



Digitsole Pro -älypohjalliset ryhmäkäytössä

**Soveltuvuus urheilujoukkueen analysointiin sekä
harjoitusohjelman laatimiseen**

Veera Varis

Siiri Väisänen

Opinnäytetyö, AMK

Syyskuu 2023

Fysioterapeutti (AMK)

Varis, Veera & Väisänen, Siiri

Digitsole Pro -älypohjalliset ryhmäkäytössä. Soveltuvuus urheilujoukkueen analysointiin sekä harjoitusohjelman laatimiseen.

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Syyskuu 2023, 66 sivua.

Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

Tiivistelmä

Kävely ja juoksu ovat ihmisen perusliikkumisen tapoja. Tämän vuoksi on merkittävää arvioida ja havaita liikkumisen ongelmakohtia sekä puuttamalla niihin välttää mahdollisia vammarieskejä. Liikkumisen arviointia voidaan toteuttaa visuaalisesti ammattilaisen tekemänä, mutta tarkempaan analysointiin tarvitaan usein kvantitatiivisia mittauslaitteita. Hyvinvointiteknologia kehittyy jatkuvasti paljon ja tuo markkinoille lisää uusia keinoja analysoida kävelyä ja juoksua.

Tarkoituksena oli lisätä tietoa, jonka avulla kävely- ja juoksuanalyysit voidaan tuoda laajempaan käyttöön ja näin mahdollisesti puuttua alaraajaongelmiin. Tavoitteena oli kerätä toimeksiantaja Fysioline Oy:lle tutkimustietoa Digitsole Pro -älypohjallisten kautta saatavien analyysien tuloksista ja niiden hyödynnettävyydestä. Lisäksi tämän kautta tavoitteena oli saada tietoa, joka mahdollisesti auttaa jalkauttamaan uutta Digitsole Pro -järjestelmää myyntiin heidän asiakkailleen.

Opinnäytetyön tutkimuskysymykset olivat: soveltuuko Digitsole Pro -älypohjalliset urheilujoukkueen testaamiseen sekä voiko kävely- ja juoksuanalyysien pohjalta luoda vaikuttavaa harjoitusohjelmaa jonkin esiin nousseen kehityskohdan kehittämiseksi. Opinnäytetyö toteutettiin tutkimuksellisenä kehittämistyönä, jonka aineistona toimi sähköiset kyselyt, kävely- ja juoksuanalyysit sekä opinnäytetyön tekijöiden havainnot. Työn kohderyhmänä oli 13–14 -vuotiaista tytöistä koostuva keskisuomalainen jalkapallojoukkue. Tutkimus toteutettiin Digitsole Pro -älypohjallisten kävely- ja juoksuanalyysillä tehtyjen alku- ja loppumittausten sekä 10 viikon harjoitusinterventiojakson avulla.

Tutkimuksen tuloksena voidaan todeta, että ilman teknisiä haasteita Digitsole Pro -älypohjalliset soveltuvat hyvin urheilujoukkueen testaamiseen. Lisäksi laitteen kävely- ja juoksuanalyysien pohjalta voidaan luoda harjoitusohjelma, jonka vaikuttavuus voidaan todentaa analyysien kautta.

Avainsanat (asiasanat)

kävely, kävelyanalyysi, juoksu, juoksuanalyysi, fysioterapia, hyvinvointiteknologia, Digitsole Pro

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

-

Varis, Veera & Väisänen, Siiri

Digitsole Pro smart insoles for group use. Suitability for analyzing a sports team and creating an exercise program.

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2023, 66 pages.

Degree Programme in Physiotherapy. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

Abstract

Walking and running are one of the basic modes of human movement. Therefore, it is essential to assess and detect problem areas of movement and by addressing them to avoid potential risks of injury. The assessment of movement can be performed visually by a professional, but for more accurate analysis, quantitative measuring instruments are often required. Wellness technology is constantly evolving and introducing more new ways to analyze walking and running.

The purpose was to increase knowledge to make walking and running analyses more widely available and thus potentially address lower limb problems. The aim was to collect research data for the client Fysioline Oy on the results of the analyses available through Digitsole Pro smart insoles and their usability. In addition, the data collected could potentially help to implement the new Digitsole Pro system for sale to their customers.

The research questions of the thesis were: is Digitsole Pro smart insoles suitable for testing a sports team and whether walking and running analyses can be used to create effective exercise program to develop an emerging developmental point. The thesis was carried out as research-based development work, of which electronic questionnaires, walking and running analyses and researchers' observations were used as material. The target group of the study was a football team from Central Finland consisting of girls aged 13-14. The study included initial and final measurements with walking and running analyses of Digitsole Pro smart insoles, and a 10-week training intervention period.

As a result of the study, without the technical challenges, Digitsole Pro smart insoles are well suited for testing a sports team. In addition, an exercise program can be created based on the device's walking and running analyses, the effectiveness of which can be verified through the analyses.

Keywords/tags (subjects)

gait, gait analysis, running, running analysis, physiotherapy, wellness technology, Digitsole Pro

Miscellaneous (Confidential information)

-

Sisältö

1	Johdanto	4
2	Kävely	5
2.1	Kävelyn vaiheet	5
2.2	Kävelyn kinesiologia	8
3	Juoksu	12
3.1	Juoksun vaiheet.....	12
3.2	Juoksun kinesiologia.....	14
4	Kävelyn ja juoksun analysointi	16
4.1	Kävelyn ja juoksun analysoinnista yleisesti.....	16
4.2	Digitsole Pro -älypohjalliset.....	20
4.3	Kävelyanalyysi Digitsole Pro -älypohjallisilla	24
4.4	Juoksuanalyysi Digitsole Pro -älypohjallisilla	26
5	Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset	27
6	Tutkimuksen toteutus	28
6.1	Tutkimuksellinen kehittämistyö.....	28
6.2	Kohderyhmä	29
6.3	Aineiston keruumenetelmät	30
6.3.1	Sähköiset kyselyt.....	30
6.3.2	Mittausprotokolla	31
6.3.3	Soveltuvuuden havainnointi	32
6.4	Aineiston analysointi	33
6.5	Tutkimusaikataulu	33
7	Tulokset	34
7.1	Soveltuvuus urheilujoukkueen testaamiseen	34
7.1.1	Esitietojen kerääminen ja mittaustilaisuudet.....	34
7.1.2	Analyysien tulosten tulkinta	35
7.2	Harjoitusohjelman laatiminen kävely- ja juoksuanalyysien pohjalta	36
7.2.1	Alkumittausten perusteella noussut kehityskohta.....	36
7.2.2	Harjoitusohjelma	37
7.2.3	Loppumittausten tulos ja harjoitusohjelman vaikuttavuus.....	39
8	Pohdinta	42
8.1	Digitsole Pro -älypohjallisten käyttökokemus.....	42
8.2	Tulosten pohdinta ja johtopäätökset.....	46

8.3 Eettisyys ja luotettavuus	48
8.4 Jatkokehittämissuhteet.....	49
Lähteet	51
Liitteet	54
Liite 1. Digitsole Pro -kävelyanalyysi esimerkki.....	54
Liite 2. Digitsole Pro –juoksuanalyysi esimerkki.....	58
Liite 3. Digitsole Pro -kävelyanalyysin parametrit.....	61
Liite 4. Digitsole Pro -juoksuanalyysin parametrit	62
Liite 5. Harjoitusohjelma (lonkankoukistajien voima ja liikkuvuus).....	63

Kuviot

Kuvio 1 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin kävelyprofiilista.	7
Kuvio 2 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin askelluslinjasta.	8
Kuvio 3 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin työntövoimien suhteesta.	9
Kuvio 4 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin pronatio-supinaatiokulmista.....	10
Kuvio 5 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin jalkojen aorauskulmista.	11
Kuvio 6 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin askelkulmista ja -korkeuksista.	12
Kuvio 7 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin juoksuprofiilista.	14
Kuvio 8 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin iskukaavasta.....	15
Kuvio 9 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin pronatio-supinaatiokulmista.	16
Kuvio 10 Digitsole Pro -älypohjallisten kantosalkku.	21
Kuvio 11 Digitsole Pro -älypohjallisten salkun sisältö (sirukortit, pohjalliset, laturi ja ohjelaput).21	
Kuvio 12 Digitsole Pro -älypohjalliset ja älykortit.	22
Kuvio 13 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin yleisistä mitattavista parametreista.	27
Kuvio 14 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin epäsymmetrioista.	27
Kuvio 15 Tutkimuksellinen kehittämistoiminta (Toikko & Rantanen 2009, 21).	29
Kuvio 16 Kävely- ja juoksuanalyysien mittausprotokolla.....	32
Kuvio 17 Tutkimusaikataulu.	34
Kuvio 18 Esimerkki Digitsole -kävelyanalyysin Propulsion rate -kuvioista, jossa epäsymmetriaa työntövoimien suhteessa.....	37
Kuvio 19 Harjoitusohjelman suorittamisen viikkokyselyiden vastaukset.....	39
Kuvio 20 Kävelyn työntövoimien suhteen (propulsion rate) muutokset.....	42
Kuvio 21 Näyttökuva Digitsole Pro -sovelluksen tallennusongelmasta analyysin tallennusvaiheessa.	44

Kuvio 22 Näyttökuva Digitsole Pro -sovelluksen kiputilojen valikosta.	45
--	----

Taulukot

Taulukko 1 Digitsole Pro -älypohjallisilla kävelystä mitattavat parametrit (Multiple biomechanical parameters n.d.).	25
Taulukko 2 Digitsole Pro -älypohjallisilla juoksusta mitattavat parametrit (Multiple biomechanical parameters n.d.).	26
Taulukko 3 Alkumittausten propulsiyon rate -arvojen eli työntövoimien suhteissa olleiden epäsymmetrioiden prosentuaaliset määrät.	40
Taulukko 4 Loppumittausten propulsiyon rate -arvojen eli työntövoimien suhteissa olleiden epäsymmetrioiden prosentuaaliset määrät.	41

1 Johdanto

Hyvinvointiteknologia kehittyy kovaa vauhtia ja markkinoille tuodaan jatkuvasti lisää uusia kuntoutusvälineitä. Liikkumisen analysointi on vakiintunut tutkimusalue terveydenhuollossa ja sitä hyödynnetään muun muassa kuntoutustarpeen arvioinnissa (Chen, Lach, Lo & Yang 2016). Kävely- ja juoksuanalyysien on ajateltu olevan lähinnä urheilijoiden testaamista varten, mutta nykyisin ne ovat entistäkin helpommin ja edullisemmin kaikkien saatavilla. Siitä huolimatta niiden rutiininomainen käyttö on edelleen melko vähäistä. Nykytutkimus pyrkii luomaan tekniikoita liikkumisen analysoinnin tehostamiseksi ja tarkkuuden lisäämiseksi. (Simon 2004.) Vaikka kuntoutusalan ammattilaisten silmämääräinen liikkumisen arviointi on edelleen tärkeää, mahdollistavat hyvinvointiteknologian laitteet yhä tarkempien analyysien laatimisen. Niiden kautta saatavien tietojen pohjalta on mahdollista havaita kehityskohtia alaraajojen toiminnassa muun muassa kävelyn, juoksun tai erilaisten hyppyjen aikana. Nämä tärkeät havainnot, joita ei visuaalisesti pystytä näkemään, voivat auttaa ammattilaista suunnittelemaan asiakkaan kuntoutusta tai harjoitusohjelmaa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä toimeksiantaja Fysioline Oy:lle tietoa Digitsole Pro -älypohjallisten soveltuvuudesta urheilujoukkueen testaamiseen. Tavoitteena oli myös tutkia, voiko analyysin pohjalta luoda vaikuttavaa harjoitusohjelmaa, jonkin esiin nousseen kehityskohdan kehittämiseen. Digitsole Pro on uudistettu versio aiemmista PODOSmart -pohjallisista. Digitsole Pro -älypohjallisia käytetään sekä kävely- että juoksuanalyysien tekemiseen. Lisäksi uusimpana ominaisuutena on tullut hyppyanalyysit. Tutkimuksen kohteena olivat kyseiset älypohjalliset, sillä ne ovat vasta rantautuneet Suomeen markkinoille, ja Fysioline Oy kaipasi niiden myynnin tueksi tutkimustietoa. Toimeksiantajan toiveena oli, että laitteen käyttöä testataan jollekin yhtenäiselle 15-30 henkilön ryhmälle. Testiryhmäksi valikoitui urheilujoukkue, sillä se on opinnäytetyön tekijöitä kiinnostava kohderyhmä. Lisäksi urheilujoukkueesta tavoittaa helposti yhtenäisen ryhmän samanikäisiä ja -kaltaisia yksilöitä. Joukkueeksi valikoitui lajin sekä sukupuolen mukaan eräs keskisuomalainen tyttöjen jalkapallojoukkue, sillä opinnäytetyön tekijöillä oli valmiiksi tietämystä tyttöjen ja naisten jalkapallosta harrastuksena. Opinnäytetyön rajaus suunniteltiin yhdessä toimeksiantajan kanssa. Työn edetessä päädyttiin tekemään sekä kävely- että juoksuanalyysit, jotta saatiin tarpeeksi kattavasti tietoa alaraajojen toiminnasta harjoitusohjelman laatimista varten. Digitsole Pro -sovelluksesta ja analyyseista ei ole vielä olemassa suomenkielisiä versioita, joten tässä opinnäytetyössä käytetyt termit eivät ole virallisia suomennuksia.

Fysioline Oy on vuonna 1991 Tampereella perustettu hyvinvointialan yritys. Se on erikoistunut muun muassa kuntosali- ja kuntoiluvälineiden sekä kuntoutusvälineiden ja –robotiikan maahantuontiin, vientiin, kauppaan ja valmistukseen sekä huoltoon ja koulutukseen. Yrityksen palveluksessa on noin 80 henkilöä ja sen pääkonttori sekä tuotanto- ja varastotilat sijaitsevat Tampereella. Toimintaa yrityksellä on myös Saksassa, Baltiassa, Norjassa ja Ruotsissa. Fysioline Oy tarjoaa yksittäisiä tuotteita, kokonaisvaltaisia ratkaisuja ja palveluita asiakkaiden tarpeisiin räätälöitynä. Palveluja ovat esimerkiksi tila- ja laitesuunnittelu sekä laitehankinnat. Yrityksellä on myös koko maan kattava huolto-organisaatio sekä koulutusorganisaatio Fysioline Academy of Finland. (Fysioline oy.)

Opinnäytetyö toteutettiin tutkimuksellisenä kehittämistyönä. Opinnäytetyön teoriatausta hankittiin sähköisistä tietokannoista sekä kävelyn ja juoksun kinesiologiaan ja analysointiin liittyvästä kirjallisuudesta. Teoriaosuus koostuu kävelyn ja juoksun vaiheista sekä kinesiologiasta, kävelyn ja juoksun analysoinnista sekä Digitsole Pro -älypohjallisten teoriasta.

2 Kävely

Kuten Kaurasen teoksessa Fysioterapeutin käsikirja (2021, 362) kuvataan, kävely on ihmisen perusliikkumisen muoto, jossa liikkuminen tapahtuu bipedaalisesti, eli kahden jalan varassa. Vaikka käveleminen mielletään yksinkertaiseksi ja tavalliseksi liikkumiskeinoksi, liittyy siihen tiettyjä edellytyksiä, kuten tasapaino, etenemiskyky sekä sopeuttamiskyky. Etenemiskyky perustuu lihasten koordinoituun aktivoitumiseen tietyssä järjestyksessä eri vaiheiden aikana. (Kauranen 2021, 362.) Silmämääräinen kävelyn havainnointi ja analysointi kuuluu fysioterapeuttien ammattiosaamiseen, ja on osana päivittäistä toimintaa. Kävely on monimutkainen ja –ulotteinen tapahtuma, josta löytyy lukuisia analysoitavia osa-alueita. Kävelyn vaiheita ja kinesiologiaa tarkasteltaessa tässä työssä keskitytään kuitenkin niihin yksityiskohtiin, joita Digitsole Pro -älypohjallisilla analysoidaan.

2.1 Kävelyn vaiheet

Ymmärtääkseen kävelyä sekä sen vaatimuksia, tulee sen eri osavaiheita osata havainnoida ja tunnistaa. Kadenssilla eli askeltiheydellä tarkoitetaan askelten määrää minuutissa, ja siinä on

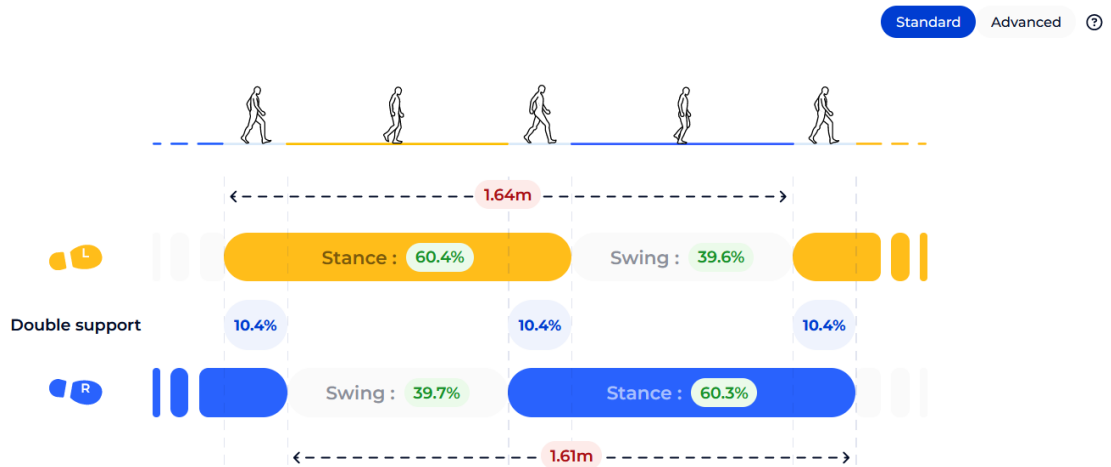
yksilöillä suuria eroja vaihdellen 100-150 askeleen välillä. Askelpituus tarkoittaa kantapäiden välistä etäisyyttä yksittäisessä askeleessa. Kävelysykli (gait cycle) on kävelyä analysoitaessa käytetyin perusyksikkö, jonka aikana kävelyn kaikki vaiheet tapahtuvat. Kävelysyklin pituus vaihtelee yksilöittäin 100-160cm välillä, ja se voidaan jakaa eri vaiheisiin 0-100% välillä. Kävelysykli alkaa siis alkukontaktivaiheesta, jolloin kanta tai jalkapohja osuu alustaan (0%). Kävelysykli päättyy, kun sama jalka tulee uudestaan alkukontaktiin alustaan (100%). Kävelyn vaiheet voidaan karkeasti jakaa tuki- ja heilahdusvaiheisiin. Tukivaiheen aikana jalka on alustassa ja tukee vartalon painoa. Heilahdusvaiheessa taas jalka on ilmassa heilahtamassa kohti seuraavaa kontaktivaihetta. Normaalisissa kävelynopeudessa tukivaiheen osuus on yleensä noin 60% ja heilahdusvaiheen noin 40%. (Kauranen 2021, 365; Neumann 2017, 656; 659.)

Kaksoistukivaiheessa molemmat jalat ovat yhtä aikaa kontaktissa alustaan. Näitä vaihteita ilmenee kävelysyklin aikana kahdesti; 0-10% välillä sekä 50-60% välillä. Niiden aikana kehon paino siirretään jalalta toiselle. Tuki- ja heilahdusvaiheet voidaan jakaa tarkemmin vielä viiteen eri vaiheeseen, jotka ovat kantaisku, tasajalka, keskitukivaihe, kannankohotusvaihe sekä varvastyöntö. Alkukontaktivaihe tapahtuu 0% vaiheessa kävelysykliä, kun kantapää ensimmäisen kerran tulee kontaktiin alustan kanssa. Tasajalkavaiheessa koko jalkapohja on kontaktissa alustaan, ja se tapahtuu noin 8% kohdalla kävelysyklissä. Keskitukivaiheessa koko kehon paino jakautuu tukijalan varaan, ja heilahtava jalka ohittaa tukijalan. Tämä vaihe tapahtuu 30% kohdalla. Kannankohotusvaihe tapahtuu noin 40% kohdalla, ja silloin tukijalan kantapää irtoaa alustasta. Varvastyöntö tapahtuu 60% kohdalla, ja silloin tukijalka irtoaa lopullisesti alustasta. (Neumann 2017, 659-660.) Heilahdusvaihe voidaan jakaa edelleen kolmeen osaan: alku-, keski- ja loppuheilahdus. Alkuheilahdus alkaa varvastyönnöstä ja kestää keskiheilahdukseen asti, ja tapahtuu kävelysyklin 60-75% aikana. Keskiheilahdus tapahtuu tukijalan keskitukivaiheen aikana, kun heilahtava jalka ohittaa tukijalan 75-85% aikana. Keskiheilahdus vaihtuu loppuheilahdukseen, joka päättyy uuteen alkukontaktiin alustan kanssa, ja tapahtuu siis 85-100% aikana. (Neumann 2017, 661.)

Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 1) on esimerkki Digisole Pro -älypohjallisilla tehdyn kävelyanalyysin kävelyprofiilista. Kuviossa on esiteltynä asiakkaan kävelyn keskimääräisen askellussyklin vaiheet, oranssin värin kuvatessa vasemman jalan askellusta ja sinisen kuvatessa oikean jalan. Tarkasteltaessa esimerkiksi vasemman jalan profiilia, nähdään, että

kokonaisaskelpituus on 1,64 metriä alkaen tukivaiheesta ja päättyen heilahdusvaiheen kautta uuteen tukivaiheeseen. Stance eli tukivaihe kuvaa tukivaiheen prosentuaalista osuutta askelsyklin kokonaisuudesta, ja tässä tapauksessa se on 60,4%. Swing eli heilahdusvaihe kuvaa puolestaan kyseisen jalan heilahduksen osuutta askelsyklistä, ja on tässä 39,6%. Arvojen ollessa vihreän värisiä, kuten alapuolella olevassa esimerkissä, ne ovat viitearvojen rajoissa. Oranssi ja punainen väri arvoissa kuvaisi vaiheilla olevan joko liian pieni tai suuri osuus kävelysyklissä. Kaksoistukivaiheiden osuudet näkyvät vasemman ja oikean jalan osuuksien välissä, ja tässä tapauksessa niiden osuus on ollut 10,4%. (Walking analysis manual n.d., 6.)

Walking profile



Kuvio 1 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin kävelyprofiilista.

Kuviossa 2 on esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisten kävelyanalyysin askelluslinjasta (gait line) (ks. kuvio 2). Kuviossa näkyvät mustat linjat ja pisteet kuvaavat kummankin jalan tukivaiheiden aikaisia tukipisteiden siirtymisiä. Näiden kautta voidaan arvioida jalkojen pronaatiota ja supinaatiota, joista kerrotaan lisää kappaleessa 3.2. Kuvion keskellä on esiteltyä tukivaiheen tapahtumien kestot prosentiosuuksina tai vaihtoehtoisesti millisekunteina. (Walking analysis manual n.d., 8.)

Gait line

Relative Absolute



Kuvio 2 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin askelluslinjasta.

2.2 Kävelyn kinesiologia

Kuviossa 3 on esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisten kävelyanalyysin työntövoimien suhteesta (ks. kuvio 3). Propulsion rate eli työntövoimien suhde tarkoittaa jalan kiihtyvyyden nopeutta varvastyönön aikana suhteessa jalan nopeuteen heilahdusvaiheen aikana. Tämän suhteen kautta pystytään määrittämään, syntykö jalan liikkeen nopeus symmetrisesti lonkan fleksoreilla ja plantaarifleksoreilla. (Walking analysis manual n.d., 9.) Iliopsoas-lihasten on tutkittu aktivoituvan ennen varvastyöntöä, ja pysyvän aktiivisina alkuheilahduksen ajan. Kävelysyklin 30-50% aikana lonkankoukistajat tekevät ensin eksentristä lihastyötä lonkan ojentuessa. Tämän jälkeen lonkankoukistajat alkavat tehdä konsentrista lihastyötä lonkan alkaessa koukistua juuri ennen varvastyöntöä. Lonkankoukistajalihasten tärkeimmät tehtävät ovat viedä alaraajaa eteenpäin heilahdusvaiheen aikana sekä nostaa alaraajaa heilahdusvaiheen aikana. (Neumann 2017, 676.)

Plantaarifleksorilihakset eli soleus ja gastrocnemius ovat aktiivisina kävelysyklin 10% vaiheesta alkaen koko tukivaiheen ajan aina kannankohotusvaiheeseen saakka, joka tapahtuu noin 30-40% kohdalla. Tällöin plantaarifleksorit tekevät eksentristä lihastyötä hallitakseen tibian ja fibulan liikettä eteenpäin suhteessa talukseen. Plantaarifleksorit ovat aktiivisimmillaan kannankohotusvaiheen lähestyessä, ja niiden aktivaatio lakkaa varvastyönön jälkeen. (Neumann 2017, 679.)

Alla olevasta esimerkkikuvasta (ks. kuvio 3) nähdään, että kävelyn työntövoimien suhde on symmetrinen ja hyvä, ja tällöin sekä lonkankoukistajien että plantaarifleksoreiden osoittamat alueet ovat vihreinä. Sivuilla näkyvät %-arvot kuvaavat kummankin jalan poikkeamaa täydellisestä balanssista. Mikäli toisen tai molempien jalkojen työntövoimien suhteen symmetriassa olisi suurta poikkeamaa, näkyisivät poikkeavat alueet punaisina. (Walking analysis manual n.d., 9.)

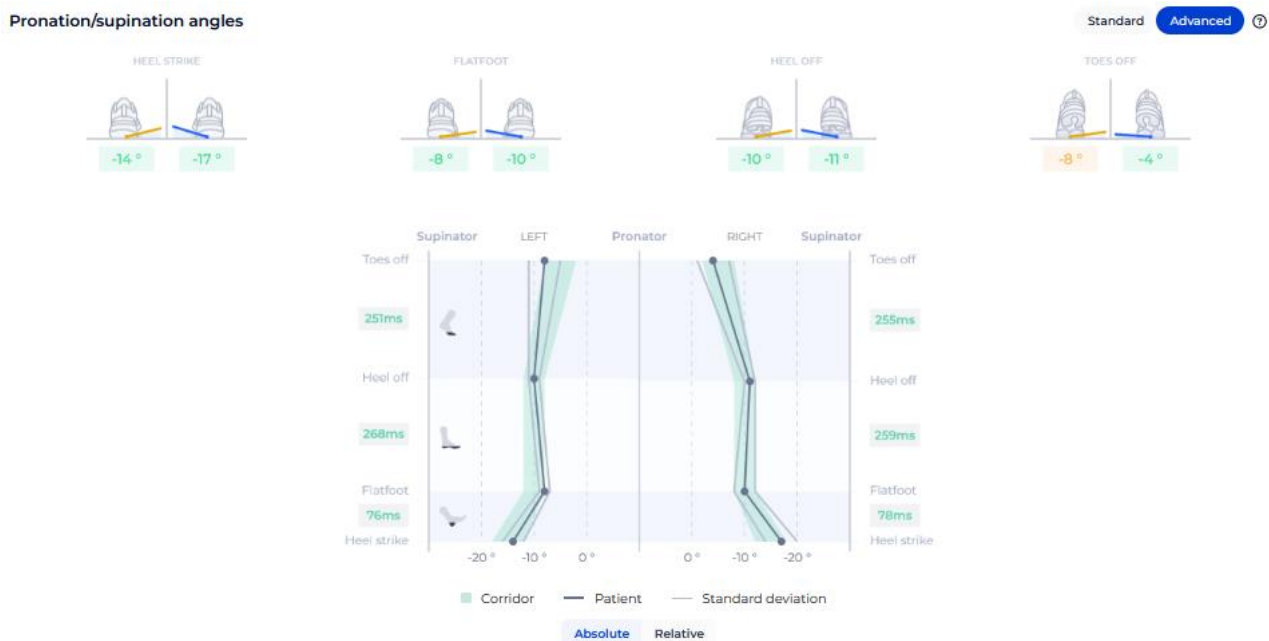
Propulsion rate



Kuvio 3 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin työntövoimien suhteesta.

Pronaatio ja supinaatio ovat kolmitasoisia liikkeitä, joita tapahtuu subtalaari- ja transverse tarsaalinielven yhteistyön kautta. Pronaatioissa yhdistyvät eversio, abduktio sekä dorsifleksio. Supinaatioissa puolestaan yhdistyvät inversio, adduktio ja plantaarifleksio. Subtalaarinivelen liikkeet mitataan usein calcaneuksen takaosan ja alaraajan takaosan välisestä kulmasta. Esimerkiksi kantaaskun aikaan subtalaarinivel kääntyy inversioon noin 2-3° verran suhteessa yläraajaan. Heti kantaaskun jälkeen calcaneus alkaa kääntyä eversioon keskitukivaiheeseen saakka, jolloin se saavuttaa maksimaalisen eversion. Tämän jälkeen subtalaarinivel kääntyy kohti inversiota. Calcaneuksen neutraaliasento saavutetaan kävelysyklin 40-45% aikana, jolloin tapahtuu päkiätyöntö. Päkiätyöntön ja varvastyöntön välissä calcaneuksen inversio jatkuu noin 6° saakka. Heilahduksen aikaan calcaneus palaa hieman sisäkiertoon ja valmistautuu seuraavaan kantaaskuun. (Neumann 2017, 666-667.)

Alapuolella esiteltävässä kuviossa (ks. kuvio 4) on esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisilla tehdyn kävelyanalyysin pronaatio-supinaatiokulmista. Kyseisissä asteluvuissa on vakiona -10° virhemarginaali, joka on laitteen epäkohta. Se tulee siis ottaa huomioon analyysseja tarkasteltaessa, kunnes järjestelmän virhe on saatu korjattua. Yläpuolella on kontaktivaiheen eri osioiden pronaatio-supinaatiokulmat. Mikäli näiden vaiheiden arvoissa on jotain poikkeavaa, on asteluvut joko oranssin tai punaisen värisiä, kuten esimerkikuvion vasemman jalan toes off eli varvastyöntövaiheesta nähdään. -10° tarkoittaa tässä tapauksessa siis 0° , jolloin negatiiviset arvot ovat supinaation puolella ja positiiviset arvot tarkoittavat pronaatiota. Kuvion diagrammissa on esiteltynä vasemman ja oikean jalan pronaatio-supinaatiokulmat. Vihreä linja kuvastaa viitearvoa, tumman harmaa linja asiakkaan keskiarvoa ja vaalean harmaat linjat asiakkaan kävelyanalyysin keskihajontaa. Kuvion sivuilla nähdään kontaktivaiheen eri osiot sekä niiden kesto millisekunneina. Kuten asteluvuissa, jos näiden vaiheiden kestoissa olisi jotain poikkeavaa, olisi arvot joko oransseina tai punaisina, riippuen poikkeavuuden suuruudesta. (Walking analysis manual n.d., 10.)

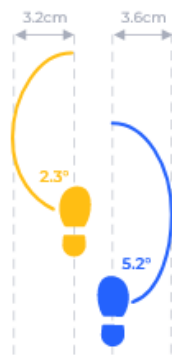


Kuvio 4 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin pronaatio-supinaatiokulmista.

Askelleveys tarkoittaa jalkaterien etäisyyttä toisistaan, ja on kantapäiden sisäpuolelta mitattuna noin 5-15cm. Sisä- ja ulkokierto jalkaterässä kuvaa tukivaiheessa tapahtuvaa jalkaterän aorauskulmaa. (Kauranen 2021, 365.) Kuviossa 5 nähdään esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisten kävelyanalyysin jalkojen aorauskulmista sekä kiertoliikkeistä (ks. kuvio 5). Aorauskulman ilmaisee

kuvion asteluvut, ja sillä tarkoitetaan jalkojen kääntymistä sisään- tai ulospäin kävelyn aikana. Tavallisesti jalkojen kuuluu kääntyä hieman ulospäin kävelyn aikana, ja tällöin asteluvut olisivat muutaman asteen neutraalin 0-tason yläpuolella, kuten kuviossa 5. Jalkojen kierto liike taas tarkoittaa heilahdusvaiheen aikaista maksimaalista sivuttaisliikettä, eli kuinka kaukaa sivulta jalka heilahtaa eteen. Terveillä henkilöillä tämän arvon tulisi olla lähellä 0,00cm, mutta muutaman sentin kierto on tavallista. (Walking analysis manual n.d., 11.)

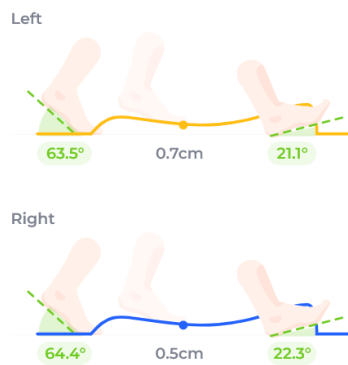
Foot progression angle



Kuvio 5 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin jalkojen aurauskulmista.

Kuviossa 6 on esiteltynä esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisten kävelyanalyysin askelkulmista ja -korkeuksista (ks. kuvio 6). Ensimmäinen arvo kuvaa sagittaalitasossa jalan ja alustan välistä plantaariflexiokulmaa varvastyönön aikana. Kuvion keskellä oleva arvo (clearance) kuvaa jalkapohjan ja maan välistä minimi korkeutta heilahdusvaiheen aikana. (Walking analysis manual n.d., 11.) Varpaiden ja maan väliin jäävä tila on keskimäärin 1,2-1,9cm (Neumann 2017, 664). Liian pieni korkeus haastaa tasapainoa sekä lisää kaatumisriskiä. Oikeanpuoleiset arvot taas tarkoittavat iskukulmia (steppage). Asteluku kuvaa siis jalan ja alustan välistä sagittaalitasoon kulmaa kantaiskun aikana. Tämänkin arvon tulisi olla 0° yläpuolella. (Walking analysis manual n.d., 11.)

Steppage / Clearance



Kuvio 6 Esimerkki Digitsole Pro kävelyanalyysin askelkulumista ja -korkeuksista.

3 Juoksu

Juoksu erotetaan kävelystä nopeuden kasvun lisäksi sillä määritelmällä, että sen aikana jossain vaiheessa molemmat jalat ovat yhtä aikaa ilmassa. Juoksussa siis kävelyn tyypilliset jatkuva jalan kontakti alustaan sekä kaksoistukivaihe puuttuvat. (Sandström & Ahonen 2011, 331.) Juoksun aikana kehoon kohdistuvat voimat ovat noin kaksinkertaiset kävelyyyn verrattuna, ja siten myös loukkaantumisriski on suurempi. Yleisesti juoksua analysoitaessa keskiössä ovat alaraajojen linjaus, jalkaterien toiminta sekä lantion liike ja hallinta. (Pasanen, Haapasalo, Halen & Parkkari 2021, 76-77.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan juoksua Digitsole Pro -älypohjallisten juoksuanalyysien näkökulmasta, ja juoksun vaiheet sekä kinesiologia rajataan samoihin yksityiskohtiin, joita analyyseissa mitataan.

3.1 Juoksun vaiheet

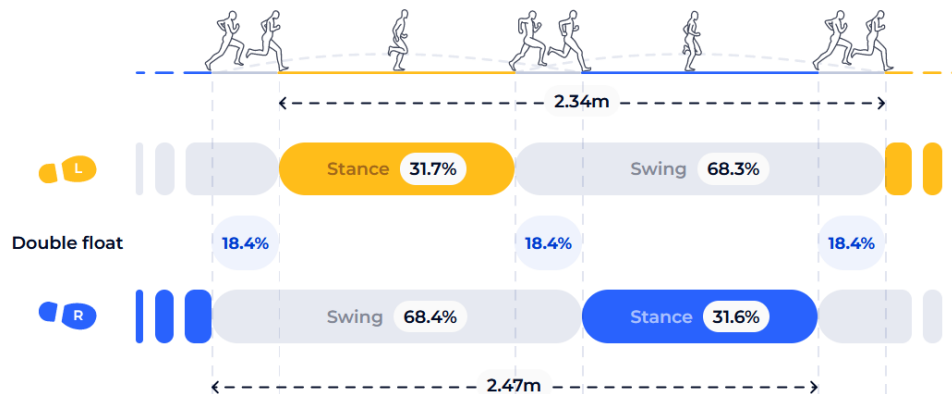
Juoksu voidaan kävelyn tapaan jakaa tuki- ja heilahdusvaiheisiin. Tarkemmin nämä tapahtumat voidaan vielä jakaa alkukontaktiin, keskitukivaiheeseen, kannankohotusvaiheeseen, varvastyöntöön sekä keskiheiladusvaiheeseen. Kuten kävelysyklin tapahtumat, juoksun askelsykli voidaan myös jakaa 0-100%-osuuksiin. Alkukontakti tapahtuu syklin alussa eli 0% kohdalla, ja keskitukivaihe sijoittuu askelsyklin 20% kohdalle. Kannankohotusvaihe sekä varvastyöntö tapahtuvat noin 22-27% tai 30-40% aikana, juoksunopeudesta riippuen. Keskiheiladusvaihe taas sijoittuu askelsyklin 70% kohdalle. Juoksun askelsykli voidaan jakaa myös neljään eri vaiheeseen.

Kuormitusvaihe tapahtuu syklin 15% aikaan, eli alkukontaktin ja maksimaalisen polven fleksoitumisen välillä. Tällöin alaraaja alkaa ottamaan kehon painoa vastaan. Juuri ennen heilahdusvaiheen alkua on työntövaihe, jolloin tapahtuu sekä kannankohotus alustasta sekä varvastyöntö. Heilahdusvaiheen kaksi osaa ovat alku- ja loppuheilahdus. (Neumann 2017, 707-708.) Juoksusyklin viimeisessä vaiheessa toinen jalka tulee jälleen alkukontaktiin alustaan (Sandström & Ahonen 2011, 335).

Teoksessa *Liikkuva ihminen: aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka* (Sandström & Ahonen 2011) juoksun vaiheista puhutaan hieman eri termeillä. Maahantulovaiheessa eli alkukontaktissa tukijalka on jo matkalla taaksepäin, ennen kontaktia alustaan, valmistautuen ottamaan kehon painon vastaan. Painon laskeuduttua tukijalalle takaa tuleva jalka heilahtaa eteen ja reidet ovat hetkellisesti rinnakkain. Maksimikosketus- eli keskitukivaiheessa kehon massakeskipiste laskeutuu alemmas ja lantioon tulee sivuttaissuuntaista joustoa. Keskitukivaiheessa kehon jousaessa ja vaimentaessa iskua alaraajojen sidekudoksiin ja lihaksiin kertyy elastista energiaa, joka purkautuu ponnistusvaiheessa ja kiihdyttää liikettä eteenpäin. Lentovaiheessa molemmat jalat ovat hetkellisesti irti alustasta, ja syntyy askelpituus. Eteenpäinheilahdusvaiheessa kiihtyvyyttä lisääntyy takana olevan jalan ponnistaessa sekä heilahtavan jalan liike-energian myötä. Tämän vaiheen aikana juoksija voi hyödyntää myös käsien myötäliikkeitä. (Sandström & Ahonen 2011, 333-335.)

Alapuolella on esimerkkikuva (ks. kuvio 7) *Digitsole Pro* -älypohjallisten juoksuanalyysin juoksuprofiilista. Kuvio on vastaavanlainen kuin kävelyprofiili, mutta kaksoistukivaiheen sijaan keskellä näkyy kaksoisheilahdusvaiheiden osuudet askelsyklistä. Juoksussa tukivaiheen osuus on tavallisesti noin 40% askelsyklistä ja heilahdusvaiheen osuus noin 60%. Alkuheilahdus tapahtuu askelsyklin noin 40-70% vaiheen aikana, ja loppuheilahdus noin 70-100% aikana. Kaksoisheilahdusvaiheiden osuus on noin 10% juoksun askelsyklistä, mutta näissä on toki paljon yksilöllisiä vaihteluita. (Neumann 2017, 707.)

Running profile



Kuvio 7 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin juoksuprofiilista.

3.2 Juoksun kinesiologia

Juoksussa jalan alkukontaktivaihe tapahtuu joko kantapäällä, keskijalalla tai päkiällä. Muun muassa juoksunopeus vaikuttaa alkukontaktiin, ja nopeuden kasvaessa maahantulovaihe siirtyy kantapäähän sijaan päkiälle. (Pasanen ym. 2021, 76.) Toisin kuin kävelyssä, jossa alkukontakti tapahtuu useimmiten kantapää edellä, juoksussa alkukontaktitavassa on huomattavasti enemmän vaihtelua (Neumann 2017, 708). Iskutapa voi vaikuttaa alaraajan nivelten kinematiikkaan juoksun aikana. Kantaiskuun verrattuna päkiäiskulla juoksevien henkilöiden plantaarifleksio ja polven fleksio ovat suuremmat alkukontaktin aikana. (Neumann 2017, 708.)

Lai, Chou, Chu, Wang, Lin, Tu & Gou (2020) tutkivat jalan iskun muutoksia eri juoksunopeuksissa kengillä sekä ilman kenkiä. Tutkimustulosten mukaan jalan iskutapaan vaikuttaa eniten se, juostaanko kengillä vai ilman. Tulokset eivät vahvista uskomusta siitä, että juoksuvauhti vaikuttaisi jalan iskutapaan muulloin kuin äärimäisessä juoksuvahdissa. Lasten ja murrosikäisten jalan iskutapaa tarkasteltaessa on kuitenkin havaittu iskutapaan vaikuttavan paljasjaloin tai kengillä juoksemisen lisäksi juoksuvauhti sekä jalkineiden kantakorotus (Giacomini, Yamato, Lopes & Hespanhol 2021). Kummassakin tutkimuksessa on havaittu kantaiskun olevan yleisin iskutapa. Xu, Yuan, Wang, Wang, Liu & Zhou (2021) laativat systemaattisen katsauksen ja meta-analyysin jalan iskun tekniikan vaikutuksista juoksun biomekaniikkaan. Johtopäätöksenä saatiin selville muun muassa, että kantaiskulla juokseminen tuottaa isompaa biomekaanista kuormitusta polviin sekä

patellofemoraali niveliin. Päkiäisku taas aiheuttaa suurempaa kuormitusta nilkkaniveliin sekä akillesjänteisiin.

Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 8) on esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisten juoksuanalyysin iskukaavasta (strike pattern). Tässä kummankin jalan iskukaava eli analyysin keskimääräisin iskutapa on kantaisku. Asteluku kuvaa, kuinka suuressa dorsifleksiokulmassa nilkka on jalan tullessa kontaktiin alustaan. Kilonewton (kN) arvo kuvaa iskun voiman suuruutta. (Running analysis interpretation manual n.d., 5.)

Strike pattern



Kuvio 8 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin iskukaavasta.

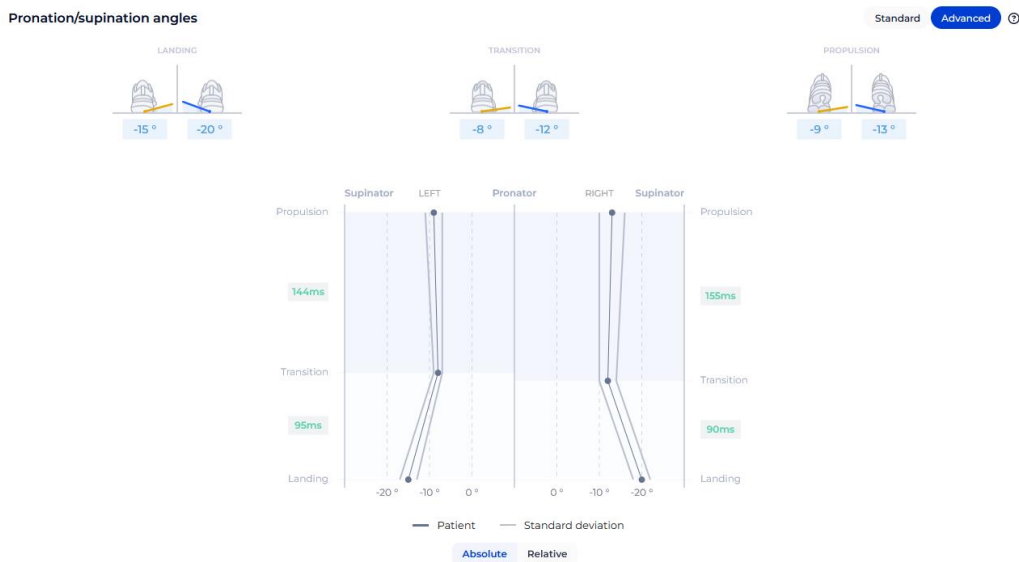
Pronaatio- ja supinaatiokulmien suuruus juoksun aikana vaihtelee yksilöiden välillä.

Subtalaarinivelen asento voi alkukontaktivaiheen aikana vaihdella 5° inversion ja 10° eversion välillä, kun taas tukivaiheen aikana on havaittavissa yleisempi kaava. Subtalaarinivel kääntyy eversion alkutukivaiheen aikana, saavuttaen suurimman eversion askelsyklin 16% kohdalla.

Alkukontaktin ja eversion huippukohdan välillä on noin 10° liikelaajuus, ja suurin eversiokulma vaihtelee 5-20° välillä. Tukivaiheen loppuun subtalaarinivel kääntyy vielä inversion, saavuttaen varvastyönön aikana lähes saman asennon kuin nivelellä oli alkukontaktin aikana. (Neumann 2017, 711.)

Alapuolella olevasta kuviossa (ks. kuvio 9) on esiteltyä Digitsole Pro -älypohjallisten juoksuanalyysin pronatio- ja supinaatiokulmat. Kuten kävelyanalyysissäkin myös juoksuanalyysissä analyysin antamissa asteluvuissa on -10° virhe, joka tulee ottaa huomioon lukuja tarkasteltaessa. Kuvion ylärivillä on kummankin jalan eri tukivaiheiden aikaiset pronatio- ja supinaatiokulmat asteluvuun. Näiden alapuolelta löytyy visuaalisempi astekuvio, josta nähdään

pronaatio- ja supinaatiokulmat eri tukivaiheiden aikana sekä vaiheiden kesto millisekunteina. Tämän avulla on helppoa tarkastella jalkojen välistä symmetriaa sekä havaita epätavallisia kiertokulmia. (Running analysis interpretation manual n.d., 7.)



Kuvio 9 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin pronaatio-supinaatiokulmista.

4 Kävelyn ja juoksun analysointi

4.1 Kävelyn ja juoksun analysoinnista yleisesti

Kävelyanalyysi on vakiintunut tutkimusalue lääketieteessä ja terveydenhuollossa. Kävelyn analysointia hyödynnetään muun muassa ortoosien, proteesien, kirurgisten toimenpiteiden tai kuntoutustarpeen arvioinnissa. Lisäksi sen avulla voidaan seurata kävelyn muutoksia, kaatumisriskiä ja ehkäistä ikääntyneiden kaatumisia. Kävelyanalyysien laatu ja luotettavuus riippuu käytetyistä mittauslaitteista. Usein kävelyanalyysi suoritetaan subjektiivisilla ja kvalitatiivisilla tavoilla, kuten ihmisen tekemillä havainnoilla tai asiakkaan itseraportoinnilla. Näillä tavoilla kävelystä mitattavia parametreja on vain muutamia, esimerkiksi askeltiheys, kävelynopeus ja kuljettu matka. Vaikka nämä ovat tärkeitä parametreja ja ihmissilmä voi havaita lisäksi joitakin vakavia kävelyn ongelmakohtia, tarvitaan hienovaraisempiin kävelyn muutoksien tarkasteluun kvantitatiivisia mittauksia. Tällaisia tarkempia kvantitatiivisia mittauslaitteita ovat esimerkiksi optiseen liikkeentallennusjärjestelmään perustuva kävelyanalyysityökalu, voimalevyt ja

elektromyografiajärjestelmä (EMG). Lisäksi kvantitatiiviseen analysointiin voidaan käyttää erilaisia puettavia antureita tai sensoreita. (Chen ym. 2016.) Puettavilla antureilla tai sensoreilla voidaan tarkoittaa esimerkiksi tässä työssä käsiteltäviä älypohjallisia. Usein kvantitatiiviset kävelyanalyysi menetelmät ovat kalliita ja hankalia laboratoriojärjestelmiä. Chen ym. (2016) osoittaa, että puettavat anturit voivat korvata laboratorioiden kävelyanalyysijärjestelmiä tarjoamalla kannettavaa, objektiivista, monipuolista ja kvantitatiivista tietoa kävelystä. Näin pystytään tuomaan kävelyn analysointi klinikoilta vapaa-ajan ympäristöihin ja helpommin koehenkilöiden saataville.

Ihmisen liikkeen analysointia tukeva teknologia on kehittynyt huomattavasti viime vuosikymmeninä. Tehdyt liikkumistutkimukset ovat antaneet merkittävää tietoa erilaisten suoritettujen testien tarkkuudesta sekä kliinisten testien käyttämisestä lääketieteellisten häiriöiden arvioimiseen ja hoitoon vaikuttamiseen. Kävelyanalyysit tunnustetaan nyt kliinisesti hyödyllisiksi. Silti niiden rutiininomainen käyttö on nähnyt hyvin vähäistä kasvua. Kävelytestien suurempaa kliinistä käyttöä hankaloittaa eniten tutkimusten suorittamiseen ja niiden tulosten tulkitsemiseen kuluva aika sekä kustannukset. Nykyään tutkimus pyrkii ratkaisemaan näitä ongelmia luomalla tekniikoita, joiden avulla kävelystä voidaan kerätä tietoja nopeasti, tarkasti ja tehokkaasti sekä tulkita kerättyjä tietoja myös tehokkaammin esimerkiksi tekoälymenetelmien avulla. (Simon 2004.)

Unon, Ogasawaran, Kondan, Yoshidan, Otusakan, Kikukawan, Tsujiin & Nakatan (2023) tutkimus käsittelee Orphe analytics -menetelmää. Kyseistä menetelmää ja sen mittaamia kävelyn parametreja verrattiin tavanomaisilla optisilla liikkeentallennusjärjestelmillä mitattuihin parametreihin. Orphe analytics on kävelyanalyysijärjestelmä, jolla voidaan mitata erilaisia kävelyparametreja, kuten askelpituutta, askeltiheyttä ja jalkapohjan kulmia. Nämä tiedot kerätään käyttämällä kengän väli- tai sisäpohjaan asennettuja antureita. Tutkimuksen tulokset osoittivat, että Orphe analytics -menetelmän mittaamat parametrit osoittivat erinomaista, hyvää tai kohtalaista suhteellista validiteettia verraten liikkeentallennusjärjestelmän mittaamiin parametreihin. Orphe analytics mahdollistaa kävelyn analysoinnin mittausympäristöstä riippumatta. Tämän tutkimuksen tulokset toimivat validiteettistandardina kyseisen kävelyanalyysijärjestelmän käytölle tulevaisuudessa. Kyseisessä Orphe analytics -menetelmässä on jonkin verran samankaltaisuutta Digitsole Pro -älypohjallisten kanssa, sillä molemmissa mittauksen

tekevät kenkiin asetettavat anturit. Tämän myötä onkin merkittävää, että tutkimustietoa löytyy samankaltaisten laitteiden luotettavuudesta ja pätevydestä.

Sekä Kauranen (2021) että Kaakkola (2018) esittelevät, että yleinen kävelyn analysoinnin tai tutkimisen tapa on asiakkaan kävelyn havainnoiminen. Usein havainnoimisessa riittää kävelyn, ryhdin ja asennon tarkastelu edestä, takaa ja sivulta. Kävelyn havainnoimiseen tarvitaan riittävä tila ja tarpeeksi pitkä, esimerkiksi kymmenen metrin kävelymatka. (Kaakkola 2018.) Kaurasen (2021, 370) mukaan tarkemmin kävelyn analysointi tarkoittaa kävelyn tarkkaa ja systemaattista erityistutkimusta, joka tapahtuu tähän tarkoitukseen erityisesti suunnitelluilla tietokonepohjaisilla kävelyn analysointilaitteilla. Kävelyn analysointi voidaan jakaa kävelyn kliiniseen arviointiin ja kävelyn tieteelliseen tutkimiseen. Kävelyn kliinisessä arvioinnissa pyritään arvioimaan ja auttamaan yksittäistä asiakasta välittömästi ja kävelyn tieteellinen tutkiminen lisää ymmärrystä kävelystä yleisesti. (Kauranen 2021, 370.) Tässä opinnäytetyössä keskitytään kävelyn kliiniseen arviointiin.

Yleisin ja monipuolisin kävelyn analysointimenetelmä on fysioterapeutin kliininen ja visuaalinen havainnointi. Kävelyn analysoinnissa käytettäviä biomekaanisia mittauslaitteita ovat liikeanalysointijärjestelmä, elektromyografialaitteisto, voimalevyanturit sekä jalkapohjan painejakaumaa mittaavat pohjalliset ja alustat. Liikeanalysointijärjestelmällä kuvataan henkilön kävelyä ja analysoidaan sitä henkilöön kiinnitettyjen heijastinmarkkereiden avulla. Näin voidaan tutkia kävelyn kinemaattisia ominaisuuksia. Elektromyografia tarkoittaa lihasten sähköisen aktiivisuuden mittaamista, joka kertoo lihasten aktivoitumisjärjestyksestä ja -voimakkuudesta kävelyn aikana. Voimalevyantureilla voidaan mitata jalkapohjien alustaan tuottamia ja välittäviä reaktiovoimia. Näin voidaan saada tietoa muun muassa kävelyn tuki- ja heilahdusvaiheiden kestoista, voimista ja voimia jakautumisesta sekä painekeskipisteistä. Jalkapohjien painekuormat vaihtelevat eri kävelyn vaiheiden mukaan ja tällaisten pohjallisten käyttäminen kävelyn analysoinnissa perustuu näiden paineiden mittaamiseen. Mittaaminen tapahtuu pohjallisiin asennetuilla antureilla. (Kauranen 2021, 370-371.)

Kävelystä voidaan analysoida erilaisia parametreja, joita voidaan jaotella eritavoilla. Jaottelu voidaan tehdä esimerkiksi temporaalisiin tai spastiaalisiin, ja lateraalisiin sekä ei-lateraalisiin muuttujiin. (Kauranen 2021, 373.) Temporaalet muuttujat tarkoittavat aikaa kuvaavia muuttujia.

Näitä ovat esimerkiksi askeltiheys ja heilahdusvaiheen kesto. Spastiaaliset muuttujat tarkoittavat etäisyyttä kuvaavia muuttujia. Näitä ovat esimerkiksi askelparin pituus sekä askelpituus ja –leveys. (Simoneau & Heiderscheit 2015, 656-657.) Lateraaliset muuttujat tarkoittavat erikseen oikealle ja vasemmalle alaraajalle analysoitavia muuttujia. Ei-lateraaliset muuttujat tarkoittavat yleisiä tietystä alaraajasta riippumattomia muuttujia, esimerkiksi kävelynopeus. (Kauranen 2021, 373.) Kävelystä ja juoksusta analysoitavia parametreja voidaan jakaa myös muilla tavoilla. Parametreja voidaan jakaa esimerkiksi kinemaattisiin ja kineettisiin muuttujiin. Kinematiikalla tarkoitetaan muun muassa erilaisten nivelkulmien ja momenttien tarkastelua. Kinetiikka puolestaan tarkoittaa kinematiikassa avoimiksi jääviin kysymyksiin vastaamista: eli esimerkiksi miksi ja miten liike syntyy. (Soipio 2013.) Lisäksi parametreja voidaan jakaa muun muassa ajallisiin ominaisuuksiin, joita ovat esim. tuki- ja heilahdusvaiheen kesto ja lihastoimintaan, joka tarkoittaa esim. lihasaktiiviteettia, lihasvoimaa ja nivelmomenteja. (Chen ym. 2016.) Digisole jaottelee kävelyn ja juoksu parametrit yleisiin parametreihin (general parameters), jalkojen kinematiikan (foot kinematics) parametreihin sekä lisäparametreihin (advanced parameters) (Multiple biomechanical parameters n.d.).

Yleisiä kävelystä ja juoksusta mitattavia parametreja ovat muun muassa (Kauranen 2021, 373-375).:

- Kävely- ja juoksunopeus
- Askeltiheys
- Kävely- ja juoksumatka
- Tuki- ja heilahdusvaiheen kesto
- Askelpituus ja –leveys
- Jalkaterän sisä- ja ulkokierrot
- Symmetria

Myös juoksua voidaan analysoida erilaisilla tavoilla ja työkaluilla. Suurin osa tavoista ovat samanlaisia kuin kävelyn analysoinnissa käytettävät menetelmät. Juoksun analysoinnilla voidaan edistää vammojen ennaltaehkäisyä ja selvittää vammojen riskitekijöitä. Analysointia voidaan myös käyttää apuna valmennuksessa ja havainnollistaa juoksijalle muun muassa virheasentoja. Perinteisiä juoksun analysointityökaluja ovat esimerkiksi voimalevyt ja liikeanalyysit. Voimalevyillä mitataan siihen kohdistuvaa voimaa ja sen suuntaa. Tämän avulla saadaan tarkkaa tietoa juoksun

aikana syntyneistä voimista ja niiden suunnista. Liikeanalyysillä voidaan tutkia tarkasti kinemaattisia ja kineettisiä muuttujia. Liikeanalyysin avulla saadaan tietoa esimerkiksi nilkan, polven ja lantion nivelten kinemaattisista muuttujista. Inertiaalianturit ovat myös yksi työkalu analysoida juoksua. Niiden toiminta perustuu kehon osiin kiinnitettyjen antureiden orientaation ja sijainnin laskemiseen antureiden mittaaman datan perusteella. (Soipio 2013, 20-21.) Tässä työssä käsiteltävät Digitsole Pro -älypohjalliset ovat inertiaan perustuva mittauslaite (Silvan 2023). Nämä edellä mainitut menetelmät ovat hyviä tapa arvioida juoksun erilaisia parametreja (Soipio 2013, 20-21). Juoksun analysoinnin parametrit ovat suurilta osin samoja kuin kävelyn analysoinnin parametrit.

Monet perinteiset kävelyn ja juoksun analysointitavat ja -työkalut ovat kalliita ja pääasiassa urheilijoiden käytössä. Tämän onkin tuonut kysyntää edullisimmille ja helppokäyttöisille tavoilla analysoida kävelyä ja juoksua. Markkinoille onkin tullut tähän kysyntään vastaamaan muun muassa Digitsole Pro -älypohjalliset, joilla voidaan analysoida juoksua sekä kävelyä edullisemmin ja helpommin.

4.2 Digitsole Pro -älypohjalliset

Digitsole on sähköisen terveydenhuollon ja hyvinvoinnin parissa toimiva ranskalainen terveysteknologiayritys. Vuodesta 2015 lähtien Digitsole on kehittänyt ja ottanut käyttöön digitaalista terveydenhuoltoalustaa, jolla seurataan liikkuvuusparametreja ja niihin liittyviä patologioita. Digitsole yritys kokoaa yhteen dataa ja kliinistä asiantuntemusta parantaakseen ihmisten hyvinvointia läpi elämän. Yrityksellä on asiakkaita jo yli 37 maassa. (The history of the company n.d.) Suomeen Fysioline Oy yritykselle Digitsole on saapunut vuonna 2022. Fysioline Oy:lla Digitsole Pro -älypohjallisten kohderyhmänä ovat julkisen ja yksityisen puolen kuntoutuksen, testauksen sekä diagnostiikan asiakkaat. (Silvan 2023.)



Kuvio 10 Digitsole Pro -älypohjallisten kantosalkku.



Kuvio 11 Digitsole Pro -älypohjallisten salkun sisältö (sirukortit, pohjalliset, laturi ja ohjelaput).



Kuvio 12 Digitsole Pro -älypohjalliset ja älykortit.

Digitsole Pro -älypohjallisilla voidaan tarkasti analysoida kävelyä, juoksua sekä hyppyjä. Analyysien avulla voidaan tunnistaa erilaisia liikemalleja ja virheasentoja. Pohjalliset asetetaan testattavan henkilön oman kengän sisään. Pohjallisten kantapäihin asetetaan älykortit. Pohjalliset keräävät älykorttien kautta tietoa eri kävelyn, juoksun tai hyppyjen biomekaniikkaan vaikuttavista tekijöistä. Pohjalliset, älykortit sekä niiden laturit on pakattu salkkuun, jolla ne on helppo kuljettaa mittauspaikoille. Pohjallisia on kuusi paria kengän kokojen (36/37, 38/39, 40/41, 42/43, 44/45, 46/47) mukaan. Pohjallisten koot menevät siis kahden kengän koon välein. Salkussa on mukana myös ohjelappu, joka muistuttaa sirukorttien oikein asentamisesta pohjallisiin. Ennen niiden asentamista pohjallisiin täytyy varmistaa, että sirukortit ovat samaa paria ja ne asennetaan oikein päin. Testaus älypohjallisilla on helppoa ja nopeaa, ja se voidaan tehdä eri toimintaympäristöissä, sisällä tai ulkona. Digitsole Pro sirukortit kestävät myös vettä, eli testaaminen onnistuisi tarvittaessa myös sateisissa olosuhteissa (FAQ n.d., 8). Analyysien tulokset tallentuvat verkkosovellukseen ja sovellus esittää ne helposti tulkittavassa muodossa. (Digitsolepro n.d.) Kävely- ja juoksuanalyysien mitattavissa parametreissa on jonkin verran eroja. Kävelyanalyysissä parametreja on enemmän kuin juoksuanalyysissä. (Multiple biomechanical parameters n.d.)

Tässä työssä keskitytään Digitsole Pro -älypohjallisilla tehtäviin kävely- sekä juoksuanalyysiin. Näistä tarkemmin kappaleissa 4.4 ja 4.5. Laitteilla tehtävät hyppyanalyysit ovat uusin lisäys

kyseisiin älypohjallisiin. Näiden avulla voidaan seurata esimerkiksi urheiluvammojen kuntoutumista, parantaa urheilusuorituksia ja ehkäistä loukkaantumisia arvioimalla riskejä. Laitteella voidaan tehdä analyyskejä erilaisista hyppyistä. Hyppyanalyysit mittaavat monia erilaisia parametreja. Näitä ovat muun muassa hyppykorkeus, hyppyn määrä, symmetria, lentoaika sekä jalkaterän pronaatio- tai supinaatiokulma laskeutuessa. (Performance rehab module n.d.)

Tutkimuksia Digitsole Pro -älypohjallisista löytyy enimmäkseen pohjallisten aiemmasta versiosta eli Digitsole PODOSmart pohjallisista. Erot PODOSmart ja Digitsole Pro -älypohjallisten välillä ovat kohtuullisen pienet, joten näiden tutkimusten käyttö opinnäytetyön teoriapohjana on asianmukaista. Erona pohjallisten välillä on se, että Digitsole Pro -älypohjalliset ovat ohuempia sekä joustavampia ja niissä on siirrettävä älykortti, jonka avulla saadaan suoraan Bluetooth-yhteys ohjelmistoon. Digitsole Pro -älypohjallisten kanssa on käytettävissä sovellus mobiililaitteille sekä verkkopohjainen ohjelmisto tietokoneelle. Digitsole Pro -älypohjallisilla mittaamiseen ei tarvita tietokonetta vaan kännykkä tai tabletti riittää. Tämä on erona PODOSmart pohjallisiin, joita käyttäessä tarvitaan tietokone. (Digitsolepro n.d.) Digitsole Prota käyttäen ei ole tehty aiempia tutkimuksia, joissa olisi kohderyhmänä jalkapallojoukkueet tai muutkaan urheilujoukkueet. Siksi tämän tutkimuksellisen kehittämistyön kohderyhmä onkin erityisen mielenkiintoinen.

Ziagkas, Lokouvis, Zekakos, Chau, Petrelis & Grouios (2021) on tehnyt validointitutkimuksen Digitsole PODOSmart pohjallisista. Tutkimuksen tarkoituksena on esitellä PODOSmart –pohjallisten ominaisuuksia ja validoida eli vahvistaa sitä vertaamalla Viconin järjestelmään, joka on liikkeen tallennusjärjestelmä. Se koostuu infrapunakamerasta, keskusyksiköstä, tietokoneesta ja keskusyksikköön kytketystä järjestelmästä. Validointi suoritettiin kävelyanalyysillä yhdelletoista terveelle henkilölle kuuden metrin kävelymatkalla käyttämällä PODOSmart –pohjallisia ja Viconin järjestelmää. Tutkimuksen tulokset osoittavat, että PODOSmart on kelvoinen työkalu kävelyn analysointiin verrattuna Viconin järjestelmään. PODOSmart on hyödyllinen uusi työkalu terveen väestön kävelyanalyysin tekemiseen, sillä se on kannettava kävelyanalyysityökalu ja edullisen hintainen.

Toisessa tutkimuksessa Lokouvis, Ziagkas, Zekakos, Petrelis & Grouios (2021) käsittelee PODOSmart kävelyanalyysipohjallisten luotettavuutta. Tutkimuksen tavoitteena on arvioida PODOSmartjärjestelmän toistettavuutta. Tutkimuksen otos koostui 22 terveestä miespuolisesta

aikuisesta. Osallistujat suorittivat kaksi kävelytestiä kuuden metrin kävelymatkalla. Tutkimuksen tulokset osoittivat erinomaisesta testien uudelleentestauksen luotettavuudesta. PODOSmart kävelyanalyysipohjallisilla on siis erinomainen toistettavuus kävelyanalyysiparametreissa.

4.3 Kävelyanalyysi Digitsole Pro -älypohjallisilla

Digitsole Pro -älypohjallisilla tehtävä kävelyanalyysi mittaa monia eri parametreja kävelystä. Nämä parametrit voidaan jakaa yleisiin parametreihin, jalkojen kinematiikkaan sekä lisäparametreihin. (Multiple biomechanical parameters n.d.) Alla taulukko, jossa kaikki kävelyanalyysissä mitattavat parametrit (Taulukko 1). Liitteissä tarkemmin selityksineen kuvattuna kävelystä mitattavat parametrit (Liite 3).

Taulukko 1 Digitsole Pro -älypohjallisilla kävelystä mitattavat parametrit (Multiple biomechanical parameters n.d.).

Yleiset parametrit kävelyanalyysissä	Jalkojen kinematiikan parametrit kävelyanalyysissä	Lisäparametrit kävelyanalyysissä
Kadenssi (cadence)	Pronaatio- ja supinaatiokulmat (pronation / supination angles)	Symmetria (symmetry)
Kaksoistukivaihe (double contact)	Iskululma (strike angle)	Työntövoimasuhde (propulsion rate)
Heilahdusaika (oscillation time)	Askelkorkeus minimi (clearance)	Askellinja (gaitline)
Askelpituus (stride length)	Askelkorkeus maximi (stride height)	Muuttuvuus (variability)
Kontaktiaika (contact time)	Jalan kierto liike (circumduction)	
Kävelynopeus (walking speed)	Askeleen aurasukulma (foot progression angle)	
Kuormitusvaihe (loading time)		
Keskitukivaihe (flat foot time)		
Työntövaihe (propulsion time)		

Kävelyanalyysi voidaan tehdä minimissään yhden minuutin mittaisesta kävelystä. Kävely tulee olla mitattavan henkilön omaa normaalia kävelyvauhtia ja -tyyliä. Mittauksen aikana tulee välttää tiukkoja käännöksiä. Analyysin tekemiseen soveltuu monet erilaiset kengät. Ennen analyysin tekemistä sovellukseen syötetään henkilön esitiedot, joita ovat syntymäaika, pituus, paino, mahdolliset sen hetkisen kivut ja kengän tyyppi.

4.4 Juoksuanalyysi Digitsole Pro -älypohjallisilla

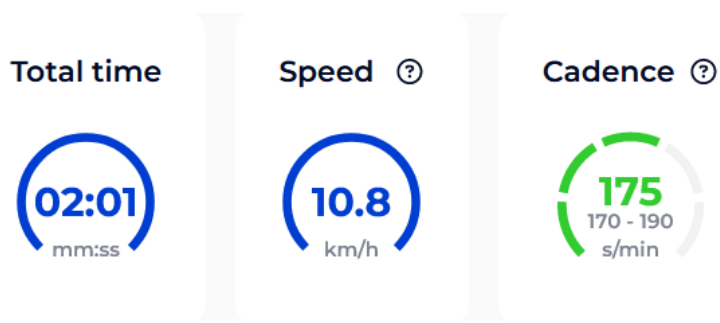
Juoksuanalyysi käsittelee 10 biomekaanista parametria. Parametrit voidaan jakaa samalla tavalla kuin kävelyanalyysissä yleisiin parametreihin, jalkojen kinematiikkaan ja lisäparametreihin.

(Multiple biomechanical parameters n.d.) Alla taulukko, jossa tarkemmin kaikki mitattavat parametrit (Taulukko 2). Liitteissä tarkemmin kuvattuna sekä selitettynä juoksusta mitattavat parametrit (Liite 4). Juoksuanalyysi voi olla minimissään kaksi minuuttia pitkä. Muuten juoksuanalyysin tekemiseen liittyy samat ohjeet kuin kävelyanalyysissä. Juoksussa tulee pyrkiä mitattavan omaan normaaliin juoksuvauhtiin ja -tyyliin.

Taulukko 2 Digitsole Pro -älypohjallisilla juoksusta mitattavat parametrit (Multiple biomechanical parameters n.d.).

Yleiset parametrit juoksuanalyysissä	Jalkojen kinematiikan parametrit juoksuanalyysissä	Lisäparametrit juoksuanalyysissä
Kadenssi (cadence)	Pronaatio- ja supinaatiokulmat (pronation / supination angles)	Symmetria (symmetry)
Lentoaika (double flight time)	Iskulma (strike angle)	Iskuvoima (impact force)
Heilahdusaika (oscillation time)		Alkukontaktin tyyppi (proportion strike pattern)
Askelpituus (stride length)		
Kontaktiaika (contact time)		
Juoksunopeus (running speed)		

Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 13) on esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisilla tehdyn juoksuanalyysin alkunäkymästä. Siitä nähdään juoksuanalyysissä mitattavat yleiset parametrit eli kokonaisaika, nopeus ja kadenssi eli keskimääräinen askelten määrä minuutissa. (Running analysis interpretation manual n.d.)



Kuvio 13 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin yleisistä mitattavista parametreista.

Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 14) esimerkki Digitsole Pro -älypohjallisilla tehdyn juoksuanalyysin epäsymmetriasta. Kuvio ilmaisee alaraajojen kontaktiaikojen yhdenmukaisuutta. Se kuvaa myös väreillä ja prosenteilla epäsymmetrian laajuutta sekä raajan, joka vaikuttaa olevan vahvempi. (Running analysis interpretation manual n.d.)

Asymmetry



Kuvio 14 Esimerkki Digitsole Pro juoksuanalyysin epäsymmetrioista.

5 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä tietoa, jonka avulla kävely- ja juoksuanalyysseja voidaan tuoda laajempaan käyttöön ja näin mahdollisesti puuttua alaraajaongelmiin. Kävely ja juoksu ovat ihmisen perusliikkumisen tapoja, joten mikäli analyysseilla voidaan puuttua näissä havaittaviin ongelmakohtiin, on mahdollista välttää vammarieskejä. Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön tavoitteena oli kerätä toimeksiantajalle tutkimustietoa, joka auttaa jalkauttamaan uutta Digitsole Pro -järjestelmää myyntiin heidän asiakkailleen. Digitsole Pro on päivittynyt versio aiemmasta

PODOSmart -järjestelmästä, ja tässä tutkimustyössä kerättiin tietoa sen käytettävyydestä urheilujoukkueen testaamiseen. Työn kautta voitiin selvittää, kuinka paljon ryhmämuotoisen analyysin tekeminen vaatii resursseja. Lisäksi tarkoituksena oli saada tietoa laitteen antamista tuloksista ja niiden hyödynnettävyydestä. Tutkimuksen tavoitteena oli saada vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1) Soveltuuko Digitsole Pro -älypohjalliset urheilujoukkueen testaamiseen?

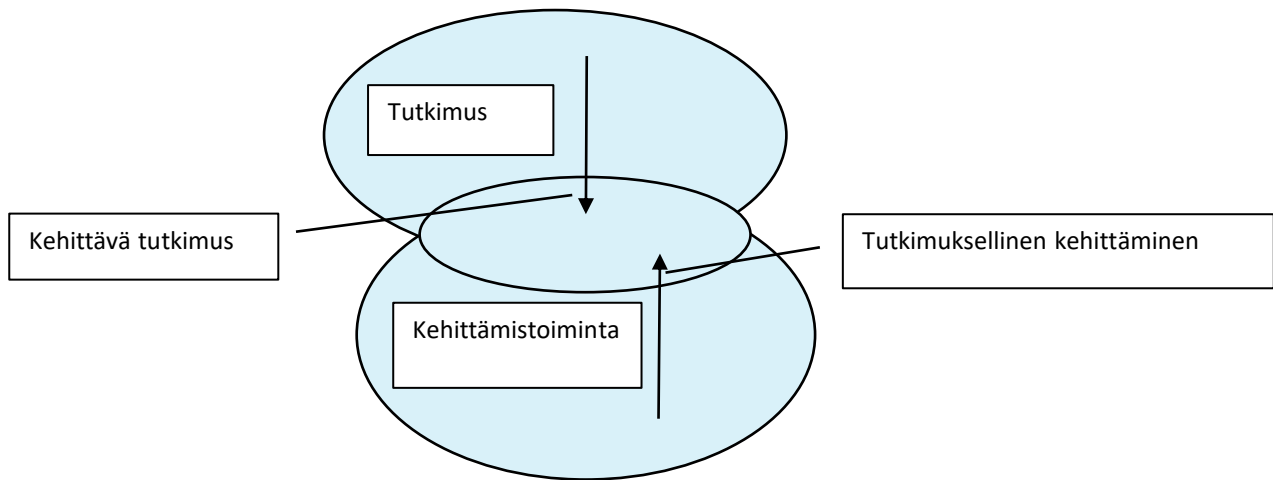
2) Voiko kävely- ja juoksuanalyysin pohjalta luoda vaikuttavaa harjoitusohjelmaa jonkin esiin nousseen kehityskohdan kehittämiseksi?

Esiiolettamuksina työn lopputuloksista oli saada uniikkia tietoa laitteen käytöstä kenttäolosuhteissa. Opinnäytetyön avulla toimeksiantaja saa pätevää tietoa laitteen myynnin tueksi ja opinnäytetyötä voidaan mahdollisesti käyttää osana toimeksiantajan sisäistä koulutusta.

6 Tutkimuksen toteutus

6.1 Tutkimuksellinen kehittämistyö

Tämä opinnäytetyö on tutkimuksellista kehittämistoimintaa. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta käsitteenä kuvaa tutkimustoiminnan ja kehittämistoiminnan yhteyttä. Tutkimuksellisessa kehittämistoiminnassa käytännön ongelmat ja kysymykset ohjaavat työtä. Käytetään aitoja käytännön toimintaympäristöjä ja tutkimuksellisia asetelmia sekä menetelmiä. Tutkimuksellista kehittämistoimintaa voidaan ajatella sekä kehittämistoiminnan että tutkimuksen suunnasta. Kehittävässä tutkimuksessa tutkimuksellisten kysymyksenasettelujen kautta mennään kohti konkreettista kehittämistoimintaa. Tässä pääpaino on sanalla tutkimus, mutta se suuntautuu kehittämistä kohti. Kehittämistoiminnan suunnasta ajateltuna käytännön ongelmat ja kysymykset ohjaavat tiedontuotantoa ja tutkimusta. Tässä pääpaino on sanalla kehittämistoiminta, mutta hyödynnetään tutkimuksellisia menetelmiä. (Toikko & Rantanen 2009, 21-22.) Tämän opinnäytetyön voisi ajatella olevan enemmän kehittävää tutkimusta, sillä siinä ratkaistaan tutkimuksellisia kysymyksiä, joiden kautta pyritään toimeksiantajaa hyödyttävään kehittämiseen.



Kuvio 15 Tutkimuksellinen kehittämistoiminta (Toikko & Rantanen 2009, 21).

Tutkimuksen ja kehittämisen rajapinnat ovat hyvin häilyvät. Eri kehittämis- ja tutkimustavoissa on monia yhteisiä piirteitä. Tällainen piirre on esimerkiksi kehittävän ja tutkimuksellisen toiminnan käytännönläheisyys. Tutkimukseen ja kehittämiseen liittyvissä käsitteissä on pieniä eroja merkityksissä ja niiden käyttämisessä. Voidaan kuitenkin ajatella, että kehittämistoiminta toimii yläkäsitteenä muun muassa tutkimukselliselle kehittämistoiminnalle, toiminnalliselle opinnäytetyölle sekä kehittämishankkeille. (Kostamo, Airaksinen & Vilkkala 2022.) Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön menetelminä toimivat sähköiset kyselyt, kävely- ja juoksuanalyysit Digitsole Pro -älypohjallisilla sekä opinnäytetyön tekijöiden omat havainnot.

6.2 Kohderyhmä

Tutkimusten kohderyhmän rekrytointiin käytettiin apuna Word-tiedostoon tehtyä esitettä, jossa oli kuvattuna opinnäytetyön aihe sekä kerrottu, mitä tutkimukset tulisivat pitämään sisällään ja mitä yhteistyö vaatisi joukkueelta. Tämä esite lähetettiin sähköpostitse usealle eri keskisuomalaisen jalkapallojoukkueen valmentajille sekä joukkueen johtajille, ja lisäksi heitä koitettiin tavoittaa puhelimitse. Lisäksi opinnäytetyön tekijät hyödynsivät omat kontaktinsa, joiden kautta kohderyhmä lopulta löytyikin. Tämän tutkimuksellisen kehittämistyön kohderyhmänä oli 13-14-vuotiaista tytöistä koostuva keskisuomalainen jalkapallojoukkue. Joukkueessa on 23 pelaajaa, jotka harjoittelevat useamman kerran viikossa. Joukkue pelaa kilpatasolla ja harjoittelee tavoitteellisesti. Vaikka joukkueen tulikin sitoutua tutkimukseen 3-4 kuukauden ajaksi, oli jokaisen

yksittäisen joukkuelaisen oma päätös, halusiko osallistua tutkimuksiin vai ei. Lopulta tutkimuksiin osallistui 19 pelaajaa (n=19).

6.3 Aineiston keruumenetelmät

Opinnäytetyön aineistona toimi kävely- ja juoksuanalyysillä sekä sähköisillä kyselyillä kerätyt tiedot. Näiden lisäksi opinnäytetyön tekijöiden havaitsevat asiat ja kokemukset tutkimusten sujuvuudesta toimivat aineistona.

6.3.1 Sähköiset kyselyt

Ennen ensimmäistä mittauskertaa kerättiin tutkimuksiin osallistuvilta pelaajilta esitiedot Google Forms -lomakkeiden kautta. Koska kohderyhmäläiset olivat alaikäisiä, lähetettiin heidän huoltajilleen erilliset lupakyselyt Google Forms -lomakkeella. Esitiedot syötettiin ennen testejä Digisole Pro -järjestelmään, jolloin ne pystyttiin testitilanteessa avata valmiiksi.

Esitietolomakkeilta uupui kysymys koskien pelaajien kengän kokoa, joten niiden tietojen saamiseksi pelaajille tuli lähettää vielä erillinen lyhyt kyselylomake. Kaikkiin näihin kolmeen kyselyyn vastaukset kerättiin lähettämällä ne joukkueen yhteyshenkilölle, joka jakoi kyselyt joukkueen yhteiseen WhatsApp -ryhmään. Ensimmäisen mittauskerran jälkeen alkaneen kymmenen viikon harjoitusohjelmajakson aikana testattaville lähetettiin jokaisen viikon sunnuntaina kysely Google Forms -lomakkeella, jossa heidän tuli ilmoittaa, kuinka monta kertaa sen viikon aikana he olivat tehneet laadittuja harjoitteita. Tämäkin kysely lähetettiin joukkueen yhteyshenkilön kautta heidän omaan WhatsApp -ryhmäänsä.

Kyselyiden vastauksia säilytettiin Google Forms -ohjelmassa, johon oli jaettu pääsy vain opinnäytetyön tekijöille. Lisäksi kyselyiden kautta saatuja esitietoja koostettiin ja säilytettiin OneNote- sekä Excel- tiedostoissa (Microsoft Excel for Microsoft Office 365, versio 2306), joihin oli pääsy vain opinnäytetyön tekijöillä. Tiedostot sijaitsivat salasanalla suojatussa One Drive -kansiossa.

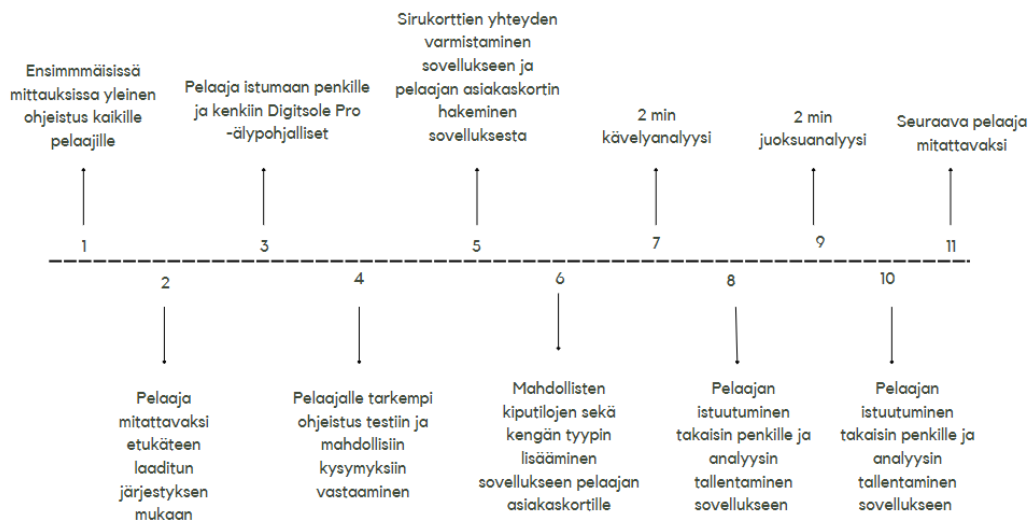
6.3.2 Mittausprotokolla

Mittausajankohdat sovittiin etukäteen yhdessä joukkueen yhteyshenkilön kanssa, ja ne toteutettiin joukkueen omien harjoitusten yhteydessä. Testausjärjestys määritettiin etukäteen testien sujuvuuden ja selkeyden mahdollistamiseksi. Järjestys laadittiin pelaajien etukäteen ilmoittamien kengän kokojen mukaan, ja tämä vähensi pohjallisten vaihtelua testien väleissä. Mittauksissa käytössä oli kaksi Digitsole Pro -laitetta, mikä mahdollisti kahden pelaajan analyysien tekemisen yhtä aikaa. Alkumittaukset jaettiin kahteen eri kertaan testiryhmän koon vuoksi. Todellisia mittauskertoja alkumittauksiin tuli lopulta kolme. Loppumittaukset tehtiin yhdellä kerralla kaikille, pienemmän osallistujamäärän vuoksi. Mittaukset järjestettiin testiryhmän omien harjoitusvuorojen aikana, ja jokainen pelaaja kävi vuorollaan mittauksessa harjoitusten välissä.

Ennen mittauksia kaikille pelaajille pidettiin lyhyesti yhteinen ohjeistus testitilaisuudesta. Testit tapahtuivat kentän laidalla noin 25 metrin mittaisella radalla, jota testattavat kiersivät päästä päähän. Joukkueen valmentajalle ilmoitettiin kuka pelaaja tulisi seuraavana testattavaksi, ja hän kutsui pelaajan paikalle yhteisten harjoitusten lomasta. Testaukseen tullessa pelaaja istui testaajien asettamalle penkille istumaan ja hänelle vaihdettiin kenkiin Digitsole Pro -älypohjalliset. Tässä kohtaa testattavalle vielä kerrottiin tarkemmin, mitä testissä tapahtuu ja ohjeistettiin suoritukseen. Ennen testauksen aloittamista sovellus tarjoaa mahdollisten päivitysten tarkastamista, ja näiden tulee olla ajan tasalla analysoinnin onnistumiseksi. Älypohjallisiin asennettavat sirukortit yhdistettiin testaajan puhelimen sovellukseen Bluetooth-yhteydellä skannaamalla sirukorteissa oleva QR-koodi. Digitsole Pro -sovelluksesta haettiin testattavan asiakaskortti, ja tietoihin lisättiin vielä täydennyksenä juuri ennen mittauksia testattavan kengän tyypin tiedot sekä mahdolliset kiputilat. Kun kaikki tiedot oli täydennetty, valittiin Digitsole Pro -sirukortit, joihin puhelin oli yhdistettynä, ja aloitettiin analyysi. Sovellus tarjoaa analyysia aloitettaessa myös mahdollisuutta videoida testaus, mutta tähän testauksiin tätä ominaisuutta ei hyödynnetty. Sovelluksessa tulee analyysia aloitettaessa kolmen sekunnin lähtölaskenta, mutta toimeksiantajan ohjeen mukaan testattavalle laskettiin vielä tämän jälkeen toiset kolme sekuntia ennen kuin he lähtivät suorittamaan testausta. Tässä kohtaa puhelimen näyttö pidettiin niin, ettei testattava näe sovellusta ja lähtölaskentaa, jotta jalat pysyisivät mahdollisimman paikallaan testin aloittamiseen saakka.

Mittauksen aikana testattava käveli ensin kaksi minuuttia omalla normaalilla kävelytyylillään ja -nopeudellaan, jonka aikana mitattiin kävelyanalyysi. Kahden minuutin kuluttua testattava ohjeistettiin istumaan takaisin penkille, jolloin testaja tallensi analyysin. Tämän jälkeen aloitettiin juoksuanalyysi, jonka aikana testattava juoksi kaksi minuuttia omalla normaalilla juoksu-tyylillään ja -nopeudellaan. Testattavia pyrittiin ohjeistamaan mahdollisimman vähän ja yhtäläisesti juoksunopeuteen liittyen, jotta tuloksena olisi heidän mahdollisimman luonnollinen juoksutapansa. Ennen analyysin aloittamista sekä sen tallennuksen aikana testattavaa ohjeistettiin pitämään jalat täysin liikkumatta, jotta analyysin tallennus onnistuisi. Tämän vuoksi testaukset aloitettiin ja lopetettiin penkillä istuen. Kävelyn ja juoksun matkaa ei mitattu, vaan ainoastaan kerättiin analyysi kävely- ja juokсутekniikasta.

MITTAUSPROTOKOLLA



Kuvio 16 Kävely- ja juoksuanalyysien mittausprotokolla.

6.3.3 Soveltuvuuden havainnointi

Tarkoituksena oli havainnoida Digitsole Pro -älypohjallisten soveltuvuutta urheilujoukkueen testaamiseen. Opinnäytetyön tekijät olivat ennen ensimmäistä mittauskertaa pohtineet, mihin kaikkiin asioihin mittauksilanteissa tulisi kiinnittää huomiota. Ennen loppumittauksia

opinnäytetyön tekijät refleктоivat alkumittauksia ja pohtivat, mitä niiden aikana olisi mahdollisesti unohtunut havainnoida, joihin kiinnitettäisiin loppumittauksissa erityistä huomiota. Myös mahdollisia sujuvuuteen vaikuttavia tekijöitä pyrittiin uudelleen arvioimaan mittauskertojen välissä, jotta loppumittauksista saatiin mahdollisimman sujuvat. Soveltuvuutta arvioitaessa tarkasteltiin laitteiden toimivuutta kenttäolosuhteissa, tilan tarvetta sekä peräkkäisten testien tekemisen sujuvuutta. Kaikki havainnot kirjattiin välittömästi alku- ja loppumittausten jälkeen ylös.

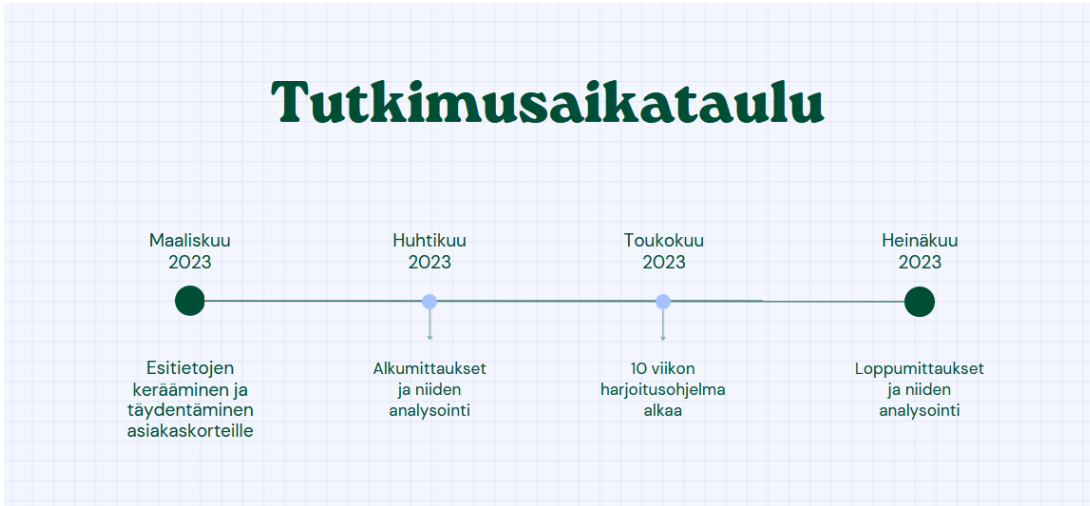
6.4 Aineiston analysointi

Kävely- ja juoksuanalyysit tallentuivat testattavien omille asiakaskorteille Digitsole Pro -sovellukseen. Analyysit ladattiin erikseen myös yhteiseen tiedostoon, johon oli pääsy ainoastaan opinnäytetyön tekijöillä. Joukkueetasolla analyysien tarkastelua varten analyysit tuli manuaalisesti siirtää Excel -taulukkolaskentaohjelmaan, johon kerättiin tiivistettynä mittausten tulokset. Taulukkoon kerättiin erilliselle sivulle myös sähköisistä kyselyistä saadut vastaukset. Ensimmäisten mittausten jälkeen analyysija tarkasteltiin Excel-taulukkolaskennasta joukkueetasolla. Tarkoituksena oli etsiä joukkueetasolla jokin kehityskohta, jonka kehittämiseksi laadittiin harjoitusohjelma. Erityisesti tarkasteltiin kävelyanalyysija, sillä niiden tarjoamat tiedot olivat kattavampia. Juoksu- ja kävelyanalyysien tulkintaan käytettiin apuna Digitsolen omia ohjeita ja manuaaleja.

6.5 Tutkimusaikataulu

Ensimmäiset mittaukset joukkueen pelaajille toteutettiin huhtikuun alussa 2023. Tämän jälkeen analysoitiin mittausten tulokset, jotka lähetettiin tiiviiden kommenttien kanssa pelaajille sähköpostitse. Harjoitusohjelma valikoitui joukkueetasoisen analyysikoonnin perusteella. Harjoitusohjelma päätettiin toteuttaa kaikille joukkuealaisille, eikä ainoastaan heille, keiden analyysissa ilmeni havaittua kehityskohta. Harjoitusohjelma suunniteltiin niin, että joukkue saisi yhdistettyä osan harjoituskerroista yhteisten harjoitustensa alkulämmittelyyn ja osan kerroista pelaajat suorittaisivat mahdollisesti itsenäisesti. Harjoitusohjelma suunniteltiin ja ohjattiin joukkueelle heidän harjoitustensa yhteydessä toukokuun 2023 alussa. Tästä alkaen pelaajat jäivät suorittamaan harjoitusohjelmaa kymmenen viikon ajaksi. Harjoittelujakson puolesta välissä suunniteltiin harjoitusohjelmaan progressio, joka lähetettiin joukkueen yhteyshenkilölle.

Heinäkuun 2023 puolivälissä toteutettiin loppumittaukset. Näiden tulokset analysoitiin ainoastaan joukkueetasolla, josta tarkasteltiin erityisesti harjoitusohjelman mahdollista vaikutusta. Analyysseja pelaajille lähetettäessä tuloksista kirjoitettiin lyhyt koonti, joka lisättiin mukaan sähköpostiin.



Kuvio 17 Tutkimusaikataulu.

7 Tulokset

7.1 Soveltuvuus urheilujoukkueen testaamiseen

Tässä kappaleessa 7.1 vastataan ensimmäiseen tutkimuskysymykseen eli soveltuuko Digitsole Pro -älypohjalliset urheilujoukkueen testaamiseen. Aihetta käsitellään kaksien mittausten eli alku- ja loppumittausten sekä tarvittavien esitietojen keräämisen perusteella. Toiseen tutkimuskysymykseen siitä, voiko kävely- ja juoksuanalyysien pohjalta luoda vaikuttavaa harjoitusohjelmaa jonkin esiin nousseen kehityskohdan kehittämiseksi vastataan kappaleessa 7.2.

7.1.1 Esitietojen kerääminen ja mittaustilaisuudet

Esitietojen kerääminen aloitettiin sähköisillä kyselylomakkeilla noin 6 viikkoa ennen alkumittauksia. Suurin osa tutkittavista vastasi kyselyihin asetettuun määräaikaan mennessä, mutta alkumittaustilaisuudessa kahdelta tutkittavalta uupui vastaus esitietokyselyyn, joten heidän tietonsa täydennettiin asiakaskortteille vasta silloin.

Alkumittaukset suoritettiin tutkittaville kolmena eri päivänä. Yhteensä alkumittauksiin osallistui 19 pelaajaa. Aikaa alkumittauksiin kului yhdellä mittauskerralla noin 1,5 tuntia, joista toisella saatiin tehtyä suurin osa analyyseista. Kokonaisuudessaan suurin mittaustilanteiden sujuvuutta heikentävä tekijä olivat analyysien tallennusongelmat. Ilman teknisiä haasteita analyysien tekeminen oli nopeaa ja sujuvaa suorittaa.

Loppumittaukset suoritettiin yhdellä kerralla kaikille tutkittaville, ja 15 pelaajaa pääsi osallistumaan loppumittauksiin. Kaikki tutkittavat, joiden analyysien perusteella harjoitusohjelma muodostui, osallistuivat loppumittauksiin. Lopulta tulosten analysointiin hyödynnettiin 13 pelaajan loppumittausten analyyseja, sillä yksi pelaaja ei ollut mukana alkumittauksissa ja yksi pelaaja taas ei ollut loukkaantumisen vuoksi suorittanut harjoitusohjelmaa. Mittauskerran kokonaisaika oli 1 tunti ja 48 minuuttia eli 15 pelaajan kävely- ja juoksuanalyysien tekemiseen kului tämän verran aikaa. Yhden pelaajan mittauksen keston keskiarvo oli 7,2 minuuttia.

Analyysien tekeminen kenttäolosuhteissa oli sujuvaa eikä vaatinut paljoa tilaa tai erityisiä valmisteluita itse mittauspaikalla. Digitsole Pro -älypohjallisten sekä sovelluksen käyttäminen oli nopeaa ennakkovalmisteluiden myötä. Mittausten suorittaminen joukkueen omien harjoitusten yhteydessä kentän laidalla oli vaivatonta, ja näin säästyttiin erillisiltä testausajankohdilta. Laitteet itsessään ovat helppoja kuljettaa kentällä mukana salkun painaessa vain noin 3kg, ja pohjallisten asentaminen on yksinkertaista. Digitsole Pro -sovellus on myös helppokäyttöinen ja yksinkertaisesti tulkittava, vaikka tällä hetkellä siihen ei vielä ole suomenkielistä käännöstä saatavilla. Urheilujoukkueen analysoiminen ja joukkueyhteenvedon tarkastelu oli siis mahdollista Digitsole Pro -älypohjallisten analyysien kautta, eli järjestelmän voidaan todeta soveltuvan ryhmäanalyysien laatimiseen.

7.1.2 Analyysien tulosten tulkinta

Alku- ja loppumittausten jälkeen kävely- ja juoksuanalyysien tulokset täytyi tulkita kattavasti. Läpikäytävää dataa oli reilusti, sillä alkumittausten 19 sekä loppumittausten 15 henkilön kävely- ja juoksuanalyysit tuli käydä yksitellen läpi. Dataa ei saanut siirrettyä Digitsole Pro -järjestelmästä suoraan esimerkiksi Excel -taulukkolaskentaan tulkintaa varten, eikä sovelluksesta löydy ryhmäyhteenvedon mahdollisuutta. Kaikkien analyysien tiedot siis täytettiin manuaalisesti Excel –

taulukoon. Tämän tulkinnan avulla löydettiin alkuanalyysien perusteella yleinen kehityskohta, johon pyrittiin lähteä harjoitusohjelmalla vaikuttamaan. Loppumittausten analyysien yhteenvedosta pystyttiin myös tarkastelemaan harjoitusohjelman mahdollista vaikutusta.

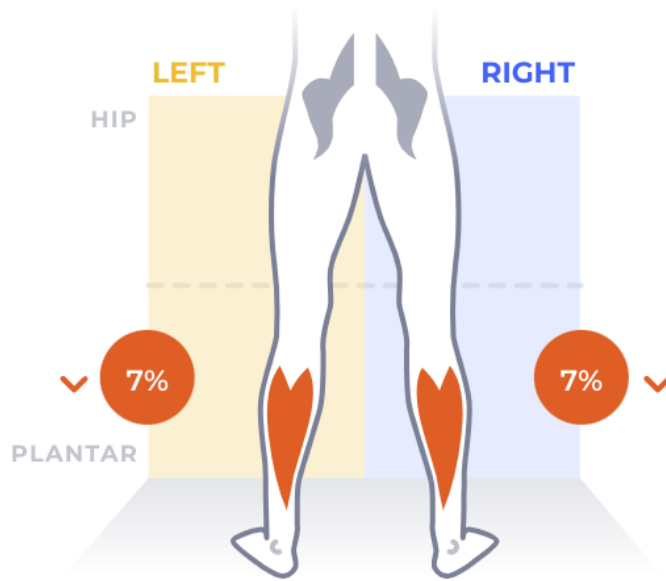
7.2 Harjoitusohjelman laatiminen kävely- ja juoksuanalyysien pohjalta

7.2.1 Alkumittausten perusteella noussut kehityskohta

Alkumittausten jälkeen juoksu- ja kävelyanalyysien tuloksia analysoitiin joukkueetasolla. Yksittäisten pelaajien analyysija ei siis tarkasteltu tarkasti tai vertailtu. Excel -taulukosta, johon oli koostettu tulokset, etsittiin jokin tietty piirre tai kehityskohta, joka esiintyi monella testattavilla.

Alkumittausten analyysien tarkastelussa selkein ja yleisin analyysista löytyvä kehityskohta oli kävelyn aikana esiin noussut työntövoimien suhteen epäsymmetria plantaarifleksoreiden kuormittuessa enemmän suhteessa lonkankoukistajiin. Tämä kehityskohta löytyi tarkastelemalla kävelyanalyysien propulsiyon rate eli työntövoimien suhde –kuviota. Kyseinen ominaisuus löytyi yhdeksän testattavan kävelyanalyysista eli lähes puolelta alkumittauksiin osallistuneista pelaajista. Neljällä näistä yhdeksästä pelaajasta lonkankoukistajien mahdollista heikkoutta oli molemmissa alaraajoissa ja lopuilla viidellä pelaajalla kehityskohta kohdistui vain toiseen alaraajaan.

Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 18) on esimerkki propulsiyon rate –kuvioista, josta voidaan huomata plantaarifleksoreiden dominoiva rooli jalkaa eteenpäin kiihdyttävässä lihastyössä. Tästä voidaan päätellä, että lonkankoukistajissa saattaa olla heikkoutta tai kireyttä, jonka vuoksi ne eivät osallistu symmetrisesti alaraajan työntövoimaan suhteessa plantaarifleksoreihin. Analyysien perusteella ei voida varmaksi sanoa, johtuuko tällainen epäsymmetria lonkankoukistajien heikkoudesta tai kireydestä, tai esimerkiksi nuorten testattavien motorisesta kontrollista ja sen kehittyneisyydestä. Kuvion esimerkissä epäsymmetria on samanlainen molemmissa alaraajoissa.



Kuvio 18 Esimerkki Digitsole -kävelyanalyysin Propulsion rate -kuvioista, jossa epäsymmetriaa työntövoimien suhteessa.

7.2.2 Harjoitusohjelma

Harjoitusohjelma suunniteltiin alkumittausten analyyseista esiin nousseen kehityskohdan perusteella. Esiin nousi epäsymmetriaa työntövoimien suhteessa yhdeksällä pelaajalla niin, että plantaarifleksorit tekivät suhteessa lonkankoukistajiin enemmän työtä. Neljällä näistä pelaajista oli kyseinen epäsymmetria molemmissa jaloissa ja lopuilla viidellä vain toisessa jalassa. Tämän taustalla voi mahdollisesti olla lonkankoukistajien heikkous tai kireys, jonka vuoksi plantaarifleksorit joutuvat tekemään suuremman osan kävelyn kiihtyvyyteen johtavasta lihastyöstä. Näin ollen harjoitusohjelman tarkoituksena oli lonkan koukistajien voiman sekä liikkuvuuden kehittäminen. Ohjelmasta tehtiin melko yksinkertainen ja lyhyt terapeuttisen harjoittelun periaatteita noudattaen, jotta se oli helppo toteuttaa joukkueen yhteisten harjoitusten yhteydessä kentällä, esimerkiksi alkulämmittelyssä, sekä itsenäisesti myös kotona.

Harjoitusohjelman suunnitteluun ja liikkeiden valintaan vaikuttivat kohderyhmä, kehitettävä ominaisuus sekä harjoitusohjelman yhdistäminen pelaajien arkeen. Ohjelmaan haluttiin tuoda sekä liikkuvuutta että voimaa kehittäviä harjoitteita. Lopulta päädyttiin kolmeen liikkeeseen, joista kaksi kehittävät ensisijaisesti lonkankoukistajien voimaa ja yksi, joka kehittää ensisijaisesti

lonkankoukistajien vastavaikuttajalihaksien eli pakaralihaksien voimaa sekä samalla lonkankoukistajien liikkuvuutta. Yhteen liikkeeseen otettiin mukaan yksinkertainen väline eli vastuskuminauha vastuksen lisäämiseksi. Näitä oli pelaajilla jo entuudestaan käytössä, joten vastuskuminauhat olivat hyvin saatavilla ja tuttu harjoitusväline.

Vastuskuminauhat ovat tutkitusti vaikuttava harjoitusväline lonkankoukistajien voiman kehittämiseen. Thorborg, Bandhol, Zabis, Andersen, Jensen & Hölmichin (2016) tutkimuksessa tarkoituksena oli tutkia kuuden viikon lonkankoukistajalihasten harjoitusohjelman vaikutuksia lonkankoukistajien vahvuuteen. Kohderyhmänä oli 33 tervettä koehenkilöä, joista 45% oli naisia. Heistä 16 koehenkilöä suoritti harjoitusohjelmaa dominoivalle jalalle. Harjoitusohjelmaan kuului yksi vastuskuminauhalla seisten tehtävä lonkankoukistaja harjoite. Harjoitusohjelmaa tehtiin 3 kertaa viikossa 10 min ajan kerrallaan. Voimaharjoittelu eteni 15 toistosta (1. viikko) 8 toistoon (6. viikko). Lonkankoukistajien voima testattiin käsin pidetyllä dynamometrillä.

Voimaharjoitteluryhmässä harjoitelleilla dominoivan jalan lonkan fleksiovoima kasvoi 17%.

Ryhmien välinen ero lonkkalihasten voiman muutoksessa treenatun jalan ja ei-treenatun jalan välillä oli merkittävä. Tutkimuksesta voidaan siis päätellä, että yksinkertainen lonkankoukistajaharjoittelu vastuskuminauhalla vain 6 viikon ajan parantaa huomattavasti lonkankoukistajien voimaa.

Harjoitusohjelma suunniteltiin ja ohjeistettiin tehtäväksi kolme kertaa viikossa. Interventiojakson pituus oli 10 viikkoa eli harjoitusohjelmaa tehtiin toukokuun alusta heinäkuun puoliväliin saakka. Harjoitusohjelma sisälsi kolme liikettä: pitkä askelkyykky, vuorikiipeilijä vastuskuminauhalla sekä istuen suoran jalan nosto ja loitonnuks. Liitteissä kuvattuna harjoitusohjelma tarkemmin. Kaikkia liikkeitä tehtiin 8-10 toistoa molemmin jaloin ja kolme sarjaa. Harjoitusohjelma ohjattiin pelaajille toukokuun alussa heidän harjoitustensa yhteydessä. Tällöin käytiin läpi harjoitusohjelman liikkeet ja yleiset ohjeet. Pelaajat pääsivät tekemään harjoitusohjelman läpi ohjattuna ja opinnäytetyön tekijät tarkkailivat, että liikkeet suoritettiin oikein. Pelaajia oli ohjauksessa vain noin 2/3 tutkimukseen osallistuneista pelaajista. Tällä ohjelmalla harjoitteita tehtiin 5 viikkoa, jonka jälkeen harjoitusohjelmaan lisättiin progressiota nostamalla kaikkien liikkeiden toistomäärät 12 toistoon. Uudella ohjelmalla jatkettiin interventiojakson viimeiset 5 viikkoa. Uusi progression sisältämä harjoitusohjelma lähetettiin pelaajille joukkueen yhteyshenkilön kautta.

Pelaajien harjoitusaktiivisuutta seurattiin sähköisellä Google forms -kyselyllä. Kyselyssä kysyttiin vastaajan pelinumero sekä kuinka monta kertaa kuluneella viikolla pelaaja oli tehnyt lonkankoukistaja harjoitteita. Kysely lähetettiin joukkueen yhteyshenkilön kautta pelaajien WhatsApp -ryhmään viikoittain joka sunnuntai. Yhteensä vastauksia kyselyyn saatiin 70 kappaletta koko 10 viikon interventiojakson ajalta. Moni pelaajista ei siis vastannut kyselyyn läheskään joka viikko. Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 19) on ympyrädiagrammi, josta voidaan helposti tarkastella kyselyiden tuloksia. Tulosten mukaan harjoitteita tehtiin enimmäkseen kaksi kertaa viikossa (42,9%), toiseksi eniten kolme kertaa viikossa (21,4%) ja kolmanneksi eniten yhden kerran viikossa (17,1%). Vaikka viikoittaiseen kyselyyn saatiin melko vähän vastauksia, joukkueen valmentajat kertoivat, että lonkankoukistajaharjoitteita oli tehty yhteisissä harjoituksissa viikoittain kahta lomaviikkoa lukuun ottamatta.



Kuvio 19 Harjoitusohjelman suorittamisen viikkokyselyiden vastaukset.

7.2.3 Loppumittausten tulos ja harjoitusohjelman vaikuttavuus

Loppumittausten analyysija tarkasteltaessa keskityttiin propulsio rate –arvojen vertailuun, ja joukkueetasolla oli nähtävissä muutos lonkankoukistajien ja plantaarifleksoreiden välisessä suhteessa. Alla olevissa taulukoissa (Taulukko 3 & 4) on alku- ja loppumittausten propulsio rate -arvojen eli työntövoimien suhteissa olleiden epäsymmetrioiden prosentuaaliset määrät. Pelaajilla,

joilla ei ilmennyt epäsymmetriaa, taulukot ovat tyhjä. Prosenttiluku tarkoittaa epäsymmetrian määrää, eli mitä suurempi luku on, sitä enemmän kyseinen lihasryhmä tekee työtä suhteessa toiseen. Punaisella merkityt pelaajat ovat siis heitä, keiden tuloksiin harjoitusohjelma perustui. Kuten taulukoita vertaamalla nähdään, tulokset kääntyivät käytännössä täysin ympäri. Suurimmalla osalla plantaarifleksoreiden korostunut lihastyö vaihtuikin lonkan fleksoreiden korostuneeseen lihastyöhön. Myös sellaisilla, joilla oli alun perin ollut epäsymmetriaa lonkan fleksoreita suosien, korostui niiden osuus kiihtyvyysoimasta. Tästä voidaan päätellä harjoitusohjelmalla olleen vaikutusta ja lonkankoukistajien aktivaation kehittyneen. Näin ollen voidaan sanoa Digisole Pro -analyysien pohjalta olevan mahdollista luoda vaikuttavaa harjoitusohjelmaa alaraajojen toiminnan kehittämiseksi.

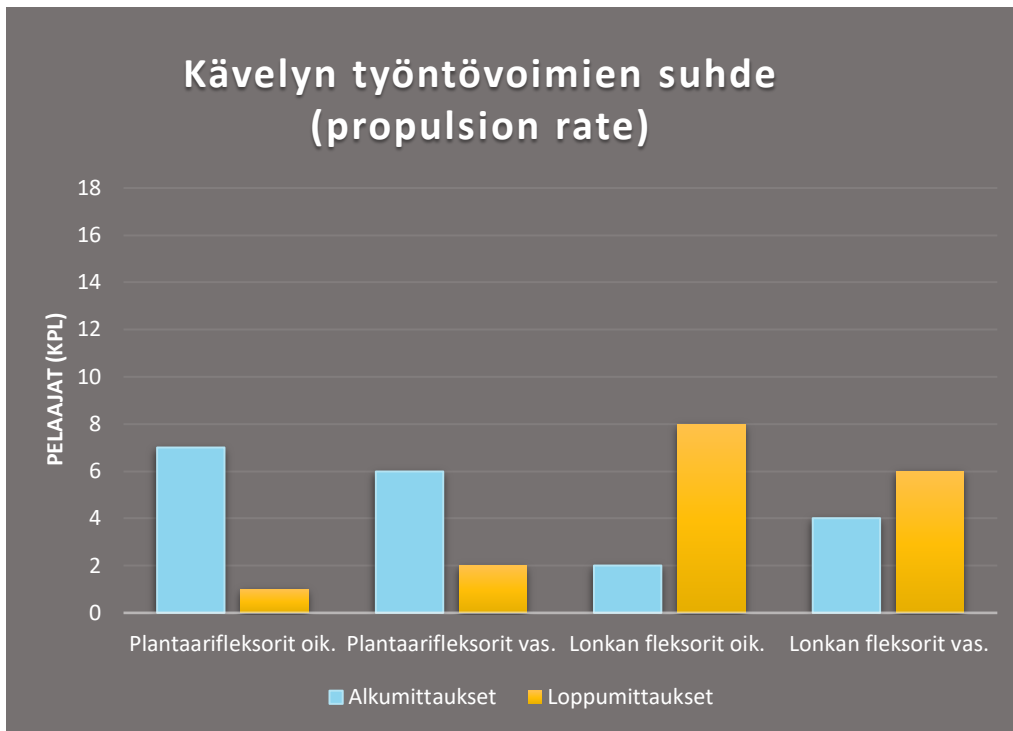
Taulukko 3 Alkumittausten propulsiyon rate -arvojen eli työntövoimien suhteissa olleiden epäsymmetrioiden prosentuaaliset määrät.

Propulsion rate (alkumittaukset)				
Pelaaja	Plantaarifleksorit oik.	Plantaarifleksorit vas.	Lonkan fleksorit oik.	Lonkan fleksorit vas.
A	7%	7%		
B	9%			
C		10%		
D	10%	11%		
E	7%	7%		
F				
G				
H		8%		
I	9%			
J				
K				6%
L	7%	8%		
M				
N				
O				
P	8%			5%
Q			6%	
R				15%
S			10%	10%

Taulukko 4 Loppumittausten propulsion rate -arvojen eli työntövoimien suhteissa olleiden epäsymmetrioiden prosentuaaliset määrät.

Propulsion rate (loppumittaukset)				
Pelaaja	Plantaarifleksorit oik.	Plantaarifleksorit vas.	Lonkan fleksorit oik.	Lonkan fleksorit vas.
A			7%	
B			9%	
C		6%		
E			10%	17%
F			10%	9%
G			9%	7%
H	7%			
I				
J				
L				6%
O		8%	7%	
Q			13%	10%
S			14%	16%

Alla olevasta pylväsdiagrammista (ks. kuvio 20) voidaan havaita vielä selkeämmin analyseissa tapahtuneet muutokset työntövoimien suhteiden välissä.



Kuvio 20 Kävelyn työntövoimien suhteen (propulsion rate) muutokset.

8 Pohdinta

8.1 Digitsole Pro -älypohjallisten käyttökokemus

Testattavien esitiedot ja tutkimusluvut olivat helppo kerätä ja koostaa Google Forms -kyselyiden kautta. Esitietokyselystä kuitenkin uupui kysymys kengän koosta, joka oli oleellista kerätä etukäteen mittausjärjestyksen laatimista varten. Tätä varten jouduttiin lähettämään uusi täydentävä kysely, mikä saattoi hidastaa vastausten saamista. Kaikilta testattavilta pyrittiin saamaan vastaukset kyselyihin riittävän ajoissa ennen ensimmäisiä mittauksia, jotta esitiedot ehdittiin syöttämään Digitsole Pro –sovellukseen asiakaskorteille ennen mittauksia. Pelaajien esitietojen sekä huoltajien myöntämien tutkimuslupien saaminen kesti kuitenkin toivottua pidempään. Vastausten saaminen oli hidasta, ja yhteyshenkilö joutui useaan kertaan muistuttamaan pelaajia täyttämään kyselyt, jotta kaikki tiedot olisivat olleet valmiina ennen ensimmäisiä testauksia. Joitakin esitietoja jouduttiin vielä syöttämään sovellukseen vasta mittaustilanteessa, mikä hidasti mittauksia jonkin verran. Digitsole Pro -sovelluksen käyttäminen on kuitenkin helppoa ja nopeaa, joten tietojen täydentämiseen ei kulunut merkittävästi aikaa.

Alun perin oli tarkoitus tehdä alkumittaukset kahtena päivänä, mutta sairastelujen, poissaolojen ja ensimmäisen mittauskerran epäonnistumisen vuoksi järjestettiin vielä kolmas mittauskerta.

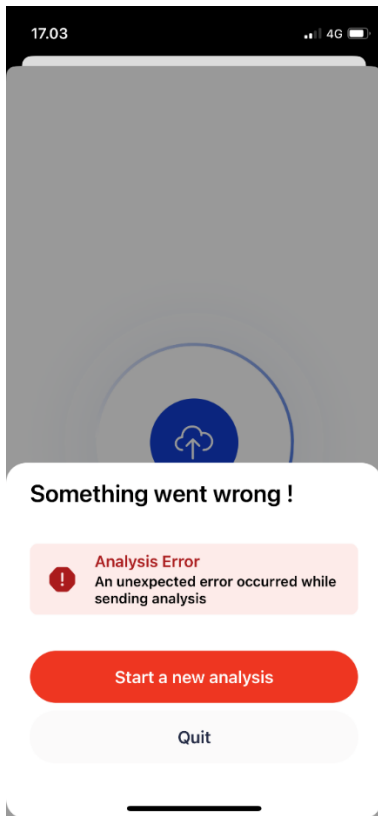
Alkuperäisen suunnitelman mukaan tarkoituksena oli tehdä testattaville ainoastaan juoksuanalyysit. Kevään aikana toimeksiantajan kanssa keskusteltuamme tulimme kuitenkin siihen tulokseen, että juoksuanalyysit eivät yksinään riitä työhön vaan oheen tuli myös kävelyanalyysit, joiden tarjoama data oli kattavampaa harjoitusohjelman laatimista ajatellen.

Ensimmäisellä mittauskerralla analyysien tallentamisen kanssa oli haasteita, joita opinnäytetyön tekijät eivät sillä hetkellä osanneet korjata. Tällöin saatiin tallennettua vain muutaman testattavan analyysit. Toimeksiantajan kanssa keskusteltiin seuraavana päivänä mahdollisista syistä.

Opinnäytetyön tekijöillä oli käytössä vain yhden tunnuksen Digitsole Pro -sovellukseen mittaushetkellä, ja kävi ilmi, ettei samoilla tunnuksilla pystytä suorittamaan analyysieja kahdella laitteella yhtä aikaa. Seuraavaa alkumittauskertaa varten opinnäytetyön tekijät loivat toiset tunnuksen sovellukseen, joka liitettiin alkuperäisten tunnuksen työtilaan. Tällöin analyysien tekeminen onnistuisi yhtä aikaa, ja analyysit tallentuvat kuitenkin samaan työtilaan.

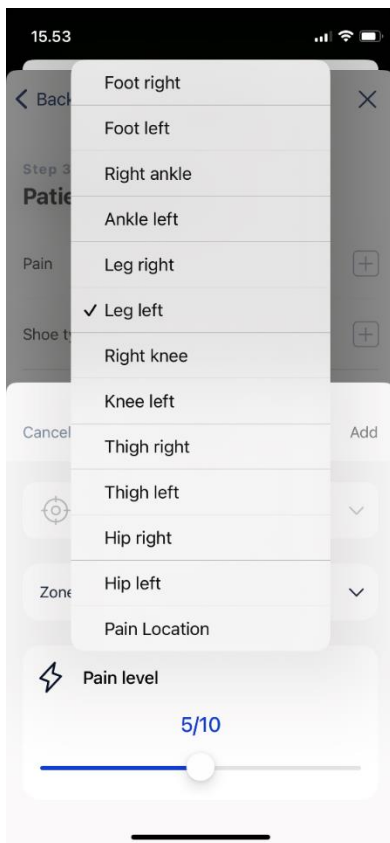
Toisella mittauskerralla analyysien tallentaminen onnistui aiempien korjausten myötä. Yhä tällöinkin sovellus ei ajoittain tallentanut analyysieja, jolloin mittauksia jouduttiin tekemään uudelleen. Tämä hidasti mittausilanteita huomattavasti. Myös kolmannella alkumittauskerralla tallennusongelmia ilmeni ajoittain, vaikka selkeitä syitä ongelmille ei ollut tiedossa. Toimeksiantajan kanssa keskusteltiin mahdollisista tallennusongelmien syistä. Analyysieja aloitettaessa sekä niiden lopuksi tallennusvaiheessa testattavien täytyi pitää jalat täysin liikkumatta. Testattavat istuivat tällöin tuolilla ja jalkojen paikallaan pitämisestä muistutettiin sekä sitä tarkkailtiin visuaalisesti. Silminnähdessä jalkojen liikettä ei tullut, joten epävarmaa oli, voisivatko tallennusongelmat johtua hyvin pienestäkin huomaamattomasta jalkojen liikkeestä.

Alkumittauksissa etenkin ensimmäisellä kerralla sääolosuhteet olivat melko kylmät, mutta tämän ei kuitenkaan pitäisi vaikuttaa laitteiden tai sovelluksen toimintaan. Lisäksi internetyhteys vaikutti kenttäolosuhteissa olevan hyvä, jonka vuoksi tallennusongelmat eivät luultavasti johtuneet siitä. Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 21) on opinnäytetyön tekijöiden ottama kuvakaappaus tallennusongelman aikaisesta ilmoituksesta.



Kuvio 21 Näyttökuva Digitsole Pro -sovelluksen tallennusongelmasta analyysin tallennusvaiheessa.

Muita sujuvuuteen liittyviä havaintoja alkumittauksista oli, että kiputilojen merkitseminen sovellukseen oli hieman aikaa vievää ja epäselkeää. Valittavat kipualueet olivat sovelluksessa listattuna epäjohdonmukaiseen järjestykseen niin, että osassa oli ilmoitettuna ensin raajan puoli (left/right) ja osassa raajanosa. Tämä hidasti hieman kiputilojen merkitsemistä ja vaati tarkkuutta. Alla olevassa kuviossa (ks. kuvio 22) on kuvakaappaus, jossa näkyy lista kiputiloista.



Kuvio 22 Näyttökuvaa Digitsole Pro -sovelluksen kiputilojen valikosta.

Alkumittausten juoksu- ja kävelyanalyysien tulosten tulkintavaiheessa tuli esiin toinen haaste kiputiloihin liittyen. Mittausten yhteydessä merkityt kiputilat olivat menneet järjestelmässä sekaisin, jonka vuoksi joillakin asiakaskorteilla näkyi ylimääräisiä kiputiloja, eivätkä ne pitäneet paikkansa. Tämä havaittiin, kun analyysija tarkasteltiin heti seuraavana päivänä mittauksista, ja oikeat kiputilat olivat vielä testaajien muistissa. Sekoittuneista kiputiloista oli havaittavissa, että väärät kiputilat olivat sellaisia, joita oli merkitty toisille testattaville. Joissain analyysissa oli siis jopa seitsemän erilaista kiputilaa, vaikka opinnäytetyön tekijät eivät sellaisia olleet mittauksissa syöttäneet asiakaskortille. Kiputiloja oli yleisestikin vain muutamalla testattavalla, ja niitä oli korkeintaan kaksi yhdellä ihmisellä. Ennen analyysin aloittamista kiputilat näkyvät lueteltuna sovelluksessa, ja tällaisen virheen kyllä havaitsisi. Asiasta keskusteltiin toimeksiantajan kanssa mittauksen jälkeisenä päivänä, mutta selkeää syytä virheelle ei selvinnyt järjestelmästä.

Edelleen loppumittauksissakin tallennusongelmia ilmeni ajoittain ja analyysija jouduttiin tekemään uudelleen. Syytä ongelmille ei löytynyt. Tallennusongelmia esiintyi noin joka kolmatta analyysia tehdessä. Näitä tuli sekä kävely- että juoksuanalyysissa. Monia mittauksia jouduttiin siis

tekemään uudelleen, mikä hidasti mittaustilannetta. Mittausjärjestys oli jälleen laadittu etukäteen joukkueen yhteyshenkilön lähettämän osallistujalistan perusteella. Valmentajia oli pyydetty kutsumaan aina seuraava pelaaja mittaukseen. Mittausten sujuvuutta olisi parantanut, jos valmentajille olisi laatinut listan mittausjärjestyksestä. Opinnäytetyön tekijät kuitenkin kokivat, että useiden tallennusongelmien vuoksi ennakoitakin oli hieman haastavaa, sillä ei voitu olla varmoja tarvitseeko mittauksia uusia.

Yksittäisiä kävely- tai juoksuanalyyssejä oli helppo ja melko nopea tulkita analyysien selkeyden ja havainnollistavien kuvien sekä kuvioiden avulla. Työlästä tulosten tulkinnasta teki analyysien suuri määrä ja tulkinta ryhmätasolla. Analyysien tulosten syöttäminen Exceliin vei reilusti aikaa ja oli työlästä. Lopulta Excel –taulukkolaskennasta oli selkeä ja helppo tulkita analyysien tuloksia joukkueetasolla laskemalla keskiarvon jokaisesta osiosta. Analyysien tulokset olivat luultavasti myös mittauksiin osallistuneille henkilöille mielenkiintoisia ja osittain hyvin tulkittavissa myös itse. Oli kuitenkin tarpeellista, että analyysihin sai helposti lisättyä kommentteja analyysien tuloksista.

8.2 Tulosten pohdinta ja johtopäätökset

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, soveltuuko Digitsole Pro -älypohjalliset urheilujoukkueen testaamiseen sekä voidaanko niiden kautta saatavien kävely- ja juoksuanalyysien pohjalta luoda vaikuttavaa harjoitusohjelmaa esiin nousseen kehityskohdan kehittämiseksi. Näihin tuloksiin pääseminen vaati opinnäytetyön tekijöiltä perehtymistä Digitsole Pro -älypohjallisten ja sovelluksen käyttöön sekä analyysien tulkintaan. Lisäksi vaikuttavan harjoitusohjelman luomiseen tarvittiin perehtymistä kävelyn ja juoksun teoriaan sekä ymmärrystä terapeuttisen harjoittelun periaatteista. Etenkin analyysien tulkinta ja niiden pohjalta harjoitteiden suunnittelu vaatii siis alan ammattitaitoa, mutta ei välttämättä erillistä kouluttautumista.

Opinnäytetyön tavoitteet olivat ratkaistavissa erilaisilla tutkimus- ja kehittämistyön menetelmillä. Menetelminä käytetään sähköisiä kyselyitä, Digitsole Pro -älypohjallisilla tehtäviä kävely- ja juoksuanalyyssejä sekä testaajien omia havaintoja. Tutkimusten tulokset analysoitiin kattavasti tarvittavia ohjelmia käyttäen, ja näin opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin ja saatiin vastaukset tutkimuskysymyksiin. Opinnäytetyömme tavoitteet olivat ratkaistavissa onnistuneilla tutkimuksilla eli juoksu- ja kävelyanalyysseillä ja niiden tulosten tulkitsemisella. Lisäksi tavoitteiden

saavuttamiseen vaikuttivat harjoitusohjelman suunnittelun onnistuminen sekä kohderyhmän eli pelaajien sitoutuminen tutkimuksiin ja harjoitusohjelman omatoimiseen tekemiseen. Perustana tavoitteiden saavuttamiselle oli perusteellinen ja asianmukainen laaja tietoperusta aiheesta. Tietoperustan ja onnistuneiden tutkimusten sekä niiden tulosten tulkinnan avulla pystyttiin vastaamaan tutkimuskysymyksiin ja saavuttamaan työn tavoitteet.

Ensimmäiseen tutkimustulokseen Digitsole Pro -älypohjallisten soveltuvuudesta urheilujoukkueen testaamiseen vaikutti merkittävästi mittausten sujuvuus. Isona tekijänä siihen vaikutti sovelluksen analyysien tallennusongelmat, joihin ei löydetty syytä. Mahdollisia selittäviä tekijöitä olisivat voineet olla itse älypohjallisiin ja sovellukseen liittyvät ongelmat tai opinnäytetyön tekijöiden tekemät virheet. Mikäli tallennusongelmiin vaikutti testaajien toiminta, testaajien saamat ohjeistukset analyysien tekemiseen eivät olleet tarpeeksi selkeät ja kattavat. Tästä voitaisiin päätellä, ettei näillä testaajien saamista ohjeilla satunnainen käyttäjä pystyisi tekemään analyyyseja ilman tallennusongelmia, mikäli ongelmat eivät johtuneet laitteista. Opinnäytetyön tekijöiden toiminta analyyyseja tehdessä oli kuitenkin ohjeiden mukaista ja tallennusongelmia selittäviä virheitä ei löydetty. Ilman näitä ongelmia urheilujoukkueen testaaminen Digitsole Pro -älypohjallisilla olisi hyvin sujuvaa. Soveltuvuuteen positiivisesti vaikuttivat analyysien nopea laatiminen myös kenttäolosuhteissa.

Alkumittausten analyysien pohjalta laadittiin harjoitusohjelma työntövoimien suhteen epäsymmetrian tasaamiseksi kehittämällä lonkankoukistajien voimaa ja liikkuvuutta. Kuten tuloksista kävi ilmi, lonkankoukistajien osuus kävelyn kiihtyvyydestä oli kasvanut ja tulokset olivat kääntyneet lähes pääläelleen. Voidaan siis ajatella Digitsole Pro -analyysien pohjalta olevan mahdollista luoda vaikuttavaa harjoitusohjelmaa alaraajojen toiminnan kehittämiseksi, mutta on kuitenkin pohdittava tarkasti joukkueetasoisen harjoitusohjelman soveltuvuutta näin spesifin osa-alueen kehittämiseksi. Jos joukkueessa on pelaajia, joilla on kyseinen osa-alue jo valmiiksi korostunut, kuten tässäkin tapauksessa muutamalla pelaajalla oli lonkankoukistajien työn osuus, ei ole aiheellista korostaa sitä heillä lisää. Tämän vuoksi yksilöllisempi harjoittelu analyysien pohjalta olisi kannattavampaa tai kokonaisvaltaisemman harjoitusohjelman laatiminen, jossa tulisi harjoiteltua myös toista lihasryhmää. Tällöin epäsymmetrian voisi todella saada tasoitettua eikä vain siirrettyä harjoiteltavan lihasryhmän suuntaan.

8.3 Eettisyys ja luotettavuus

Hyvän tieteellisen käytännön noudattaminen on perustana tutkimusten toteuttamiselle. Se ohjaa luomaan luotettavaa, uskottavaa ja eettisesti hyväksyttävää tutkimustietoa. Tutkimuksen eettisyyttä tarkasteltaessa keskeistä on tutkimuksen rehellisyys ja läpinäkyvyys. Toisten tutkijoiden julkaisuihin sekä erilaisiin kirjallisuuksiin tulee viitata asianmukaisella tavalla, eikä niiden sisältöä tule vääristää omaan tutkimukseen soveltuvammaksi. Tutkimuslupien tulee olla hankittuna vaadittavilta tahoilta, ja tutkimuksen tavoitteet, sisältö ja eteneminen tulee olla selkeinä ja läpinäkyvinä kaikille tutkimuksen osapuolille. Tutkimuksen tuloksista tulee olla avoin, eikä johtopäätöksiä saa vääristellä, vaikka tulokset olisivatkin esiolettamuksista poikkeavia. Mahdolliset muutokset tutkimusprosessin aikana tulee myös raportoida rehellisesti. (Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. 2021.) Kerätessä tietoa toimeksiantajalle ja mahdollisesti heidän myyntinsä tueksi toiveena oli tietysti esiolettamusten toteutuminen toimeksiantajalle suotuisalla tavalla. Oli kuitenkin mahdollista, ettei näin käy, ja silloinkin oli tärkeää raportoida rehellisesti myös siitä.

Opinnäytetyössä ei ollut tarkoitus nostaa esiin ketään yksittäistä henkilöä, vaan kertoa tuloksista kootusti joukkueetasolla. Työssä käytettiin esimerkkeinä joidenkin testattavien analyysien tuloksia, mutta niistä ei ole pääteltävissä heidän henkilötietojaan. Opinnäytetyön tekijät eivät myöskään tuoneet ilmi, keiden joukkuealaisten analyysien perusteella harjoitusohjelma muodostui. Tasavertaisuuden vuoksi opinnäytetyön tekijät päättivät yhdessä toimeksiantajan kanssa ennen ensimmäisten analyysien tekemistä, että kaikki joukkuealaiset tekevät harjoitusohjelmaa, eikä ainoastaan he, joiden analyysien kehityskohtiin se perustui.

Opinnäytetyöhön ja sen tekemiseen liittyy erilaisia luotettavuuskysymyksiä. Luotettavuus on tieteellisen tiedon tunnusmerkki ja kysymykset luotettavuudesta kohdistuu tutkimusmenetelmiin, -prosesseihin ja -tuloksiin. Luotettavuuteen liittyy käsitteet reliabiliteetti ja validiteetti. Validiteetti tarkoittaa pätevyyttä eli sitä, mitataanko tutkimuksessa sitä, mitä on tarkoitus mitata. Reliabiliteetti eli luotettavuus tarkoittaa mittareiden ja tutkimusasetelmien toimivuutta. (Toikko & Rantanen. 2009. 121-122.) Tämän opinnäytetyön luotettavuuskysymykset liittyivät tietoperustaan, tutkimuksiin ja tuloksiin. Voidaan pohtia, oliko teorian tiedon pohjalla käytettävät lähteet luotettavia. Tämän osalta luotettavuus on hyvä, sillä tietoperustana käytettiin tieteellisiin

artikkeleihin ja kirjallisuuteen perustuvia lähteitä. Toisaalta voidaan myös arvioida, olivatko tutkimusmenetelmät ja -asetelmat asianmukaisia ja luotettavia. Näiden luotettavuuteen vaikuttivat mittauslaite sekä mittaustilanteet. Aina erilaisia laitteita käyttäessä on riski sille, että ne antavat mittausvirheitä. Myös mittaajilla eli tutkijoilla voi tapahtua luotettavuuteen vaikuttavia virheitä, joita pyrittiin mahdollisuuksien mukaan ennakkoimaan. Opinnäytetyön tekijöiden virheistä myös raportointiin läpinäkyvästi. Lisäksi yksi luotettavuuskysymys oli analyysien tulosten analysointi ja sen perusteella harjoitusohjelman suunnittelu ja toteuttaminen. Voidaankin pohtia, oliko analyysien pohjalta opinnäytetyön tekijöiden johtopäätökset oikeita ja asianmukaisia. Oikeiden johtopäätösten varmistamiseksi opinnäytetyön tekijät keskustelivat niistä kriittisesti toimeksiantajan edustajan kanssa.

Tutkimusten kohderyhmäläiset olivat alaikäisiä, minkä vuoksi tutkimusluvut lähetettiin heidän huoltajilleen sähköisten Google Forms -kyselyiden kautta. Kyselyyn he täydensivät saako heidän lapsensa osallistua tutkimuksiin, sekä saako heidän tietonsa tallentaa tutkimusten ajaksi. Kyselyt lähetettiin joukkueen yhteyshenkilölle, joka välitti kyselyn joukkueen yhteiseen WhatsApp -viestiryhmään. Joukkueen kanssa laadittiin sopimus tutkimuksiin ja opinnäytetyöhön osallistumisesta. Opinnäytetyön tekijät laativat liiteaineiston salassapitosopimuksen ja aineistonhallintasuunnitelman. Salassa pidettävät tiedostot säilytettiin salasanalla suojatuissa kansioissa One Drivessa. Opinnäytetyön tekijät eivät keskustelleet testituloksista, pelaajien henkilötiedoista tai muista salassa pidettävistä asioista opinnäytetyöhön kuulumattomien henkilöiden kanssa.

8.4 Jatkokehittämisehdotukset

Joitakin kehittämissuhteita työtä tehdessä tuli esille. Digitsole Pro -älypohjallisten käyttöön ja analyysien tekemiseen liittyen olisi hyödyllistä, jos tutkijoilla tai analyyseja tekevillä henkilöillä olisi saatavilla selkeä ja kattava manuaali laitteiden käytöstä sekä ongelmantilanteiden ratkaisemisesta. Tämä olisi todella hyödyllinen etenkin sellaisille henkilöille, jotka ovat älypohjallisten satunnaisia käyttäjiä. Näin voisi mahdollisesti välttää mittaustilanteissa tapahtuvat ongelmat tai saada niihin nopeasti ratkaisut. Tarpeellista myös olisi, jos ohjeita olisi saatavilla suomen kielellä. Myös Digitsolen verkkosivuihin sekä sovellukseen olisi hyödyllistä saada suomenkielinen versio.

Analyysien tulosten tulkintaan liittyen etenkin ryhmätasolla olisi hyödyllistä saada toiminto, jolla voisi koota yhteen monia analyysseja ja tarkastella sen kautta tuloksia ryhmäyhteenvetona. Opinnäytetyötä tehdessä kaikkien kävelyanalyysien tiedot syötettiin manuaalisesti Excel – taulukkoon tarkastelua varten, mikäli oli työlästä ja aikaa vievää sekä manuaalisen virheen mahdollisuutta lisäävää. Tähän olisi hyödyllistä saada helpompi ja nopeampi keino. Myös analyysien lähettäminen voisi olla nopeampaa. Analyysseja lähetettäessä ne tuli ensin ladata PDF-tiedostona tietokoneelle ja lähettää sitten sähköpostin liitteenä analysoitavalle. Nopeampi keino olisi, mikäli Digisole Pro -sovelluksesta tai nettisivuilta löytyisi mahdollisuus lähettää analyysit suoraan analysoitavan sähköpostiin. Näin säästettäisiin aikaa sekä pienennettäisiin tietoturvariskien mahdollisuutta, kun tiedostoja ei ladattaisi testaajan tai analysoijan tietokoneelle välissä.

Analyysseissa ilmeni pronaatio- ja supinaatiokulmien osalta -10 asteen virhe, joka tarkoitti siis sitä, että -10 astetta oli todellisuudessa 0 astetta. Opinnäytetyön tekijät osasivat ottaa tämän huomioon analyysseja tulkitessa, sillä he olivat saaneet tämän tiedon toimeksiantajan edustajalta, mutta tästä ei ole missään manuaaleissa mainintaa. Tavallinen testaaja ei siis osaisi ottaa tätä virhettä huomioon analyysseja tulkitessa.

Lähteet

Chen, S. Lach, J. Lo, B & Yang, G.-Z. 2016. Toward Pervasive Gait Analysis With Wearable Sensors: A Systematic Review. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, 20(6), 1521–1537.

<https://doi.org/10.1109/JBHI.2016.2608720>

Digitsolepro. N.d. Fysioline webshop. Viitattu 22.2.2023.

<https://shop.fysioline.fi/tuote/digitsolepro/>

FAQ. N.d. Digitsolepro. [63d7f5768566b2c37cf50d39_PS_0001_FAQ_000_REV06_EN\[41074\].pdf \(webflow.com\)](#)

Fysioline Oy. N.d. Fysioline. Viitattu 15.2.2023. <https://www.fysioline.fi/fysioline-oy-2/>

Giacomini, B. A. Yamato, T. P. Lopes, A. D. & Hespanhol, L. 2021. What is the foot strike pattern distribution in children and adolescents during running? A cross-sectional study. Brazilian Journal of Physical Therapy, 25(3), 336–343. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2020.10.001>

Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. N.d.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Viitattu 14.4.2023. <https://tenk.fi/fi/ohjeet-ja-aineistot/HTK-ohje-2012>

Kaakkola, S. 2018. Poikkeava kävely. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Viitattu 3.6.2023.

<https://www.duodecimlehti.fi/duo14347#s3>

Kauranen, K. 2021. Fysioterapeutin käsikirja. Neljäs, uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Kostamo, P. Airaksinen, T & Vilkkala, H. 2022. Kirjoita itsesi asiantuntijaksi – opas toiminnalliseen opinnäytetyöhön. Ellibs Lukuohjelma.

<https://www.ellibslibrary.com/reader/9789518849110/preview>

Lai, Y.-J. Chou, W. Chu, I.-H. Wang, Y.-L. Lin, Y.-J. Tu, S. J. & Guo, L.-Y. 2020. Will the Foot Strike Pattern Change at Different Running Speeds with or without Wearing Shoes? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(17), 6044.

<https://doi.org/10.3390/ijerph17176044>

Lokovitis, A. Ziagkas, E. Dimitrios, X. Alexandros, P & George, G. 2021. Test-Retest Reliability of PODOSmart Gait Analysis Insoles. *Sensors*. Viitattu 15.2.2023. https://global-uploads.webflow.com/60e8630e6be25bfbb1a11936/61bbc589e17cd0917e920ec1_Excellent%20Repeatability%20Smart%20Insoles.pdf

Mills, M. Frank, B. Goto, S. Blackburn, T. Cates, S. Clark, M. Aguilar, A. Fava, N. & Padua, D. 2015. Effect of restricted hip flexor muscle length on hip extensor muscle activity and lower extremity biomechanics in college-aged female soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 10(7), 946–954. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4675195/>

Multiple biomechanical parameters. N.d. Digitsole. Viitattu 20.2.2023.

<https://www.digitsole.com/biomechanical-parameters>

Neumann, D. A., Kelly, E. R., Kiefer, C. L., Martens, K. & Grosz, C. M. 2017. *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. Kolmas painos. Elsevier.

Pasanen, K., Haapasalo, H., Halen, P. & Parkkari, J. 2021. *Urheiluvammojen ehkäisy, hoito ja kuntoutus*. Lahti: VK-kustannus.

Rehab Performance Module. N.d. Viitattu 30.6.2023. <https://www.digitsole.com/rehab-performance-module>

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. *Liikkuva ihminen – aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka*. Lahti: VK-kustannus.

Simon, S. R. 2004. Quantification of human motion: gait analysis--benefits and limitations to its application to clinical problems. *Journal of Biomechanics*, 37(12), 1869–1880.

<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.02.047>

Silvan, V. 2023. Myyntipäällikkö. Fysioline Oy. Toimeksiantajan edustaja. Opinnäytetyön ohjaus 10/2022-07/2023.

Simoneau, G. G. & Heiderscheit, B. C. 2017. Kinesiology in walking. Teoksessa Neumann, D. A. Kinesiology of the musculoskeletal system Foundations for rehabilitation. 3. painos. St. Louis, Missouri: Elsevier.

Soipoi, E. 2013. Inertiaalianturin juoksun biomekaniikan tutkimisessa – vertailu perinteisiin analysointimenetelmiin. Jyväskylän yliopisto. Viitattu 10.5.2023.

<https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/42416/1/URN%3ANBN%3Afi%3Aju-201311052538.pdf>

The history of the company. Digitsole Pro. Viitattu 10.5.2023. <https://www.digitsole.com/history-of-the-company>

Thorborg, K. Bandholm, T. Zebis, M. Andersen, L. L. Jensen, J. & Hölmich, P. 2016. Large strengthening effect of a hip-flexor training programme: a randomized controlled trial. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 24(7), 2346–2352. <https://doi.org/10.1007/s00167-015-3583-y>

Toikko, T & Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. 3. korjattu painos. Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print.

Uno, Y. Ogasawara, I. Konda, S. Yoshida, N. Otsuka, N. Kikukawa, Y. Tsujii, A. & Nakata, K. 2022. Validity of Spatio-Temporal Gait Parameters in Healthy Young Adults Using a Motion-Sensor-Based Gait Analysis System (Orphe analytics) during Walking and Running. Sensors (Basel, Switzerland), 23(1), 331. <https://doi.org/10.3390/s23010331>

Xu, Y. Yuan, P. Wang, R. Wang, D. Liu, J. & Zhou, H. 2021. Effects of Foot Strike Techniques on Running Biomechanics: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports Health, 13(1), 71–77. <https://doi.org/10.1177/1941738120934715>

Ziagkas, E. Lokovitis, A. Dimitrios, X. Thomas, D. Alexandros, P & George, G. 2021. A Novel Tool for Gait Analysis: Validation Study of the Smart Insole PODOSmart. Sensors. Viitattu 15.2.2023.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8434608/pdf/sensors-21-05972.pdf>

Liitteet

Liite 1. Digitsole Pro -kävelyanalyysi esimerkki

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
JAMK, Rehalab

JAMK, Rehalab's workspace
FI

rehalab@jamk.fi

Patient : **TESTI#2 OPPARI**
23 years old | Female | 172 cm | 78 kg
Analysis : April 5, 2023 4:20 PM

Results of the walk analysis

Symmetry



Cadence



Speed



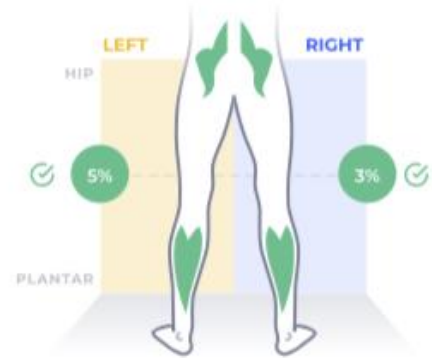
Walking cycles



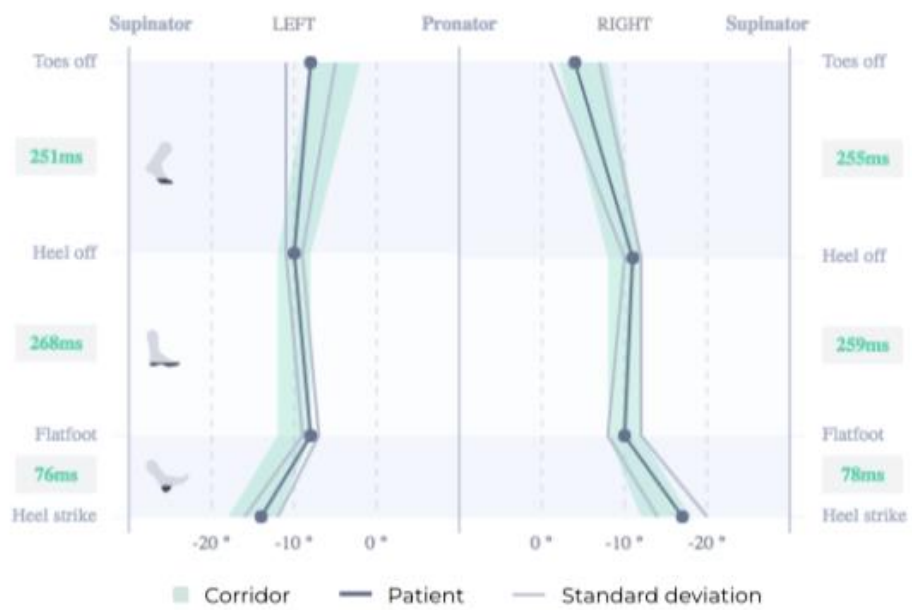
Gait line



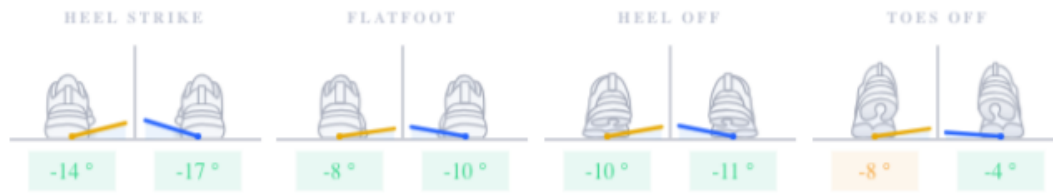
Propulsion rate



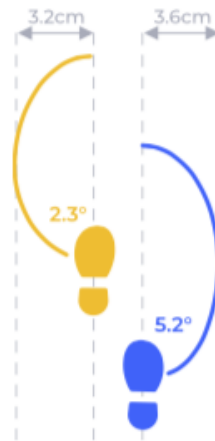
Pronation/supination angles



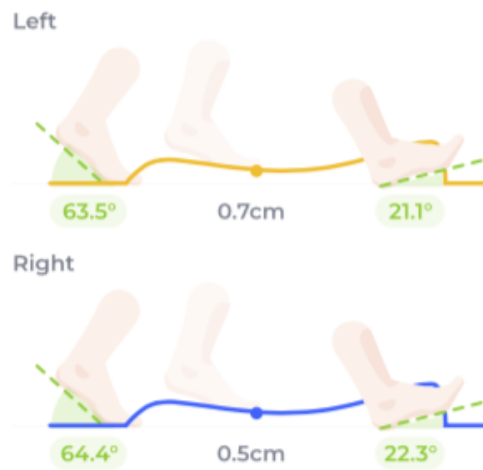
Pronation/supination angles



Foot progression angle



Clearance - Steppage



Practitioner's comments

Todella symmetristä!

Recommended actions

...

Liite 2. Digitsole Pro –juoksuanalyysi esimerkki

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
JAMK, Rehalab

JAMK, Rehalab's workspace
FI

rehalab@jamk.fi

Patient : **TESTI#3 OPPARI**
25 years old | Male | 182 cm | 82 kg
Analysis : April 3, 2023 6:45 PM

Results of the run analysis

Total time

03:02
mm:ss

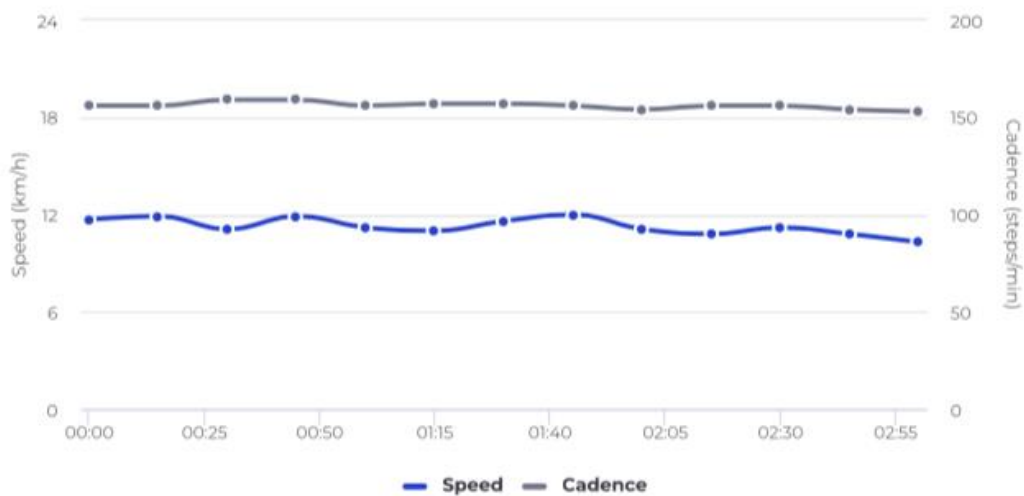
Speed

11.3
km/h

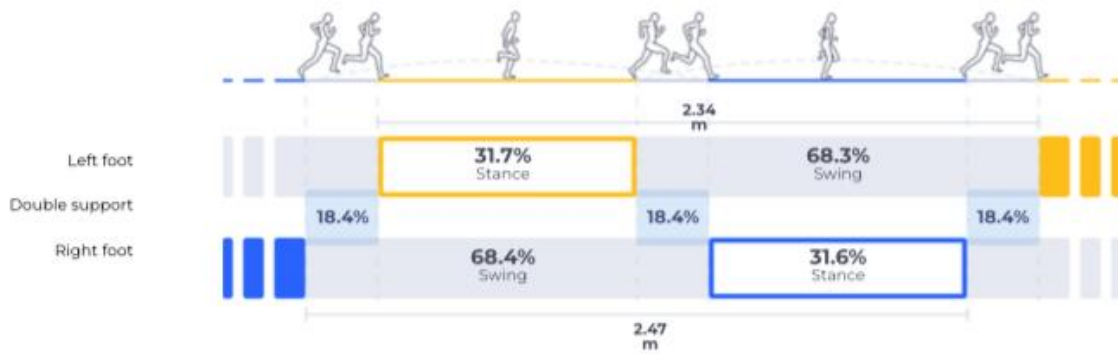
Cadence

156
170 - 190
s/min

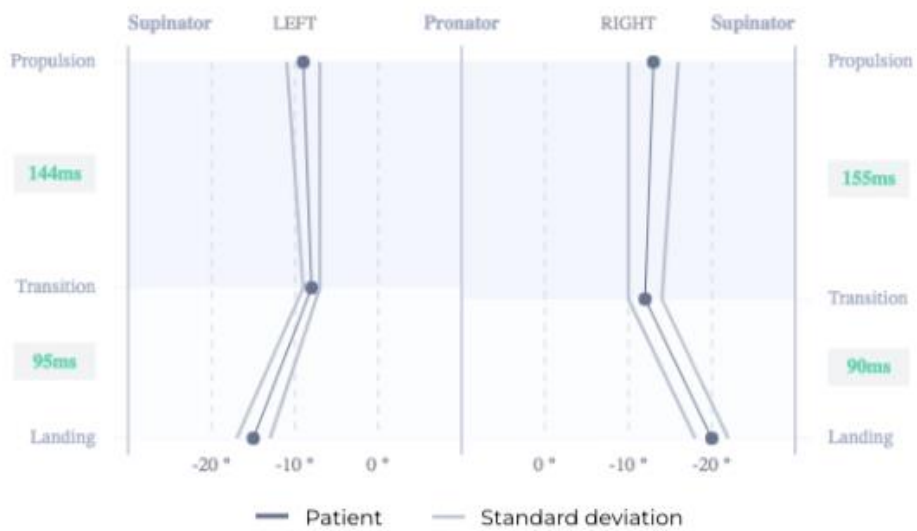
Cadence / Speed



Running stride



Pronation/supination angles



Strike pattern



Practitioner's comments

...

Recommended actions

...

Liite 3. Digitsole Pro -kävelyanalyysin parametrit

Yleiset parametrit kävelyanalyysissä	Jalkojen kinematiikan parametrit kävelyanalyysissä	Lisäparametrit kävelyanalyysissä
Kadenssi (cadence): Keskimääräinen askelten määrä minuutissa.	Pronaatio- ja supinaatiokulmat (pronation / supination angles): Jalkaterän ja maan välinen kulma kolmesta keskeisestä hetkestä.	Symmetria (symmetry): Kertoo vasemman ja oikean jalan arvojen yhtenäisyydestä ja tiedon siitä käytetäänkö toista jalkaa enemmän kävellessä.
Kaksoistukivaihe (double contact): Prosentti-osuus askelsyklistä, jolloin molemmat jalat ovat kosketuksissa maahan samaan aikaan.	Iskululma (strike angle): Maan ja jalan välinen kulma kantapään iskeytyessä maahan.	Työntövoimasuhde (propulsion rate): Tarkoittaa jalan nopeutta varvastyönön aikana suhteessa keskimääräiseen jalan nopeuteen heilahdusvaiheen aikana.
Heilahdusaika (oscillation time): Keskimääräinen aika, jolloin jalka ei ole kosketuksissa maahan. Voidaan ilmaista prosenttiosuutena koko askelajasta.	Askelkorkeus minimi (clearance): Heilahdusvaiheen aikana varpaiden ja maan välinen vähimmäiskorkeus.	Askellinja (gaitline): Pronaatio-/supinaatiokulmien perusteella painopisteen kulkema linja tukivaiheen aikana.
Askelpituus (stride length): Kahden peräkkäisen saman jalan askeleen välinen pituus.	Askelkorkeus maximi (stride height): Heilahdusvaiheen aikana jalkaterän ja maan välinen maksimaalinen etäisyys.	Muuttuvuus (variability): Parametrien kehitys eri mittausten välillä.
Kontaktiaika (contact time): Prosentteina keskimääräinen aika koko askelajasta, jolloin jalka on kosketuksissa maahan.	Jalan kiertoilike (circumduction): Jalan sivuttaisen liikkeen enimmäisetäisyys heilahdusvaiheen aikana.	
Kävelynopeus (walking speed): Keskimääräinen kävelynopeus.	Askeleen aurasukulma (foot progression angle): Määrittää jalan suunnan asiakkaan kävelysuuntaan verraten.	
Kuormitusvaihe (loading time): Tukivaiheen ensimmäinen osa, jolloin kantapää koskettaa maata. Vaihe päättyy, kun varpaat koskettavat maata tasaisella alustalla.		
Keskitukivaihe (flat foot time): Tukivaiheen toinen osa, joka alkaa tasajalkatilanteesta ja päättyy, kun kantapää irtoaa maasta		
Työntövaihe (propulsion time): Kolmas tukivaiheen osa, joka on tasajalan ja varvastyönön välinen aika.		

Liite 4. Digitsole Pro -juoksuanalyysin parametrit

Yleiset parametrit juoksuanalyysissä	Jalkojen kinematiikan parametrit juoksuanalyysissä	Lisäparametrit juoksuanalyysissä
Kadenssi (cadence): Keskimääräinen askelten määrä minuutissa.	Pronaatio- ja supinaatiokulmat (pronation / supination angles): Jalkaterän ja maan välinen kulma kolmesta keskeisestä hetkestä.	Symmetria (symmetry): Kertoo vasemman ja oikean jalan arvojen yhtenäisyydestä sekä tiedon siitä käytetäänkö toista jalkaa enemmän.
Lentoaika (double flight time): Aika, jolloin molemmat jalat ovat irti maasta.	Iskukulma (strike angle): Maan ja jalan välinen kulma kantapäähän iskeytyessä maahan.	Iskuvoima (impact force): Suurin pystysuuntainen reaktiivoima kontaktivaiheen aikana.
Heilahdusaika (oscillation time): Keskimääräinen aika, jolloin jalka ei ole kosketuksissa maahan. Voidaan ilmaista prosenttiosuutena koko askelajasta.		Alkukontaktin tyyppi (proportion strike pattern): Määrittää, onko alkukosketus enimmäkseen kantapäällä, jalan keskiosalla vai jalkaterällä.
Askelpituus (stride length): Kahden peräkkäisen saman jalan askeleen välinen pituus.		
Kontaktiaika (contact time): Prosentteina keskimääräinen aika koko askelajasta, jolloin jalka on kosketuksissa maahan.		
Juoksunopeus (runningspeed): Keskimääräinen juoksunopeus.		

Liite 5. Harjoitusohjelma (lonkankoukistajien voima ja liikkuvuus)

Harjoite 1: Askelkyykkökävely (lonkankoukistajien liikkuvuus ja pakaralihasten voima)

Suoritusohje: Ota pitkä askel eteen ja kyykkää alas. Ponnista etummaisella jalalla ylös, ja tuo takimmainen jalka toisen vierelle. Otan sitten askel toisella jalalla. Toista 8-10 (progressio 12) kertaa. Tee 3 sarjaa.



Harjoite 2: Vuorikiipeilijä vastuskuminauhalla (lonkankoukistajien nopeusvoima)

Suoritusohje: Aloita punnerrusasennosta, niin että kyynärpäät ovat suorat ja kädet ovat olkapäiden alapuolella. Vartalo on suorassa linjassa ja vastuskuminauha on molempien jalkaterien ympärillä. Työnnä yläselkää hieman ylöspäin ja pidennä käsivarsia. Vedä toista polvea kohti rintakehää mahdollisimman räjähtävästi. Palauta jalka toisen viereen ja toista toisella puolella. Toista 8-10 (progressio 12) kertaa kummallakin jalalla. Tee 3 sarjaa.



Harjoite 3: Suoran jalan nosto ja loitonnuus (lonkankoukistajien voima)

Suoritusohje: Istu jalat suorina. Nosta toinen jalka suorana ilmaan ja loitonna sivulle. Palauta jalka hallitusti takaisin toisen vierelle. Toista sama toisella jalalla. Toista 8-10 (progressio 12) kertaa kummallakin jalalla. Tee 3 sarjaa.

