuolisen harjoitevalikoiman ja harjoitteiden helpon muokattavuuden ansiosta. Harjoitteita voidaan suorittaa myös painokennetysti, jolloin tämä mahdollistaa erittäin heikon toimintakyvyn omaavien tutkittavien kävelykuntoutuksen.

Osa C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston harjoitteista on pelinomaisia. Pelien käyttäminen kuntoutuksessa on motivoivaa ja kustannustehokasta (Vehmanen 2016.) Mielestämme pelillisuus lisää laitteen monipuolisuutta. Mielestämme pelinomaisten harjoitteiden etuna on harjoittelun kiinnostavuus ja hauskuus sekä harjoitteista saatava välitön, myönteinen palaute. Nämä edellä mainitut asiat lisäävät mielestämme harjoitusmotivaatiota.

## 5 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

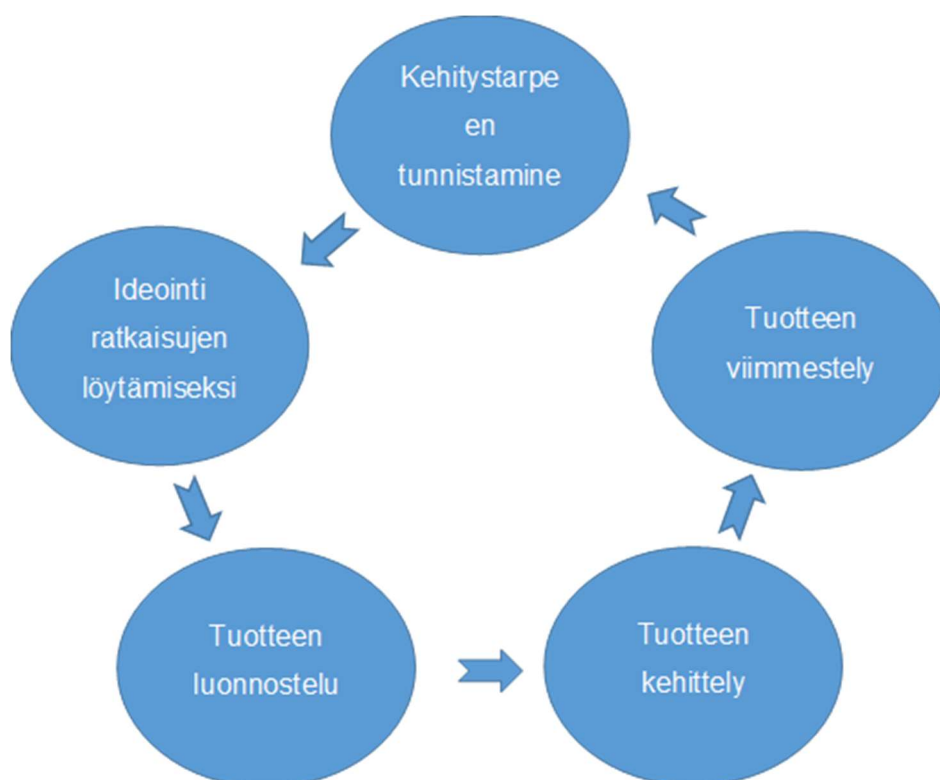
Opinnäytetyöntöön tarkoituksena on tuottaa tuotekehitysprosessin mukaisesti C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteistolle käyttöopas. Opas tehdään kävelyharjoittelulaistoa käyttäville opiskelijoille ja muille kuntoutus- ja terveydenhuoltoalan ammattihenkilöille. Opas perustuu haettuun kirjallisuuteen, olemassa olevaan englanninkieliseen C-Mill Therapy Guideline (2016) oppaaseen, sekä omaan käyttökokemukseemme ja asiantuntemukseemme ko. laitteesta. Tavoitteena on, että opas helpottaa ja nopeuttaa laitteen käyttöönottoa, käyttöä sekä selkeyttää terapiaprossia. Oppaassa on viitattu tutkimuksiin, jotta terapeutti voi tarvittaessa perustella terapiatilanteessa tutkittavalle terapiaan liittyviä asioita tutkimustietoon perustuen. Mielestämme nämä asiat monipuolistavat laitteen käyttöä ja parantavat toiminnan laatua ja ammattimaisuutta.

Tavoitteisiin päästään luomalla riittävän laadukas ja informatiivinen opas, joka perustuu luotettavaan kirjallisuuteen ja laadukkaisiin tutkimuksiin sekä omaan ammattitaitoomme ja asiantuntemukseemme laitteesta. Oppaan sisältö etenee terapiaprosessin mukaisesti. Opas tarjoaa lukijalle selkeän kuvan terapiaprosessin sisällöstä ja kulusta.

## 6 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitysprosessin malliksi valitsimme Jämsän ja Mannisen (2000) mallin, jossa voidaan tunnistaa viisi eri vaihetta. (Kuva 13.)

Jämsän ja Mannisen (2000, 28-31) mukaan tuotekehitysprosessi sisältää ongelma- ja kehittämistarpeen tunnistamisen, tuotteen ideoimisen, tuotteen luonnostelun ja kehittämisen sekä tuotteen viimeistelyn. Vaikka prosessi on vaiheistettu ja siinä edetään kronologisesti, voidaan prosssissa palata aikaisempiin vaiheisiin ja muokata tai tarkentaa niiden sisältöä.



Kuva 13. Tuotekehitysprosessi. (Jämsä & Manninen, 2000)

## 6.1 Kehittämistarpeen tunnistaminen

Jämsän ja Mannisen (2000, 30-31) mukaan tavoitteeksi voidaan asettaa myös uuden materiaalsen tuotteen, palvelutuotteen ja näiden yhdistelmän kehittämään nykyisen tai uuden asiakaskunnan tarpeita. Ongelman laajuus, sekä kohderyhmä, johon se kohdistuu, tulee selvittää ongelmia ja kehittämistarpeita täsmennettäessä.

Kävimme tutustumassa Mikkelissä Saimaa Stadiumilla C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteistoon. Pääsimme myös samalla testaamaan laitteiston käyttöä. Havaitsimme jo alkuvaiheessa, ettei laitteistolle ollut saatavilla helppolukuista ja selkeää käyttöohjetta tai opasta. Näiden puuttuminen hidasti ja vaikeutti selkeästi alkuun pääsemistä laitteiston käytössä. Tutustuttuamme hieman enemmän laitteiston ominaisuuksiin sekä mahdollisuuksiin, havaitsimme, että kävelylaitteistosta saamaamme dataa oli erittäin vaikea ymmärtää ja analysoida. Laitteiston tuottama data sisälsi suuren määrän erilaisia parametrejä, joiden tulkitsemiseen olisimme kaivanneet jonkinlaista apua esimerkiksi oppaan muodossa. Mietimme myös, kuinka haastavaa olisi tulla ensimmäistä kertaa asiakkaan kanssa suorittamaan kävelyanalyysiä tai kävelyharjoitteita ilman

helppoa laitteiston käyttöopasta. Lisäksi havaitsimme, että laitteisto sisältää ison määrän harjoitteita, mutta harjoitteen valitsemiseksi ei ollut myöskään saatavilla minkäänlaista opasta.

## 6.2 Ideavaihe

Jämsän ja Mannisen (2000, 35) mukaan kehittämistarpeiden tunnistamisen jälkeen aloitetaan ideointi, jonka aikana kartoitetaan eri vaihtoehtoja, joilla ongelmaa voitaisiin lähteä ratkaisemaan. Menetelmänä voidaan käyttää luovaa ongelmanratkaisua. Tässä menetelmässä tärkeää on sallivan ja avoimen asenteen käyttäminen etsittäessä ratkaisua kysymykseen ”Millainen tuote auttaa ongelmanratkaisua ja vastaa eri tahojen tarpeeseen”.

Aloitimme ideavaiheen miettimällä itsenäisesti oppaan sisältöä suhteuttamalla sitä kokemukseräiseen tuntemukseen. Ideoidessamme tuotetta päädyimme tuottamaan käyttöoppaan helpottamaan laitteen käyttöä ja harjoitevalintoja. Jämsän ja Mannisen (2000, 35) mukaan ideavaihe voi olla lyhyt, kun kyseessä on jo olemassa olevien tuotteiden uudistaminen vastaamaan paremmin käyttötarkoitusta. Kehitettäessä uutta tuotetta ratkaisua etsitään luovan toiminnan ja ongelmanratkaisun menetelmiä apuna käyttäen.

Päädyimme rajaamaan oppaan terapiaprosessin sisältöön ja sen läpivientiin. Opas sisältää terapiaprosessin, alkuarvioinnista loppuarviointiin.

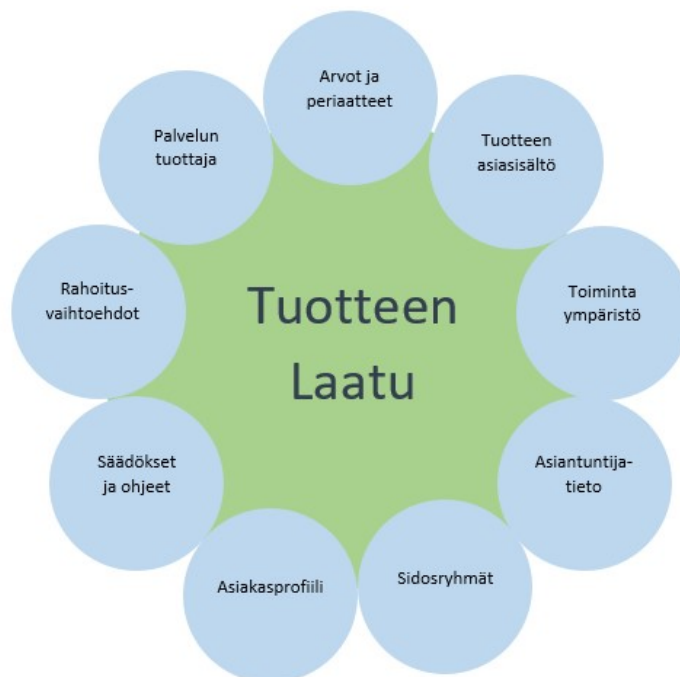
## 6.3 Luonnosteluvaihe

Luonnosteluvaihe käynnistyy, kun on päätetty, millaista tuotetta aiotaan suunnitella ja valmistaa (Jämsä & Manninen 2000, 43). Aloitimme tuotteen luonnostelun tammikuussa 2019 ja tutustuimme kävelymatoista tehtyihin tutkimuksiin. Huomasimme jo luonnosteluvaiheen alussa, että laitteistosta ei ollut tehty yhtäkään jalkaterapiaan liittyvää tutkimusta. Tämän vuoksi jouduimme käyttämään lähteinä tutkimuksia kävelyyyn vaikuttavista sairauksista tai vammoista. Tämä haastoi meitä käyttämään omaa ammatillista päättelykykyämme.

Jämsä & Mannisen (2000, 47) mukaan tutkimustietoon tutustuminen helpottaa tuotteen asiasisällön selvittämistä ja rajaamista. Kansainväliset tutkimukset ovat vaikuttaneet oleellisesti oppaan teoriasisältöön. Edellä mainittujen lisäksi



olemme käyttäneet ajantasaista kotimaista sekä kansainvälistä kirjallisuutta. Tiedonhakuja olemme toteuttaneet käyttämällä PubMed- sekä EBSCO - tietokantoja. Lisäksi olemme hyödyntäneet Xamkin ja muiden ammattikorkeakoulujen sekä julkisten kirjastojen palveluita. Opasta suunniteltaessa ja tehdessä, tulisi Jämsän ja Mannisen (2000, 50) mukaan olla riittävästi asiantuntemusta sekä tietotaitoa aiheesta sekä käytettävistä ohjelmista. Suunniteltaessa tulee Jämsän ja Mannisen (2000, 44) mukaan huomioida myös kohderyhmä ja sen tuotteelle asettamat vaatimukset. Oppaan luonnosteluvaiheessa huomioimme laitteen käyttäjien eli ammattilaisten sekä asiakkaiden eri tarpeet, vaatimukset sekä odotukset. Oppaan laadun varmistamiseksi huomioimme tuotteen luonnostelussa seuraavat asiat soveltuvin osin (Kuva 14) Pois jätimme ainoastaan rahoitusvaihtoehdot, koska sillä ei ole oppaan tekemisessä merkittävää roolia.



Kuva 14. Tuotteen luonnostelua ohjaavat näkökohdat. (Jämsä & Manninen 2000)

Vilkan ja Airaksisen (2004, 38) mukaan opas tehdään jonkin kohderyhmän käytettäväksi. Oppaan laadinnassa on huomioitava oppaan kohderyhmä. Tavoitteena on, että oppaan avulla selkeytetään tai ohjataan toimintaa oikeaan suuntaan. Olemme oppaan luonnosteluvaiheessa huomioineet kohderyhmän eli ammattilaisten mahdollisesti kohtaamat haasteet. Tämän huomioimme

suunnittelemalla oppaasta riittävän informatiivisen, selkeän ja helposti luettavan.

#### **6.4 Kehittelyvaihe**

Jämsän ja Mannisen (2000, 56) mukaan tuotteen sisältö muodostuu faktoista, jotka pyritään täsmentämään mahdollisimman tarkasti ja ymmärrettävästi vastaanottajan tarpeet huomioiden. Informaatiota välittävien tuotteiden haasteena ovat sisällön valinta sekä sen laajuus. Näiden lisäksi on huomioitava tietojen muuttuminen tai vanheneminen. Vilkan ja Airaksisen (2004, 38) mukaan opas tehdään jonkin kohderyhmän käytettäväksi. Oppaan laadinnassa on huomioitava oppaan kohderyhmän sekä prosessin aikana ohjaajilta saamamme palautteen sekä ideat. Tavoitteena on, että oppaan avulla selkeytetään tai ohjataan toimintaa oikeaan suutaan.

Kehittelyvaiheessa hyödynsimme monipuolisesti luonnosteluvaiheen tietoja. Tämän pohjalta lähdimme kehittämään oppaan sisältöä. Käytettävyyden kannalta huomioimme sen, että opas tulisi olemaan sisällöltään mahdollisimman helppolukuinen, selkeä ja riittävän informatiivinen. Tämän huomioimme asettelemalla tekstin ja kuvat loogisesti. Oppaassa käytimme selkeää fonttia luettavuuden helpottamiseksi. Pohdimme alkuvaiheessa kuvien vaikutusta oppaan selkeyteen ja informatiivisuuteen. Päädyimme kasaamaan oppaan terapiaprosessia mukaillen huomioiden jo olemassa olevan englanninkielisen oppaan rakenteen, sekä lisäsimme itseottamiamme havainnollistavia kuvia selkeyttämään toimintaa käyttötilanteessa. Käytimme oppaassa ammattitermistöä, koska kohderyhmänä ovat ammattilaiset. Opas on rajattu käsittelemään terapiaprosessia alkuarvioinnista loppuarvointiin. Halusimme kuitenkin tuoda lyhyesti esille, kuinka terapiaprosessia on mahdollista jatkaa loppuarvioinnin jälkeen. Laitteistosta saatava raakadata on mainittu myös lyhyesti, mutta olemme rajanneet sen käsittelyn tästä työstä pois.

#### **6.5 Viimeistelyvaihe**

Jämsä & Mannisen (2000, 80-81) mukaan tuotteen viimeistely käynnistyy palautteen ja kokemusten pohjalta, joiden perusteella tuotteeseen tehdään tarvittavat muutokset. Opasta ei testattu käytännön tasolla. Tämä olisi laajentanut

opinnäytetyötämme kohtuuttomasti ja tuonut merkittäviä aikataulullisia haasteita. Viimeistelyvaiheessa lähetimme oppaan luonnoksen 3. vuoden jalkaterapeuttiopiskelijalle kommentoitavaksi. Kyseinen opiskelija suoritti työelämäharjoittelun Saimaa Stadiumilla C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston parissa ja näin ollen hänellä oli jo näkemystä laitteen käytöstä ja käyttömahdollisuuksista. Opiskelijalta saamamme palaute oli rohkaisevaa. Hänen mielestään tarve oppaalle oli kiistaton ja opas oli sisällöltään selkeä ja riittävän informatiivinen. Hän arvosti myös sitä, että olimme saaneet tehtyä oppaasta riittävän ytimekkään. Hänen mukaansa opas selkeyttää huomattavasti laitteen käyttöä, tarjoten vaihtoehtoisia tapoja terapiaprosessin läpiviemiseksi ja selkeitä esimerkkejä datan tulkitsemiseen.

## **6.6 Valmiin tuotteen esittely**

Valmis opas on 21 sivua. Opas sisältää ohjeistuksen C-Mill VR kävelyharjoittelulaitteiston käytöstä ja terapiaprosessin läpiviennistä. Lisäksi oppaassa on tuotu esille esimerkkejä, kuinka laitteisto esittää harjoitteiden tulokset.

Opas alkaa sisällysluettelolla, joka auttaa lukijaa löytämään haluamansa tiedon. Seuraavalla sivulla olevat alkusanat esittelevät oppaan sisällön, tavoitteet ja tarkoituksen. Seuraavaksi oppaassa on yleisesti kerrottu kävelyn muokkautuvuuden vaikutuksesta kaatumisten ennaltaehkäisyssä. Tämän jälkeen esitellään C-Mill terapiaprosessi, jossa prosessin eri vaiheet on havainnollistettu. Tätä seuraa laitteisto ja sen esittely sekä käyttöönotto. Käyttöönotossa on käyty läpi lyhyesti asiat, jotka tulee huomioida ennen käyttöönottoa, ja kuinka prosessi etenee käyttöönoton jälkeen.

Käyttöönottovaihetta seuraa terapiatavoitteet. Osiossa on käyty läpi terapiakategoriat ja niiden sisältämät terapiatavoitteet sekä suositukset harjoitettavista. Alkuarviointiosiossa kerrotaan, kuinka kohdehenkilön lähtötaso testataan. Seuraavaksi käydään läpi, kuinka laitteen avulla arvioidaan askelluksen muokkaavuutta. Seuraavaksi käydään läpi askelluksen tulkinta. Osio sisältää yleistä tietoa askelsyklin vaiheista. Tämän jälkeen oppaassa kerrotaan kävelyn aikana ilmenevistä voimista, kuten painekeskusteen liikkumisesta ja alustasta välittyvistä reaktivoimista kävelysyklin aikana. Nämä voimat ilmaisevat

esimerkiksi kävelyssä ilmeneviä poikkeamia. Tulokset osiossa tuomme esiin esimerkkejä, millaisessa muodossa laitteistosta saatavat tulokset esitetään.

Harjoitteet osiossa käydään läpi harjoitteet ja mitä milläkin harjoitteella voidaan kehittää. Harjoitteet on esitetty kahdessa eri taulukossa. Ensimmäinen taulukko sisältää matolle heijastetut harjoitteet ja toinen taulukko etunäytöllä visualisoidut harjoitteet. Tämän jälkeen oppaassa käsitellään vielä lyhyesti terapian vaikutuksien arviointia sekä tulosten arviointia. Oppaan viimeiselle sivulle on koottu lähteet, joita on hyödynnetty opasta tehtäessä.

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön aiheen valintaan vaikuttivat useat tekijät. Halusimme tehdä opinnäytetyön aiheesta, josta ei ollut vielä tehty tämän tyylistä työtä. Aihe valintaan vaikuttivat myös molempien kiinnostus teknisiin laitteisiin. Kävelyn tutkiminen ja harjoittaminen on myös kiinnostanut meitä koko opintojemme ajan. Yksi merkittävimmistä tekijöistä aihevalintaan oli se, että kyseinen C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteisto oli ensimmäinen laatuaan Suomessa. Opinnäytetyömme tarkoituksena oli luoda opas C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteistoa käyttäville kuntoutus- ja terveydenhuoltoalan ammattilaisille sekä opiskelijoille helpottamaan ja selkeyttämään laitteen käyttöä terapia- tai tutkimustilanteissa.

Opinnäytetyömme tavoitteena oli luoda oppaasta riittävän informatiivinen, selkeä ja helposti luettava. Meillä oli jo prosessin alkuvaiheessa selkeä näkemys siitä, millainen opas tulee sisällöltään olemaan. Oppaan sisältöön vaikuttivat myös laitetta käyttävien ammattilaisten oletettu tietämys kävelystä, sekä sen tutkimisesta ja omat havaintomme laitteen käytön haasteellisuudesta.

Opinnäytetyön kirjallisuutena on käytetty pääosin suomenkielisiä kirjall lähteitä, jotka ovat alallaan arvostettujen henkilöiden kirjoittamia. Tällä olemme varmistaneet tietojen ajantasaisuuden ja tarkkuuden. Oppaan laatimisessa olemme käyttäneet pelkästään vieraskielisiä dokumentteja ja tutkimuksia. Vieraskielisten tutkimusten käyttö oli haastavaa, koska niitä ei ole tehty suoraan jalkaterapian näkökulmasta. Maksullisuuden vuoksi emme pystyneet käyttämään kaikkia haluamiamme tutkimuksia.

Oppaan kuvat on otettu pääosin itse. Osa kuvista on laitteen valmistajan englanninkielisestä oppaasta. Käytimme oppaassa runsaasti kuvia, koska ne yhdessä tekstin kanssa havainnollistavat paremmin sen, mitä haluamme kertoa. Tämä lisäsi mielestämme huomattavasti oppaan informatiivisuutta ja käytettävyyttä. Toivomme, että opas auttaa laitteen parissa työskenteleviä suunnittelemaan sekä toteuttamaan laadukkaan ja sujuvan terapiaprosessin.

## 7.1 Eettisyys ja luotettavuus

Tässä opinnäytetyössä ei tehty tutkimusta, mutta sitä tehtäessä on huomioitu tutkimukselle vaaditut eettiset sekä luotettavuusperiaatteet. Opinnäytetyösämme on noudatettu opetusministeriön asettaman tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeita.

Hirsjärven ym. (2008, 24) mukaan tiedeyhteisön tunnistamia toimintatapoja ovat esimerkiksi rehellisyys, tarkkuus ja huolellisuus. Tiedonhankinnassa olemme käyttäneet kriteerit täyttäviä tiedonhankintamenetelmiä. Tämä tarkoittaa sitä, että käyttämämme lähteet ovat pääosin alle 10 vuotta vanhoja. Tätä vanhempia lähteitä olemme käyttäneet vain, mikäli tekijä on asiantuntijaksi tunnustettu tai tutkimustieto aiheesta ei ole olennaisesti muuttunut. Lähdeluetteloon on merkitty kaikki käyttämämme lähteet. Lähteet koostuvat luotettavista kirja ja verkkolähteistä. Käytimme myös monipuolisesti vieraskielisiä tutkimuksia lähteinä. Tutkimustiedon hakuun käytimme seuraavia tietokantoja ja asiantuntija-artikkeleja: Theseus, Finna, Medic, Duodecim, Lääkärilehti sekä kansainvälisistä tietokannoista PubMed ja EBSCO.

Tutkimuslupa (Liite 2.) haettiin, koska halusimme saada ulkopuolisen näkemyksen oppaasta. Pyysimme laitteen parissa jo työskennellyttä kollegaopiskelijaa antamaan oman arvionsa oppaasta.

Opasta tehdessämme olemme hyödyntäneet Motekin laatimaa englanninkielistä materiaalia sekä tutkimuksia, jotka liittyvät oleellisesti C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteistoon tai kävelyn tutkimiseen.

## 7.2 Oman oppimisprosessin tarkastelu

Toteutimme opinnäytetyön Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun AMK-opinnäytetyöprosessin mukaisesti. Opinnäytetyömme eteni prosessimaisesti vaihe vaiheelta ideavaiheesta aina julkaisuvaiheeseen asti. Väliin mahtuivat niin suunnittelu, toteutus kuin arviointivaihe. Suunnitelmanamme oli perehtyä laitteeseen, sen ohjelmistoon sekä käyttöliittymään mahdollisimman perusteellisesti, jotta pystyimme tuottamaan laadukkaan työn. Testasimme C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston kaikki harjoitteet ja kuvasimme ne. Tämän jälkeen analysoimme harjoitteista saadun datan ja tulokset, jotta saimme muodostettua kokonaiskuvan laitteiston toiminnasta sekä terapiaprosessista.

Opinnäytetyössämme opimme ymmärtämään paremmin, kuinka C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteisto toimii ja kuinka sitä voidaan hyödyntää eri kohderyhmien kävelykuntoutuksessa sekä kävelyn tutkimisessa. Opimme myös ymmärtämään laitteistosta saatavia tuloksia ja dataa. Mielestämme tämä lisäsi omaa ammattitaitoamme kävelyn tutkimisessa. Jouduimme työssämme käyttämään lähteinä runsaasti vieraskielisiä tutkimuksia sekä muuta materiaalia, koska kävelyharjoittelulaitteistosta ei ollut saatavilla lainkaan suomenkielisiä tutkimuksia. Jalkaterapiaan liittyviä tutkimuksia laitteesta ei myöskään ollut saatavilla ja tästä syystä jouduimme käyttämään lähteinä tutkimustuloksia sairauksista/vammoista, jotka vaikuttavat olennaisesti kävelyyn.

Opinnäytetyömme aihe on ollut meistä kiinnostava ja opettavainen. Koemme, että saimme tuotettua opinnäytetyöprosessissamme oppaan, josta on hyötyä toimeksiantajalle ja laitteen käyttäjille.

## 7.3 Jatkotutkimusaiheet

Jatkotutkimusaiheena esitämme oppaan spesifitestausta tietyllä jalkaterapian asiakasryhmällä. Kohderyhmänä voisi olla esimerkiksi pre- ja postoperatiiviset potilaat, jotka kärsivät jostain alaraajan alueen leikkausta vaativasta vammasta. Tutkimus voisi sisältää mielestämme testauksen sekä kuntoutuksen pre- ja postoperatiivisessa vaiheessa. Idea jatkotutkimusaiheesta heräsi, kun itse testasimme laitetta ja toinen meistä oli käynyt läpi kaksi kuukautta aiemmin polven eturistisiteen- ja sisemmän nivelkierukan korjausleikkauksen. HavaitSIMME jo testausvaiheessa puolieroja operoidun ja ns. terveen jalan välillä.

Olisi ollut erittäin mielenkiintoista päästä testaamaan kävelyä laitteella jo pre-operatiivisessa vaiheessa.

Toinen jatkotutkimusaihe voisi olla lapsipotilaiden kävelykuntoutus. Olisi mielenkiintoista selvittää, kuinka laitteen pelillisuus toisi lisäarvoa lapsipotilaiden kävelykuntoutukseen. Laitteen harjoitteista suuri osa sisältää pelillisiä elementtejä. Uskomme että pelilliset harjoitteet nostavat kuntoutusmotivaatiota huomattavasti.

Kolmantena jatkotutkimusaiheena voisi olla Aivoverenkiertohäiriöisten kävelykuntoutuksen toteuttaminen ko. laitteella. Näissä potilasryhmissä kävelykuntoutuksen olisi hyvä sisältää staattisen sekä dynaamisen tasapainon harjoitteita, sekä myöhemmässä vaiheessa myös kävelyn muokattavuuden harjoittamista. Laitteilla on mahdollista suorittaa kävelyharjoittelua myös painokevennettynä. Tämä mahdollistaa varhaisvaiheen kuntoutuksen.

Neljäntenä jatkotutkimusehdotuksena esitämme laitteiston käyttöä opetustilanteissa, joissa laitteistolla toteutetaan kävelyanalyysi. Laitteiston avulla opiskelijat voivat kehittää kävelyn havainnointitaitoja. Opiskelijat saisivat myös arvokasta kokemusta nykyaikaisen elektronisen tutkimus- ja kuntoutuslaitteen käytöstä.

## LÄHTEET

Ahonen, J. Sandstöröm, M. Laukkanen, R. Haapalainen, J. Immonen, S. Jansson, L. Fogerholm, M. 2002. Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Aivoinfarkti ja TIA. 2020. Käypä hoito -suositus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kaypahoito.fi/hoi50051#s17> [viitattu 31.1.2020].

Donath L, Faude O, Lichtenstein E, Nüesch C, Mündermann A. 2016. Validity and reliability of a portable gait analysis system for measuring spatiotemporal gait characteristics: comparison to an instrumented treadmill. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26790409> [viitattu 16.10.2019].

Everett, T. Kell, C. 2010. Human Movement an Introductory text. 6. painos. Lontoo: Churchill Livingstone Elsevier.

Fonteyn, EM. Heeren, A. Engels, JJ. Boer, JJ. Van de Warrenburg, BP, Weerdesteyn. 2014. Gait adaptability training improves obstacle avoidance and dynamic stability in patients with cerebellar degeneration. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24786476> [viitattu 8.1.2020].

Heeren, A. Van Ooijen, M, Geurts, A. Day, B. Janssen, T. Beek, P. Roerdink, M. Weerdesteyn, V. 2013. Step by step: A proof of concept study of C-Mill gait adaptability training in the chronic phase after stroke. Journal of Rehabilitation medicine. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.medicaljournals.se/jrm/content/html/10.2340/16501977-1180> [viitattu 26.10.2019].

Hirsjärvi, S. Remes, P. Sajavaara, P. 2008. Tutki ja kirjoita. 13-14. osin uudistettu painos. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Hocoma. 2019. C-Mill by Motek. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hocoma.com/solutions/c-mill/> [viitattu 3.12.2019].

Holmberg, A. 2017. Osittain selkäydinvammautuneen henkilön kävelymattoharjoittelu yhdistettynä visuaaliseen palautteeseen: Tapaustutkimus. Arcada. Fysioterapia. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/129043/Holmberg\\_Anna.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/129043/Holmberg_Anna.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 28.1.2020].

Jämsä, K. Manninen, E. 2000. Osaamisen tuotteistaminen sosiaali- ja terveysalalla. Helsinki: Kustannus Oy Tammi.

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu XAMK. 2019. Jalkaterapeutti (AMK). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/koulutukset/jalkaterapeutti-amk/> [viitattu 21.1.2020].

Kauranen, K. 2018. Fysioterapeutin käsikirja. 1.- 2. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.



Lapakko, M. 2017. Automaattisen viittomatunnistuksen mittaaminen Stroopin testillä suomalaisessa viittomakielessä. Jyväskylän yliopisto. Kieli- ja viestintätieteiden laitos. Pro gradu -tutkielma. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/54942/1/URN%3ANBN%3Afi%3Aaju-201707253357.pdf> [viitattu 9.1.2019].

Lettre, C. Contini, R. 1967. Accelerographic analysis of pathological gait. New York University School of Engineering and Science Technical Report. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/278648790\\_Synthesis\\_of\\_a\\_Mechanism\\_for\\_Human\\_Gait\\_Rehabilitation\\_An\\_Introductory\\_Approach#pf8](https://www.researchgate.net/publication/278648790_Synthesis_of_a_Mechanism_for_Human_Gait_Rehabilitation_An_Introductory_Approach#pf8) [viitattu 27.11.2019].

Motek. 2016. C-Mill VR -Commercial Technical Specifications. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.hocoma.com/landing-page/c-mill-technical-datasheet-landing/> [viitattu 3.12.2019].

Motek. 2016. C-Mill Therapy Guideline. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/03/C-Mill-Therapy-guide\\_v8.0.pdf](https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/03/C-Mill-Therapy-guide_v8.0.pdf) [viitattu 20.10.2019].

Niemi, E. Reinilä, P. 2013. Positiivisten televiestien vaikutus ikäihmisten kävelykykyyn - Kävelykyvyn mittaaminen ja toistettavuus. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Hyvinvointiteknologia. Opinnäytetyö. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59981/Niemi\\_Emma\\_ja\\_Reinila\\_Pauli.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/59981/Niemi_Emma_ja_Reinila_Pauli.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [viitattu 3.12.2019].

Papegaaij, S. Steenbrink, F. 2017. Clinical gait analysis: Treadmill-based vs overground. PDF – dokumentti. Saatavissa: <https://www.motekmedical.com/wp-content/uploads/2018/06/Whitepaper-Clinical-gait-analysis-May2017.pdf> [viitattu 20.10.2019].

Rose, J. Gamble, J G. 2006. Human Walking. 3.painos. Philadelphia: Lippincott Williams@ Wilkins.

Sandström, M, Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen - aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Stolt, M. Flink, A. Saarikoski, R. Väyrynen, P. 2016. Jalkaterveys. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Stolt, M. Saarikoski, 2016. Terveet Jalat. 6. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Timmermans, C. Roerdink, M. Van Ooijen, M W. Meskers, C G. Janssen, T W. Beek, P J. 2016. Walking adaptability therapy after stroke: study protocol for a randomized controlled trial. PDF – dokumentti. Saatavissa: <https://trialsjournal.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13063-016-1527-6> [viitattu 28.1.2020].

Vaughan, C. L., Davis, B. L. & O'Connor, J. C. 1999. Dynamics of Human Gait. 2. painos. Cape Town: Kiboho Publishers.

Vehmanen. M. 2016. Tietokonepelit tulevat terveydenhuoltoon. Lääkäriliitto. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.potilaanlaakarilehti.fi/uutiset/tietokonepelit-tulevat-terveydenhuoltoon/> [Viitattu 3.1.2020].

Vilka, H. Airaksinen, T. 2004. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Kustannus Oy Tammi.

**KUVALUETTELO**

- Kuva 1. Askelsyklin tuki ja heilahdusvaiheet. Mukailen (C-Mill Therapy Guideline 2016,16-17.)
- Kuva 2. Kävelysyklin kahdeksan askelvaihetta. Mukailen. (Vaughan ym. 1999.)
- Kuva 3. C-Mill VR kävelyharjoittelulaitteiston komponentit
- Kuva 4. C-Mill terapian vaiheet (C-Mill Therapy Guideline 2016, 6.)
- Kuva 5. C-Gait kävelyn arviointitestin numeraaliset tulokset.
- Kuva 6. Hämähäkkikuvio C-Gait kävelynarviointitestin tuloksista. (C-Mill Therapy Guideline 2016,14.)
- Kuva 7. Perhoskuvio ja numeraaliset tulokset.
- Kuva 8. Alustan reaktiivoima kävelysykliä aikana
- Kuva 9. Spatiotemporaaliset tulokset
- Kuva 10. Painon jakautuminen
- Kuva 11. Stepping stones
- Kuva 12. Obstacle avoidance
- Kuva 13. Tuotekehitysprosessi. Mukailen (Jämsä & Manninen, 2000.)
- Kuva 14. Tuotteen luonnostelua ohjaavat näkökohdat. Mukailen (Jämsä & Manninen, 2000.)

**TAULUKKOLUETTELO**

- Taulukko 1. C-Mill VR kävelyharjoittelulaitteiston komponentit
- Taulukko 2. Terapiaprossin vaiheet muokattu lähteestä C-Mill therapy Guideline. 2016, 6.
- Taulukko 3. FAC-luokitus suhteutettuna ei painokevennetyn harjoittelun indikaatioihin.
- Taulukko 4. FAC-luokitus suhteutettuna painokevennetyn harjoittelun indikaatioihin.
- Taulukko 5. Matolle heijastetut harjoitteet. C-Mill guideline 2016, 21.
- Taulukko 6. Etunäytöllä esitettävät harjoitteet. C-Mill guideline 2016, 22

## TUTKIMUSTAULUKKO

Tutkimuksen bibliograafiset tiedot	Tutkimuskohde	Otoskoko, menetelmä	Keskeiset tulokset	Oma intressi opin- näytön kannalta
Niemi, Emma. Reinilä, Pauli. 2013. Positiivisten televiestien vaikutus ikäihmisten kävelykykyyn Kävelykyvyn mittaaminen ja toistettavuus. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Hyvinvointiteknologia. Opinnäytetyö.	Millä menetelmällä voidaan mitata vanhusikäihmisten kävelykyvyn parane- mistä ja näiden mit- tausten tois- tettavuus	Otoskoko oli 16	Tutkittavat eivät pysty toistamaan kävelyä samanlaisena toista kertaa. Mikäli arviointimenetelmänä ovat visuaalinen arviointi, askelpituus, sekä kävelynopeus.  Voimantuotto - tehon mittauksissa toistettavuus oli kokonaisuudessaan perempi kuin kävelytutkimuksissa.	Teknisten mittalaitteiden hyödyntäminen kävelyn tutkimisessa.
Holmberg, Anna. 2017. Osittain selkäydin- vammautuneen henkilön kävelymattoharjoittelu yhdistettynä visuaaliseen palautteeseen: Tapaus- tutkimus. Arcada. Fysioterapia. Opinnäytetyö	Osittain selkäydin- vammautunut henkilö	1 henkilö	GaitRide - kävelyanalyysissä Normaalkävelyvauhdissa tapahtui lievä parannus, kun taas nopeasti kävellessä tulos heikkeni. Tähän heikkenemiseen vaikutti todennäköisesti lihastonus.  GaitRite - analyysissä askelpituudessa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia.  Kävelymatolla kävelyssä tapahtui niin kävelyvauhdin kuin askelpituuden suhteen huomattavaa parantumista lähtötilanteeseen nähden.	Teknisten mittalaitteiden hyödyntäminen kävelyn tutkimisessa niin voiman kuin askelpituuden tutkimisessa.

<p>Tikkanen, Maria-Leena.2016. Down- lapsen kävelyn harjoittaminen kävelymaton avulla. Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Fysioterapia. Opinnäytetyö</p>	<p>Tutkitaan jo aiemmin tehtyjä viittä (5) tutkimusta taaperoikäisen Down - lapsen kävelyn harjoittamisesta kävelymaton avulla</p>	<p>Viisi (5) tutkimusta</p>	<p>Tutkimusten tulokset yksimielisiä. Kävelyn oppiminen nopeutuu, sekä kävelyn laatu paranee kävelymattoharjoittelun avulla</p>	<p>Teknisten mittalaitteiden hyödyntäminen kävelyn tutkimisessa. Kohderyhmän haastavuus</p>
<p>Sivenius, Juhani.  Peurala, Sinikka. 2010.  Kävelyn harjoittelu elektro -mekaanisilla laitteilla aivohalvauksen jälkeen. Duodecim. Systemoitu Cochrane-katsaus.</p>	<p>Selvittää ko. Laitteiden vaikutusta kävelyn edistämässä.</p>	<p>8 tutkimusta (414 osallistujaa)</p>	<p>Intensiivinen terapia paransi kävelukykyä riippumatta siitä, mitä menetelmää käytettiin. Varhaisella intensiivisellä kuntoutuksella saavutettiin parempi lopputulos kuin perinteisellä tavalla toteutetulla kuntoutuksella.</p>	<p>Elektronisten mittalaitteiden hyödyntäminen kävelyn tutkimisessa ja harjoittamisessa.</p>
<p>Heeren, Anita ym.2013. Step by step: A proof of concept study of C-Mill gait  adaptability training in the chronic phase after stroke. Journal of Rehabilitation Medicine. Tieteellinen lehtiartikkeli.</p>	<p>Arvioida kävelyn muokattavuuden harjoittamista C-Mill - kävelymaton avulla</p>	<p>16 yhteisössä asustavaa potilasta, jotka ovat sairastaneet aivohalvauksen.</p>	<p>Kaikki kliiniset arvot paranivat selvästi harjoittelun jälkeen. Fyysinen aktiivisuus lisääntyi 19,6%. Kehittyminen tarkkuusaskellus tehtävissä oli riippuvainen tietynlaisesta testauksesta. Kaikki osallistujat arvostivat harjoitusta.</p>	<p>Omassa opinnäytetyössä keskiössä on saman valmistajan kävelymatto.</p>
<p>Donath L, Faude O, Lichtenstein E, Nüesch C, Mündermann A. 2016. Validity and reliability of a portable gait analysis system for measuring spatiotemporal gait characteristics: comparison to an instrumented treadmill. Tieteellinen tutkimus</p>	<p>Tutkimuksessa verrattiin Rehegait anturijärjestelmän sekä Zebris kävelymaton luotettavuutta spatiotemporaalisten kävelyominaisuuksien mittaamisessa kävelyn eri nopeuksilla.</p>	<p>22 osallistujaa</p>	<p>Rehagait yliarvioi askeleen pituuden ja keston, mutta aliarvioi askeltilheyden. Järjestelmästä saatu kävelynopeus vastasi kävelymatolle asetettua kävelynopeutta.</p>	<p>Opinnäytetyömme kohde mittaa myös kävelyn spatiotemporaalisia ominaisuuksia.</p>
<p>Fonteyn, EM. Heeren, A. Engels, JJ. Boer, JJ. van de Warrenburg, BP, Weerdesteyn. 2014. Gait adaptability training improves obstacle avoidance and dynamic stability in patients with cerebellar degeneration. WWW-dokumentti. Saatavissa:</p>	<p>Tutkimuksessa tutkittiin kävelyn muokattavuusharjoitteiden vaikutuksia potilasta, joilla oli pikkuaivojen ataksia</p>	<p>10 potilasta, joilla oli pikkuaivojen ataksia</p>	<p>Harjoittelun jälkeen potilaiden dynaaminen tasapaino ja kyky välttää esteitä parantivat merkittävästi.</p>	<p>Tutkimuksessa on käytetty samankaltaista laitetta kuin C-Mill</p>

<p><a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24786476">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24786476</a> [Viitattu 8.1.2020].</p>	<p>laiden dynaamiseen tasapainoon sekä kykyyn välttää esteitä kävelyn aikana.</p>			
<p>Shafizadeh, Mohsen. Crowther, Robert. Ali, Ali. Davids, Keith. 2017. Effects of dual task constraints on intra-limb coordination during treadmill walking in people with chronic stroke. Faculty of Health and Wellbeing, Sheffield Hallam University, Sheffield, UK</p>	<p>Kaksiosaisen tehtävän tuomat rajoitteet ja vaikutukset raajan sisäiseen koordinaatioon juoksumatolla suoritetun kävelyn aikana kroonisesta aivohalvauksesta kärsivillä sekä omenavartaloisilla ihmisillä.</p>	<p>10 kroonisesta aivohalvauksesta kärsivää potilasta + 10 työkykyistä ihmistä.  3D- liikeanalyysin avulla.</p>	<p>Aivohalvauksipotilaiden alaraajojen koordinaatio kuvien vaihtelu pieneni huomattavasti enemmän kuin työkykyisillä riippumatta siitä, käytettiinkö kaksi osaisia tehtäviä vai ei.</p>	<p>Omassa opinnäytetyössä keskiössä olevassa kävelymatossa on myös harjoitteita, joissa yhdistetään visuaalisia tehtäviä kävelyyn.</p>



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

TUTKIMUSLUPAHAKEMUS

HENKILÖTIEDOT

Nimi Janne Salmela	
Puhelin 0408620393	Postinumero ja -toimipaikka 15610 Lahti
Lähiosoite Etelätie 5	
Korkeakoulu / tiedekunta Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu (XAMK), Jalkaterapeuttikoulutus	
Tutkimustyön / projektin aihe Opas ammattilaiselle helpottamaan C-Mill kävelyharjoittelulaitteiston käyttöä	
Tutkimuskohde / projekti (kuvattava tarkasti ja yksiselitteisesti) C-Mill kävelyharjoittelulaitteisto	
Tutkimustyön / projektin ohjaaja Arja Kiviaho-Tiippa, Laura Saar	
Alustava tutkimus-/projekti-suunnitelma (kirjoitetaan lyhyesti tähän) Tavoitteena tuottaa opas C-Mill kävelyharjoittelulaitteistoa käyttäville ammattilaisille helpottamaan laitteen käyttöä ja terapiaprosessin läpivientiä.	
Tutkimuksen / projektin arvioitu valmistumisaika 28.1.2020	Empiirisen osuuden toteutusaikataulu 22.11.2019
Tulosten esittäminen toimeksiantajalle Alustava ajankohta 3.2.2020	Hakemuksen liitteiden lukumäärä -

PAIKKA, PÄIVÄYS JA HAKIJAN ALLEKIRJOITUS

Savonlinna 13 / 1 20 20

HAKEMUS ON  
 HYVÄKSYTTY  
 HYLÄTTY

*Videointteihin tulee kysyä lupa yt- ja tt-  
opiskelijoilta.*

PAIKKA, PÄIVÄYS JA KÄSITTELIJÄN ALLEKIRJOITUS SEKÄ NIMENSELVENNYS

*MIKKELI*

*6, 2 2020*

*Katri Ryttyläinen-Korhonen*

KÄSITTELIJÄ

Hyvinvointi: koulutusalaohjaaja Katri Ryttyläinen-Korhonen  
 Talous- ja kulttuuri: koulutusalaohjaaja Petteri Ikonen  
 Tekniikka: koulutusalaohjaaja Mika Riihonen  
 Muut: vararehtori Mirja Toikka

HAKIJA

Katri Ryttyläinen-Korhonen  
 koulutusalaohjaaja  
 Allekirjoita hakemus ja liitä tutkimussuunnitelma hakemukseen.  
 Lähetä hakemus ja liitteet osoitteeseen:  
 Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy 6.2.2020  
 PL 68  
 50101 Mikkeli



*Mika Haapiainen*  
Kirjaamo