

Ulla Kinnunen

Meeri Puustelli

C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuot- tama data-aineisto kävelystä Tapaustutkimus toimistotyöntekijöistä

Opinnäytetyö

Sosiaali- ja terveysalan ammattikorkeakoulu

Jalkaterapeuttikoulutus

2021



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Jalkaterapeutti (AMK)
Tekijä/Tekijät	Ulla Kinnunen & Meeri Puustelli
Työn nimi	C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottama data-aineisto kävelystä Tapaustutkimus toimistotyöntekijöistä
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk, jalkaterapeuttikoulutus
Vuosi	2021
Sivut	53 sivua, liitteitä 11 sivua
Työn ohjaaja(t)	Arja Kiviaho-Tiippana & Laura Saar

TIIVISTELMÄ

C-Mill virtuaalinen kuntoutusmatto on monipuolinen laitteisto, jota voidaan hyödyntää muun muassa erilaisissa kuntoutusprosesseissa. Kuntoutusmatto kerää kuntoutujan kävelystä tarkkaa data-analyysia. Opinnäytetyössä tutkitaan kävelyn vaiheita toimistotyöntekijöillä ja kävelyyhin vaikuttavia työperäisiä tekijöitä sekä yhdistäen näitä C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottamaan dataan yhdessä jalkaterapeuttien toiminnallisten tutkimusten kanssa. Kohdejoukoksi valikoitui yhdeksän pääsääntöisesti istumatyötä tekevää toimistotyöntekijää, jotka olivat perusterveitä. Tutkittavien joukossa oli kaksi miestä ja seitsemän naista.

Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton käyttöastetta sekä tuottaa jalkaterapeuttikoulutukselle lisää tietoa kuntoutusmaton käyttömahdollisuuksista. Toimeksiantajana toimii Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun jalkaterapeuttikoulutus. Opinnäytetyö toteutettiin Mikkelissä Xamkin tutkimusyksikössä, Active Life Labissa Saimaa Stadiumilla.

Opinnäytetyö toteutettiin tapaustutkimuksena. Työssä hyödynnettiin kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä todennäköisyyksien tutkimisessa sekä saamaan tilastoita. Kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä hyödynnettiin toiminnallisten testien ja kävelyn visuaalisessa analysoinnissa.

Tulokset osoittivat, että virtuaalisella kuntoutusmatolla saa tarkkaa numeraalista dataa eri suureilla kävelyn eri vaiheista. Johtopäätöksenä todettiin, että C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton käyttö kävelyn analysoinnissa on hyödyllistä, sillä se mahdollistaa pidempiaikaisen ja täsmällisen seurannan kävelyyhin liittyvän kehityksen osalta. Visuaalinen havainnointi oli tärkeä osa myös tulosten tarkastelussa.

Asiasanat: C-Mill virtuaalinen kuntoutusmatto, kävely, kävelyn analysointi, kävelyn analysointimenetelmät, toimistotyöntekijät

Degree	Bachelor of Health Care
Author (authors)	Ulla Kinnunen & Meeri Puustelli
Thesis title	Gait data produced by C-Mill VR treadmill A qualitative case study on office workers
Commissioned by	South-Eastern Finland university of Applied Sciences (Xamk), Degree programme in Podiatry
Time	2021
Pages	53 pages, 11 pages of appendices
Supervisor	Arja Kiviaho-Tiippana & Laura Saar

ABSTRACT

C-Mill VR is a multipurpose rehabilitation treadmill, which can be used, among other things, for various rehabilitation processes. The rehabilitation treadmill gathers precise data on the rehabilitee. The thesis analyses the gait sequence of office workers, the work-related factors that affect gait and combines these with the C-Mill produced data with functional podiatric studies. The subjects of the study were nine healthy office workers, whose main work posture was seated. Two of the subjects were male and seven were female.

The objective of the thesis was to increase the usability of the C-Mill VR and to produce more information on its application opportunities as for the degree programme of podiatry. The C-Mill produced data for this thesis was gathered at Xamk's Active Life Lab, in Saimaa Stadium.

The thesis was produced as a case study, in which quantitative probabilities were utilized to get statistics and qualitative study methods were employed in the visual analysis of functional studies and gait.

The results indicated that the virtual treadmill produces precise numerical data with different physical quantities in the different stages of the gait sequence. The conclusion was that C-Mill VR rehabilitation treadmill is useful in the analysis of the gait. The treadmill makes the precise long-term tracking of individual rehabilitation progress possible. Visual observation was a vital part of the process as well.

Keywords: C-Mill VR, gait, gait analysis, gait analysis method and office worker

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KÄVELYN ANALYSOINTI JALKATERAPIASSA.....	7
2.1	Jalkaterapeuttikoulutus ja ammatissa tarvittava osaaminen.....	8
2.2	Kävely ja kävelyn vaiheet.....	9
2.3	Istumatyön vaikutus alaraajoihin ja kävelyy.....	16
2.4	Kävelyn analyysin tukena käytettävät jalkaterapeuttiset biomekaaniset tutkimukset 17	
2.5	Kävelyn analysoinnissa käytettävät menetelmät.....	17
3	C-MILL VIRTUAALINEN KUNTOUTUSMATTO.....	19
3.1	Kävelyn analysointi C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla.....	20
3.2	Datan analysointi.....	21
4	OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS.....	25
5	OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN.....	27
5.1	Tapaustutkimus opinnäytetyön menetelmänä.....	27
5.2	Kohdejoukko ja aineiston kerääminen.....	28
5.3	Aineiston analysointi.....	31
6	TULOKSET.....	32
6.1	Koehenkilöiden taustatiedot.....	32
6.2	C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottaman datan vertailu visuaalisesti tehtyihin havaintoihin.....	34
7	POHDINTA.....	48
7.1	Keskeisten tulosten tarkastelu.....	48
7.2	Eettisyys ja luotettavuus opinnäytetyössä.....	49
7.3	Opinnäytetyöprosessi.....	51
7.4	Jatkotutkimusaiheet.....	53
	LÄHTEET.....	54
	KUVALUETTELO	

LIITTEET

Liite 1. Kirjallisuuskatsaus

Liite 2. Tutkimuslupa

Liite 3. Biomekaaninen tutkimustaulukko

Liite 4. Yhteenveto tuloksista

1 JOHDANTO

Jalkaterapeutin työnkuvaan kuuluu muun muassa liikkumisen ja alaraajojen toimintahäiriöiden arviointi. Kävelyn analysointi on tärkeä osa fyysisen toimintakyvyn arviointia etenkin tuki- ja liikuntaelinperäisissä vaivoissa ja sairauksissa sekä neurologisissa sairauksissa. Kävelyn analysointiin on hyvä yhdistää erilaisia toiminnallisia testejä. Kävelyn analysointiin sisältyy myös alaraajojen nivelten liikkuvuuksien testaus, jonka avulla voidaan päätellä, mistä poikkeavuudet kävelyssä johtuvat. (Niemelä ym. 2014.)

Opinnäytetyön aiheita miettiessä heräsi mielenkiinto erityisesti kävelyn tutkimiseen. Kohderyhmäksi valikoitui työikäiset, sillä eri työskentelytavat ja asennot vaikuttavat suoraan kävelyyn ja sitä kautta ihmisen yleiseen terveydentilaan. Etenkin istumatyön haitallisuudesta tehdyn katsauksen mukaan on todettu liikkumattomuuden olevan yhtä vaarallista kuin tupakointi. Paikallaan vietetty aika vaikuttaa rasvahappojen kuljetukseen sekä hapetukseen lihaskudoksissa ja näin ollen lisää riskiä erilaisiin perussairauksiin, kuten tyypin 2 diabetekseen. (Pesola ym. 2016.)

Visuaalisen havainnoinnin ja jalkaterapeuttien biomekaanisten mittausten lisäksi kävelyn analysoinnissa voidaan hyödyntää teknologiaa. Teknologiaa hyödyntäessä on tuloksien ja jalkaterapian menetelmien hyödyn seuranta konkreettista ja teknologian tuottaman datan perusteella luotettavaa, sillä tulokset ovat numeraalisia. Tämän vuoksi haluttiin opinnäytetyössä hyödyntää C-Mill VR-kuntoutusmattoa, jota on käytetty maailmanlaajuisesti kuntoutuksessa ja kävelyn sekä juoksun analysoinnissa. Kuntoutusmatto sijaitsee Mikkelissä Active Life Labissa, joka on Xamkin tutkimusyksikkö (liite 1).

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on lisätä C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton käyttöastetta sekä tuottaa jalkaterapeuttikoulutukselle lisää tietoa kuntoutusmaton käyttömahdollisuuksista. Opinnäytetyössä on tarkoituksena kerätä C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla kävelyn analyysidataa ja arvioida sen käyttömahdollisuutta, sillä vielä tähän mennessä Active Life Labissa sitä ei ole varsinaisesti hyödynnetty kävelyn analysoinnissa.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamkin jalkaterapeuttikoulutus, sillä jalkaterapeuttikoulutukseen on tavoitteena integroida myös Active Life Labin toimintaympäristön hyödyntäminen. Tutkimuslupa on liitteessä 2. Opinnäytetyö toteutettiin tapaustutkimuksena, ja siinä hyödynnettiin kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä.

2 KÄVELYN ANALYSOINTI JALKATERAPIASSA

Kävelyn havainnointi on hyvin haasteellista, sillä siinä tapahtuu paljon samanaikaisesti ja tutkijan täytyy osata kiinnittää huomiota moneen asiaan. Havainnointi voidaan tehdä ilman kenkiä tai kengät jalassa. On kuitenkin huomiotava, että kengät voivat lisätä kävelyn erilaisia jalkaterän ja alaraajan toiminnallisia muutoksia. Havainnointi olisi hyvä aloittaa huomaamattomasti jo asiakkaan kävellessä vastaanotolle, jolloin kävely on mahdollisimman luontaista asiakkaalle. (Sandström & Ahonen 2011, 322–323.)

Kävelyn analysointiin voidaan liittää ilman kuormitusta ja kuormitettuna tehdyt biomekaaniset tutkimukset. Lisäksi erilaisia toiminnallisia tekijöitä voidaan yhdistää kävelyssä ilmenneisiin muutoksiin. Kävelyä ja alaraajalinjauksia analysoidaan edestä, sivuilta ja takaa. Kävelyn eri vaiheissa analysoidaan myös niveltasoista toimintaa. Tutkittavan alaraajoihin voi piirtää linjauksia tai kiinnittää markkereita helpottaakseen analysointia. Luotettavan kävelyn analyysin perusteena on se, että asiakas kävelee mahdollisimman normaalia, itselleen luontaista kävelyä. (Stolt ym. 2016; Väyrynen 2016.)

Jalkaterapeutin työssä kävelyn analysointi on tärkeä osa fyysisen toimintakyvyn arviointia etenkin tuki- ja liikuntaelinperäisissä vaivoissa ja sairauksissa sekä neurologissa sairauksissa. Ennen analysointia asiakas tulee haastatella ja käydä esitiedot yhdessä läpi. (Niemelä ym. 2014.) Alkuhaastattelun tarkoituksena on selvittää mahdollisia ongelmien taustalla olevia taustatekijöitä. On myös tärkeää antaa asiakkaan itse tuoda ilmi omia näkemyksiään mahdollisista ongelmista. Tutkittavan yleinen havainnointi alkaa heti hänen saapuessa jalkaterapeutin vastaanotolle. (Väyrynen 2017, 145.) Kävelyn analysointiin on hyvä yhdistää myös erilaisia toiminnallisia testejä. Kävelyn videointi kävelymatolla helpottaa poikkeavuuksien havaitsemista kävelyn eri vaiheissa. Kävelyn analysointiin sisältyy myös alaraajojen nivelten liikkuvuuksien testaus, joista

voidaan päätellä, mistä poikkeavuudet kävelyssä johtuvat. (Niemelä ym. 2014.)

2.1 Jalkaterapeuttikoulutus ja ammatissa tarvittava osaaminen

Jalkaterapeuttikoulutus (AMK) alkoi Suomessa 1996, ja ensimmäiset jalkaterapeutit valmistuivat vuonna 1999. Koulutusta on tarjolla tällä hetkellä kahdessa ammattikorkeakoulussa, Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa sekä Metropolian ammattikorkeakoulussa Jalkaterapeuttikoulutusta on mahdollista suorittaa päivä- tai monimuoto-opintoina. Koulutuksen kesto on yleensä 3,5 vuotta. (Opintopolku 2020; Stolt ym. 2016.)

Koulutuksen sisältö koostuu ydinosaamisen 180 opintopisteestä sekä täydentävän osaamisen 30 opintopisteestä. Tutkinnon laajuus on 210 opintopistettä. Jalkaterapeuttikoulutuksen sisältämät osaamisalueet ovat *jalkaterapian tutkiminen ja arviointiosaaminen, jalkaterveyden edistäminen, ohjaus ja neuvonta, jalkaterapia- ja hoito-osaaminen, erityisryhmien jalkaterapiaosaaminen, yrittäjyys- ja yhteiskunnallinen osaaminen sekä jalkaterapian kehittämis-, innovaatio- ja teknologiaosaaminen.* (XAMK 2019.)

Jalkaterapian tutkiminen ja arviointiosaaminen sisältää taustatiedon keräämistä, kliinisiä tutkimuksia, mittauksia ja arviointia alaraajojen normaaleista ja poikkeavista toiminnoista sekä linjauksista. Lisäksi tutkimiseen ja arviointiosaamiseen kuuluvat jalkaterien ihon ja kynsien kunto sekä lihasten ja nivelten toiminnot. Löydösten perusteella tehdään jalkaterapiasuunnitelma, jonka perusteella toteutetaan jalkaterapiaprosessia. (XAMK 2019.)

Jalkaterveyden edistäminen, ohjaus ja neuvonta antaa valmiudet toimia erilaisten ryhmien ja moniammatillisten tiimien parissa asiantuntijana. Ohjauksen kohderyhmään kuuluu eri ikäryhmien yksilöt ja ryhmät, joiden jalkaterveyttä pyritään ylläpitämään ja edistämään muun terveydenhoidon ohessa. Koulutuksen aikana toimitaan myös yhteistyössä eri tahojen kanssa esimerkiksi toteuttamalla terveyskampanjoita. (XAMK 2019.)

Jalkaterapian terapia- ja hoito-osaamiseen kuuluu pehmytkudosten ja kynsien paikallishoito erilaisia instrumentteja, laitteita ja lääkehoitoa hyödyntämällä sekä tuki- ja liikuntaelimestön rakenteellisten ja toiminnallisten tutkiminen ja niiden vaikutusten ymmärtäminen. Terapia- ja hoitotilanteissa otetaan huomioon aseptiikka-, ergonomia- ja turvallisuusnäkökulmia. Lisäksi toimintaa toteutetaan eettisesti ja asiakaslähtöisesti. Koulutuksessa opetellaan myös valmistamaan erilaisia jalka- ja varvasortooseja sekä arvioimaan niiden tarvetta sekä vaikuttavuutta. (XAMK 2019.)

Erityisryhmien jalkaterapiaosaamiseen kuuluu jalkaterapiaprosessin toteuttaminen erityisryhmille yhdessä moniammatillisen tiimin kanssa. Tavoitteena on edistää potilaan kokonaisvaltaista hyvinvointia sekä jalkaterveyttä. Erityisryhmiä jalkaterapiassa ovat mm. ikäihmiset, vammautuneet sekä potilaat, keillä on jokin perussairaus, joka aiheuttaa suurentuneen riskin jalkavaurioille. (XAMK 2019.)

Yrittäjyys- ja yhteiskunnalliseen osaamiseen kuuluu yrittäjämäisen työnteon omaksuminen, valmiudet yrityksen perustamiseen sekä taidot toimimaan työyhteisössä. (XAMK 2019). Yrittäjämäinen työote on tärkeää, sillä useat jalkaterapeutit työllistävät itsensä yksityisenä ammatinharjoittajana. Jalkaterapeuttikoulutukseen sisältyy yrittäjyyden ja johtamisen opinnot sekä työelämäharjoittelua. (Opintopolku 2020.)

Jalkaterapian kehittämis-, innovaatio- ja teknologiaosaamiseen kuuluu tieto- ja viestintätekniiikan hyödyntäminen jalkaterapeutin työssä sekä osata toteuttaa tutkimus- ja kehittämishankkeita alalla. (XAMK 2019). Jalkaterapiassa teknologiaosaaminen on myös kasvussa ja opintojen aikana voi suorittaa monialaisen syventämisen kurssin digitaalisuus ja hyvinvointiteknologia kuntoutuksessa. (Opintopolku 2020.)

2.2 Kävely ja kävelyn vaiheet

Kävely on jaoteltu kahdeksaan vaiheeseen. Kävelyä analysoidaan askelsykleittäin. Se alkaa yhden askelparin aikana tapahtuvasta alkukontaktista ja loppuu alkukontaktiin. Askelsyklin aikana molemmat jalkaterät ovat kerran kon-

taktissa alustaan. Askelsyklissä askeleen vaiheet jaotellaan lisäksi tuki- ja heilahdusvaiheisiin. Tukivaiheen aikana jalkaterä on kontaktissa alustaan 60 % askelsyklistä ja puolestaan heilahdusvaiheen aikana 40 % askelsyklistä, jolloin jalkaterä irtoaa alustasta ja koko alaraajassa tapahtuu eteenpäin suuntaavaa liikettä. Heilahdusvaiheessa alaraajan lihakset ovat lepotilassa, eikä niissä tapahdu juurikaan aktiviteettia. Heilahdusvaiheen aikana alaraaja lepää. (Wafai ym. 2015.)

Tukivaihe sisältää viisi eri vaihetta, joiden prosentuaalinen osuus kävelyn aikana on **alkukontaktissa** 0–2 %, **kuormitusvasteessa** 0–10 %, (**varhainen ja myöhäinen**) **keskitukivaiheessa** 10–30 %, **päätöstukivaiheessa** 30–50 % ja **esiheilahduksessa** 50–60 %. Heilahdusvaiheen kolmen eri vaiheen prosentuaaliset osuudet kävelyn aikana: **alkuheilahduksessa** 60–73 %, **keskiheilahduksessa** 73–87 % ja **loppuheilahduksessa** 87–100 %. (Sandström & Ahonen 2011, 298; Väyrynen 2017, 183.)

Tukivaiheen aloittaa **alkukontakti** (kuva 1). Alkukontaktissa jalkaterä ottaa kontaktin alustaan. TC-nivel on 90 asteen kulmassa, ja ST-nivelessä on lieväasteinen supinaatio, jalkaterän etuosassa puolestaan inversio. Lantiossa on hyvä olla horisontaalisesti ja sagittaalisesti lievää kiertoa, jolloin luonnollinen askelpituus pitenee. (Sandström & Ahonen 2011, 298; Väyrynen 2017, 183.)



Kuva 1. Tukivaiheen aloittaa alkukontakti. (Puustelli, M. 2020.)

Kuormitusvaiheessa (kuva 2) tapahtuu ensimmäinen iskunvaimennus alustasta välittyvän reaktivoimaa vastaan. Kantaluu on yleensä suorassa tai lievästi inversiossa osuessaan alustalle. Kuormituslinja etenee jalkaterän lateraalipuolelta, kohti I- ja II-jalkapöydänluiden distaali osiin. Koko kehon kuormitus siirtyy tukijalalle ja taaempana oleva alaraaja irtoaa alustasta. Tukipiste on kantapäällä, josta rullaus eteenpäin tapahtuu joutaen alemman nilkkaniveleen kautta. Jalkaterän linjaus on suoraan eteenpäin. Kun jalkaterä ottaa vastaan kuormituksen, tapahtuu kehon luonnollinen iskunvaimennus, jolloin jalkaterä pronatoi ja yhtäaikaisesti tukijalassa tapahtuu lievä sisäkierto ja polvessa sekä lonkassa on lievä flexio. Kun taaempi alaraaja alkaa heilahtamaan eteenpäin, on jalkaterässä supinaatio ja alaraaja lievässä ulkorotaatioissa. (Sandström & Ahonen 2011, 300; Väyrynen 2017, 183.)



Kuva 2. Kuormitusvaste. (Puustelli, M. 2020.)

Keskitukivaiheessa (kuva 3) jalkaterä on alustalla, mutta kehon massan painopiste siirtyy eteenpäin. Jalkapohjassa kuormitusalue laajenee kantaosasta jalkaterän keskiosan kautta jalkaterän etuosaan sekä varpasiin. Keskitukivaihe jaetaan *varhaiseen ja myöhäiseen keskitukivaiheeseen*. (Väyrynen 2017, 183–184.)

Varhaisessa keskitukivaiheessa liikkeen tukipiste on TC-nivelessä, jolloin kehon massan painopiste siirtyy eteenpäin nilkkakeinua hyödyntäen. Sääri liikkuu eteenpäin suhteessa TC-niveleen, jolloin paine mediaalisen pitkittäiskäärren alla lisääntyy ja kaari joustaa ja madaltuu. Polvessa tapahtuu 15-20 asteen flexio ja lantio kiertyy horisontaalitasolla eteenpäin kohti keskiasentoa. Samalla koko kehon kuormitus siirtyy yhden alaraajan varaan ja jälleen osana

iskunvaimennusta alaraajassa tapahtuu lievä sisärotaatio. (Väyrynen 2017, 184.)

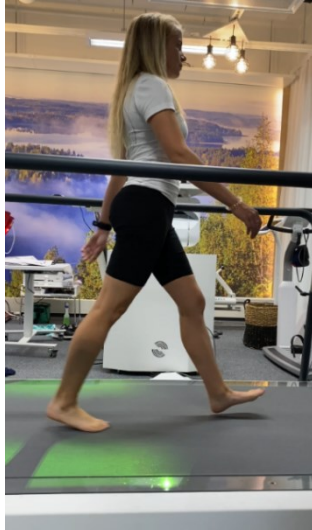
Myöhäisessä keskitukivaiheessa heilahtava alaraaja aiheuttaa lantion kierron eteenpäin, joka puolestaan lisää tukijalan puoleisen lantion ulkokierron. Tämän seurauksena tukijalan ST-nivelessä tapahtuu supinaation suuntainen liike. Chopartin nivelessä suhteessa vinoon akseliin supinaatio muuttuu hietaasti pronaatioksi. TC-nivelessä lisääntyy dorsaaliflexio, sillä sääri liikkuu eteenpäin. Mediaalinen pitkittäiskaari kohoaa ja jalkaterä valmistautuu päätöstukivaiheeseen sekä ponnistukseen. Polvi ojentuu suoraksi, jonka vuoksi lonkka ojentuu. Lantio on nyt horisontaalitasolla keskiasennossa ja kiertyy keskitukivaiheen lopussa tukijalan puolelta taaksepäin ja vastakkaisen alaraajan puolelta eteenpäin. Tukijalan puoleisessa lonkassa tapahtuu pieni adduktio, joka on osa iskunvaimennusta. (Väyrynen 2017, 185.)



Kuva 3. Keskitukivaihe. (Puustelli, M. 2020.)

Päätöstukivaiheessa (kuva 4) tukijalan kantapää irtoaa alustalta ja alkaa ponnistus. Liikkeen aikana tukipiste on erityisesti I- ja II-MTP-nivelillä, kun kehon kuormitus liikkuu eteenpäin päkiäkeinin yli. Kehonpaino on tukijalan etuosassa, kun kantapää irtoaa alustalta ja keho kallistuu eteenpäin. TC-nivelessä on 90 asteen kulma. Kehon massan painopiste on tässä vaiheessa koko kävelysyklin aikana alhaisimmillaan. Lihastyö alaraajassa muuttuu konseptiseksi. Polvessa on lievä flexio. Tällöin kehon massan painopiste ei putoa liikaa ja askelpituus lisääntyy. Tukijalan ollessa takana, lonkassa on lievä ex-

tensio, abduktio ja ulkorotaatio. Vastakkaisen puolen lantio nousee vaakatasoon ja alaraaja heilahtaa eteenpäin kiertymällä samalla lievään ulkokiertoon. (Väyrynen 2017, 185.)



Kuva 4. Päästöstukivaihe. (Puustelli, M. 2020.)

Esiheilahduksessa (kuva 5) kantapää irtaavaa alustalta ja tapahtuu varvas-työntö. Kun varpaat irtaavat alustalta TC-nivelessä on plantaariflexio äärimmilleen noin 20 asteen kulmassa. ST-nivelessä supinaatio jatkuu heilahdusvaiheeseen asti. Chopartin nivelessä pitkittäisen akselin suhteen jalkaterän etuosa on pronaatiossa, joka lukitsee jalkaterän keskiosan. Myös alaraajan ulkorotaation vaikutuksesta vinon akselin suhteen supinaatio jatkuu lukittaen jalkaterän keskiosan. MTP-nivelet ovat ojentuneet. Esiheilahdusvaiheen alussa lonkan extensio muuttuu flexioksi nopeasti ja saavuttaa neutraalin asennon, kun varpaan kohoavat alustasta. Vaiheen lopussa nilkan ojentuessa ja säären suuntautuessa eteenpäin, polvessa tapahtuu passiivinen flexio noin 40 astetta. Alaraaja valmistautuu heilahtamaan eteenpäin ulkorotaation kautta, reiden aloittaessa liikkeen passiivisesti jalkaterän ollessa vielä alustalla. Ulkorotaatio alaraajassa on äärimmillään, jalkaterään ei kohdistu enää alustasta reaktiivoimia, sillä painopiste on siirtynyt vastakkaiselle alaraajalle. Ponnistavan puoleinen lantio laskeutuu frontaalitasolla alaspäin kuormituksen siirtyessä vastakkaiselle alaraajalle. (Väyrynen 2017,185.)



Kuva 5. Esiheilahdus. (Puustelli, M. 2020.)

Heilahdusvaiheen ensimmäinen vaihe on **alkuheilahdus** ja sen tehtävä on viedä liikettä eteenpäin (kuva 6). Varpaat irtoavat alustalta ja lonkassa on noin 15 asteen flexio ja polvessa noin 60 asteen flexio. Lonkan ja polven flexioiden ansiosta myös jalkaterä nousee alustalta. TC-nivelessä on noin 20 asteen plantaariflexio ja varpaan osoittavat alaspäin. ST-nivelessä on vinon akselin ympäri tapahtuva supinaatio. Chopartin nivelessä on pitkittäisen akselin ympäri pronaaatio ja vinon akselin ympäri supinaatio. (Väyrynen 2017, 186.)



Kuva 6. Alkuheilahdus. (Puustelli, M. 2020.)

Keskiheilahdus (kuva 7) alkaa siitä, kun heilahtava alaraaja saavuttaa tukijalan ja vaihe päättyy, kun heilahtavan alaraajan sääri on pystysuorassa. Liike ei etene samaa vauhtia kuin muissa heilahduksen vaiheissa. ST-nivelessä on vaiheen ajan supinaatio. Chopartin nivelessä on pitkittäisen akselin suh-

teen pronaatio ja vinon akselin suhteen supinaatio. TC-nivel kääntyy lievästi dorsaaliflexioon. Polvi ojentuu, mutta keskiheilahduksen lopussa siinä on yhä noin 30 asteen flexio. Lonkassa tapahtuu äärimmäinen koukistuskulma noin 30 astetta. Heilahtavan alaraajan puoleinen lantio alkaa kiertyä eteenpäin horisontaalitasolla. (Väyrynen 2017, 186.)



Kuva 7. Keskiheilahdus. (Puustelli, M. 2020.)

Loppuheilahdus (kuva 8) alkaa säären ollessa sagittaalitasolla pystysuorassa. Liike etenee heilahtavan alaraajan myötävaikutuksesta eteenpäin ja samaan aikaan tukijalan tullessa päätöstukivaiheeseen. ST-nivelessä on vinoon akseliin nähden pronaatiosuuntaista liikettä. Chopartin nivelessä on vinoon akseliin nähden pronaatiosuuntaista liikettä ja pitkittäiseen akseliin supinaatiosuuntaista liikettä. TC-nivel koukistuu aktiivisesti. Polvi ojentuu suoraksi ennen kuin alaraaja laskeutuu alustalle. Lonkassa on yhä 30 asteen flexio. Alaraajan heiluriliike kiihtyy ja heilahtavan alaraajan puoleinen lantio etenee ja kiertyy horisontaalitasolla ääriasentoonsa ennen kuin alaraaja laskeutuu alustaan. (Väyrynen 2017, 186.)



Kuva 8. Loppuheilahdus (Puustelli, M. 2020.)

2.3 Istumatyön vaikutus alaraajoihin ja kävelyyn

Istumatyössä pitkään jatkuva ja staattinen asento altistaa tuki- ja liikuntaelinvaivoille ja aiheuttaa mekaanista rasitusta selän, niskan, hartioiden ja erityisesti lannerangan alueelle. Näiden lisäksi ongelmia voi esiintyä muun muassa jaloissa lisääntyneenä turvotuksena. Hengitystilavuus vaikeutuu ja pienenee, kun työskentelyasento on kumara. (Launis 2011, 174–178; Tanoue ym. 2016.) Liiallisen istumisen on todettu myös johtavan alhaiseen energiankulutukseen, insuliiniresistenssiin sekä kroonisten sairauksien syntyyn. Nykyään väestömme lisääntyneen istumakäyttämisen vuoksi kokonaisistuma-aika on jopa 9–11h päivässä. (Pesola ym. 2017.)

Acasion ym. mukaan keskivartalon hallinnalla on vaikutuksia kävelyyn ja epävakaiseen istuma-asentoon. Kuitenkin suoranaisestä yhteydestä näiden välillä näyttöä on vähän, koska ihminen pystyy mukauttamaan kehoa erilaisiin istuma-asentoihin sekä muuttamaan kävelyään esimerkiksi erilaisten harjoitteiden avulla. Istumatyö haastaa osaltaan hyvän vireystilan ylläpitämistä, mikä lisää vaikeuksia ylläpitää hyvää ryhtiä. Parhaimmaksi työskentelyasennoksi on koettu säännöllinen vaihtelu työasentojen välillä. (Launis 2011, 174–178.) Lisäksi hyvän ryhdin ja vireystilan ylläpitämistä voi edesauttaa Tanouen ym. mukaan (2016) dynaaminen, kolmiulotteisesti liikkuva työtuoli, joka lisää lantion alueen liikkuvuutta ja joustavuutta työn aikana sekä vähentää alaselän alueen kiputiloja.

Hyvään istuma-asentoon voi vaikuttaa lantion ja alaselän vakaalla asennolla. Näiden alueiden hallinnan heikkoudet voivat johtua esimerkiksi alaraajojen lihasepätasapainosta, alaraajojen linjauspoikkeamista, lantion alueen asento- ja toiminnanpoikkeavuuksista. Myös keskivartalon hallinnan ollessa epävakaana, voi se kasvattaa riskiä muun muassa polven alueen ongelmille pidemmällä tähtäimellä. Nämä puolestaan vaikuttavat alaraajalinjauksiin ja kävelyn biomekaniikan muutoksiin. (Saarikoski 2017, 216–217.)

2.4 Kävelyn analyysin tukena käytettävät jalkaterapeuttiset biomekaaniset tutkimukset

Kävelyn analysointiin on hyvä yhdistää alaraajojen biomekaanisten toimintojen tutkimuksia, jolloin kävelyn vaikuttavia tekijöitä voi tarvittaessa analysoida yksityiskohtaisemmin tai tarvittaessa asiakkaan kävelyä voi ohjata. Kävelyn analysointiin sisältyy myös alaraajojen nivelten liikkuvuuksien testaus, jolloin voidaan päätellä, mistä poikkeavuudet kävelyssä johtuvat. Biomekaanisia tutkimuksia tehdessä on tärkeää tehdä myös dynaamisia tai toiminnallisia testejä, sillä pelkkien rakenteellisten poikkeamien perusteella ei voi tehdä luotettavia johtopäätöksiä. (Niemelä ym. 2014; Stolt ym. 2017, 145.) *Opinnäytetyössä tehdyistä tutkimuksista lisää kappaleessa 5.2.*

Lisäksi biomekaaniset tutkimukset poissulkevat tai tuovat esille rakenteellisia tai toiminnallisia tekijöitä, jotka vaikuttavat alaraajojen toimintoihin, mm. kävelyn. Toimistotyöntekijöiden kävelyä tutkiessa tärkeimpiä tutkimuksia ovat alaraajojen linjauksien ja ryhdin havainnointi. (Acasio ym. 2016; Launis 2011, 174–178; Stolt ym. 2017, 145; Tanoue ym. 2016.) Tärkeänä osana tutkimista on asiakkaan haastattelu, jolloin käydään läpi aikaisemmat mahdolliset vammat, sairaudet, lääkitys, työnkuva, työperäiset vammat/oireet, harrastukset ja kiputilanne. Tarkoituksena on saada kokonaisvaltainen tilannekuva asiakkaan yleisestä terveydentilasta. (Stolt ym. 2017, 145.)

2.5 Kävelyn analysoinnissa käytettävät menetelmät

Kävelyä voidaan analysoida visuaalisesti havainnoiden tai erilaisia kävelyn analysointilaitteita hyödyntäen. Kvantitatiivinen kävelyanalyysi on visuaalista analysointia tarkempi. Kokenutkaan tutkija ei pysty visuaalisesti arvioimaan

kaikkia kävelyn eri parametrejä tai myöskään huomaamaan kontrollikäyntien aikana tapahtuvia muutoksia. (Niemelä ym. 2014.)

Visuaalista analysointia varten tarvitaan tilava tutkimushuone, joka on noin 6 metriä pitkä. Riittävän suuri tila tarvitaan, jotta tutkimusta voidaan tehdä useasta eri suunnasta. Analysoinnissa arvioidaan yläraajojen myötäliikkeitä sekä kävelyn aikana tapahtuvaa lantion, rintarangan ja hartioiden vastakkaissuuntaista kiertymistä. Lisäksi tarkastellaan askeleen pituutta ja leveyttä sekä jalkaterän kulmaa. Lantion asentoa tarkastellaan sekä edestä että takaa. Hyvin tyyppillinen lantion alueen löydös on Trendelenburgin oire. (Arokoski ym. 2009, 78–79.)

Visuaalista analysointia voidaan helpottaa käyttämällä apuna markkereita, jotka asetetaan luisiin rakenteisiin. Markkereiden asettaminen tekee analysoinnista luotettavampaa etenkin silloin, kun tutkimassa on useita eri terapeuteja. Tyyppillisimpiä markkereiden paikkoja alaraajoissa ovat kantaluu, polvi ja suoliluun harjut. (Stolt ym. 2017, 189.)

Kävely- ja juoksumaton käyttö helpottaa myös analysointia, sillä siinä asiakkaan ja terapeutin välinen etäisyys pysyy koko ajan samana. Matolla kävellessä tulee kuitenkin muistaa, että liikkuvan alustan päällä kävely on hieman erilaista kuin liikkumattoman alustan. Jos asiakas on ensimmäistä kertaa kävelymatolla, olisi hänelle hyvä antaa hetki aikaa totutella matolla kävelyyn. Tämän jälkeen pyritään etsimään asiakkaan luonnollista kävelyvauhtia vastaava nopeus. (Stolt ym. 2017, 189.)

Kävelyn tutkimisessa käytetään nykyään erilaisia **kameroita** apuvälineenä. Nykyaikaisissa kännyköissä on kaikissa kamera, joka mahdollistaa videon toistamista uudestaan ja uudestaan. Video voidaan myös tarvittaessa pysäyttää tiettyyn askelvaiheeseen. Käytössä on myös järjestelmä- ja suurnopeuskameroita, jotka ovat jo pidemmälle kehittyneitä. Järjestelmäkamerat myös mahdollistavat videon hidastamisen, joka helpottaa havainnointia. (Stolt ym. 2017, 189.)

Kävelylaboratorioissa kävelyn analysointi toteutetaan hyödyntäen suurnopeuskameroita, voimalevyjä ja kannettavaa telemetristä mittausjärjestelmää. Näin mahdollistetaan myös kävelyn kineettisten, kinemaattisten ja EMG-signaalien yhtäaikainen analysointi. Jalkapohjan kautta kehoon kohdistuvia reaktiivoimia voidaan mitata voimalevyjen avulla. Kineettinen malli luodaan yhdistämällä voimalevyn antama data sekä videokuva. Tämän mallin avulla voidaan määrittellä niveliin kohdistuva vääntövoima sekä raajojen kulmanopeudet sekä -kiihtyvyydet kävelyn aikana. EMG:llä voidaan tutkia lihasten aktivoitumisjärjestystä ja aktivaation voimakkuutta. (Arokoski ym. 2009. 79–80.)

Suurnopeuskamerat edustavat liikkeen tutkimisessa uusinta tekniikkaa, jolla pystytään kuvaamaan liikettä hyvinkin suurella kuvataajuudella (kuva/sekunti). Pääsääntöisesti liikkuvaa ihmistä kuvatessa se on 120-240 kuvaa sekunnissa. Kuvattua materiaalia voidaan myös tarkastella hidastuskuvana. Lisäksi havainnointia helpottaakseen voidaan kuvaan lisätä erilaisia viivoja, nuolia ja asetelukuja. (Stolt ym. 2017. 189–190.)

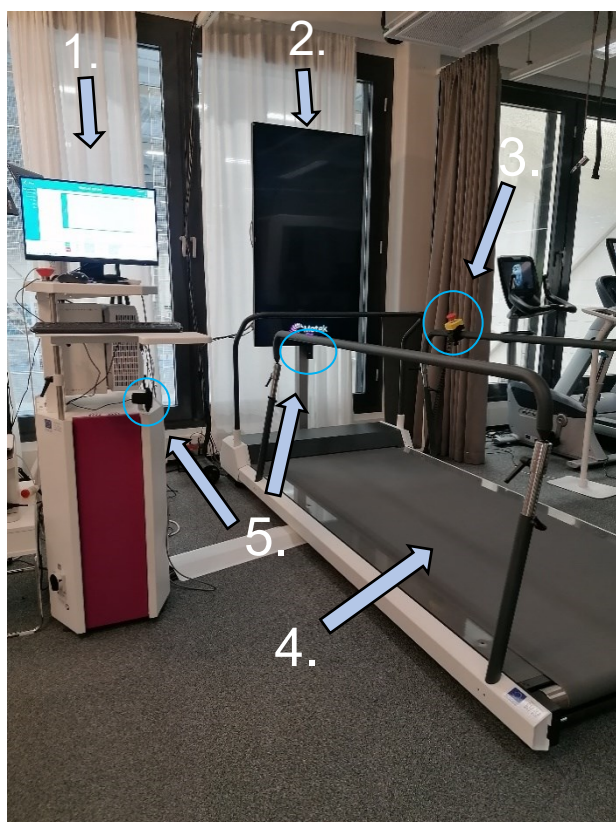
3 C-MILL VIRTUAALINEN KUNTOUTUSMATTO

C-Mill VR (virtual-reality) on virtuaalinen kuntoutusmatto (kuva 9), jonka avulla voidaan arvioida ihmisen kävelyä ja tasapainoa sekä harjoittaa kävelyä ja tasapainoa lisätyn todellisuuden ja virtuaalitodellisuuden avulla. Virtuaalitodellisuus tarjoaa koehenkilölle erilaisen mahdollisuuden harjoittaa tasapainoaan ja kävelytaitojaan erilaisien pelien muodossa. Pelit sisältävät monenlaisia harjoituksia, kuten esteiden ja kohteiden väistelyä. Kuntoutusmatto on alun perin suunniteltu käytettäväksi koehenkilöille, joilla on kävelyyn tai tasapainoon vaikuttava suurentunut kaatumisriski, neurologinen, sydän- ja verisuoniperäinen tai ortopedinen tilanne. (Motek 2016; Motek 2020.)

Matossa on sisäänrakennettu voimalevy, jonka avulla voidaan analysoida kuntoutujan askelpituutta, askelleveyttä, askeltiheyttä sekä symmetriaa. Maton edessä sekä molemmilla sivuilla on myös kamerat, jotka kuvaavat videokuvaa. Halutessaan koehenkilö itse voi seurata kävelyään reaaliaikaisesti edessä olevalta ruudulta. (Motek 2016; Motek 2020.) Opinnäytetyössä ei käytetty tallentavaa videokuvausta vaan ainoastaan kävelyä seurattiin reaaliaikaisesti.

Kuvaan 9 on tarkennettu numeroin C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton ominaisuuksia.

1. Tietokone ja ohjelmisto, jonka kautta maton käyttöä ohjataan.
2. Näyttö, jonka kautta asiakas voi myös itse seurata kävelyään reaaliaikaisesti.
3. Hätäseis-painike pysäyttää maton liikkeen hätätilanteessa.
4. Kävelymatto, jonka alla integroitu voimalevy.
5. Kameran sivulla ja edessä.



Kuva 9. C-Mill virtuaalinen kuntoutusmatto (Puustelli, M. 2020.)

3.1 Kävelyn analysointi C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla

Kävelytestiä tehdessä C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla koehenkilöt kävelivät paljain jaloin, jotta myös jalkaterän ja nilkan alueen toiminta kävelysyklin aikana oli helpommin havaittavissa. Tutkimuksen alussa huomioitiin yksilöllisesti aiempi tausta. Mikäli kuntoutusmatolla kävely oli ennestään tuntematonta, sai koehenkilö tutustua rauhassa kuntoutusmatolla kävelyn ja tuntemaan jalkojen alla (Stolt ym. 2017, 189). Vaikka kuntoutusmatolla kävely olisi vierasta, näkyivät kävelyssä silti mahdolliset biomekaaniset häiriöt. Jokaiselle koehenkilölle puettiin turvavaljaat.

Koehenkilöillä oli tarvittaessa mahdollisuus keskeyttää kävelytesti, milloin vain, ja heille osoitettiin HÄTÄ-SEIS-painikkeen sijainti ja toiminta, mikäli sitä tarvitsee käyttää kävelytestin aikana. Jokainen koehenkilö käveli kävelytestin omalla luontaisella kävelyvauhdilla (5–6 km/h). Kävelyä testattiin viiden minuutin kävelyharjoitteella.

Ennen kävelytestin aloittamista koehenkilön kanssa käydään läpi mahdolliset kontraindikaatiot eli vasta-aiheet, jotka voisivat mahdollisesti estää terapiaprosessin läpi viennin.

- Vaikea kognitiivinen, näkö- tai kuulovamma, jonka vuoksi koehenkilö ei pysty noudattamaan terapeutin ohjeita,
- Tutkittavan paino yli 135 kg ja yli 200 cm pituus,
- Selkärangan epävakaas tai epävakaat murtumat,
- Ihovaurioita tai sidoksia valjaiden kiinnitys alueella,
- Alhainen luuntiheys (Motek 2016.)

3.2 Datan analysointi

Kävelytapahtumien tarkka ja tehokas havaitseminen on välttämätöntä ihmisen kävelyn analysoimiseksi. Datan analysoinnissa tutkitaan usein kävelymuuttujia. On tärkeää, että nämä tapahtumat havaitaan tarkasti ja johdonmukaisesti koko tutkimuksen ajan. (Zeni ym. 2009.)

Voimalevyn avulla ohjelmisto muodostaa dataa kävelystä erilaisin graafisin kuvioin ja numeroin. Terapeutti voi tarkastella dataa asiakkaan kävelyharjoittelun aikana sekä myös harjoittelun jälkeen. Ohjelmisto tallentaa jokaisen kävelyharjoituksen ja näin harjoittelun edistymistä on helppo seurata. (Motek 2020.)

Kuviin 10-15 on koottuna viiden minuutin kävelytestistä saatavat datat. C-Mill virtuaalinen kuntoutusmatto koostaa **harjoituksen perustiedot** (kuva 10), joka sisältää ajan, matkan, askelten määrän sekä keskinopeuden numeraalisesti. Lisäksi on kuvattu tukivaiheiden kestot ja askelten pituudet sekä leveydet (vasen ja oikea) numeraalisesti.

Measurement info		Walking		
Client	██████████	Avg. speed	5.1 km/h	
Therapist	Therapist	Duration	04 min 59 sec	
Date	08/07/2020 10:33	Distance	424 m	
Avg. speed	5.1 km/h	Steps	600	
Duration	05:00	Step frequency	122 steps/min	
Distance	426 m		Left	Right
Steps	604	Step length [m]	0.696	0.702
		% stride length	49.8	50.2
		Stance time [s]	0.607	0.61
		% stride duration	61.6	61.8
		Stride length [m]	1.4	
		Step width [m]	0.14	

* - Results are calculated from the first valid detected gait cycle

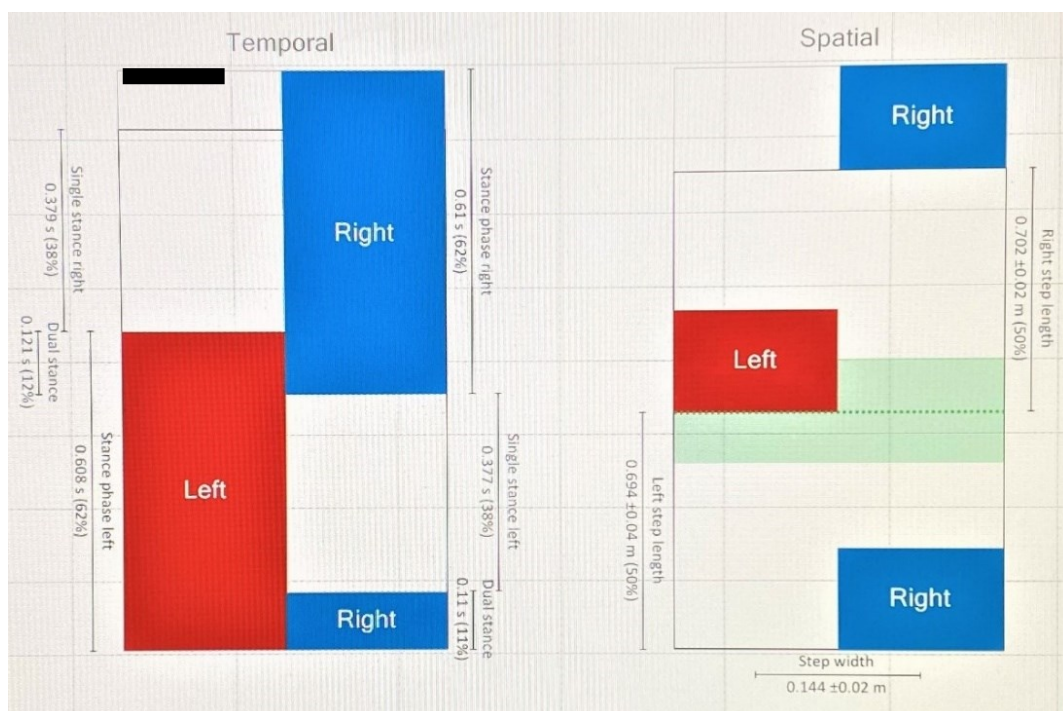
Kuva 10. Viiden minuutin kävely harjoituksen tulokset (Kinnunen, U. 2020.)

Voimalevy kerää tietoa tasapainosta perustuen tutkittavan massakeskipisteesseen ja painonsiirtoihin. **Painon jakautuminen** kuvataan (kuva 11) oikean ja vasemman kehonpuoliskon kesken. Mikäli painon jakautumisessa on puo- lioeroja, ilmenee se erona kilogrammoissa. (Motek 2018.)



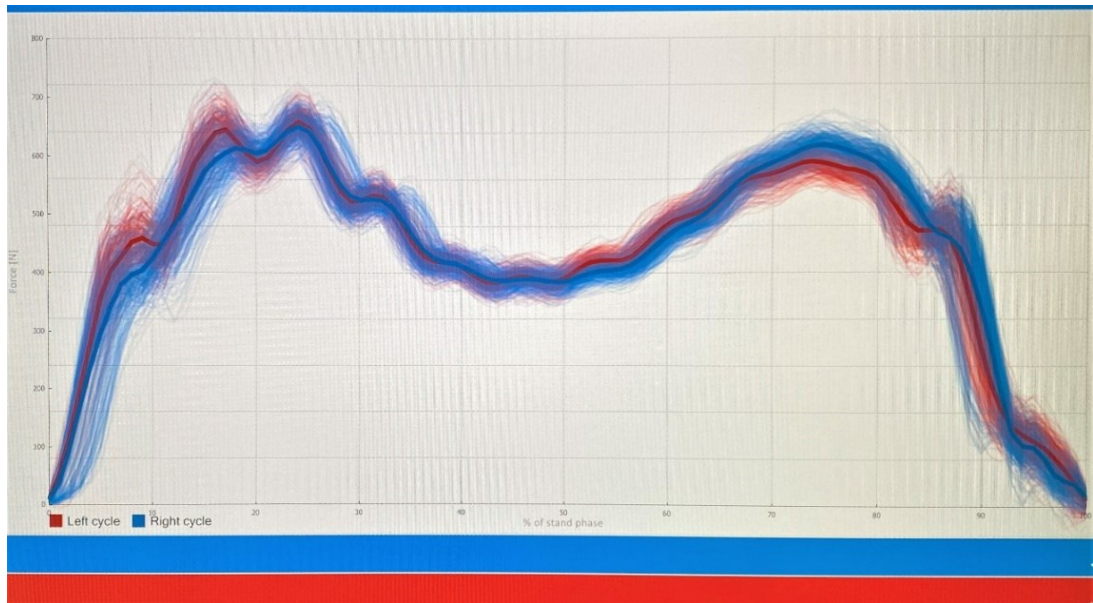
Kuva 11. Painon jakautuminen kävelyssä. (Kinnunen, U. 2020.)

Spatiotemporaaaliset parametrit (kuva 12) ovat muuttujia, joita on käytetty laajalti kliinisessä kävelyn analyysissä. Spatiaalisista tuloksista saadaan tietää askeleen pituus ja leveys metreissä (m). (Gouelle & Mégrot 2016.) Luuston rakenne sekä nivelten, lihaksiston ja hermoston toiminta ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat askeleen pituuteen. Keskimääräinen askelpituus miehellä on noin 70–75cm. Naisilla askelpituus on hieman lyhyempi. Keskimääräinen askelleveys on noin 10–15cm. Normaalialue kapeampi tai leveämpi askelleveys voi vaikuttaa alaraajojen linjauksiin sekä myös koko kehon toimintaan. (Väyrynen 2017, 182.) Temporaaaliset tulokset kuvaavat taas yhden jalan tukivaiheiden ja kaksoistukivaiheiden kestoa sekunneissa (s). Tuloksista voidaan tarkastella mahdollisia puoli eroja oikean ja vasemman välillä. (Gouelle & Mégrot 2016.)



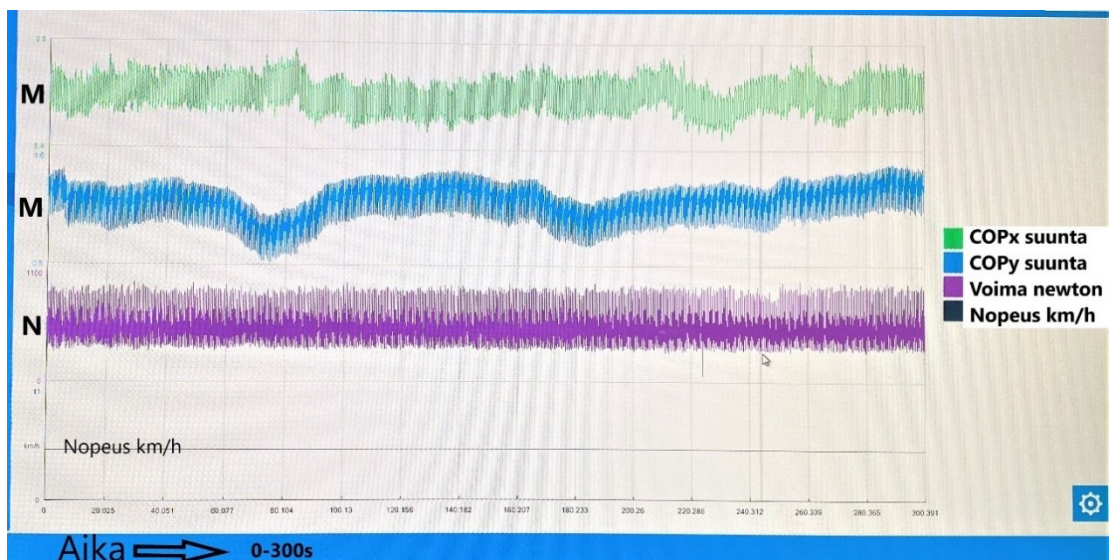
Kuva 12. Spatiotemporaaaliset tulokset. (Kinnunen, U. 2020.)

Kaavio (kuva 13) kuvastaa yhden askelsyklin **reaktivoimaa**, johon tulokset on koottu 5 minuutin kävelyn ajalta. Paksu viiva kuvastaa keskiarvoa. Punainen kuvastaa vasenta jalkaa ja sininen oikeaa. (Motek 2018.) Kaavio kuvastaa kävelyn aikana pystysuunnasta saapuvaa voimaa (N), jonka vuoksi kaavio on kaksi huippuinen. Ensimmäinen huippu kuvastaa alkukontakti vaihetta ja toinen huippu työntövaihetta. Kaavion alareunan luvut 0-100 kuvaavat askelsyklin vaihteita prosenteissa (%). Tämä mahdollistaa datan tarkempaa analysointia juuri tietyn kävelyn vaiheen osalta.



Kuva 13. Reaktiovoima. (Kinnunen, U. 2020.)

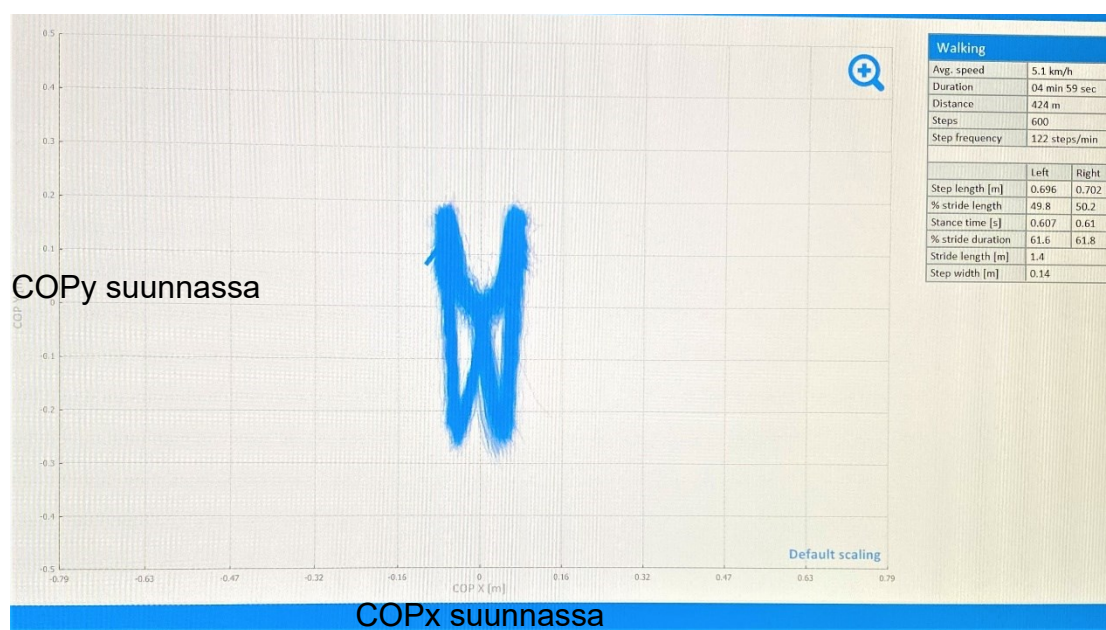
Raakadata mahdollistaa (kuva 14) tarkempaa tarkastelua koko 5minuutin kävelyn ajalta. Eri tarkasteltavia parametreja ovat kävelynopeus kilometriä tunnissa (musta), maanreaktiovoima newtoneina (violetti) sekä COP eli painekeskuksen sijainti x- ja y-suunnassa (vihreä ja sininen). COP tulee englannin kielien sanoista *center of pressure*. (Motek 2018.) COPx tarkoittaa kävelyn aikana vasemmalta oikealle tapahtuvaa huojuntaa metreissä (m) ja COPy puolestaan edestä taaksepäin tapahtuvaa huojuntaa metreissä (m). Suuri COP siirtymä voi kertoa heikentyneestä tasapainon hallinnasta. (Lee & Sun 2018). Datan tarkastelussa voidaan havaita myös alkukontakti, keskituki- ja päätöstukivaiheet. (Motek 2018).



Kuva 14. Raakadata (Kinnunen, U. 2020.)

Perhoskuvion mukaisesti piirretty kuvio (kuva 15) antaa monipuolisesti tietoa kävelyn ominaisuuksista. Siitä voidaan havaita esimerkiksi kävelyssä esiintyviä poikkeuksia, joka näkyy kuvion epäsymmetrisyytenä. Perhoskuvion muoto kertoo tutkijalle tutkittavan askeleen leveyden ja yhden jalan tukivaiheen kestoa. Esimerkiksi leveämpi perhonen kuvastaa suurempaa askelleveyttä ja kaapeampi perhonen päinvastoin. Ja perhosen pidemmät siivet taas kuvastavat yhden jalan tukivaiheen pidempää kestoa tietyllä nopeudella. (Roerdink ym. 2014.)

Kuviossa vasen ja oikea siipi kuvastavat painon kantoa vasemman ja oikean jalan tukivaiheiden ajan. COP tarkoittaa painokeskipisteen sijaintia. Yhden jalan tukivaiheen aikana vasemman jalan COP etenee kuvion edestä taaksepäin ja sen ollessa kuvion alareunassa iskeytyy oikea jalka alustaan. Ennen kaksoistukivaihetta COP siirtyy nopeasti kuvion alavasemmalla eteenpäin yläoikeaan, jolloin vasen kantapää irtoaa alustasta. Sitten COP siirtyy taaksepäin siiven yläoikealta kohti alaosaa yhden jalan tukivaiheen ajan, kunnes jälleen vasen kantapää koskettaa alustaan. Seuraa jälleen kaksoistukivaihe ja COP siirtyy nopeasti kuvion alaoikealta eteenpäin kohti ylävasenta ja lopulta oikea jalka irtoaa alustasta. (Roerdink ym. 2014.)



Kuva 15. Perhoskuvio. (Kinnunen, U. 2020.)

4 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton

käyttöastetta sekä tuottaa jalkaterapeuttikoulutukselle lisää tietoa kuntoutusmaton käyttömahdollisuuksista. Tutkittavat koehenkilöt saavat tarkkaa dataa ja tietoa heidän kävelystään tutkimuksen ohessa.

Tarkoituksena on kerätä C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla kävelyn analyysidataa ja arvioida sen käyttömahdollisuutta sekä saada uusi menetelmä kävelyn analysointiin jalkaterapeuttikoulutuksessa. Toimeksiantaja saa opinnäytetyöstä lisää tietoa kyseessä olevan kuntoutusmaton soveltuvuudesta kävelyn analyysiin sekä voi monipuolistaa ja hyödyntää jatkossa kuntoutusmaton käyttöä jalkaterapeuttikoulutuksessa.

Tässä opinnäytetyössä etsitään vastauksia seuraaviin kysymyksiin:

1. Millaista dataa C-Mill virtuaalinen kuntoutusmatto antaa kävelystä?
2. Millaista lisäarvoa C-Mill virtuaalinen kuntoutusmatto antaa kävelystä visuaaliseen havainnointiin verrattuna?

Opinnäytetyön tilaajana toimii Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (Xamk) jalkaterapeuttikoulutus Savonlinnan Liikunnan ja kuntoutuksen koulutusyksiköstä (LKY). Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu on vuonna 2017 aloittanut toimintansa, yhdistäen Mikkelin ja Kymenlaakson ammattikorkeakoulut. Kampuksia on tällä hetkellä neljä: Kotkassa, Kouvolassa, Mikkeliissä ja Savonlinnassa. Savonlinnan kampuksella on jalkaterapeuttikoulutuksen lisäksi, fysioterapeutti-, sairaanhoitaja-, liikunnanohjaaja-, sosionomi-, geronomi-, tradenomi-, insinööri-, biotuotetekniikka, rakennustekniikkakoulutusta. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulussa toteutuu opetuksen lisäksi myös tutkimus- ja kehittämistyötä sekä se tuottaa palveluita yrityksille ja yksityishenkilöille. (XAMK s.a.) Jalkaterapeuttikoulutusta on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun lisäksi vain Metropoliasissa, Helsingissä. (Opintopolku s.a.)

Jalkaterapeutin osaamiseen liittyy kiinteästi alaraajojen toimintakyvyn ja kävelyn arviointi. Valmistuttuaan jalkaterapeutti (AMK) omaa taidot tutkia ja selvittää eri alaraajaongelmien syitä hyödyntäen jalkaterapian arviointimenetelmiä.

Tutkimuksista saatujen tulosten perusteella jalkaterapeutti suunnittelee ja toteuttaa yksilöllisen terapian ja hoidon yhdessä asiakkaan kanssa. Terapia- ja hoitomenetelmät jalkaterapiassa perustuvat tutkittuun tietoon. (Xamk s.a.)

Alaraajojen asiantuntijana jalkaterapeutti edistää jalkojen terveydentilaa sekä ohjaa ja motivoi asiakasta muun muassa omahoidon toteutuksessa. Työnkuva on erityisen ihmisläheistä ja asiakasta voidaan auttaa konkreettisesti jo heti vastaanottokäynnin yhteydessä. Työskennellessä jalkaterapeutina on hyvistä vuorovaikutustaidoista, kädentaidoista, luovuudesta ja yrittäjämäisestä asenteesta hyötyä. Jalkaterapeutilla on runsas tietämys anatomiasta ja fysiologiasta, alaraajojen biomekaniikasta sekä erilaisista alaraajoihin liittyvistä sairauksista ja niiden ennaltaehkäisystä. (Stolt, ym. 2016; XAMK s.a; XAMK 2019.)

5 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTTAMINEN

Opinnäytetyö toteutetaan tapaustutkimuksena. Tapaustutkimuksessa saadaan yksityiskohtaista ja intensiivistä tietoa pienen joukon tapauksesta toisiinsa suhteessa oleviin tapauksiin. Tapaustutkimuksessa voi hyödyntää kvalitatiivisen ja kvantitatiivisen tutkimuksen periaatteita. Opinnäytetyössä tutkittiin yksilöllisesti yhdeksän koehenkilön kävelyä C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla. Kuntoutusmaton data-analyysiin yhdistettiin jalkaterapeutteja biomekaniikan tutkimuksia ja visuaalista havainnointia. Visuaaliseen havainnointiin kuului pystyasennon, yhden ja kahden jalan kyykkyjen sekä kävelyn havainnointi. Näitä tutkimuksia on vaikea erottaa toisistaan, mutta ne voivat täydentää toisiaan. On tärkeää pohtia, mikä menettely voisi tuoda parhaiten selville tutkittavaan aiheeseen, ja valita tämän perusteella oikea lähestymistapa. (Hirsjärvi ym. 2009, 134–137.)

5.1 Tapaustutkimus opinnäytetyön menetelmänä

Juutin ja Pusan (2020) mukaan tapaustutkimus mahdollistaa ilmiön tarkastelun sen omassa luonnollisessa asiayhteydessä hyödyntäen monia tietolähteitä. Tavoitteena tapaustutkimuksessa on yhdistää teoriatieto empiiriseen tutkimukseen. Hyvä tapaustutkimus edellyttää tutkijoiden tekevän vertailevaa

analyysiä huomioiden asiayhteyden, riippumatta siitä, onko kohdejoukkona yksittäinen vai useampi tapaus.

Kvantitatiivisessa eli määrällisessä tutkimusmenetelmässä keskeisiä piirteitä ovat muun muassa johtopäätökset aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat, hypoteesien esittäminen, käsitteiden määrittely sekä määritellään perusjoukko, johon tulosten tulee päteä ja tästä perusjoukosta otetaan otos. (Hirsjärvi ym. 2009, 140.) **Kvalitatiivinen** eli laadullinen tutkimus on kokonaisvaltaista tiedonhankintaa sekä aineiston kokoaminen tapahtuu todellisessa tilanteessa. Tutkimuksessa on tarkoitus ennemmin löytää tai paljastaa tosiasioita, kuin todeta tiedossa olevia väittämiä. (Hirsjärvi ym. 2009, 139–140.) Laadullisessa tutkimuksessa laatuun olennaisin vaikuttava asia on tutkijoiden kyvykyys rakentaa toimintakelpoinen tutkimusasetelma, jolla saadaan vastaus tutkimuksen kysymysasetteluun. (Juuti & Puusa 2020, 173).

Tapaustutkimuksessa voidaan käyttää **triangulaatiota**, jolloin yhdistetään esimerkiksi kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä. Tällöin tutkimuksessa voidaan syventää kohteesta saatavaa dataa. Näiden kahden menetelmän yhdistämisestä voi koitua ristiriitoja, joita opinnäytetyössämme huomasimme. (Saaranen-Kauppinen & Puusniekka 2006.) Tässä opinnäytetyössä kvantitatiivista tutkimusmenetelmää hyödynnetään tutkittaessa mahdollisia todennäköisyyksiä ja saamaan tilastoita C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottaman numeerisesta datasta. Kvalitatiivista tutkimusmenetelmää hyödynnetään puolestaan toiminnallisten testien ja kävelyn visuaalisessa analysoinnissa.

5.2 Kohdejoukko ja aineiston kerääminen

Kanasen (2017, 189–190) mukaan opinnäytetyön sisällön tulee perustua luotettavaan tietoon. Tutkimusmenetelmien tulee olla tieteellisten tutkimusten kriteerien mukaisia ja ne sisältävät aineistonkeruu-, arviointi- ja analyysimenetelmiä. Lisäksi teoria osuuden tulee sisältää muiden tutkijoiden tutkimustuloksia sekä tieteellistä teoriapohjaa. Muiden tutkijoiden tekemää tutkimustyötä tulee kunnioittaa ja lähdeviitteet tulee merkitä oikeaoppisesti.

Mittarina käytettiin itse luotua tutkimuslomaketta (liite 3/1.) joka jaettiin neljään osa-alueeseen. Tutkimuslomakkeeseen sisältyi tutkimuksia alaraajojen nivelten liikkuvuuksista ja toiminnallisuuksista, joita mitattiin goniometrillä sekä visuaalisesti. Jokaista koehenkilön tutkimusta varten oli varattu aikaa yksi tunti. Tutkimukset tehtiin koronasuosituksen mukaisesti. Koehenkilöillä ja opinnäytetyön tekijöillä oli suu-nenäsuojukset koko tutkimuksen ajan sekä käsihygieniasta huolehdittiin, lisäksi jokaisen koehenkilön jälkeen kosketuspinnat puhdistettiin asianmukaisesti. Koehenkilöitä ohjeistettiin myös jäämää pois tutkimuksesta, mikäli heillä olisi ollut koronaviruksen oireita.

Ensimmäisessä osa-alueessa käytiin läpi haastattelu, jossa koehenkilöä haastateltiin työnkuvasta, mahdollisesta vammataustasta, työperäisistä tuki- ja liikuntaelinvaivoista, perussairauksista sekä maton vaatimista kriteereistä (vaikea kognitiivinen, näkö- tai kuulovamma, jonka vuoksi potilas ei pysty noudattamaan terapeutin ohjeita, koehenkilön paino yli 135 kg ja yli 200 cm pituus, selkärangan epävakaas tai epävakaat murtumat, ihovaurioita tai sidoksia valjaiden kiinnitysalueella tai alhainen luuntiheys (Motek 2016.).

Toisessa osa-alueessa olivat jalkaterapeuttiset biomekaaniset tutkimukset alaraajojen liikkuvuuksista ja toiminnallisuuksista. Biomekaanisia tutkimuksia tehtiin nilkan ja jalkaterän alueelle goniometrillä. Kuormittamattomissa tutkimuksissa koehenkilö makasi hoitopöydällä joko päin- tai selinmakuultaan. Kuormitetussa tutkimuksessa (navicularen droppi) koehenkilö seisoivat lattialla. Goniometrillä mitattiin ST-nivelten neutraaliasento sekä inversio-eversio-suuntainen liikkuvuus, chopartin nivelen asento ja navicularen droppi molemmista jalkateristä. Visuaalisesti mitattiin TC-nivelten plantaari-dorsiflexio-suuntaisen liikkuvuudet, chopartin nivelten liikkuvuudet ja I-MTP-nivelten liikkuvuudet.

Kolmannessa osa-alueessa havainnoitiin yhden ja kahden jalan kyykyt sekä pystyasennon molemmilta sivuilta, edestä ja takaa sekä kävelyn havainnointi visuaalisesti C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla tehdyn 5 minuutin kävelytestin aikana analyysirungon mukaisesti (liite 3/2.). Valitsimme tutkimukseen kuntoutusmaton ohjelmistosta 5 minuutin kävelytestin, koska se tuotti tutki-

muksemme kannalta oleellisimman data-aineiston. Yhden ja kahden jalan kyykyissä havainnoimme lantion alueen ja alaraajojen linjausta, jalkaterien ja nilkkojen nivelten toimintaa suhteessa alustaan. Pystyasennossa havainnoitiin molemmilta sivuilta, edestä ja takaa jalkaterän kuormitusaluetta palpoiden sekä visuaalisesti, jalkaterän ja nilkan alueen nivelten asentoa suhteessa alustaan, alaraajojen linjausten vaikutusta ryhtiin. Kävelystä havainnoitiin edestä, takaa, sivuilta alaraajojen linjausta, ylävartalon- ja raajojen toimintaa sekä myös alaraajojen osalta niveltasoista toimintaa eri kävelyn vaiheissa. Havainnoidessa oli tärkeää muistuttaa koehenkilöä kävelemään mahdollisimman luonnollisesti ja itselle ominaisella kävelyvauhdilla. Tutkimuksen jälkeen annoimme tutkittaville koehenkilöille lyhyen palautteen suullisesti heidän kävelystään.

Neljännessä osa-alueessa analysoitiin C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottamaa dataa kävelyn eri vaiheista jokaiselle koehenkilölle luodun henkilökohtaisen profiilin mukaisesti. Koehenkilöt oli nimetty Koehenkilö 1 UMOpinnäytetyö, Koehenkilö 2 UMOpinnäytetyö jne. Profiiliin lisättiin koehenkilön paino, pituus sekä kengän koko, jotta tulokset olisivat realistiset. Kävelyvauhdiksi valittiin koehenkilön oma luontainen kävelyvauhti, joka asettui 5-6 km/h välille. Kävelytesti oli viiden minuutin mittainen. Ohjelmisto keräsi dataa painon jakautumisesta kävelyssä oikean ja vasemman kehonpuoliskon kesken, spatiotemporaalisista tuloksista yhden askelparin leveydestä ja pituudesta, askelsyklin aikana tapahtuva reaktivoimasta, perhoskuvion kuvaamasta kuvioista yhden askeleen leveyden ja yhden jalan tukivaiheen kestosta sekä raakadatasta, joka kertoo kävelyn nopeudesta, reaktivoimasta ja painekeskuksen sijainnista.

Vehkalahden (2019, 40) mukaan mittarin luotettavuuteen ja laatuun vaikuttavat useammat asiat, kuten tilastolliset ja tekniset asiat. Mittarin toimivuutta ja luotettavuutta tulisi tarkastella laajemmin jo ennen tutkimuksen toteutusta, sillä toteutuksen jälkeen sen muuttaminen/korjaaminen voi olla myöhäistä. Jälkikäteen kertaluontoisesti tehtyjä mittaustuloksia on hankala muuttaa. Etukäteen tarkastellulla mittarilla saadaan aikaan positiivisia vaikutuksia tutkimustuloksissa.

5.3 Aineiston analysointi

Aineiston analysoinnilla oli tavoite saada vastauksia opinnäytetyön tutkimuskysymyksiin. Analysointia ja aineiston keruuta tehtiin vuorotellen opinnäytetyöprosessin ajan. Edellä mainittuja syklejä voi olla useita, sillä etukäteen ei voi tietää, mitä tietoja tarvitaan ja kuinka paljon. Aineistoa kerättiin tutkimuskysymysten perusteella haastattelemalla, havainnoimalla ja keräämällä numeraalista dataa. (Kananen 2017, 131–133.)

Data luokiteltiin omiin luokkiinsa C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton antaman datan mukaisesti: ***painon jakautuminen, spatiaaliset tulokset, temporaaliset tulokset, reaktiovoima, raakadata ja perhoskuvio***. Kuntoutusmatosta saatu numeraalinen data kerättiin koehenkilöittäin taulukoiksi, joista koostettiin lopuksi yhtenäinen tulos. Dataan lisättiin visuaalisesti tehdyt havainnot pystyasennosta, yhden jalan kyykystä ja kahden jalan kyykystä. Luokittelun jälkeen teimme täydentävän aineistonkeruun, jolloin saimme syventäviä vastauksia käyttämistämme tietolähteistä. (Kananen 2017, 131–133.) Visuaalinen havainnointi luokiteltiin omiin luokkiinsa: ***yhden jalan kyykyt, kahden jalan kyykyt, pystyasento ja kävely***. Visuaalisen havainnoinnin tukena käytimme laatimaamme analyysirunkoa (liite 3/2.). Jokaisesta koehenkilöstä koostettiin yksilöllinen yhteenveto (liite 4). Yhteenvedossa pohdittiin tarkemmin kuntoutusmaton tuottamaa dataa ja vertailtiin sitä visuaalisesti tehtyihin havaintoihin.

Aineiston analysoinnin ulkopuolelle jäivät tutkimuslomakkeen (liite 3/1.) jalkaterapeuttiset biomekaaniset tutkimukset. Koettiin, että aikataulullisesti tulosten tulkinta olisi ollut mahdotonta ja opinnäytetyön raportista olisi tullut liian laaja. Tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin tyypillisiä kävelyn analysoinnin tukena käytettäviä mittauksia: ***navicularen droppi, ST-nivelen neutraaliasento ja liikkuvuus sekä chopartin nivelen, TC-nivelen ja I-MTP-nivelen liikkuvuus***. Opinnäytetyössä kuntoutusmaton tuottamasta datasta saatiin riittävästi tietoa raporttia varten. Edellä mainittuja biomekaanisia tutkimuksia voisi hyödyntää jatkotutkimuksissa.

6 TULOKSET

Tässä kappaleessa esitellään tulokset, jotka pohjautuvat tutkimuskysymyksiin. Tulokset koostuvat esihaastattelusta sekä kävelyn, pystyasennon, yhden ja kahden jalan kyykkyjen visuaalisesta havainnoinnista. Nämä täydentävät C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottamaa dataa. Tulokset analysoidaan koehenkilöittäin ja esitetään osa-alueittain.

6.1 Koehenkilöiden taustatiedot

Taustatietojen keräämiseksi jokainen koehenkilö haastateltiin yksilöllisesti. Tutkimuslomakkeelle kirjattiin muistiin koehenkilön työkuva, harrastukset, aiemmat vammat ja tapaturmat sekä mahdolliset kiputilat. Lisäksi käytiin vielä läpi C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton edellyttämät kontraindikaatiot, jotka mahdollisesti voisivat olla este tutkimuksen toteutukselle. Tutkittavilla koehenkilöillä ei ollut esteitä tutkimukselle.

Tutkimukseen osallistui yhdeksän istumatyötä pääsääntöisesti tekevää toimistotyöntekijää. Kaksi heistä oli miehiä ja loput seitsemän naisia. Kahdeksalla koehenkilöistä (taulukko 1) oli ollut tuki- ja liikuntaelimestön vaivoja eri kehon alueilla. Vaivat olivat nivelsidevammoja, lihasjäykkyyttä tai -repeämää, luun murtumia, kulumia nikamissa, nyrjähdyksiä sekä kiputiloja, joiden syitä ei ollut tarkemmin määritelty tai selvitelty.

Taulukko 1. Tuki- ja liikuntaelimestön vaivojen sijainnit koehenkilöillä.

Tule-vaivojen sijainnit	Jalkaterä ja nilkka	Sääri ja polvi	Reisi ja lantio	Selkä	Hartian seutu ja yläraajat
Koehenkilö 1	x	x			
Koehenkilö 2	x		x	x	x
Koehenkilö 3	x	x		x	
Koehenkilö 4	x	x	x		
Koehenkilö 5	x	x			x
Koehenkilö 6	x			x	x
Koehenkilö 7	x			x	
Koehenkilö 8					
Koehenkilö 9	x				

Työskentelyasennoissa oli vaihtelevuuksia koehenkilöiden välillä. Istumatyötä heistä tekivät pääsääntöisesti viisi ja muut neljä vaihtelivat työasentoa istuma-asennosta seisoma-asentoon päivän aikana. Koehenkilöt myös kertoivat vallitsevan maailmallisen tilanteen vaikuttavan työskentelyasentoihin, sillä osa heistä oli siirtynyt etätöihin kotioloihin, jolloin ei ollut työpaikan puolesta monipuolisia työskentelytasoja tai tuoleja. Kahdeksan koehenkilöä yhdeksästä harasti vapaa-aikana säännöllisesti liikuntaa.

Ennen viiden minuutin kävelytestiä C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla, koehenkilöille tehtiin **toiminnallisia testejä**, joita havainnoitiin visuaalisesti. Myös kävelyä havainnoitiin visuaalisesti samalla, kun tutkittavat koehenkilöt kävelivät C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla. Tuloksissa peilataan visuaalisesti tehtyjä havaintoja C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottamaan dataan.

6.2 C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottaman datan vertailu visuaalisesti tehtyihin havaintoihin

Painon jakautumisessa (taulukko 2) näkyivät mahdolliset puolierot kehon eri puoliskojen kanssa prosentuaalisesti (%). Koehenkilöillä paino kuitenkin jakautui tasaisesti molemmille kehon puolille. Erot olivat 0,1 % kaikilla koehenkilöillä, lukuun ottamatta yhtä koehenkilöä, jolla puoliero ei ollut ollenkaan, vaan paino jakautui tasaisesti molemmille kehon puolille.

Taulukko 2. Painon jakautuminen viiden minuutin kävelytestin aikana.

Painon jakautuminen	Vasen	Oikea
Koehenkilö 1	100,1 %	99,9 %
Koehenkilö 2	100,1 %	99,9 %
Koehenkilö 3	99,9 %	100,1 %
Koehenkilö 4	99,9 %	100,1 %
Koehenkilö 5	99,9 %	100,1 %
Koehenkilö 6	100,1 %	99,9 %
Koehenkilö 7	99,9 %	100,1 %
Koehenkilö 8	100 %	100 %
Koehenkilö 9	100,1 %	99,9 %

Spatiaalisissa tuloksissa (taulukko 3) näkyivät askelpituuksien puolieroja sekä askelleveys metreinä (m). Koehenkilöistä kahdeksalla oli oikealla pidempi askelpituus kuin vasemmalle ja yhdellä vasemmalla pidempi kuin oikealla. Askelleveyteen ja pituuteen vaikutti koehenkilöiden pituus ja visuaalisesti nähtynä kehon koostumus sekä mahdolliset linjauspoikkeavuudet, kuten abductor twist ja jalkaterien etuosan abduktio.

Taulukko 3. Spatiaaliset tulokset viiden minuutin kävelytestin aikana.

Spatiaaliset tulokset	Askelpituus vasen	Askelpituus oikea	Askelleveys
Koehenkilö 1	0,661 m	0,678 m	0,103 m
Koehenkilö 2	0,81 m	0,811 m	0,102 m
Koehenkilö 3	0,7 m	0,718 m	0,096 m
Koehenkilö 4	0,697 m	0,743 m	0,103 m
Koehenkilö 5	0,69 m	0,673 m	0,121 m
Koehenkilö 6	0,663 m	0,667 m	0,108 m
Koehenkilö 7	0,795 m	0,791 m	0,064 m
Koehenkilö 8	0,691 m	0,668 m	0,130 m
Koehenkilö 9	0,779 m	0,736 m	0,127 m

Temporaalisissa tuloksissa (taulukko 4) näkyivät yhden jalan tukivaiheen ja askeleen kestossa puolieroja, ainoastaan yhdellä koehenkilöllä oli saman pituinen kestoltaan sekunneissa (s) yhden jalan tukivaihe sekä askeleen kesto. Puolierot olivat todella pieniä alle sadasosa sekunnin kestoisia kaikilla muilla kahdeksalla koehenkilöllä.

Taulukko 4. Temporaaliset tulokset viiden minuutin kävelytestin aikana.

Temporaaliset tulokset	Yhden jalan tukivaiheen kesto vasen	Yhden jalan tukivaiheen kesto oikea	Askeleen kesto vasen	Askeleen kesto oikea	Kaksoistukivaihe
Koehenkilö 1	0,361 s	0,372 s	0,616 s	0,602 s	0,12 s
Koehenkilö 2	0,394 s	0,374 s	0,599 s	0,579 s	0,126 s
Koehenkilö 3	0,371 s	0,391 s	0,592 s	0,573 s	0,104 s
Koehenkilö 4	0,355 s	0,364 s	0,588 s	0,579 s	0,112 s
Koehenkilö 5	0,375 s	0,371 s	0,607 s	0,61 s	0,116 s
Koehenkilö 6	0,366 s	0,375 s	0,574 s	0,565 s	0,0987 s
Koehenkilö 7	0,399 s	0,399 s	0,604 s	0,604 s	0,104 s
Koehenkilö 8	0,363 s	0,367 s	0,609 s	0,604 s	0,122 s
Koehenkilö 9	0,401 s	0,415 s	0,699 s	0,655 s	0,126 s

Reaktivoiman (taulukko 5) käyrissä näkyivät alkukontaktin aikana korostuneita voimapiikkejä kaikilla yhdeksällä koehenkilöllä. Visuaalisesti vain viidellä oli havaittu voimakas kantaisku. Lisäksi voimapiikkejä oli yhdellä kuormitusvasteen ja yhdellä päätöstukivaiheen aikana, muutoin pääsääntöisesti kaikilla yhdeksällä koehenkilöllä oli korostuneita voimapiikkejä heilahdusvaiheen aikana. Korostuneet voimapiikit kertoivat siitä, että kävely ei ollut täysin hallittua kyseisissä vaiheissa. Visuaalisesti oli nähtävissä jokin poikkeavuus, kuten varpaiden voimakas ekstensio koko heilahdusvaiheen aikana tai jalkaterän etuosan hallitsematon ”läpsähdys” vasten alustaa.

Taulukko 5. Reaktivoima viiden minuutin kävelytestin aikana.

Reaktivoima	Datahavainnot
Koehenkilö 1	Vasemmalla jalalla havaittavissa alkukontaktin ja heilahdusvaiheen aikana selkeä voimapiikki.
Koehenkilö 2	Molemmilla jaloilla alkukontaktin aikana voimapiikki, vasemmalla huomattavasti voimakkaampi kuin oikealla. Käyrissä selkeä epäsymmetria nähtävissä. Vasemmalla jalalla heilahdusvaiheen aikana kaksi voimapiikkiä.
Koehenkilö 3	Vasemmalla jalalla alkukontaktin ja koko heilahdusvaiheen aikana voimapiikit. Paine koko kävelyn ajalta tasainen, ei havaittavissa suurempaa huojuntaa.
Koehenkilö 4	Molemmilla jaloilla alkukontaktin, kuormitusvasteen, päätöstukivaiheen ja koko heilahdusvaiheen aikana voimapiikkejä.
Koehenkilö 5	Vasemmalla jalalla alkukontaktin ja koko heilahdusvaiheen aikana voimapiikkejä.
Koehenkilö 6	Molemmilla jaloilla alkukontaktin aikana voimapiikit. Vasemmalla myös keskiheilahduksen aikana voimapiikki. Ei varvastyöntöä.
Koehenkilö 7	Molemmilla jaloilla alkukontaktin aikana voimapiikit, vasemmalla voimakkaampi kuin oikealla. Loppuheilahdusvaiheessa molemmilla jaloilla voimapiikit. Loppuheilahdusvaiheessa reaktivoimat kuitenkin heikohkot.
Koehenkilö 8	Vasemmalla jalalla alkukontaktin ja keskiheilahdusvaiheen aikana voimapiikit. Voiman tuotto muuten tasaista koko kävelyn ajan.
Koehenkilö 9	Vasemmalla jalalla alkukontaktin ja loppuheilahduksen aikana voimapiikit. Loppuheilahduksen aikana voimapiikki pienempi. Varpaissa ekstensio koko heilahdusvaiheen ajan.

Perhoskuviossa (taulukko 6) näkyivät askelleveys sekä askeleen pituus. Lisäksi kuvion perusteella näkyi huojunnan määrä, painekeskipisteen sekä yhden jalan tukivaiheen kesto. Epäsymmetria kertoi mahdollisista puolieroista tai muista kävelyyn liittyvistä poikkeavuuksista. Kaikilla yhdeksällä koehenkilöllä oli puolieroja tai kävelyyn liittyviä poikkeavuuksia, kuten vajausta loppuheilahduksen aikana tai abductor twist alkuheilahduksen aikana.

Taulukko 6. Perhoskuvio viiden minuutin kävelytestin aikana.

Perhoskuvio	Datahavainnot
Koehenkilö 1	Askellevyys kapea. Oikean jalan askelpituus hieman pidempi kuin vasemman jalan. Askeleen pituus ajassa (s) on oikeassa jalassa pidempi. Huojuntaa havaittavissa.
Koehenkilö 2	Kuvion siivet epäsymmetriset. Kuviosta havaittavissa tasapainon ylläpidossa haasteita. Askeleen pituus lähes sama, mutta ajallisesti (s) vasen jalka pysyy pidempään alustalla. Painopiste mahdollisesti edessä. Jalkaterät abduktiossa.
Koehenkilö 3	Kuvion siivet melko symmetriset. Oikealla puolella lievää huojuntaa. Oikean jalan askelpituus hieman pidempi. Painopiste siirtyy enemmän lateraalireunalle molemmilla jaloilla kantaiskun jälkeen.
Koehenkilö 4	Painon siirto koko kävelyn ajalta melko tasaista, oikealla jalalla hieman huojuntaa. Oikea jalka astuu vasenta jalkaa hieman pidemmälle.
Koehenkilö 5	Oikean ja vasemman jalan välillä epäsymmetriaa. Oikealla varvastyöntö jäi hieman vajaammaksi kuin vasemmalla.
Koehenkilö 6	Painon siirto jalalta toiselle hieman epävakaa. Muuten kuvio symmetrinen.
Koehenkilö 7	Askellevyys huomattavan kapea.
Koehenkilö 8	Hyvä askelleveys. Huojuntaa havaittavissa painonsiirrossa oikealta vasemmalle jalalle, juuri ennen alkukontaktia. Painonsiirto vasemmalta oikealle vakaa.
Koehenkilö 9	Vasemman jalan askeleen kulku tukivaiheen yli hyvin tasainen ja ilman huojuntaa. Oikealla hieman huojuntaa havaittavissa ja painopiste kulkee jalan lateraalireunaa pitkin.

Raakadatassa (taulukko 7) näkyivät painekeskipisteet leveys- ja pituussuunnassa sekä reaktiovoima kävelyn aikana. Raakadataa lähentämällä pystyi erottamaan kävelyn eri vaiheet ja loitontamalla näkemään laajemman tuloksen koko kävelyn aikana. Huojuntaa esiintyi seitsemällä koehenkilöllä. Visuaalisesti huojuntaa tai tasapainon menetystä ei nähnyt. Tuloksissa näkyi tarkkaa tietoa voiman tuotosta kävelyn aikana. Lisäksi tuloksissa oli nähtävissä askelleveydessä ja -pituuksissa muutoksia. Muutokset askelpituuksissa kertoivat mahdollisesti liian nopeasta tai hitaasta kävelyvauhdista, kun taas askelleveyden muutokset kertoivat huojunnasta, tasapainon menetyksestä tai puolieroista.

Taulukko 7. Raakadata viiden minuutin kävelytestin aikana.

Raakadata	COPx (painekeskipiste vasemmalta oikealle)	COPy (painekeskipiste edestä taakse)	F z (voima)
Koehenkilö 1	Huojuntaa. Kapea askelleveys.	Paikka vaihtunut kävelytestin keskivaiheilla.	Voimakas kantaisku.
Koehenkilö 2	Oikean ja vasemman jalan kesken puolieroja.	Askelpituus vaihtelee.	Oikean ja vasemman jalan kesken puolieroja.
Koehenkilö 3	Vasemmalle tulee vähemmän painoa. Oikea tasapainottaa vasemmalle kohdistuvaa huojuntaa.	Tasainen.	Voimakas kantaisku
Koehenkilö 4	Huojuntaa.	Tasainen askelpituus.	Voimakas kantaisku.
Koehenkilö 5	Kävely ei ole suoraviivaista, vaan tasapainottavia askelluksia tulee usein.	Paikka vaihtunut kävelytestin aikana usein, kävelynopeus vaihtelee.	Useita voimapiikkejä kävelyn eri vaiheissa.
Koehenkilö 6	Askelleveys ja sijainti vaihtelee usein.	Paikka vaihtunut kävelytestin aikana.	Kantaisku voimakas. Heilahdusvaiheessa suurempi voimapiikki. Voimantuotto ei tasaista.
Koehenkilö 7	Askelleveys muuttuu paljon.	Ei puolieroja.	Voimakas kantaisku. Aaltoileva voimantuotto tuki- ja heilahdusvaiheessa
Koehenkilö 8	Runsaasti huojuntaa ja askelleveys muuttuu paljon.	Paikka vaihtunut kävelytestin aikana.	Varpaiden ekstensio näkyy mahdollisesti vaihtelevana voimantuottona- ja laskuna.
Koehenkilö 9	Askelleveys ja sen sijainti muuttuu paljon. Huojuntaa.	Paikka vaihtunut kävelytestin aikana.	Voimantuotto tasainen koko kävelyn ajan. Alkukontaktin aikana on nähtävissä puolieroja.

Yhden jalan kyykyjen (taulukko 8) havainnoinnissa erityisesti huomioitavaa näkyi polvien linjauksessa suhteessa II-varpaaseen sekä lantion asennossa. Kuudella koehenkilöllä esiintyi polven linjauksen pettämistä ja vain kolmella polven linjaus oli hyvä molemmin puolin. Kuudella koehenkilöllä oli myös havaittavissa trendelenburg joko molemmin puolin tai vain toisella puolella. Kolmella koehenkilöllä lantion hallinta pysyi hyvänä. Kahdeksalla koehenkilöllä esiintyi yhden jalan kyykyn aikana varpaiden flexio, jolloin varpaat tarraavat alustaan voimakkaasti kiinni.

Taulukko 8. Yhden jalan kyykyt.

Yhden jalan kyykyt	Jalkaterän asento ja nilkan toiminta	Polvien linjaus suhteessa II-varpaaseen	Ylävartalon asento ja hallinta	Lantion asento, trendelenburg?	Tasapaino
Koehenkilö 1	Varpaissa flexio oikealla ja vasemmalla	Linjaus pettää mediaalisesti oikealla ja vasemmalla	Ei mainittavaa	Trendelenburg oikealla ja vasemmalla	Vakaa
Koehenkilö 2	Jalkaterän etuosan abduktio oikealla ja vasemmalla, varpaissa flexio oikealla	Linjaus pettää mediaalisesti oikealla ja vasemmalla	Ei mainittavaa	Vakaa	Vakaa
Koehenkilö 3	Ei mainittavaa	Linjaus pettää mediaalisesti vasemmalla ja linjaus pysyy oikealla	Ei mainittavaa	Trendelenburg vasemmalla, lantion hallinta hyvä oikealla	Tasapainon korjaus nilkasta oikealla
Koehenkilö 4	Varpaissa flexio oikealla ja vasemmalla	Linjaus pettää mediaalisesti oikealla ja vasemmalla	Lannerangassa lordoosi	Trendelenburg oikealla	Vakaa
Koehenkilö 5	Varpaissa flexio oikealla ja vasemmalla	Ei mainittavaa	Ylävartalo kallistuu tukijalan puolelle oikean kyykyssä	Trendelenburg oikealla ja vasemmalla	Vakaa
Koehenkilö 6	Varpaissa flexio oikealla ja vasemmalla, painopiste jalkate-	Linjaus pettää mediaalisesti oikealla ja vasemmalla	Ylävartalo kallistuu tukijalan puolelle oikean	Trendelenburg oikealla	Vakaa

	rässä lateraalisesti vasemmalla		ja vasemman kyykyssä		
Koehenkilö 7	Varpaissa flexio vasemmalla	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Trendelenburg oikealla	Vakaa
Koehenkilö 8	Varpaissa flexio oikealla ja vasemmalla	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Vakaa
Koehenkilö 9	Varpaissa flexio oikealla ja vasemmalla, painopiste jalkaterässä mediaalisesti oikealla	Linjaus pettää mediaalisesti oikealla	Ylävartalo kallistuu tukijalan puolelle oikean kyykyssä	Ei mainittavaa	Tasapainon korjaus nilkasta oikealla ja vasemmalla

Kahden jalan kyykkyjen (taulukko 9) havainnoinnissa polvien linjaus pysyi hyvänä pääasiassa kaikilla koehenkilöillä. Yhdellä koehenkilöllä polvien linjaus petti mediaalisesti. Lantion asento kuudella koehenkilöllä oli hyvä, kolmella koehenkilöllä Trendelenburg oli positiivinen löydös. Ylävartalon hallinta ja asento suurimmalla osalla koehenkilöistä oli hyvä. Kahdella koehenkilöistä lannerangassa oli korostunut lordoosi, toisella heistä myös rintarangan kyfoosi. Tasapainon hallinta jokaisella koehenkilöllä hyvä. Jalkaterän ja nilkan alueella huomioita teimme varpaiden alueella sekä painon jakautumisen suhteen. Kolmella koehenkilöllä jalkaterän ja nilkan alueella ei ollut mitään erityistä huomioitavaa.

Taulukko 9. Kahden jalan kyykyt.

Kahden jalan kyykyt	Jalkaterän asento ja nilkan toiminta	Polvien linjaus suhteessa II-varpaaseen	Ylävartalon asento ja hallinta	Lantion asento, trendelenburg?	Tasapaino
Koehenkilö 1	Varpaissa flexio ja puristus vasten alustaa	Linjaus pettää mediaalisesti	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Vakaa
Koehenkilö 2	Painopiste jakautuu tasaisesti jalkaterässä	Linjaus pysyy suorana	Ei mainittavaa	Trendelenburg vasemmalle	Vakaa
Koehenkilö 3	Ei mainittavaa	Linjaus pysyy suorana	Ei mainittavaa	Trendelenburg vasemmalle	Vakaa
Koehenkilö 4	Mediaalinen pitkittäiskaari laskeutuu, kantaluissa valgus	Linjaus pysyy suorana	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Vakaa
Koehenkilö 5	Mediaalinen pitkittäiskaari ei joustoa, kantaluissa valgus. Painopiste siirtyy mediaalipuolelle	Ei mainittavaa	Lannerangassa lordoosi	Trendelenburg oikealle	Vakaa
Koehenkilö 6	Mediaalisessa pitkittäiskaaressa joustoa, IV- ja V-varpaat kohoavat	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Vakaa

Koehenkilö 7	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Lannerangassa lordoosi ja rintarangassa kyfoosi	Ei mainittavaa	Vakaa
Koehenkilö 8	Ei mainittavaa	Linjaus pysyy suorana	Ei mainittavaa	Lantion asento suora	Vakaa
Koehenkilö 9	Painopiste jakautuu mediaalisesti	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Vakaa

Pystyasennossa (taulukko 10) havainnoitiin jalkaterän ja nilkan aluetta, polvien ja lantion asentoa sekä myös ylävartalon asentoa. Viidellä koehenkilöllä polvissa oli nähtävissä yliojentumista, yhdellä polvet myös yliojentumisen lisäksi olivat pihdissä. Ylävartalon alueella viidellä koehenkilöllä oli hartialinjassa nähtävissä puolieroja ja kolmella koehenkilöllä lannerangassa lordoosi. Jalkaterän alueella usealla koehenkilöllä oli jalkaterissä etuosan abduktiota. Yhdellä koehenkilöllä myös hallux valgus molemmissa I-varpaissa. Lantion alueella kahdella koehenkilöllä oli poikkeavuutta asennossa.

Taulukko 10. Pystyasennon havainnointi.

Pystyasento	Jalkaterä ja nilkka	Polvien asento	Lantion asento	Ylävartalo
Koehenkilö 1	Hallux valgus (oikealla suurempi)	Yliojennus, pih- tipolvisuus	Ei mainittava	Olkapäät kiertyvät eteenpäin, selkäranka suora, lannerangan lordoosi
Koehenkilö 2	Oikean ja vasemman jalkaterän etuosan abduktio	Yliojennus	Anteriorinen tilt	Vasen hartialinja alempana
Koehenkilö 3	Oikean jalkaterän etuosan abduktio, kantaluut suorat	Ei mainittavaa	Ei mainittavaa	Hartiat samassa tasossa, lannerangan lordoosi
Koehenkilö 4	Kantaluut suorat	Yliojennus	Ei mainittavaa	Oikea hartialinja alempana
Koehenkilö 5	Oikea jalkaterän etuosan abduktio	Yliojennus	Ei mainittavaa	Vasen hartialinja alempana
Koehenkilö 6	Oikean ja vasemman jalkaterän etuosan abduktio	Yliojennus	Ei mainittavaa	Oikea hartialinja alempana
Koehenkilö 7	Oikean jalkaterän etuosan abduktio, kantaluut valguk- sessä, korkeakaariset jalat	Linjaus suora	Oikea lantion- puolisko korkeammalla	Oikea hartialinja alempana, lannerangan lordoosi

Koehenkilö 8	I-varpaiden kärkinivelessä adduktio, haglundin kyhmyt oikealla ja vasemmalla	Linjaus suora	Ei mainittavaa	Hartiat samassa tasossa
Koehenkilö 9	Oikean ja vasemman jalkaterien etuosan lievä abduktio, haglundin kyhmyt oikealla ja vasemmalla, kantapäissä lievä valgus oikealla ja vasemmalla	Linjaus suora	Ei mainittavaa	Hartiat samassa tasossa

Kävelyä (taulukko 11) havainnoitiin molemmilta sivuilta, edestä ja takaa. Koehenkilöistä kuudella oli TC-nivelessä dorsifleksio koko kävelyn aikana, kävelystä puuttui TC-nivelen plantaarifleksio alkuheilahduksen aikana. Lisäksi myös kuudella koehenkilöllä uupui varvastyöntöä kävelysyklissä, ponnistus lähti näillä henkilöillä päkiän alueelta. Viidellä koehenkilöllä oli voimakas kantaisku alkukontaktin aikana. Kantaiskon voimakkuus oli havaittavissa kaikilla koehenkilöillä C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottamissa datoissa, reaktiivisissa sekä raakadatassa. Kapea askelleveys oli visuaalisesti havaittuna yhdellä koehenkilöllä, mutta kuntoutusmaton datoissa löytyi yksi koehenkilö lisää, jolla oli huomattavan kapea askelleveys. Seitsemällä koehenkilöistä oli joko toisen tai molempien jalkaterien etuosan abduktio. Lisäksi kolmella koehenkilöllä oli keski- ja loppuheilahduksen aikana abductor twist, joka näkyi kuntoutusmaton datassa, perhoskuviossa. Neljällä koehenkilöistä oli kantaluu asento varuksessa tai valguksessa, nämä näkyivät perhoskuviossa myös. Kahdella koehenkilöistä oli puolieroja yläraajojen liikehdinnässä, tämä ei näkynyt kuntoutusmaton datassa.

Taulukko 11. Kävelyn havainnointi.

Kävely	Sivuilta	Edestä	Takaa
Koehenkilö 1	Asento etukeno. Ei varvastyöntöä. TC-nivelessä dorsifleksio koko kävelyn ajan.	Kapea askelleveys	Hyvä rintarangan rotaatio. Pihtipolvisuus.
Koehenkilö 2	TC-nivelessä ei plantaarifleksiota heilahdusvaiheessa.	Jalkaterien etuosan voimakas abduktio.	Hyvä rintarangan rotaatio, oikeassa yläraajassa lievemmat. Oikea kantaluu varuksessa koko kävelyn ajan.
Koehenkilö 3	TC-nivelessä dorsifleksio koko kävelyn ajan. Kantaisku voimakas. Ei varvastyöntöä. Varpaissa ekstensio heilahdusvaiheessa.	Käsien liikehdintä symmetristä.	Vasen lantionpuolisko ”laahaa” keskiheilahdusvaiheessa. Vasen kantaluu valguksessa ja oikea suora.
Koehenkilö 4	TC-nivelessä dorsifleksio koko kävelyn ajan.	Vasen jalkaterän etuosan abduktiossa koko kävelyn ajan.	Oikea hartialinja alempana, yläraajojen liikkeet symmetriset. Oi-

			keassa lonkassa abductor twist keski- ja loppuheilahdusvaiheessa. Kantaluut suorat.
Koehenkilö 5	Varpaissa ekstensio alkukontaktissa.	Molemmissa jalkaterien etuosissa abduktio.	Vasemmassa yläraajassa liikehdintä lievempää. Kantaluut valguksessa, oikea kantaluu suoristuu heilahdusvaiheessa.
Koehenkilö 6	Kantaisku voimakas. TC-nivelessä dorsifleksio koko kävelyn ajan. Varpaissa ekstensio alkukontaktissa. Ei varvastyöntöä	Oikea jalkaterän etuosa abduktiossa.	Yläraajojen liikkeet symmetriset. Molemmissa lonkissa abductor twist keski- ja loppuheilahdusvaiheessa. Oikea kantaluu varuksessa.
Koehenkilö 7	Varpaissa ekstensio alkukontaktissa. Kantaisku voimakas. TC-nivelessä dorsifleksio alku- ja keskiheilahdusvaiheessa. I-varpaissa ekstensio heilahdusvaiheessa	Oikean jalkaterän etuosa abduktiossa.	Oikea kantaluu varuksessa esiheilahdusvaiheessa.
Koehenkilö 8	Kantaisku voimakas. Varpaissa ekstensio koko kävelyn ajan. Hyvä ryhti.	Oikean jalkaterän etuosa abduktiossa.	Yläraajojen liikkeet symmetriset. Vasemmassa lonkassa abductor twist keski- ja loppuheilahdusvaiheessa. Kantaluut suorat.
Koehenkilö 9	Kantaisku voimakas. Oikeasta nilkasta kuu- luu naksahdus. Varpaissa ekstensio heilahdusvaiheessa.	Molemmissa jalkaterien etuosan abduktio. Molemmat alaraajat hieman ulkorotaatioissa.	Vasemmassa yläraajassa liike laajempi. Vasen hartialinja alempana.

7 POHDINTA

C-Mill virtuaalisesta kuntoutusmatosta on aiemmin tehty yksi opinnäytetyö jalkaterapeuttikoulutuksessa (Salmela & Eronen 2020). Aiemmin tehdyssä opinnäytetyössä tuloksena oli kuntoutusmaton käyttöön liittyvä opas. Tässä opinnäytetyössä haluttiin lähteä tutkimaan C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton käyttöä kävelyn analysoinnissa sekä selvittämään, minkälaista dataa laitteisto tuottaa kävelystä. Pelkästään laitteistosta saatava datan määrä kävelystä on merkittävä, ja sen yhdistäminen visuaalisen keinoin tehtävään havainnointiin tuotti haluttua tulosta.

7.1 Keskeisten tulosten tarkastelu

Opinnäytetyössä tehdyissä tutkimuksissa selvisi, että visuaalinen havainnointi täydentää C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottamaa dataa kävelystä, ja se tuo merkittävää lisäarvoa kävelyn analysointiin. Visuaalinen havainnointi ja data ovat verrannollisia toisiinsa. Kuntoutusmaton tuottamasta datasta voi saada hyvinkin tarkkoja numeraalisia arvoja, joiden avulla pystyy tekemään tarkkaa analyysia kävelyn eri vaiheista. Lisäksi datasta pystyi poimimaan muun muassa kehon huojuntaan ja tasapainon hallintaan liittyviä arvoja.

Antoinen ym. 2018 tutkimuksen mukaan liiketallennusjärjestelmä kehoon liitettyjen markkereiden kera antaa myös paljon dataa kävelystä, mutta pelkästään ohjelman tuottamaan dataan ei voi luottaa vaan kävelyä kannattaa myös havainnoida visuaalisesti eri laitteistoilla tehtävien kävelytestien lisäksi. Saman myös totesimme opinnäytetyöprosessissa, on helpompi tulkita kuntoutusmaton tuottamaa dataa, kun on visuaalisesti tehtyjä havaintoja analyysin tukena.

C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottamaa dataa kävelystä oli saatavilla runsaasti, mutta datan analysointi tuotti haasteita. Esimerkkejä kuntoutusmatolla tehdyistä kävelytesteistä emme löytäneet, vaan tulosten analysointiin käytettiin muuta teoriataustaa. Kaikki dataosiot tukivat toinen toisiaan, joten tuloksia pystyi vertailemaan eri osioiden kesken. Erityisesti raakadatasta olisi pystynyt analysoimaan vieläkin enemmän, mutta opinnäytetyön toteutuksen aikataulun puitteissa se ei ollut mahdollista.

Toiminnallisista testeistä saadut tulokset ja C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottaman datan tulokset tukivat toisiaan. Koehenkilöillä oli lantion alueen hallinnan heikkoutta, joka näkyi kuntoutusmaton tuottamassa datassa sekä visuaalisesti havainnoituna. Toimistotyöntekijöiden pääsääntöinen työskentelyasento oli istuen. Kun asentoa ei vaihdettu useasti työpäivän aikana, oli sillä kuormittavia vaikutuksia lantion alueen lihasten toimintaan. Nämä heijastuvat suoraan alaraajojen toimintaan kävelyn aikana. Koehenkilöistä kahdeksalla oli lantion alueen hallinnan heikkoutta, kuten Trendelenburgin oiretta. Lisäksi tutkimuksissa havaittiin hallitsevan kehon puolen vaikutuksia vastakkaisen kehon puolen hallintaan, kuten alkukontaktissa tapahtuva voimakas kantaisku.

Beekin ym. 2013 tekemässä tutkimuksessa todettiin liian nopean kävelyvauhdin heikentävän kykyä mukauttaa ja vakauttaa kävelyä vaihtuviin olosuhteisiin. Osalla opinnäytetyön tutkimuksen koehenkilöistä oli liian hitaaksi tai nopeaksi valittu kävelyvauhti, jonka huomasimme myös tutkimustuloksista. Se näkyi koehenkilön paikan vaihtumisella matolla pituus- ja leveysuunnassa. Liian kovassa vauhdissa tasapainossa pysyminen oli haastavaa, kun taas liian hitaassa vauhdissa tasaisen ja säännöllisen askeltiheyden ylläpitäminen oli haastavaa.

Kaikki opinnäytetyössä koehenkilöille tehdyt tutkimukset tehtiin ilman jalkineita. Pohdintaa herätti, miltä data olisi näyttänyt esimerkiksi työjalkineet ja lassa verraten ilman jalkineita tehtyihin tuloksiin. Tuloksiin vaikutti myös se, että koehenkilö ei ollut välttämättä kävellyt koskaan aikaisemmin kävely/kuntoutusmatolla, jolloin kävely ei ole täysin luonnollista. Lisäksi tutkimuksiin olisi voinut liittää esimerkiksi lihaskireyksen tutkimuksia, jolloin kohdejoukon työkuivan vaikutuksista kävelyyn olisi saanut enemmän tietoa.

7.2 Eettisyys ja luotettavuus opinnäytetyössä

Opinnäytetyössä on tärkeää noudattaa hyviä eettisiä käytänteitä. Etiikka tarkoittaa jokaisen työssä tehdyn valinnan pohdintaa myönteisestä ja kielteisestä näkökulmasta. Tutkimuksia tehdessä on tutkijoiden kannettava vastuu tekemistään valinnoista koskien myös opinnäytetyöprosessia. Tämän opinnäytetyön raportin laatineet vastaavat valinnoistaan ja ratkaisustaan itse. (Kuula 2011, 17.)

Koko opinnäytetyöprosessissa on tekijöiden vakuutettava lukijat ja kuulijat ammattitaidostaan valitsemalla perusteltuja lähestymistapoja sekä menetelmiä tutkimuskysymysten ratkaisemiseksi sekä toteuttaakseen tutkimuksen. (Puusa & Juuti 2020, 167.) Prosessin aikana huomattiin, että opinnäytetyöhön oli valittu liikaa jalkaterapeuttisia biomekaanisia tutkimuksia osaksi opinnäytetyöprosessia (kappaleessa 5.2 *toinen osa-alue*). Suunnitelmallisuus ennen tutkimusten toteuttamista olisi lisännyt luotettavuutta. Päädyttiin jättämään kyseinen osa-alue pois tutkimusten tuloksista, sillä tulokset olisivat olleet epäluotettavia edellä mainitun osa-alueen tiimoilta.

Opinnäytetyön suunnitelmavaiheessa haettiin vain tuoretta (noin 10 vuoden takaista) tutkimustietoa. Tutkimustyöhön liittyviä kirjallisia lähteitä käytimme yli kymmenen vuoden takaa, joissa pääosin käytänteet säilyvät samana vuodesta toiseen. Työn sisältö ja työtä varten tehdyt jalkaterapeuttiset biomekaaniset tutkimukset ja niiden tulokset perustuvat luotettavaan tutkittuun tietoon. Muiden tutkijoiden tutkimustuloksia kunnioitettiin asianmukaisilla lähdeviittauksilla Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun (2020) laatiman ohjeistuksen mukaisesti.

Suunnitelmavaiheen jälkeen opinnäytetyön toteutusta varten haettiin tutkimuslupa. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun vararehtorilta, sillä tutkittava koejoukko työskentelee Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun TKI-tehtävissä. Lupa myönnettiin ennen tutkimusten aloittamista. Kun tutkittaville koehenkilöille tehdään vapaamuotoinen haastattelu, ei pääsääntöisesti allekirjoitettavaa tutkimussuostumusta ole välttämätöntä laatia jokaiselle tutkittavalle erikseen. Mikäli aineistoon lisättäisiin viranomaisilta saatuihin tutkittavia koskevia tietoja tai muuten arkaluontoista aineistoa, tällöin allekirjoitettava tutkimussuostumus on välttämätön jatkotutkimuksia varten. (Kuula 2011, 81.)

Koehenkilöt ilmoittautuivat sähköpostitse kiinnostuksensa mukaan tutkimukseen sekä varasivat ajan suojatun ajanvarausjärjestelmän kautta. Suostumus opinnäytetyötä varten tehtävään tutkimukseen osallistumisesta koehenkilöiltä

pyydettiin suullisena. On kuitenkin suotavaa, että suostumus tehdään kirjallisesti, sillä suullisen suostumuksen toteen näyttäminen voi olla haasteellista. (Kananen 2017, 192–193.)

Tietosuojalain 1050/2018 mukaan henkilötietoja saa käsitellä yleisen edun mukaisesti tutkimusaineistoissa, mikäli niiden käsittely perustuu asianmukaiseen tutkimussuunnitelmaan. Henkilötietoja käsitellään luottamuksellisesti raportissa työstämisvaiheessa sekä sen jälkeen. Raporttiin liittyvät aineistot hävitetään opinnäytetyön esityksen jälkeen. Tutkimuksessa tiettyä henkilöä koskevat tiedot eivät saa paljastua ulkopuolisille eikä henkilö saa olla tunnistettavissa, ellei niitä käytetä julkiseen tilastointiin. Kaikki opinnäytetyön toteutuksessa käytetty tutkimusmateriaali hävitetään opinnäytetyön esityksen jälkeen asianmukaisesti. Mitään tunnistettavia henkilötietoja ei raporttia varten ole kerätty, ainoastaan välttämättömät tutkimustulokset jalkaterapeuttisista biomekaanisista tutkimuksista sekä C-Mill virtuaalisessa kuntoutusmatossa tarvittavat tiedot (pituus, paino ja kengän koko) sekä sen tuottama data.

Koehenkilöiden tutkimuksia tehdessä säilytettiin heidän yksityisyytensä, eikä tilassa ollut muita henkilöitä opinnäytetyön tekijöiden ja koehenkilön lisäksi. Tutkittavien koehenkilöiden yksilöllisyys huomioitiin ja heitä kohdeltiin tasa-arvoisesti sukupuolesta, iästä ja kulttuuritaustasta huolimatta. Tällä mahdollistettiin se, että koehenkilö koki olonsa turvalliseksi ja tutkimustilanteen luontevaksi. (Kuula 2011, 55.)

Internetistä saatavien avoimien kuvien käyttö voi olla kyseenalaista ja tekijänoikeuksia loukkaavaa, tämän vuoksi päädyttiin käyttämään ainoastaan itse ottamia kuvia. Laaditun aineiston tueksi otetut kuvat ovat opinnäytetyön tekijöiden itse ottamia ja suunnittelemaa, jolloin ne noudattavat tekijänoikeuksia. Kuvissa esiintyvältä henkilöltä on suostumus kuvien käyttöön tämän opinnäytetyön raportissa. (Kuula 2011, 119.)

7.3 Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyö lähti käyntiin ideoinnilla tammi- ja helmikuussa 2020. Teoriatietoa lähdimme etsimään kävelyn analysoinnista ja analysoinnissa käytettävistä apuvälineistä tammikuussa 2020 ja teimme täydennyksiä tiedonhaussa koko

kevään 2020 ajan. Ideaseminaariin osallistuimme helmikuussa 2020. Tutustuminen ja perehtyminen kävelymattoon sekä tiloihin oli tarkoitus tehdä jo maaliskuussa 2020, mutta vallitsevan poikkeustilanteen vuoksi jouduimme siirtämään tutustumista ja perehtymistä kesäkuulle 2020. Suunnitelman kirjoittamista ja teorian tiedon kokoamista toteutimme keväällä sekä kesällä 2020. Suunnitelman esitys toteutetaan alkusyksystä 2020.

Tutkimuslupaa haettiin opinnäytetyötä varten 29.10.2020 Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun vararehtorilta M. Toikalta, ja lupa myönnettiin 5.11.2020. Opinnäytetyön toteutusta ja tutkittavien koehenkilöiden tutkimuksia alettiin järjestämään heti tutkimusluvan saavuttua marraskuussa 2020, ja tutkimukset saatiin tehtyä joulukuun 2020 alkuun mennessä. Heti tämän jälkeen Mikkelissä alkoivat kovat koronaviruksen aiheuttamat rajoitukset, jolloin sisäliikunta- paikat ja oppilaitoksen kampus menivät kiinni.

Rajoitusten voimaantumista osattiin vähän ennakoida, ja sen vuoksi kiirehdistettiin muun muassa jalkaterapeuttien biomekaanisten tutkimusten laatimisessa. Lopulta päädyimme jättämään ne lopullisesta raportista kokonaan pois. Jälkikäteen tämä harmittaa, sillä opinnäytetyöstä olisi saanut enemmän irti, mikäli aika olisi riittänyt tarkempaan perehtymiseen ja saamaan palautetta opinnäytetyön ohjaajilta tutkimuslomaketta laatiessa.

Opinnäytetyön kirjallista kokoamista aloitimme syksyllä 2020. Tammikuussa 2021 aloitettiin koehenkilöiden tulosten analysointi ja kirjallisen raportin kokoaminen. Opinnäytetyön esitys toteutetaan keväällä 2021 viikolla 16.

Opinnäytetyö kokonaisuudessaan opetti meille molemmille kiinnostavasta aiheesta, kävelystä ja sen analysoinnista paljon. Perehdyimme myös laajasti eri aihealueisiin, joihin emme opintojen aikana ehkä niin syvästi vielä päässeet tutustumaan. Opinnäytetyöprosessin kesto on todella pitkä, ja työtä oli hankala ajoittain lukea kriittisesti. Huomasimme, että sisällön tarkastelu ei ollutkaan niin helppoa, kun tekstin oli itse kirjoittanut. Tärkeimpänä oppina koemme opinnäytetyön raportin tuotossa, että se on opettanut kirjoittamaan tekstiä ja olemaan normaalia tarkempi tekstin tuotossa.

Haasteena opinnäytetyöprosessissa oli kuntoutusmaton sijainti, sillä kummallakin meistä tekijöistä on useamman tunnin matka Xamkin tutkimusyksikköön, Saimaa Stadiumille, Active Life Labiin. Kaikki data, jonka saimme kuntoutusmatosta, piti tallettaa kuvatiedostona, sillä tiedostojen koko oli niin suuri, että niitä oli hankala saada siirrettyä esimerkiksi muistitikulle. Kuntoutusmaton ohjelmistossa ei ole internet yhteyttä, joka myös osaltaan hankaloitti datan siirtoa. Palasimme vielä ihan viime metreillä opinnäytetyöprosessin lopussa vielä tarkistamaan paikan päälle saatua dataa.

Lähteiden luotettavuutta on joutunut myös pohtimaan paljon koko opinnäytetyöprosessin aikana. Etenkin, kun suurin osa opinnäytetyössä käytetyistä lähteistä ja tutkimuksista on vieraskielisiä. Kielellisesti tutkimuksia on ollut raportin loppuvaiheessa helpompi käsitellä verraten opinnäytetyön alkuvaiheeseen, jolloin aihealueen sanasto oli vielä vierasta. Huomasimme myös, että opimme jalkaterapeuttisten biomekaanisten tutkimusten tekemisessä sekä kävelyn ja C-Mill virtuaalisen kuntoutusmaton tuottaman datan analysoinnissa ja laitteiston käytössä varmuutta.

7.4 Jatkotutkimusaiheet

Ensimmäinen jatkotutkimusaihe olisi kävelykuntoutusprosessin toteutus ja seuranta, sillä C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla on mahdollista seurata hyvin yksityiskohtaisesti numeraalisia arvoja kävelystä. **Toinen jatkotutkimusaihe** voisi olla C-Mill virtuaalisella kuntoutusmaton hyödyntäminen mm. tuki-pohjallisten vaikuttavuuden tai kevennysterapian toimivuuden seurannassa. **Kolmantena jatkotutkimusaiheena** C-Mill virtuaalisella kuntoutusmatolla voisi tehdä myös tutkimuksen kävelykuntoutuksen vaikutuksesta erityisryhmille. Lisäksi jalkaterapeuttikoulutuksessa kuntoutusmattoa voisi hyödyntää laajemmin opetustilanteissa, kuten kävelyn ja juoksun analysoinnissa. Nykyaikana teknologia lisääntyy myös jalkaterapian alalla, joten erilaisten laitteistojen käytön hallitsemista olisi hyödyllistä harjoitella jo opintojen aikana. **Neljäntenä jatkotutkimusaiheeksi** mietimme yksittäisen henkilön kävelyn analysointia, jolloin dataa pystyisi vieläkin tarkemmin tutkimaan ja hyödyntämään.

LÄHTEET

Acasio, C. J., Butowicz, C. M., Golyski, P. R., Nussbaum, M. A. & Hendershot, B. D. 2018. Associations between trunk postural control in walking and unstable sitting at various levels of task demand. Saatavissa: <http://www.kaakuri.finna.fi> [viitattu 12.12.2020].

Antoine, F., De Groot, F., Gijssels, J., Jonkers, I., Steenbrink, F., van Basten, B. J. H., van den Bogert, A., Van Rossom, S. 2018. OpenSim Versus Human Body Model: A Comparison Study for the Lower Limbs During Gait. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kaakuri.finna.fi> [viitattu 12.3.2020].

Beek, P. J., Hak, L., Houdijk, H., Steenbrink, F., Mert, A., van der Wurff, P. & van Dieën, J. H. 2013. Stepping strategies for regulating gait adaptability and stability. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jbio-mech.2012.12.017> [viitattu 10.3.2020].

Eronen, K. & Salmela, J. C-Mill VR-kävelyharjoittelulaitteiston käyttömahdollisuudet – Opas terapiatilanteen läpiviemiseksi. 2020. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202002102242> [viitattu 9.3.2021].

Flink, A., Saarikoski, R., Stolt, M. & Väyrynen, P. 2016. Jalkaterveys. E-kirja. Saatavissa: <http://www.kaakuri.finna.fi> [viitattu 26.3.2020].

Gouelle, A. & Mégnot, F. 2016. Interpreting Spatiotemporal Parameters, Symmetry, and Variability in Clinical Gait Analysis. Saatavissa: <http://www.megrot.com/analysedelamarche/wp-content/uploads/2017/02/Interpreting-spatiotemporal-parameters-symmetry-and-variability-in-clinical-gait-analysis.pdf> [viitattu 14.12.2020].

Inzelberg, R., Plotnik, M., Porrás, D. C., Sharon, H., Zeilig, G. & Zivner, Y. 2019. Advanced virtual reality-based rehabilitation of balance and gait in clinical practice. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2040622319868379> [viitattu 9.3.2020].

Jalkaterapeutti (AMK). s.a. XAMK. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/koulutukset/jalkaterapeutti-amk/> [viitattu 12.12.2020].

Jalkaterapeutti AMK. 2020. Opintopolku. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://opintopolku.fi/app/#!/haku/jalkaterapeutti?page=1&facetFilters=teachingLangCode ffm:FI&tab=los> [viitattu 7.10.2020].

Juuti, P. & Puusa, A. 2020. Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät. E-kirja. Saatavissa: <http://www.kaakuri.finna.fi> [viitattu 18.12.2020].

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. 2019. Jalkaterapeuttikoulutuksen osaamisalueet. Word-tiedosto. [viitattu 7.10.2020].

Kaakkola, S. 2018. Poikkeava kävely. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/duo14347> [viitattu 20.9.2020].

Kananen, J. 2017. Laadullinen tutkimus pro graduna ja opinnäytetyönä. E-kirja. Saatavissa: <http://www.kaakuri.finna.fi> [viitattu 21.9.2020].

LaRoche, D. P., Millett, E. D., Kralian, R. J. 2012. Low strength is related to diminished ground reaction forces and walking performance in older women. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3110067/> [viitattu 9.3.2020].

Launis, M. & Lehtelä, J. (toim.). 2011. Ergonomia. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:9789522610591> [viitattu 7.10.2020].

Lee, C. H. & Sun, T. L. 2018. Evaluation of postural stability based on a force plate and inertial sensor during static balance measurements. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40101-018-0187-5> [viitattu 11.1.2021].

Lähdeohje. 2020. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu. Word-tiedosto. Saatavissa: www.student.xamk.fi [viitattu 4.2.2021].

Motek. 2016. C-Mill Therapy Guideline. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://knowledge.hocoma.com/wp-content/uploads/2019/03/C-Mill-Therapyguide_v8.0.pdf [viitattu 6.5.2020].

Motek. 2020. C-Mill. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.motekmedical.com/solution/c-mill/> [viitattu 6.5.2020].

Niemelä, T., Lehtonen, K. & Mäenpää, H. 2014. Lasten kvantitatiivinen kävelyanalyysi. Duodecim-lehti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2014/15/duo11776?keyword=lasten%20kvantitatiivinen> [viitattu 7.10.2020].

Pesola, A., Laukkanen, A., Heikkinen, R., Sipilä, S., Sääkslahti, A. & Finni, T. 2017. Accelerometer-assessed sedentary work, leisure time and cardio-metabolic biomarkers during one year: Effectiveness of a cluster randomized controlled trial in parents with a sedentary occupation and young children. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0183299> [viitattu 11.1.2021].

Pesola, A., Pekkonen, M. & Juutinen, F. 2016. Miksi liiallinen istuminen on vaarallista? WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:juu-201611224701> [viitattu 12.1.2020].

Punakallio, A., Halonen, J., Pehkonen, I., Turpeinen, M., Turunen, J., Remes, J., Lusa, S., ja Miranda, H. 2018. Toimistotyöntekijöiden työhyvinvointi – tauottamalla vähemmän istumista ja lisää yhteisöllisyyttä? PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:9789522618481> [viitattu 20.9.2020].

Roerdink, M. Cutti, A. G., Summa, A., Monari, D., Veronesi, D., van Ooijen, M. W. & Beek, P. J. 2014. Gaitography applied to prosthetic walking. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/266084790_Gaitography_applied_to_prosthetic_walking [viitattu 16.12.2020].

Saaranen-Kauppinen, A. & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV – Menetelmäopetuksen tietovaranto. WWW-dokumentti. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Saatavissa: https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L2_3_2_4.html [viitattu 26.1.2021].

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen – aivot, liikuntapsykologia ja sovellettu biomekaniikka. Lahti: VK-Kustannus.

Scivoletto, G., Tamburella, F., Laurenza, L., Foti, C., Ditunno, J. F, Molinari, M. 2011. Validity and reliability of the 10-m walk test and the 6-min walk test in spinal cord injury patients. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kaakkuri.finna.fi> [viitattu 17.3.2020].

Stolt, M., Flink, A., Saarikoski, R. & Väyrynen, P. (toim.). 2017. Jalkaterveys. Helsinki: Duodecim.

Tanoue, H., Mit-suhashi, T., Sako, S., Goto, R., Na-kais, T. & Inaba R. 2016. Effects of a dynamic chair on pelvis mobility fatigue, and work efficiency during work performed while sitting: a comparison of dynamic sitting and static sitting. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kaakkuri.finna.fi> [viitattu 12.12.2020].

Terashima, N. 2002. Virtual reality concept. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/virtual-reality-technology> [viitattu 7.10.2020].

Wafai, L., Zayegh, A., Woulfe, J., Aziz, S. M. & Begg, R. 2015. Identification of foot pathologies based on plantar pressure asymmetry. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kaakkuri.finna.fi> [viitattu 12.12.2020].

Zeni, J. A., Richards, J. G. & Higginson, J. S. 2009. Two simple methods for determining gait events during treadmill and overground walking using kinematic data. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2384115/> [viitattu 8.1.2020].

KUVAT

Kuva 1. Tukivaiheen aloittaa alkukontakti. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 2. Kuormitusvaste. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 3. Keskitukivaihe. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 4. Pääöstukivaihe. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 5. Esiheilahdus. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 6. Alkuheilahdus. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 7. Keskiheilahdus. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 8. Loppuheilahdus. Puustelli, M. 7.8.2020.

Kuva 9. Kävely. Kinnunen, U. 30.11.2020.

Kuva 10. Painon jakautuminen. Kinnunen, U. 30.11.2020.

Kuva 11. Spatiotemporaaliset tulokset. Kinnunen, U. 30.11.2020.

Kuva 12. Reaktivoima. Kinnunen, U. 30.11.2020.

Kuva 13. Kinnunen, U. 30.11.2020.

Kuva 14. Perhoskuvio. Kinnunen, U. 30.11.2020.

KIRJALLISUUSKATSAUS

Tutkimuksen bibliografiset tiedot	Tutkimuskohde ja tutkimuskysymykset	Otoskoko / osallistujat (n=) ja menetelmät	Keskeiset tulokset tiiviisti	Oma kiinnostus, hyöty omaan opinnäytetyöhön
Inzelberg, R., Plotnik, M., Porras, D.C., Sharon, H., Zeilig, G & Zivner, Y. 2019. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2040622319868379 [viitattu 9.3.2020].	VR-kuntoutuksen käytännöllisyys ja tehokkuus pitkäaikaisessa kliiniksessä käytössä.	167 potilasta. Laadullinen tutkimusmenetelmä (kvalitatiivinen)	VR-kuntoutus on tehokasta ja käytännöllistä. Toiminnalliset tasapainon ja kävelyn mittaukset osoittavat merkittäviä parannuksia	Tutkimuksessa käytetty virtuaalista kuntoutusta. Tässä oli merkittävää tietoa omaa opinnäytetyötämme varten VR-kuntoutuksen hyödyistä.
Antoine, F., De Groot, F., Gijssels, J., Jonkers, I., Steenbrink, F., van Basten, B.J.H, van den Bogert, A., Van Rossom, S. 2018. OpenSim Versus Human Body Model: A Comparison Study for the Lower Limbs During Gait. WWW-dokumentti. Saatavissa: www.kaakkuri.fi/finna.fi [viitattu 12.3.2020].	Alaraajojen vertailututkimus kävelyn aikana OpenSim-mallin ja ihmiskehon mallin välillä	7 tervettä aikuista. Laadullinen tutkimusmenetelmä (kvalitatiivinen)	Samanlaisia eroja löydettiin Opensim-mallin ja ihmiskehon mallin välillä.	Tutkimuksessa oli syvennytty eri liiketasoille kävelyn aikana. OpenSim on simulaattori, johon voi rakentaa ihmiskehon ja mallintaa esimerkiksi dynaamista liikkumista.

<p>Beek, P.J., Hak, L., Houdjik, H., Steenbrink, F., Mert, A., van der Wurff, P. & van Dieën, J.H. 2013. Stepping strategies for regulating gait adaptability and stability. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2012.12.017 [viitattu 10.3.2020].</p>	<p>Selvitettiin ennaltaehkäiseviä strategioita, kuinka kävelyn voi mukauttaa ja vakauttaa muuttuvassa ympäristössä.</p>	<p>10 tervettä työkäistä. Laadullinen tutkimusmenetelmä (kvalitatiivinen)</p>	<p>Työikäiset lyhentävät askelpituutta sekä leventävät askelleveyttä joutuestaan mukauttamaan ja vakauttamaan kävelyään.</p>	<p>Tutkimuksessa käytetty virtuaalista CAREN-kuntoutusympäristöä ja hyödynnetty erilaisia kävelyn tuulia esteitä/kuvia, jotka tuovat haasteita kävelyympäristössä.</p>
<p>LaRoche, D.P., Millett, E.D., Kralian, R.J. 2012. Low strength is related to diminished ground reaction forces and walking performance in older women. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3110067/ [viitattu 9.3.2020].</p>	<p>Kuinka alaraajojen voima vaikutti kävelyn nopeuteen, tukivoimiin, spatiaalisiin ja ajallisiin näkökohtiin.</p>	<p>24 naista iältään 65-80v. Tutkittavien tuli olla suhteellisen terveitä ilman merkittäviä sairauksia sekä kyetä kävelemään itsenäisesti ilman apuvälineitä.</p>	<p>Naiset, joilla oli alhaisempi voimataso, todettiin olevan hitaampi kävelyvauhti ja askeltiheys, alhaisempi vääntövoima, lyhyempi askelpituus, pidempi askelkontakti sekä kaksoistukivaihe oli pidempi.</p>	<p>Tutkimuksessa käytettiin juoksumattoa, jossa on myös voimalevy niin kuin C-Mill VR:ssä.</p>
<p>Scivoletto, G., Tamburella, F., Laurenza, L., Foti, C., Ditunno, J.F., Molinari, M. 2011. Validity and reliability of the 10-m walk test and the 6-min walk test in spinal cord injury patients. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 17.3.2020]</p>	<p>Tutkimus sisälsi 10metrin ja 6minuutin kävelytestit. Tutkimus on suunniteltu selkäydinvamma (SCI) potilaille. Tavoitteena oli arvioida eri testi menetelmien luotettavuutta.</p>	<p>Yhteensä 37 potilasta, joiden keski-ikä 58,5v ja SCI:n alkamisesta 24kk.</p>	<p>10metrin testi osoittaa korkeaa luotettavuutta ja vertailukelpoisia tuloksia sekä dynaamisella että staattisella käynnistyksellä. 6minuutin kävelytestissä testausolosuhteet johtivat merkittäviin eroihin.</p>	<p>C-Mill VR laitteistoa voitaisiin käyttää hyvin monipuolisesti eri potilasryhmille.</p>

<p>Wafai, L., Zayegh, A., Woulfe, J., Aziz, S.M. & Begg, R. 2015. Identification of foot pathologies based on plantar pressure asymmetry. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 12.12.2020].</p>	<p>Tutkittiin jalkapohjan paineen epäsymmetristä jakautumista kävelyn aikana terveiden ja alaraajaongelmista kärsivien välillä.</p>	<p>51 (31 tervettä ja 20 oireilevaa).</p>	<p>Kävelyn aikana paine jakautui alaraajaongelmista kärsivillä epäsymmetrisesti suurmalla osalla tutkittavista, erityisesti III-MTP-nivelen ja kantapään lateraalipuolella.</p>	<p>Tutkimuksessa oli selkeästi käyty eri askelvaiheita ja paineen jakautumista kävelyn eri vaiheissa läpi.</p>
<p>Tanoue, H., Mitsuhashi, T., Sako, S., Goto, R., Nakais, T. & Inaba R. 2016. Effects of a dynamic chair on pelvic mobility fatigue, and work efficiency during work performed while sitting: a comparison of dynamic sitting and static sitting. WWW-dokumentti. Saatavissa: http://www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 12.12.2020].</p>	<p>Tutkimuksessa oli tutkittu kolmiulotteisesti liikkuvan tasapainotuolin vaikutuksista lantion liikkuvuuteen ennen töitä ja niiden jälkeen sekä työn tehokkuuteen ja työn jälkeiseen väsymystilaan.</p>	<p>17 tervettä aikuista (10 miestä ja 7 naista.)</p>	<p>Lantion liikkeet neliökeskiarvoja kerättiin 5 minuutin välein, dynaamista tasapainotuolia käytävillä, muutoksia arvioitiin sormen ja lattian välisen etäisyydellä. Muutokset olivat merkittävästi suuremmat tasapainotuolia käyttävillä. Tasapainotuoli vähensi myös väsymystä.</p>	<p>Tutkimuksessa oli käyty hyvin läpi lantion alueen liikkuvuutta ja mielenkiintoista oli, kuinka tasapainotuoli lisää liikkuvuutta ja vähentää väsymystä. Tällöin ryhtiäkin voisi pitää pidempään parempana.</p>
<p>Acasio, C. J., Butowicz, C.M., Golyski, P.R., Nussbaum, M.A. & Hendershot, B.D. 2018. Associations between trunk postural control in walking and unstable sitting at various levels of task demand. Saatavissa: http://www.kaakkuri.finna.fi [viitattu 12.12.2020]</p>	<p>Keskivartalon hallinnan vaikutus istuma-asentoon ja kävelyyn.</p>	<p>13 koehenkilö (11 miestä ja 2 naista).</p>	<p>Laaja-alaisesti keskivartalon tuki väheni kävelyssä ja epävakaassa istuma-asennossa.</p>	<p>Olennaista tutkimuksessa oli keskivartalon tuen tärkeys kävelyssä ja istuma-asennossa.</p>

TUTKIMUSLUPA



Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu

TUTKIMUSLUPAHAKEMUS

HENKILÖTIEDOT

Nimi Ulla Kinnunen	
Puhelin [REDACTED]	Postinumero ja -tietopaikka [REDACTED]
Lähtöosoite [REDACTED]	
Korkeakoulu / tiedekunta Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, jalkaterapeuttien koulutus	
Tutkimustyön / projektin aihe C-Mill VR-maton tuottama data-analysointiväline ^{tuotantotutkimus} ^{tuotantotutkimus}	
Tutkimuskohta / projekti (suorittava tarkasti ja yksityiskohtaisesti) Tarkoituksena on kerätä C-Mill VR-matolla kävelyn analysointidatat ja arvioida sen käyttömahdollisuutta, mikä tulee herättää Mikaelin Active Life Labissa sitä ei ole varsinaisesti hyödynnetty kävelyn analysoinnissa.	
Tutkimustyön / projektin ohjaaja Arja Kiviharjo-Tippuna ja Laura Saar	
Alustava tutkimus-projektisuunnitelma (kajotaan lyhyesti tähän) Tutkimus tapaustutkimuksena, kahdeksan koeosaa kaikkien TMI-työntekijöiden kesken. Kokeen ohjeet ovat pääsääntöisesti tulostettavissa. Kokeen ohjeet saatavien tietoa omasta kävelystä tutkimuksen ohessa, kokeen ohjeita 5-10.	
Tutkimuksen / projektin arvioitu valmistumisaika Elokuu 2021	Ennen osaston tilausaikaikaa marraskuun-joulukuun 2021
Tuotteen valmistuksen toimeksiantaja Alustava ajankohja Vt 16 / 2021	Hakemuksen tilausten lukumäärä 1

PAIKKA, PÄIVÄYS JA HAKIJAN ALLEKIRJOITUS

Sauvolinna 29 / 10 2020 Ulla Kinnunen

HAKEMUS ON

HYVÄKSYTTY
 HYLÄTTY

Opiantähtelyä poistettiin:
Ulla Kinnunen ja Mirja Toikka

PAIKKA, PÄIVÄYS JA KÄSITTELIJÄN ALLEKIRJOITUS SEKÄ NIMENSILVEMYS

Hämälä 5 / 11 2020 Mirja Toikka

KÄSITTELIJÄ

Hyvinvointi: koulutusjohtaja Katri Ryttyläinen-Korhonen
Talous- ja kulttuuri: koulutusjohtaja Peteri Ikonen
Tekniikka: koulutusjohtaja Mika Ruusonen
Muut: vararehtori Mirja Toikka

HAKIJA

Allekirjoita hakemus ja lähe tutkimussuunnitelma hakemuksen.
Lähetä hakemus ja liitteet osoitteeseen:
Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu Oy
PL 08
50101 Mäkelä

BIOMEKAANINEN TUTKIMUSTAULUKKO

Koehenkilö:

Päivämäärä:

Taustatiedot:

Tutkimus	vasen	oikea
ST-nivelen neutr.		
ST-nivelen inviev.		
Chopart'n nivelen asento		
TC-nivel dr. flex		
TC-nivel pl. flex		
Chopart'n nivelen liikkuvuus		
I-MTP-nivelen liikkuvuus		
Navicularen droppi		
Yhden jalan kyykky		
Kahden jalan kyykky		

Pystyasento

shuolta	edestä	takaa

Kävely visuaalisia huomioita

Kuvat jätteiston analyysistä:

ANALYYSIRUNKO

Havainnoitavia asioita edestä, takaa sekä sivulta. Puolierojen huomioiminen vasemman ja oikean puolen välillä.

PYSTYASENTO

- Jalkaterä ja nilkka: kantaluun asento, jalkaterän linjaus, varpaiden virheasennot, pitkittäiskaari
- Säären linjaus
- Polvien asento ja osoittavatko polvilumpio ja jalkaterä samaan suuntaan?
- Lantion asento: kallistuskulma ja puolierot
- Luotisuora, rintaranka, lanneranka, päänasento, hartialinja

KYYKYT

Yhden ja kahden jalan kyykyt

- Jalkaterän asento: Sisäkaaren laskeutuminen ja nilkan toiminta
- Polvien linjaus suhteessa II varpaaseen
- Ylävartalon asento ja hallinta
- Lantion asento, trendelenburg?
- Tasapaino

KÄVELY

Alkukontakti:

- Tapahtuuko kantapäällä vai ei
- Kantaluun asento alkukontaktissa (inversio, suora vai eversio)
- Polven ojentuminen
- Onko kantaisku voimakas

Kuormitusvaste:

- Onko puolieroja polvien koukistumisen suhteen
- Nilkan dorsifleksio, koukistuuko vai jääkö vajaaksi
- Kantaluun asento
- Onko puolieroja polvien ojentumisen suhteen, yliojentuvatko

Keskitukivaihe:

- Lonkan ojennus/ojennusvajaus
- Kantaluun asento
- Trendelenburg? Abductor twist?
- Kantapään liian aikainen irtoaminen alustalta

Pääöstukivaihe:

- Polven ja lonkan ojentuminen
- Lantion asento
- Kantaluun asento

Esiheilahdusvaihe:

- Tapahtuuko varvastyöntö vai puuttuuko?
- Kantaluun asento

Heilahdusvaihe:

- Askeleen korkeus
- Nilkan asento
- Kantaluun asento

Muita havainnoitavia asioita kävelyn aikana:

- Pään ja hartioiden asento
- Käsien liike suhteessa kävelynopeuteen ja myötäliikkeet, ovatko symmetriset?
- Rintarangan ja lantion kierto
- Jalkaterien ja polvien asento
- Askelleveys ja pituus
- Selkärangan asento
- Lantion asento

YHTEENVEDOT KOEHENKILÖIDEN TULOKSISTA

Ensimmäisen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 100,1 % ja oikealle 99,9 %. Askelpituus oli vasemmalla 0,661 m ja oikealla 0,678 m sekä askelleveys 0,103 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto vasemmalla oli 0,361 s ja oikealla 0,372 s. Askeleen kesto vasemmalla 0,616 s ja oikealla 0,602 s sekä kaksoistukivaiheen kesto 0,12 s. Vasemmalla jalalla havaittavissa selkeä kantaiskun voimapiikki (heelstrike), altistajana voi olla lihasten heikkous. Vasemmalla jalalla havaitaan voimapiikki myös päätöstukivaiheessa. Oikean jalan reaktiivoima näyttäisi hiipuvan heilahdusvaiheessa. Oikean jalan askel pituus hieman pidempi kuin vasemman jalan. Myös askeleen pituus ajassa on oikeassa jalassa pidempi kuin vasemmalla. Perhoskuvion perusteella oikean jalan päätöstukivaiheessa on havaittavissa epävakautta, jota mahdollisesti heikentää oikean jalan voimakas hallux valgus asento. Raakadata osoitti, että koehenkilöllä tapahtuu kävellessä huojuntaa, askelleveys on kapea sekä alkukontaktin voimakkuus, mikä tukee aiemmin mainittuja tuloksia. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin jalkaterän ja reiden alueen lihasten heikkoutta, pohjelijasten kireyttä, polven yliojentuneisuutta sekä lantion alueen hallinnan heikkoutta. Visuaalisesti nähtävissä kapea askelleveys etupainotteinen kävelyasento, joka voi hidastaa eteenpäin vievän voiman tuottoa.

Toisen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 100,1 % ja oikealle 99,9%. Askelpituus oli vasemmalla 0,81 m ja oikealla 0,811 m sekä askelleveys 0,103 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto vasemmalla 0,394 s ja oikealla 0,374 s. Askeleen kesto vasemmalla 0,599 s ja oikealla 0,579 s sekä kaksoistukivaiheen kesto 0,123 s. Molemmille jaloille tulee alkukontaktissa voimapiikki, vasemmalla huomattavasti voimakkaampi. Käyrissä on selkeää epäsymmetriaa nähtävissä. Vasemmalla jalalla tulee myös heilahdusvaiheessa kaksi voimapiikkiä Perhoskuvion siivet hyvin epäsymmetriset. Kuviota tarkastellessa havaitaan myös tasapainon ylläpidossa haasteita ja huojuntaa. Askeleen pituus lähes sama, mutta ajallisesti vasen jalka pysyy pidempään alustassa kuin oikea. Painopiste koehenkilöllä on etupainotteinen ja jalkaterät abduktiossa. Raakadata osoitti, että oikean ja vasemman jalan kesken oli puolieroja leveys- ja pituussuunnassa, jotka kertovat huojunnasta ja tasapainon menetyksestä. Myös askelpituudessa ja vasemman ja oikean jalan välisissä voimantuotoissa oli vaihtelevuuksia. Visuaalisesti nähtävissä jalkaterien voimakas abduktio sekä oikeanpuoleinen kantaluu varuksessa koko kävelysklin ajan, joka voisi selittää epäsymmetrian reaktiivoiman käyrissä. Lantiossa kiertoa vasemmalle sekä oikea lantion puolisko selvästi alempana. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin jalkaterän ja reiden alueen lihasten heikkoutta sekä lantion alueen hallinnan heikkoutta, joka korostui erityisesti vasemmalla puolella. Hartialinjasta vasen oli selkeästi alempana kuin oikea.

Kolmannen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 99,9 % ja oikealle 100,1 %. Askelpituus oli vasemmalla 0,7 m ja oikealla 0,718 m sekä askelleveys 0,096 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto vasemmalla on 0,371 s ja oikealla 0,391 s. Askeleen kesto vasemmalla on 0,592 s ja oikealla 0,573 s sekä kaksoistukivaiheen kesto on 0,104 s. Vasemmalla jalalla alkukontaktin aikana sekä heilahdusvaiheessa muodostuu voimapiikki.

Voimakas kantaisku oli myös visuaalisesti havaittavissa. Varpaat ojentuivat voimakkaasti heilahdusvaiheessa, joka selittää syklin lopussa näkyvän voimapiikin. Paine koko kävelyn ajalta melko tasainen, ei havaittavissa suurempaa huojuntaa. Perhoskuvion siivet ovat melko symmetriset. Oikealla jalalla on lievää huojuntaa havaittavissa. Oikean jalan askeleen pituus hieman pidempi kuin vasemmalla. Painopiste siirtyy lateraalireunalle molemmilla jaloilla alkukontaktin jälkeen. Raakadata osoitti, että vasemmalle jalalle tulee vähemmän painoa, jolloin oikea tasapainottaa vasemmalle puolelle kohdistuvaa huojuntaa. Lisäksi raakadatatassa näkyi voimakas kantaisku. Visuaalisesti oli nähtävissä vasemman puolen voimattomampi lantion hallinta kävelysyklin aikana. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin lantion alueen hallinnan heikkoutta, reiden alueen lihasten heikkoutta, vasemman säären alueen lihaskireyttä.

Neljännen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 99,9 % ja oikealle 100,1 %. Askelpituus oli vasemmalla 0,697 m ja oikealla 0,743 m sekä askelleveys 0,103 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto vasemmalla 0,355 s ja oikealla 0,364 s. Askeleen kesto vasemmalla 0,588 s ja oikealla 0,579 s sekä kaksoistukivaiheen kesto 0,112 s. Painepiikkejä on alkukontaktin, kuormitusvasteen, päätöstukivaiheen, esiheilahdusvaiheen sekä koko heilahdusvaiheen aikana. Painon siirto on koko kävelyn ajalta melko tasaista, oikealla jalalla hieman huojuntaa havaittavissa. Oikea jalka astuu vasenta jalkaa hieman pidemmälle. Oikealla jalalla varvastyöntö jää hieman vajaammaksi verrattuna vasempaan. Raakadata osoitti, että huojuntaa tapahtui kävelysyklin aikana sekä kantaisku oli voimakas. Visuaalisesti nähtävissä oikeassa jalkaterässä abductor twist, vasemmassa jalkaterän etuosassa abduktio ja aktiivinen nilkan flexio koko kävely syklin. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin jalkaterän ja reiden alueen lihasten heikkoutta.

Viidennen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 99,9 % ja oikealle 100,1 %. Askelpituus oli vasemmalla 0,69 m ja oikealla 0,673 m sekä askelleveys 0,121 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto on vasemmalla 0,375 s ja oikealla 0,371 s. Askeleen kesto on vasemmalla 0,607 s ja oikealla 0,61 s sekä kaksoistukivaiheen kesto on 0,116 s. Vasemmalla jalalla alkukontaktin aikana muodostuu voimapiikki. Voimapiikki muodostuu myös askel-syklin lopussa päätöstukivaiheessa vasemmalla jalalla. Oikean ja vasemman jalat välillä epäsymmetriaa. Oikealla varvastyöntö on vajaa. Raakadata osoitti, että kävelyn eteneminen ei ole suoraviivaista, vaan tasapainottavia askelluksia tapahtuu usein. Myös kävelynopeus vaihteli raakadatan perusteella. Kävelysyklin aikana näkyi useita eri voimapiikkejä. Kantaluut olivat visuaalisesti nähtynä valguksessa mutta oikeassa valgus suoristuu heilahdusvaiheessa, tällöin myös reaktiovoimissa oli nähtävissä muutos epätarkkana heilahduk-sena. Visuaalisesti havaittavissa varpaiden voimakas ojentuminen. Toiminnal-lisissa testeissä huomattu lantion alueen hallinnan heikkous.

Hartialinjassa vasen oli selkeästi alempana kuin oikea sekä lantion alueen hallinnan heikkoutta.

Kuudennen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 100,1 % ja oikealle 99,9 %. Askelpituus oli vasemmalla 0,663 m ja oikealla 0,667 m sekä askelleveys 0,108 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto vasemmalla 0,366 s ja oikealla 0,375 s. Askeleen kesto vasemmalla 0,574 s ja 0,565 s sekä kaksoistukivaiheen kesto 0,0987 s. Voimapiikki tulee molemmilla jaloilla alkukontaktin aikana. Vasemmalla jalalla tulee keskiheilahduksen aikana voimapiikki. Ei varvastyöntöä. Oikeassa jalkaterän etuosassa abduktio, joka korostaa painepiikkiä vasemmassa jalkaterässä. Painon siirto jalalta toiselle on hieman epävakaa. Raakadata osoitti, että askelleveys vaihteli paljon sekä huojuntaa esiintyi. Kävelyvauhti vaihteli testin aikana. Kantaisku ja heilahdusvaiheen voimapiikit näkyivät selkeästi, mutta voiman tuotto kävelysyklin aikana ei ollut tasaista. Visuaalisesti oli nähtävissä voimakas kantaisku sekä varpaiden voimakas ojentuminen sekä oikean I-varpaan nouseminen ylös mikä selittää painepiikin. Hartialinjassa oikea hartia alempana kuin vasen. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin IV-V varpaiden ojentumista kyykyn aikana, jalkaterän ja reiden alueen lihasten heikkoutta, lantion alueen heikkous.

Seitsemännen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 99,9 % ja oikealle 100,1 %. Askelpituus oli vasemmalla 0,795 m ja oikealla 0,791 m sekä askelleveys 0,064 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto on vasemmalla 0,399 s ja oikealla 0,399 s. Askeleen kesto on vasemmalla 0,604 s ja oikealla 0,604 s sekä kaksoistukivaiheen kesto on 0,104 s. Vasemmalla jalalla alkukontaktin aikana on nähtävissä todella voimakas voimapiikki, oikealla lievempi. Kuormitusvaiheen aikana on visuaalisesti nähtävissä jalkaterän etuosan "läpsähdys" alustaan, joka näkyy epäselvänä viivana ja voimapiikkinä. Askelsyklin lopussa loppuheilahduksen aikana tulee molemmille jaloille voimapiikki. Näyttäisi siltä, että loppuheilahduksen aikaan reaktiovoimat ovat heikot. Raakadata osoitti, että koehenkilön askelleveys muuttui paljon kävelyn aikana. Kantaisku näkyi voimakkaana, mutta voiman tuotto kävelyn aikana aaltoilevaa, etenkin tuki- ja heilahdusvaiheessa. Askelleveys on huomattavan kapea. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin jalkaterän alueen lihasten heikkoutta, lannerangan lordoosi ja rintarangan kyfoosin korostuneisuutta, oikealla lantion hallinnan heikkoutta sekä lantion oikeapuolisko korkeammalla kuin vasen. Hartialinjassa oikea alempana kuin vasen.

Kahdeksannen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 100 % ja oikealle 100%. Askelpituus oli vasemmalla 0,691 m ja oikealla 0,668 m sekä askelleveys 0,130 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto vasemmalla 0,363 s ja oikealla 0,367 s. Askeleen kesto vasemmalla 0,609 s ja oikealla 0,604 s sekä kaksoistukivaiheen kesto 0,122 s. Vasemmalla jalalla tulee useita voimapiikkejä niin alkukontaktin aikana sekä keskiheilahduksen aikana. Voimantuotto on muuten hyvin tasaista koko kävelyn ajalta. Oikean ja vasemman jalkaterän etuosassa abduktio sekä vasemmassa heilahdusvaiheessa abductor twist, joka näkyy heilahduksena myös reaktiovoimissa. Huojuntaa havaittavissa painonsiirrosta oikealta vasemmalle jalalle, juuri ennen alkukontaktia.

Painonsiirto vasemmalta oikealle jalalle on vakaa. Raakadata osoitti, että koehenkilöllä oli runsaasti huojuntaa, askelleveys ja kävelyvauhti muuttui runsaasti kävelyn aikana. Visuaalisesti nähtävissä on voimakas kantaisku sekä varpaiden ekstensio koko kävelysyklin ajan. Askelleveys on hyvä. Pohdintana jäi, näkyykö varpaiden ekstensio vaihtelevana voimannousuna ja las-kuna raakatatassa. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin jalkaterän alueen lihasten heikkoutta, I-varpaat kääntyä adduktioon kärkinivelestä.

Yhdeksännen koehenkilön paino jakautui vasemmalle 100,1 % ja oikealle 99,9 %. Askelpituus oli vasemmalla 0,779 m ja oikealla 0,736 m sekä askelleveys 0,127 m. Yhden jalan tukivaiheen kesto vasemmalla 0,401 s ja oikealla 0,415 s. Askeleen kesto vasemmalla 0,669 s ja oikealla 0,655 s sekä kaksois-tukivaiheen kesto 0,126 s. Vasemmalla jalalla tulee voimapiikki alkukontaktin aikana. Loppuheilahduksen aikana on nähtävissä myös lievä voimapiikki. Varpaat ojentuvat koko heilahdusvaiheen ajan. Vasemman jalan askeleen kulku tukivaiheen yli on hyvin tasainen ja ilman huojuntaa. Oikealla hieman huojuntaa havaittavissa ja painopiste kulkee jalan lateraalireunaa pitkin. Raakadata osoitti, että askelleveys, sekä sijainti leveys- ja pituussuunnassa muuttui paljon. Raakatatassa näkyi huojuntaa, voimantuotto tasaista koko kävelyn ajan, alkukontaktin aikana puolieroja vasemman ja oikean jalan kesken. Visuaalisesti on nähtävissä voimakas kantaisku. Kävelytestiä tehdessä nilkasta kuului myös napsumista. Lisäksi toiminnallisissa testeissä havaittiin jalkaterän alueen lihasten heikkous, nilkasta voimakas tasapainostrategian käyttö, oikeanpuoleisen reiden alueen lihasten heikkoutta sekä lantion alueen hallinnan heikkoutta, pohkeen alueella lihaskireyttä ja jalkaterän etuosa abduktiossa.