



Alexi Honkala & Sami Pahkala

Tapaustutkimus paljasjalkakenkien vaikutuksista patellofemoraalikipuun

Opinnäytetyö

Syksy 2019

SeAMK Sosiaali- ja Terveysala

Fysioterapian tutkinto-ohjelma

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Sosiaali- ja terveystieteiden yksikkö

Fysioterapeutti (AMK)

Alexi Honkala ja Sami Pahkala

Tapaustutkimus paljasjalkakenkien vaikutuksesta patellofemoraalikipuun

Lehtori Tarja Svahn ja Lehtori Kaija Loppela

Vuosi: 2019

Sivumäärä: 82

Liitteiden lukumäärä: 2

Patellofemoraalikipu on yksi yleisimmistä juoksuvammoista. Se on sitkeä vaiva, joka voi kestää useita vuosia. Juoksutekniikan muutoksilla voidaan vähentää patellofemoraalikipusta kärsivien juoksijoiden oireita. Paljasjalkakenkien tiedetään muuttavan juoksun biomekaniikkaa ja vähentävän polven biomekaanista kuormitusta. Nykyaikaiset juoksukengät eivät ole tehokkaita ennaltaehkäisemään juoksuvammoja. Niiden on todettu jopa lisäävän kuormitusvoimia kolminkertaiseksi verrattuna paljain jaloin juoksuun.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa tietoa fysioterapeuteille, kuntoilijoille ja muille asiasta kiinnostuneille paljasjalkakenkien vaikutuksista, patellofemoraalikipusta ja niiden välisestä mahdollisesta yhteydestä. Tavoitteena oli selvittää, miten asteittainen siirtyminen paljasjalkakenkien käyttöön vaikuttaa juoksijoiden patellofemoraalikipuun.

Interventio kesti viisi kuukautta, jonka aikana neljä inklusiokriteerit täyttävää kohdehenkilöä siirtyi käyttämään Feelmax-paljasjalkakenkiä juoksun aikana. Inklusiokriteerinä oli epämääräinen polvikipu juoksun aikana. Kohdehenkilöillä ei saanut olla aikaisempaa polvioperaatiota eikä kokemusta paljasjalkakengistä. Tutkimusmetodina oli tapaustutkimus, joka sisälsi alkua- ja loppuseurantavaiheen.

Juoksun biomekaniikkaa analysoimme suurnopeuskameralla. Kohdehenkilöiden koettua kipua juoksun/hölkän aikana arvioimme Patellofemoral Pain Syndrome Severity Scale -lomakkeella. Jalkaholvin jäykkyyttä mitattiin Sit-to-Stand Navicular Drop -testillä.

Juoksun biomekaniikassa ei intervention aikana tapahtunut suuria muutoksia. Yksi kohdehenkilö siirtyi kanta-askelluksesta päkiäaskellukseen, yksi siirtyi kanta-askelluksesta keskijalka-askellukseen, yksi jatkoi päkiäaskelluksella ja yksi kanta-askelluksella juoksemista. Kolmen kohdehenkilön kokema kipu väheni ja yhdellä pysyi saman kaltaisena intervention aikana. Sit-to-Stand Navicular Drop -testin tulokset vaihtelivat joka mittauskerta, eikä jalkaholvin jäykkyydessä tapahtunut huomattavia muutoksia.

Avainsanat: paljasjalkajuoksu, patellofemoraalikipu, juoksun biomekaniikka, suurnopeuskamera, sit-to-stand navicular drop test, patellofemoral pain syndrome severity scale

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

School of Health Care and Social Work

Degree programme in Physiotherapy

Alexsi Honkala and Sami Pahkala

A Case Study about the Effects of Barefoot Shoes on Patellofemoral Pain

Lecturer Tarja Svahn and Kaija Loppela

Year: 2019

Number of pages: 82

Number of appendices: 2

Patellofemoral pain is one of the most common running injuries. It is a tough injury which can last several years. The changes in the running technique can reduce the symptoms of patellofemoral pain. It is known that the use of barefoot shoes changes the biomechanics of the running and reduces the load on the knee. Modern running shoes are not efficient to prevent running injuries. It has been stated that they even add three times more impact force compared to barefoot running.

The purpose of this thesis is to provide information on the effects of barefoot shoes, patellofemoral pain and possible connections between them for physiotherapists, fitness enthusiasts and others interested in the topic. The aim of this thesis was to find out how the gradual transition into the use of barefoot shoes affects runners' patellofemoral pain.

The intervention took five months, when four target persons who fulfilled the inclusion criteria began to use the Feelmax barefoot shoes during the run. The inclusion criterion was an indefinite knee pain during the run. The target persons were allowed to have neither an earlier knee operation nor experience of the barefoot shoes. The method of this study was a case study which contained initial and follow-up phases.

We analyzed the biomechanics of the run on a high-speed camera. The target persons' experienced pain during the run/jog was evaluated with the Patellofemoral Pain Syndrome Severity Scale form. The stiffness of the plantar arch was measured with a Sit-to-Stand Navicular Drop test.

There were no changes regarding the biomechanics of the run during the intervention. The first target person switched from rearfoot strike to forefoot strike, the second target person switched from rearfoot strike to midfoot strike, the third target person continued running on forefoot strike and the fourth target person continued running on rearfoot strike. During the intervention, the pain experienced by three target persons decreased, and by one person remained the same. In every measurement, the results of the Sit-to-Stand Navicular Drop test varied, and there were no considerable changes in the stiffness of the plantar arch.

Keywords: barefoot running, patellofemoral pain, biomechanics of the running, high-speed camera, sit-to-stand navicular drop test, patellofemoral pain syndrome severity scale

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo.....	6
JOHDANTO.....	8
1 JUOKSUN BIOMEKANIikka.....	10
1.1 Juoksun vaiheet.....	10
1.2 Askellustapojen vaikutus alaraajojen kuormittumiseen.....	12
1.3 Askellustapojen vaikutus kuormitusvoimiin.....	14
2 PATELLOFEMORAALINEN KIPU.....	16
2.1 Etiologia.....	16
2.2 Esiintyvyys ja kliininen tutkiminen.....	19
3 JUOKSUN BIOMEKANIikan VAIKUTUS PATELLOFEMORAALIKIPUUN.....	20
4 PALJASJALKAJUOKSU.....	22
4.1 Paljasjalkakenkien yhteys askellustapaan ja kuormitusvoimiin.....	22
4.2 Paljasjalkakenkien yhteys vammojen ennaltaehkäisyyn.....	24
4.3 Paljasjalkakenkien yhteys alaraajojen lihasvoimaan.....	26
5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT.....	28
6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS.....	29
7 AINEISTONKERUUMENETELMÄT.....	31
7.1 Suurnopeuskamera.....	31
7.2 PFPS Severity Scale.....	32
7.3 Sit-to-Stand Navicular Drop Test.....	32
8 INTERVENTION TOTEUTUS.....	34
8.1 Siirtyminen paljasjalkakenkiin.....	35
8.2 Kohdehenkilöt.....	36
8.2.1 Kohdehenkilö A.....	36

8.2.2 Kohdehenkilö B.....	38
8.2.3 Kohdehenkilö C	40
8.2.4 Kohdehenkilö D	41
9 TUTKIMUSTULOKSET	44
9.1 Kohdehenkilö A.....	44
9.2 Kohdehenkilö B.....	47
9.3 Kohdehenkilö C	50
9.4 Kohdehenkilö D	53
10 JOHTOPÄÄTÖKSET	57
POHDINTA.....	58
LÄHTEET	63

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuva 1. Kohdehenkilö A:n juoksussa esiintyviä virheitä.....	37
Kuva 2. Kohdehenkilö B:n juoksussa esiintyviä virheitä.....	39
Kuva 3. Kohdehenkilö C:n juoksussa esiintyviä virheitä	41
Kuva 4. Kohdehenkilö D:n juoksussa esiintyviä virheitä	43
Kuva 5. Kohdehenkilö A:n juoksussa tapahtuneet muutokset	45
Kuva 6. Kohdehenkilö B:n juoksussa tapahtuneet muutokset	48
Kuva 7. Kohdehenkilö C:n juoksussa tapahtuneet muutokset	51
Kuva 8. Kohdehenkilö D:n juoksussa tapahtuneet muutokset askellustavassa ja polven linjauksessa.....	54
Kuvio 1. Intervention toteutus.....	35
Taulukko 1. Kohdehenkilö A:n koettu kipu hölkän aikana	46
Taulukko 2. Kohdehenkilö A:n koettu kipu juoksun aikana	46
Taulukko 3. Kohdehenkilö A:n Navicular Drop tulokset	47
Taulukko 4. Kohdehenkilö B:n koettu kipu hölkän aikana	49
Taulukko 5. Kohdehenkilö B:n koettu kipu juoksun aikana	49
Taulukko 6. Kohdehenkilö B:n Navicular Drop tulokset	50
Taulukko 7. Kohdehenkilö C:n koettu kipu hölkän aikana.....	52
Taulukko 8. Kohdehenkilö C:n koettu kipu juoksun aikana	52

Taulukko 9. Kohdehenkilö C:n Navicular Drop tulokset	53
Taulukko 10. Kohdehenkilö D:n koettu kipu hölkän aikana	55
Taulukko 11. Kohdehenkilö D:n koettu kipu juoksun aikana	55
Taulukko 12. Kohdehenkilö D:n Navicular Drop tulokset	56

JOHDANTO

Patellofemoraalikipu on yksi yleisimmistä juoksuvammoista, ja se kattaa lähes puolet kaikista juoksijoiden polven alueen kiputiloista (Taunton ym. 2002; Lopes ym. 2012). Se on sitkeä vaiva, joka voi kestää useita vuosia (Collins ym. 2012; Lankhorst ym. 2016). Tarkkaa etiologiaa ei vielä tiedetä, mutta siirtyminen kanta-askelluksesta päkiäaskellukseen saattaa vähentää oireita ja parantaa polven toimintaa (Cheung & Davis 2011; Roper ym. 2016). Suurimman osan ihmisen evoluution ajasta päkiäaskellus on ollut yleisin tapa juosta (Lieberman ym. 2012). Tällöin ihmiskeho on voinut sopeutua päkiäaskellukseen paremmin kuin kanta-askellukseen (Lieberman ym. 2012).

Paljasjalkakengissä on ohut ja taipuisa pohja. Kengät ovat kevyet, ja niissä on vähän tai ei ollenkaan korotusta kantapään alla (Hamill ym. 2011). Ohutpohjaiset kengät muuttavat juoksutekniikka tavallisiin juoksukenkiin verrattuna ohjaten askellusta enemmän päkiälle ja niiden on toivottu ennaltaehkäisevän ja parantavan juoksuvammoja (Rothschild 2012; Hryvniak, Dicharry, & Wilder 2014). Juoksukenkäteknologia alkoi kehittyä 1970-luvulla ja tuolloin markkinoille ilmestyi nykyaikaisia, vahvasti tuettuja ja vaimentavia juoksukenkiä (Lieberman ym. 2010). Huolimatta juoksukenkäteknologian kehityksestä juoksuvammojen esiintyvyys on pysynyt korkeana (Videbæk ym. 2015). Nykyaikaisten juoksukenkien hyödyistä, kuten vaimennuksista ja pronaatioituista, ei ole näyttöä vammojen ennaltaehkäisyssä (Richards ym. 2008; Bonanno ym. 2017).

Valitsimme tämän aiheen selvittääksemme paljasjalkakenkien vaikutusta patellofemoraalikipuun. Juoksijoilla ja heidän kanssaan toimivilla asiantuntijoilla, kuten fysioterapeuteilla ja valmentajilla, saattaa olla ristiriitaisia näkemyksiä paljasjalkajuoksesta. Opinnäytetyömme tuottaa heille lisää tietoa paljasjalkakenkien vaikutuksista juoksijoiden alaraajakipuihin ja etenkin patellofemoraalikipuun. Opinnäytetyömme toteutimme tapaustutkimuksena, johon sisältyi intervention lisäksi alku- ja loppuseurantavaihe. Kohdehenkilöiksi valikoitui kaksi mies- ja naishenkilöä. Opinnäytetyömme yhteistyökumppaneina olivat Feelmax Oy ja Seinäjoen Aktiivifysioterapia Tampere Oy:n Seinäjoen toimipiste.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa tietoa fysioterapeuteille, kuntoilijoille ja muille asiasta kiinnostuneille paljasjalkakenkien vaikutuksista, patellofemoraalikipusta ja niiden välisestä mahdollisesta yhteydestä. Tavoitteena on selvittää, miten asteittainen siirtyminen paljasjalkakenkien käyttöön vaikuttaa juoksijoiden patellofemoraalikipuun.

Kohdehenkilöt käyttivät viisi kuukautta kestäneen intervention aikana Feelmax-paljasjalkakenkiä tavallisten juoksukenkien sijaan. Interventioon kuului myös kahdeksan viikon siirtymisjakso paljasjalkakenkien käyttöön. Suunnittelimme uusimpien tutkimusten pohjalta turvallisen tavan kohdehenkilöille siirtyä paljasjalkakenkiin. Seurasimme kohdehenkilöiden juoksun biomekaniikan muutoksia suurnopeuskameran avulla. Juoksun aikana esille tulevaa polvikipua seurasimme patellofemoraalikipuun suunnitellun lomakkeen avulla. Jalkaholvin jäykkyyttä ja siinä tapahtuvia muutoksia tutkimme Sit-to-Stand Navicular Drop -testillä. Kohdehenkilöiden kokema polvikipu juoksun aikana väheni intervention edetessä. Muutokset kohdehenkilöiden juoksun biomekaniikassa ja jalkaholvin jäykkyydessä olivat vähäisiä.

1 JUOKSUN BIOMEKANIikka

1.1 Juoksun vaiheet

Vauhdin kiihtyessä kävely muuttuu juoksuksi. Juoksu eroaa kävelystä siten, että liikkeen jossakin vaiheessa molemmat jalat ovat ilmassa. Ilmalennosta johtuen kehon massapiste ja lantion korkeusvaihtelut kasvavat suuremmiksi. Juoksu jaetaan kuuteen eri vaiheeseen; maahantulovaiheeseen, maksimikosketusvaiheeseen, ponnistusvaiheeseen, lentovaiheeseen, eteenpäinheilahdusvaiheeseen ja jalan laskeutumisvaiheeseen. (Sandström & Ahonen 2011, 331-338)

Maahantulovaiheessa jalka voi osua alustalle kantapää tai päkiä edellä tai koko jalkaterä kerrallaan (Sandström & Ahonen 2011, 334). Kanta-askelluksessa kantapää osuu maahan ensin päkiän seuratussa askellusta. Päkiäaskelluksessa puolestaan päkiä osuu maahan ensin kantapään seuratussa päkiää. Keskijalka-askelluksessa päkiä ja kantapää osuvat maahan yhtä aikaa (Lieberman ym.).

Maahantulovaiheessa painon laskeutuessa jalan päälle tulee ilmassa olevan jalan reiden olla tukijalan reiden kanssa samassa tasossa. Tätä seuraa maksimikosketusvaihe, jolloin massakeskipiste siirtyy alemmas ja koko kehon iskunvaimennusmekanismi ovat käytössä. Lantion tulisi tästä huolimatta pysyä neutraalissa asennossa (Sandström & Ahonen 2011, 334).

Kantaluun osuessa alustaan se kääntyy eversioon 6-7 astetta aloittaen alaraajaan kohdistuvan iskunvaimennuksen. Tätä liikettä kutsutaan subtalarinivelen pronatioksi, joka on normaali joustoliike, jota ei saa rajoittaa tai poistaa esimerkiksi tuetuilla pohjallisilla tai virheellisillä kenkävalinnoilla. Eversioliikkeen ollessa suurempi kuin seitsemän astetta antavat jalan keskiosan nivelet periksi aiheuttaen ylipronation. Kantaluun eversio puolestaan ohjaa sääriluuta sisäkiertoon kääntäen samalla polvea sisärotaatioon. Ylempänä kehoa joustoliike näkyy reisiluun sisärotaationa sekä lonkanivelen flexiona ja adduktiona (Sandström & Ahonen 2011, 300, 315, 317).

Päkiäaskelluksessa sekä keskijalka-askelluksessa jalan mediaalinen pitkittäinen kaari laskeutuu maksimikosketusvaiheen alussa (Ker ym. 1987; Perl, Daoud & Lieberman 2012) ja intrinsic-lihakset, jotka ulottuvat jalkaholvin yli, kuten m. abductor hallucis, m. flexor digitorum brevis sekä m. abductor digiti minimi, venyvät jousen tavoin. Nämä lihakset myöhemmin supistuessaan tukevoittavat jalkaholvia painon siirtyessä jalan keskiosasta päkiälle vetäen calcaneusta ja metatarsaaleja lähemmäksi toisiaan. Tätä kutsutaan windlass-mekanismiksi. Kanta-askelluksessa tämä windlass-mekanismi tapahtuu muihin askellustapoihin verrattuna myöhemmin, koska jalkaholvi laskeutuu myöhemmässä vaiheessa askellusta, kun koko jalkaterä on kosketuksissa maahan (Lieberman ym. 2010). Tällöin jalkaholvin tukevoituminen ja lihasten tuoma stabilisaatio on vähemmän todennäköistä (Miller ym. 2014). Maksimikosketusvaiheen lopussa alkaa resupinaatiovaihe. Siinä subtalaarinivelen pronaatio alkaa muuttua supinaatiosuuntaiseksi. Juuri ennen kantaluun irtoamista maasta siinä ei saa olla enää pronaatiota, vaan kantaluun tulisi olla täysin suorassa. (Sandström & Ahonen 2011, 302)

Ylävartalon tulee siirtyä painonsiirron myötä tukijalan päälle, jolloin lonkanloitontajien työn tarve vähenee. Tällöin lonkan loitontajien on helpompi vastustaa antagonistilihashen eli lähentäjä-lihasryhmän aiheuttamaa vastakkaissuuntaista vetoa lantioon, mikä mahdollistaa paremman lantion hallinnan (Mündermann ym. 2008; Kulmala ym. 2016).

Maksimikosketusvaiheessa kehoon kertynyt elastinen energia vapautuu ponnistusvaiheessa, jolloin eteenpäin suuntautuva liike kasvaa. Ponnistusvaiheessa kantaluu nousee maasta, jolloin subtalaarinivel supinoituu. Tämä saa aikaan säären ja koko alaraajan ulkokierron. Koko alaraajan ulkokierto mahdollistaa lantiolle hyvän tuen. Hartiat ja kädet tulee pitää rentoina. Tätä vaihetta seuraa lentovaihe, jolloin molemmat jalat ovat ilmassa, ja lantio ja rintakehä kiertävät vastakkaisiin suuntiin pystyakselin ympäri. Tässä vaiheessa syntyy juoksun askelpituus. (Sandström & Ahonen 2011, 304, 334)

Eteenpäinheilahdusvaiheessa ilmassa oleva jalka heilahtaa eteenpäin tuottaen liike-energiaa etenemiseen, jolloin ponnistavan jalan ei tarvitse tehdä niin paljon työtä. Tässä vaiheessa myös käsien liike-energiaa voidaan hyödyntää, mikäli käsi-

varret eivät ole liian passiiviset. Tätä seuraa juoksun viimeinen vaihe eli jalan laskeutumisvaihe, jolloin laskeutuva jalka on jo matkalla taaksepäin. Samalla se jo valmistautuu vastaanottamaan tulevan kehon painon. Ylävartalon on tultava tässä vaiheessa kokonaan jalan päälle, muuten jalan alastulo voi jäädä liian pitkälle massakeskipisteen eteen. (Sandström & Ahonen 2011, 335)

1.2 Askellustapojen vaikutus alaraajojen kuormittumiseen

Hamill ja Gruber (2017) ovat todenneet, että juostessa on olemassa kolme erilaista askellustapaa. Näitä kutsutaan päkiäaskellukseksi, keskijalka-askellukseksi ja kanta-askellukseksi. Ne luokitellaan sen mukaan, mikä osa jalasta koskee ensimmäisenä maahan. Juoksijoista 90-95 prosenttia on kanta-askeltajia, kun jalan keskiosalla juoksevia on neljä prosenttia ja päkiäaskeltavia vain n. yksi prosentti. Kanta-askellus on siis huomattavasti yleisempi tapa juosta kuin päkiäaskellus (Hasegawa, Yamauchi & Kraemer 2007; Larson ym. 2011; Samaan, Rainbow & Davis 2014; Almeida ym. 2015).

Kanta-askelluksessa kontakti maahan tulee kantaluun keskiosaan tai lateraalireunaan, hieman massakeskipisteen etupuolelle. Ylempi nilkkanivel on maahantulovaiheessa dorsiflexiossa ja alempi nilkkanivel pienessä inversiossa sekä varpaat osoittavat ylöspäin. Askeleen edetessä ylempi nilkkanivel siirtyy plantaariflexioon ja varpaat lähenevät maata. **Päkiäaskelluksessa** kontakti maahan tapahtuu puolestaan jalkapohjan lateraalireunalle, vähän neljännen ja viidennen metatarsaalien päiden alapuolelle. Ylempi nilkkanivel on ennen kontaktia plantaariflexiossa ja alempi nilkkanivel kanta-askellusta enemmän inversiossa. Kontakti maahan tulee suurempaan kehon massakeskipisteen alapuolelle. Liikkeen edetessä ylempi nilkkanivel dorsiflexoituu ja kantaluu lähenee maata. Suuremman plantaariflexion ja inversion seurauksena nilkan nivelissä tapahtuu kanta-askellusta laajempi dorsiflexio- ja eversio-liike maksimikosketusvaiheessa. (Lieberman ym.; Davis, Rice & Wearing 2017)

Kanta-askelluksen aikana tapahtuu polvinivelessä enemmän flexiota kuin päkiäaskelluksessa (Santos ym. 2015; Roper ym. 2016), mikä lisää polven extensoreiden työmäärää (Bonacci ym. 2012; Davis, Rice & Wearing 2017). Päkiäaskelluksessa

nilkkaa ympäröivät pehmytkudokset absorboivat enemmän energiaa ja siten vähentävät polvenkoukistumistarvetta (Squadrone ym. 2014). Kanta-askelluksesta siirryttäessä päkiäaskellukseen askelpituus lyhenee ja samalla askeltiheys kasvaa (Heiderscheit ym. 2011). Tämän seurauksena sekä polven kuormitus että frontaalitason liike vähenevät verrattuna kanta-askellukseen (Kulmala ym. 2013; Vanatta & Kernozek 2014) ja, ne voivat siten vähentää juoksuvammoja polven alueella (Heiderscheit ym. 2011).

Daoud ym. (2012) tutkivat Yhdysvalloissa Harvardin yliopiston maastajuoksujoukkueen keski- ja pitkänmatkanjuoksijoita kartoittaen heidän vammahistorioitaan. Kaikki koehenkilöt olivat kokeneita keski- ja pitkänmatkanjuoksijoita, jotka seurasivat samaa harjoitusohjelmaa, jonka oli laatinut sama valmentaja. Tutkittavia oli 52 (23 naista ja 29 miestä) keski-iän ollessa 19 vuotta. Heistä 69 prosenttia juoksi käyttäen kanta-askellusta ja 31 prosenttia käyttäen päkiäaskellusta. Keskimäärin 74 prosenttia juoksijoista koki vuosittain keskitasoisen tai vakavan loukkaantumisen. Kanta-askelluksella juoksevat kokivat keskimäärin kaksi kertaa todennäköisemmin rasitusvamman kuin ne, jotka juoksivat päkiäaskelluksella. Kanta-askeltavilta löytyi noin kolme kertaa enemmän lonkkakipua, polvikipua, alaselkäkipua, sääriluun rasitusvammoja, plantaarifaskiittia ja rasitusmurtumia (pois lukien jalkapöydänluiden murtumat) verrattuna päkiäaskelluksella juokseviin. Tutkimus oli luonteeltaan poikileikkaustutkimus, joten se ei voi luotettavasti selittää syy-seuraussuhdetta. Lisäksi pieni kohderyhmä voi vääristää tuloksia.

Ahn ym. (2014) mukaan päkiäaskelluksessa gastrocnemius aktivoituu aikaisemmin ja pysyy pitempään aktiivisena kuin kanta-askelluksessa. Aikaisempi aktivaatio ei pelkästään valmista ylempää nilkkaniveltä alastuloon, vaan myös kasvattaa passiivisten osien kykyä varastoida elastista energiaa venyttämällä akillesjännettä ennen kontaktia. Varastoitunut elastinen energia kasvattaa plantaariflexoreiden voimantuottoa. Päkiäaskeltavilla juoksijoilla törmäysvoima vaimentuu plantaariflexoreiden aikaisemman ja pitemmän aktivaation seurauksena. Se myös vakauttaa ylempää nilkkaniveltä ja tasaa voimantuottoa. Päkiäaskelluksen on havaittu vaativan tukivaiheessa enemmän voimantuottoa soleukselta ja gastrocnemiukselta verrattuna kanta-askellukseen (Vanatta & Kernozek 2014) ja kuormittavan siten nilkan ja jalkaterän aluetta kanta-askellusta enemmän.

Kanta-askelluksen on havaittu kuormittavan m. tibialis anterioria enemmän päkiä-askellukseen verrattuna. Säären anteriorisen lihasaition suurentuneen paineen laskemiseen on saatu hyviä tuloksia, kun on siirrytty kanta-askelluksesta päkiäaskellukseen. (Diebal ym. 2012)

Kadaveri -tutkimuksissa on todettu jalan päkiän alaisen kudoksen (fibroadiposen) olevan lujempaa materiaalia kuin kantaluun alainen rasvapatja sekä hajaannuttavan enemmän energiaa ympäröiviin kudoksiin (Pai & Ledoux 2010). Tämä viittaa siihen, että päkiäaskellus voi soveltua paremmin vaimentamaan kuormituksia, joita syntyy jalan tullessa alustalle. Rasvapatja joutuu toimimaan lähellä kipukynnystä kävellessä (Wearing 2014) ja se todennäköisesti ylittyy paljain jaloin juoksussa, mikäli askellustapa on kanta-askellus. Päkiäaskellus voi siten olla kivunvälttämistästrategia juostessa paljain jaloin (Gruber ym. 2013).

1.3 Askellustapojen vaikutus kuormitusvoimiin

Jalan tullessa alustalle kohdistuu maahan törmäysvoimia, jotka ovat Newtonin toisen lain mukaan massa x kiihtyvyys. Newtonin kolmannen lain mukaan yhtä suuret voimat kohdistuvat myös alustasta jalkaan. Näitä reaktiovoimia voidaan tutkia voimalevyillä, ja ne suhteutetaan yleensä kehon painoon. Pystysuuntaisista maan reaktiovoimista voidaan määritellä juoksun kannalta tärkeitä muuttujia. Törmäysvoimilla tarkoitetaan askeleen alussa syntyvää voimapiikkiä, joka on tyypillinen kanta-askellukselle, mutta jota ei ole nähtävissä päkiäaskelluksessa. Kuormitusvoiman huipulla tarkoitetaan kohtaa, jolloin alustaan kohdistuu eniten kuormaa. Tämä on myös kohta, jossa kehon massakeskipiste on kaikista matalimmalla. Kuormitusnopeudella tarkoitetaan voiman nousunopeutta eli kohtaa, jossa kuormitus kasvaa kaikista nopeimmin. (Lieberman ym; Lieberman ym. 2010; Kulmala ym. 2018)

Kuormitusvoimat yhdistetään useissa tutkimuksissa juoksuvammoihin, kuten esimerkiksi patellofemoraalikipuun (Heino & Powers 2002; Zadpoor & Nikooyan 2011; van der Worp, Vrielink & Bredeweg 2016). Kuormitusvoimien suuruus on yhteydessä askellustapoihin (Lieberman ym. 2010). Kuormitusvoimien on havaittu olevan suurempia kanta-askelluksessa verrattuna päkiäaskellukseen (Squadrone & Gallozzi 2009; Hamill ym. 2011; Diebal ym. 2012; Almeida, Davis & Lopes 2015; Ervilha

ym. 2016; Sun ym. 2018). Pääkääskelluksen pienempiä kuormitusvoimia voidaan selittää pienemmällä jalan jäykkyydellä, sillä Lieberman ym. (2010) tutkimuksessa pääkääskeltävien massakeskipisteen pudotus oli 74 prosenttia suurempi verrattuna kanta-askeltaviin.

2 PATELLOFEMORAALINEN KIPU

Pääkriteeri patellofemoraalikivun (PFK) määrittelemiseen on kipu joko patellan ympärillä tai sen takana (Crossley ym. 2016). Patellofemoraalinen kipu on yksi yleisimmistä juoksuvammoista, ja oireyhtymä kattaa lähes puolet kaikista juoksijoiden polven alueen kiputiloista (Taunton ym. 2002). Kipu esiintyy epämääräisesti polven etuosassa ja se on yleistä aktiviteeteissa, jotka sisältävät joko juoksua, hyppimistä, kyykistymistä tai portaiden ylös/alas menemistä (Crossley ym. 2016). Kipu voi esiintyä myös pitkän istumisjakson jälkeen (Walker 2014, 198). PFK on sitkeä vaiva, joka voi kestää useita vuosia (Collins ym. 2012; Lankhorst ym. 2016). Patellofemoraalikivusta käytetään välillä myös termejä patellofemoraalinen kipuoireyhtymä, patellan kondromalasia, juoksijan polvi ja polven etuosan kipu ja/tai -oireyhtymä (Crossley ym. 2016). Patellofemoraalikipu voi edeltää patellofemoraalisen nivelrikon alkamista, jota ei voida parantaa (Thomas ym. 2010; Crossley 2014). Patellofemoraalikipua hoidetaan perinteisesti terapeuttisen fyysisen harjoittelun avulla, jonka hyödyistä on olemassa vahvaa näyttöä (Alba-Martín ym. 2015; Santos ym. 2015; Bolgla ym. 2016; Sahin ym. 2016). Collins ym. (2018) suosittelevat yhdistettyä polven ja lonkan lihaksia vahvistavaa harjoittelua patellofemoraalikivun hoitoon.

2.1 Etiologia

Patellofemoraalikivun tarkkaa etiologiaa ei vielä tunneta, mutta tiedetään, että siinä on mukana sekä anatomisia ja biomekaanisia, mutta myös psykologisia, sosiaalisia ja käyttäytymiseen vaikuttavia tekijöitä (Powers ym. 2017). Patellofemoraalikivun kokeminen ei ole pelkästään nosiseptistä eli kipureseptoreiden ärsytyksestä johtuvaa kipua (Maclachlan ym. 2017). Henkilöt, joilla on sitkeä patellofemoraalinen kipu, omaavat epänormaalin nosiseptiivisen prosessin, kuten kivun heikentyneen modulaation ja laajalle levinneen mekaanisen hyperalgesian (eli henkilö on herkistynyt kivulle) (Rathleff ym. 2015a; Noehren ym. 2016). Tämän lisäksi PFK:sta kärsiviltä on löydetty viitteitä neuropaattisesta kivusta (Jensen, Kvåle & Baerheim 2008) ja heikentyneestä sensomotorisesta toiminnasta, joka ilmenee esimerkiksi heikentyneenä tasapainona ja asentotuntona (Yosmaogly ym. 2013; Yilmaz Yelvar ym.

2016). Lisäksi näillä henkilöillä on havaittu tiettyjä psykologisia tekijöitä, kuten kinesiophobiaa ja katastrofointia, jolloin henkilö pelkää liikkumisen aikana syntyvää kipua sekä pitää tilannettansa pahempana kuin se todellisuudessa on (Domenech, Sanchís-Alfonso & Espejo 2014).

PFK:sta kärsivillä henkilöillä on raportoitu kävelyn aikana patellofemoraalinivelen suurempaa kuormitusta verrokkiryhmään nähden (Heino & Powers 2002) sekä suurempaa patellan ruston kuormitusta ja luun kuormitusta kyykistyttäessä 45 asteen polvikulmaan (Farrokhi, Keyak & Powers 2011). Patellofemoraalinivelen ja patellan ruston kuormituksissa PFK:sta kärsivien ja terveiden henkilöiden välillä ei ole löytynyt eroja, kun polvikulma ylittää 60 astetta esimerkiksi rappusia noustaessa (Besier ym. 2015). Powers ym. (2004b) toteuttamassa tutkimuksessa todettiin patellaa tukevan ulkoisen polvituen vähentävän patellofemoraalinivelen kuormitusta ja PFK:sta kärsivien henkilöiden oireita. Samaa kuormituskipuyhteyttä ulkoisen polvituen käytöstä ei ole löydetty portaita noustaessa/laskeutuessa (Powers ym. 2004a).

Ei ole vielä selvää konsensusta siitä, millaisia muutoksia nivelen kasvava kuormitus voi saada aikaan nivelessä ja miten se saattaa vaikuttaa patellofemoraalikipuun. Patellofemoraalinivelen toistuva yllirasitus voi lisätä patellan rustonalaisen luun metabolista aktiivisuutta (Draper ym. 2012) ja/tai lisätä patellan vesipitoisuutta, jonka seurauksen patellan luunsisäinen paine voi lisääntyä ja siten stimuloida painesensitiivisiä mekaanisia nosiseptoreita (Ho ym. 2013). PFK:n omaavilta juoksijoilta on löydetty suurempia patellan vesipitoisuuksia kuin verrokkiryhmiltä (Draper ym. 2012). Patellan vesipitoisuuden määrä korreloi PFK:n oireiden kanssa (Ho ym. 2013). Tutkijat havaitsivat, että heti juoksun jälkeen oireiden ollessa voimakkaimmillaan myös patellan vesipitoisuus oli suurimmillaan, kun taas noin 48 tunnin kuluttua sekä vesipitoisuus että kipu olivat palautuneet normaaleiksi.

Quardicepsin heikkous (Pappas & Wong-Tom 2012; Lankhorst, Bierma-Zeinstra & van Middelkoop 2012) ja kireys (Witvrouw ym. 2000) ovat yhteydessä PFK:n kehittymiseen. Reisiluun sisäkiertynyt asento patellan alla on tärkeä tekijä patellan lateraaliseen siirtymiseen (Powers 2003). Patellan lateraalinen siirtyminen pienentää patellofemoraalinivelen kontaktialuetta (Salsich & Perman 2013), ja tämän on ajateltu lisäävän nivelen kuormitusta ja ajan kuluessa johtavan nivelruston degeneraatioon ja subkondraalisen luun ärsytykseen (Goodfellow, Hungerford & Woods 1976).

Magneettikuvauksissa ei ole kuitenkaan löydetty yhteyttä polven nivelruston rakenteellisista poikkeavuuksista patellofemoraalikipuun (van der Heijden ym. 2016). Patellasta tulee sitä haavoittuvaisempi lateraaliseen siirtymiselle mitä suurempi extensio polvinivelessä tapahtuu (Powers 2000; Drew ym. 2016). Patellofemoraalikivusta kärsiviltä on löydetty patellan virheellistä linjausta (Salsich & Perman 2007), mutta löydös ei ole johdonmukainen kaikkien tutkimusten kanssa (Powers ym. 2003) eikä siten ole välttämätön löydös patellofemoraalikivusta kärsivillä. Erityisesti lonkkanivelen adduktio on yhdistetty patellofemoraalikivun kehittymiseen (Noehren, Hamill & Davis 2013).

Pitkittäistutkimuksista tehdyn systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mukaan staattinen eli paikallaan mitattu Q-kulma ei ole PFK:n riskitekijä (Lankhorst, Bierma-Zeinstra & van Middelkoop 2012), sillä staattinen Q-kulma eroaa quadricepsin todellisesta voimantuottosuunnasta, jolloin staattista Q-kulmaa ei tule käyttää patellan kinematiikan mittaamisessa (Freedman, Brindle & Sheehan 2014). Patellofemoraalikivusta kärsiviltä on löydetty juoksemisen yhteydessä lisääntyneitä soleuksen aktivaatiota kontrolliryhmään verrattuna (Esculier, Roy & Bouyer 2015). Soleuksen lisääntynyt aktivaatio voi olla suojeleva mekanismi polven kuormituksen vähentämiseksi soleuksen absorboidessa osan kuormituksesta, joka muuten siirtyisi polviniveleeseen.

Willson ym. (2011) osoittivat tutkimuksellaan, että patellofemoraalikivusta kärsivillä naisilla oli juostessa myöhäisempi ja ajallisesti lyhyempi gluteus mediuksen aktivoituminen verrattuna terveisiin koehenkilöihin. Gluteus mediuksen ja gluteus maximuksen myöhäisemmän aktivoitumisen huomattiin olevan yhteydessä juoksun aikana suurempaan lonkkanivelen lähennykseen ja gluteus maximuksen myös suurempaan lonkkanivelen sisäkiertoon patellofemoraalikivusta kärsivillä naisilla. Tulokset antavat viitteitä siitä, että patellofemoraalikivusta kärsivät henkilöt voisivat hyötyä interventioista, joissa gluteus mediuksen ja gluteus maximuksen aktivoitumista voitaisiin aikaistaa.

Kahden eri kirjallisuuskatsauksen mukaan PFK:sta kärsivillä on heikkoutta lonkan extensiossa, abduktiossa ja ulkorotaatiossa (Prins & van der Wurff 2009; Van Cant ym. 2014), mutta pakaralihasten heikkoudella ei näyttäisi olevan yhteyttä PFK:n kehittymiseen (Rathleff ym. 2014). Tutkimusten avulla on löydetty jopa suurempaa

lonkan abduktiovoimaa (Herbst ym. 2015) ja ulkokiertovoimaa (Boling ym. 2009) henkilöiltä, joille kehittyi myöhemmin PFK. Rathleff ym. (2014) mukaan pakaralihasten heikkous voi olla syyn sijaan seurausta PFK:sta.

2.2 Esiintyvyys ja kliininen tutkiminen

Patellofemoraalikivun esiintyvyyttä on tutkittu lähinnä tiettyjen ryhmien kuten sotilaiden (Boling ym. 2009), nuorten (Rathleff ym. 2013) ja huippu-urheilijoiden keskuudessa (Witvrouw ym. 2000). Koripalloilijoilla tehdyssä tutkimuksessa jopa 25 prosentilla pelaajista ilmeni patellofemoraalikipua (Foss ym. 2014). Hieman laajemmassa tutkimuksessa Yhdysvaltain merivoimien akatemiassa patellofemoraalikipua esiintyi 22/1000 henkilöllä vuosittain, ja se oli yli kaksi kertaa yleisempi naisilla kuin miehillä (Boling ym. 2010). Kaiken kaikkiaan patellofemoraalikivun yleisyys nuorilla aikuisilla on 7-28 prosenttia (Hall ym. 2015; Myer ym. 2015; Rathleff ym. 2015b) ja esiintyvyys noin yhdeksän prosenttia (Myer ym. 2015).

Kliininen tutkiminen on patellofemoraalikivun tärkein diagnosointimenetelmä (Crossley, Callaghan & van Linschoten 2015), mutta toistaiseksi ei ole löydetty ehdottoman varmaa kliinistä testiä patellofemoraalisen kivun diagnosoimiseksi (Nunes ym. 2012). Paras saatavilla oleva testi on kyykistymisessä ilmaantuva kipu polven etuosaan, sillä tämä on nähtävissä 80 prosentilla patellofemoraalikivusta kärsivillä (Nunes ym. 2012). Vaihtoehtoinen testi on Clarken testi, mutta sillä on matala sensitiivisyys ja rajallinen tarkkuus PFK:n diagnosoinnissa (Doberstein, Romeyn & Reineke 2008; Nunes ym. 2012).

Patellofemoraalikipu diagnosoidaan normaalisti poissulkemalla muut patologiat, kuten bursiitit, hyppääjän polvi, oireileva polven plica, Osgood Schlatterin tauti, lihavammat, polven lukkiutuminen ja/tai pettäminen (Syme ym. 2009, Selfe, Janssen & Callaghan 2017 mukaan)

3 JUOKSUN BIOMEKANIIKAN VAIKUTUS PATELLOFEMORAALIKIPUUN

Juoksuaskelluksen uudelleenoppimisen vaikutuksia patellofemoraalikipuun on tutkittu paljon viime aikoina. Siirtyminen kanta-askelluksesta päkiäaskellukseen voi vähentää oireita ja parantaa polven toimintaa (Cheung & Davis 2011; Roper ym. 2016). Kaikista juoksuvammoista erityisesti patellofemoraalikipuun suositellaan juoksun uudelleenoppimista (Barton ym. 2016).

Esculier ym. (2017) jakoivat 69 patellofemoraalikipusta kärsivää juoksijaa kolmeen eri ryhmään: koulutusryhmään (koulutusta oireiden hallintaan ja harjoittelun muuttamiseen), harjoittelu- (lihasvoima- ja vartalonhallintaharjoittelua) ja koulutusryhmään sekä juoksuaskelluksen uudelleenoppimis- (henkilökohtainen ohjelma keskittyen askeltiheyden nostamiseen, pehmeämpään askellukseen ja kanta-askelluksesta poisoppimiseen) ja koulutusryhmään. Interventio kesti kahdeksan viikkoa. Kipua ja toiminnallisia rajoituksia mitattiin 4, 8 ja 20 viikon kohdalla. Juoksuaskelluksen uudelleenoppimisryhmässä tapahtui merkittävää kuormitusvoiman laskua ja askeltiheyden kasvua. Kaikki kolme ryhmää olivat tehokkaita parantamaan kipua ja toiminnallisia rajoituksia, mutta ryhmien välillä ei ollut näissä eroja.

Toisessa RCT -tutkimuksessa kanta-askellusta käyttävillä juoksijoilla väheni merkittävästi patellofemoraalikipu heidän siirryttyään kahden viikon aikana kanta-askelluksesta päkiäaskellukseen ja yhden kuukauden seurannan jälkeen verrattuna ryhmään, joka jatkoi juoksua kanta-askeltaen (Roper ym. 2016). Ero tämän tutkimuksen ja Esculier ym. (2017) tulosten välillä voi osaltaan johtua siitä, että tässä tutkimuksessa valittiin koeryhmään ainoastaan kanta-askeltajia, kun taas Esculier ym. (2017) tutkimukseen otettiin juoksijoita askellustavasta riippumatta. Tutkimuksissa käytettiin eri juoksun uudelleenoppimistapoja. Myös koehenkilöiden määrä oli tutkimuksissa erilainen.

Päkiäaskelluksen on havaittu vähentävän patellofemoraalinivelen enimmäiskuormitusta 27 prosenttia verrattuna kanta-askellukseen. Kun askeltiheyttä kasvatettiin kymmenellä prosentilla, huomattiin, että myös patellofemoraalinivelen enimmäiskuormitus väheni 12 prosentilla. (Dos Santos ym. 2018)

Liiallisen jalan pronaation on ajateltu altistavan patellofemoraalikivulle tibian sisäkierron kautta. Tiberion (1987) mukaan, jotta polvi voisi suoristua tibian ollessa sisäkierrossa, myös femurin täytyy olla sisäkierrossa. Tämän femurin sisäkierron on ajateltu johtavan patellan virheelliseen liukumiseen femurin trochleassa aiheuttaen kompressiota patellan nivelpintoihin (Tiberio 1987). Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mukaan patellofemoraalikivusta kärsivillä on taipumus liialliseen ja pitkittyneeseen jalan takaosan eversioon kävelyn ja juoksun aikana, sekä suurentuneeseen lonkkanivelen adduktioon (Barton ym. 2009). Vakuuttavaa näyttöä siitä, että pronaatio altistaisi patellofemoraalikivun kehittymiselle, ei ole (Dowling ym. 2014).

Bramah ym. (2018) tutkivat, mitkä eri tekijät ovat yhteydessä yleisimpiin juoksuvammoihin, joihin lukeutui myös PFK. He kuvasivat 72 loukkaantuneen ja 36 terveen juoksijan juoksua kolmiulotteisesti ja vertasivat heidän välisiä nivelkulmia. Tutkijat havaitsivat useita yleisiä kinemaattisia tekijöitä tavallisimpien juoksuvammojen syntymiseen. He havaitsivat loukkaantuneilla juoksijoilla suuremman lantion pettämisen frontaalitasolla sekä ylävartalon eteenpäin nojaamisen, kuten myös polven suuremman extension ja nilkan suuremman dorsiflexion maahantulovaiheessa verrattuna terveisiin juoksijoihin. He huomasivat myös, että suurin yksittäinen tekijä loukkaantumisille näyttäisi olevan lantion pettäminen frontaalitasolla. Se lisäsi loukkaantumisriskiä jopa 80 prosenttia astetta kohden.

4 PALJASJALKAJUOKSU

Paljasjalkakengistä on useita eri määritelmiä. Coetsee ym. (2018) määritelmän mukaan paljasjalkakenkä on kenkä, joka painaa enimmillään 200 grammaa ja jossa on hyvin taipuisa pohja, jonka paksuus kantapään kohdalta on enimmillään 20 millimetriä sekä kantapään ja päkiän välinen korkeusero on seitsemän millimetriä tai vähemmän. Hamill ym. (2011) vuorostaan määrittivät paljasjalkakengät kengiksi, joissa on ohut ja taipuisa välipohja, jotka ovat kevyet ja joissa on vähän tai ei ollenkaan korotusta kantapään alla. Tämän hetken käytetyimpänä määritelmänä on Esculier ym. (2015) laatima määritelmä: "Footwear providing minimal interference with the natural movement of the foot due to its high flexibility, low heel to toe drop, weight and stack height, and the absence of motion control and stability devices". Eli paljasjalkakenkä on jalkine, joka häiritsee mahdollisimman vähän jalan luontaista liikettä johtuen kengän suuresta joustavuudesta ja kantapään ja päkiän välisestä pienestä korkeuserosta, jalkineen keveydestä sekä ohuesta pohjasta. Jalkineessa ei myöskään ole askelta ohjaavia tai vakauttavia tukia. Esculier ym. (2015) laatiessa tätä määritelmää, 42 asiantuntijaa 11 eri maasta kertoi mielipiteensä siitä, ja heistä 95 prosenttia hyväksyi tämän määritelmän.

Juoksijat ovat halukkaita kokeilemaan paljasjalkajuoksua, sillä he olettavat tämän parantavan tai ennaltaehkäisevän juoksuvammoja (Rothschild 2012; Hryvniak, Dicharry & Wilder 2014). Tavallisten juoksukenkien on ajateltu kanta-askelluksen myötä vähentävän jalan asentotuntoa ja lisäävän kuormitusvoimia, jotka voivat johtaa loukkaantumisiin. (Hsu 2012)

4.1 Paljasjalkakenkien yhteys askellustapaan ja kuormitusvoimiin

Kestävyysjuoksijoiden alaraajavammojen yleisyys on noin 19-79 prosenttia, joista yleisimpiä ovat polvivammat (Van Gent ym. 2007). Juoksuvammoja on pyritty vähentämään lisäämällä vaimennuksia juoksukenkiin, mutta tutkimuksissa ei ole löydetty näyttöä juoksuvammojen vähentymisestä lisääntyneistä vaimennuksista huolimatta (Richards, Magin & Callister 2009; Bonanno ym. 2017). Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissä ei löydetty näyttöä juoksukenkissä

olevien vaimennusten vammoja ehkäisevistä vaikutuksista. Eräässä meta-analyysiin valitussa tutkimuksessa todettiin vaimennusten jopa lisäävän loukkaantumistodennäköisyyttä (Bonanno ym. 2017).

Paljasjalkakengillä juoksemisen on todettu olevan hyvin samankaltaista kuin paljain jaloin juoksemisen (Squadrone & Gallozzi 2009). Osa kengistä, joita mainostetaan paljasjalkakenkinä, eivät muuta askellusta verrattuna tavallisiin juoksukenkiin (Hollander ym. 2015; Coetzee ym. 2018). Esimerkiksi Bonacci ym. (2012) vertasivat kuormitusvoimia ja kinemaattisia tekijöitä kolmen eri ryhmän välillä, joista osa juoksi tavallisilla kengillä, osa paljasjalkakengillä ja loput paljain jaloin. He eivät huomaneet eroa tavallisten kenkien ja paljasjalkakenkien välillä. Tutkimusta voidaan arvostella siitä, että tutkittavat käyttivät Nike Free 3.0. -paljasjalkakenkiä, joiden pohja on kantapään alta 26 millimetriä paksu ja droppi eli kantapään ja päkiänvälinen korkeusero yhdeksän millimetriä (Coetzee ym. 2018). Squadrone & Gallozzi (2009) käyttivät tutkimuksessaan paljasjalkakenkinä Vibram FiveFingers Classicia, jonka pohja on 3,5 millimetriä paksu ja täysin ilman droppia (Vibram FiveFingers). Juoksun kinematiikka pehmustamattomilla paljasjalkakengillä, kuten Vibram FiveFingerseillä, on lähempänä paljasjalkajuoksua kuin pehmustetuilla paljasjalkakengillä, kuten Nike Free 3.0. (Hollander ym. 2015).

Paljasjalkakenkien on osoitettu useissa eri tutkimuksissa muuttavan askellusta kanta-askelluksesta enemmän kohti päkiäaskellusta (Squadrone & Gallozzi 2009; Lieberman ym. 2010; Goss & Gross 2012; Hamill ym. 2011; Miller ym. 2014; Perkins, Hanney & Rothschild 2014; Squadrone ym. 2014; Latorre-Román ym. 2016; Fuller ym. 2018). Päkiäaskelluksen lisäksi osa paljasjalkakengillä juoksevista käyttää myös kanta-askellusta (Fuller ym. 2018).

Paljasjalkakenkien käyttö on yhdistetty pienempiin kuormitusvoimiin, polven ekstensiomomenttiin sekä polven pienempään kuormitukseen. Myös askelpituus sekä jalan kosketusaika maassa vähenevät ja askeltiheys sekä polven flexio maahantuloaiheessa lisääntyvät. (Squadrone & Gallozi 2009; Perkins, Hanney & Rothschild 2014; Squadrone ym. 2014; Hollander ym. 2015)

Paksupohjaisten ja runsaasti vaimentavien kenkien voisi ajatella vähentävän jalan kuormitusta (Yamashita 2005). Kulmala ym. (2018) huomasivat maksimaalisesti

pehmustettujen kenkien lisäävän jalkaan kohdistuvia kuormitusvoimia 12 prosenttia verrattuna perinteisiin juoksukenkiin. Tutkimuksessa huomattiin myös jalan suurempaa jäykkyyttä maksimaalisesti pehmustetuilla kengillä juoksevilla, mikä voi tutkijoiden mielestä selittää suuremmat kuormitusvoimat. Aiemmissä tutkimuksissa on havaittu, että ihmiset säilyttävät saman kehon massakeskipisteen ylös-alas-liikkeen juoksun aikana erilaisilla alustoilla säätämällä jalan jäykkyyttä maksimikosketusvaiheessa (Ferris, Louie & Farley 1998; Kerdok ym. 2002). Tämän seurauksena kuormitusvoimien on osoitettu pysyvän juoksijoilla samankaltaisina alustan kovuudesta riippumatta (Dixon, Collop & Batt 2000; Lieberman ym. 2010). Toisin sanoen, kun alusta vaihtuu kovasta pehmeäksi, juoksijan jalan jäykkyys lisääntyy, jolloin jalka joustaa vähemmän säilyttääkseen samanlaisen massakeskipisteen vaihtelun.

4.2 Paljasjalkakenkien yhteys vammojen ennaltaehkäisyyn

Paljasjalkakenkiin siirtymisen on ajateltu altistavan loukkaantumisille, mutta systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mukaan siirtyminen paljasjalkakenkiin tai niiden vakituinen käyttö ei lisännyt loukkaantumisriskiä (Warne & Gruber 2017). Eräässä katsauksessa, jossa analysoitiin 15 tutkimusta kattaen yhteensä 8399 juoksijaa, ei juoksuvammojen kokonaisesiintyvyydessä löydetty eroa paljasjalkajuoksijoiden ja tavallisilla juoksukengillä juoksevien välillä (Hollander ym. 2017). Yksittäisissä eri tutkimuksissa on löydetty paljasjalkakenkien vähentävän loukkaantumisia (Goss & Gross 2012; Hryvniak, Dicharry & Wilder 2014) ja toisissa lisäävän loukkaantumisriskiä (Ridge 2013).

Vuoden kestävässä pitkittäistutkimuksessa ei huomattu paljain jaloin juoksevien ja tavallisilla kengillä juoksevien välillä eroa loukkaantumistodennäköisyyksissä, mutta kokonaisloukkaantumismäärä oli paljain jaloin juoksevilla merkitsevästi pienempi. Juoksuvammojen sijainti vaihteli ryhmien välillä, ja tutkimuksen mukaan paljain jaloin juokseminen näyttäisi suojaavan etenkin polven ja lantion alueen vammoilta, sekä plantaarifaskiitilta. Paljain jaloin juokseminen lisäsi puolestaan pohkeen alueen vammoja, kuten akillesjänteen kiputiloja sekä jalkapohjan ihovaurioita. Ihovaurioiden ennaltaehkäisyyn tutkijat suosittelivat käyttämään paljasjalkakenkiä. (Altman & Davis 2016.)

Goss & Gross (2012) tekivät laajan kyselytutkimuksen, jossa he kartoittivat juoksijoiden kenkätyyppejä, loukkaantumisia ja juoksu-tyyliä. Lopulliseen analyysiin saatiin vastaukset 904 juoksijalta. Heistä 73 prosenttia ilmoitti käyttävänsä tavallisia juoksukenkiä, 25 prosenttia paljasjalkakenkiä ja kaksi prosenttia ilmoitti juoksevansa täysin paljain jaloin vähintään puolet juoksuajasta. Juoksukengän valinnalla oli merkittävä vaikutus ilmoitettuun juoksu-tyyliin ($P < 0.001$). Tavallisilla juoksukengillä juoksevista noin 40 prosenttia ilmoitti askeltavansa kantapää edellä, kun sama lukema paljasjalkakengillä oli vain noin kuusi prosenttia. Täysin paljain jaloin juoksevista ei kukaan edustanut kyseistä tyyliä. Tavallisilla juoksukengillä juoksevista vajaa 13 prosenttia ilmoitti juoksevansa päkiäaskelluksella, kun taas paljasjalkakengillä sama lukema oli noin 46 prosenttia ja paljain jaloin 40 prosenttia. Tutkimuksessa erityisen mielenkiintoista oli se, että juoksijat, jotka juoksivat tavallisilla juoksukengillä, ilmoittivat loukkaantuneensa yli 3 kertaa todennäköisemmin kuin paljasjalkakengillä juoksevat. Loukkaantumisprosentti tavallisilla kengillä oli noin 47 prosenttia, kun taas paljasjalkakengillä se oli noin 14 prosenttia.

Hryvniak, Dicharry & Wilder (2014) tekemässä kyselytutkimuksessa kerättiin tietoa 509 juoksijalta, joista 93 prosenttia ilmoitti joillain tapaa liittävänsä paljasjalkajuoksua heidän harjoitteluunsa. Tutkimukseen osallistuneista henkilöistä 68 prosenttia ei kokenut uusia loukkaantumisia aloitettuaan paljasjalkajuoksun. Itse asiassa 69 prosenttia tutkimukseen osallistuneista ilmoitti edellisen loukkaantumisen häipyneen aloitettuaan paljasjalkajuoksun. Juoksijat ilmoittivat, että heidän aikaisemmat polvi- (46%), jalka- (19%), nilkka- (17%), lonkka- (14%) ja alaselkävammat (14%) kaikki lievittyivät aloitettuaan paljasjalkajuoksun.

Pieniä loukkaantumisprosentteja todettiin Aibast ym. (2017) tutkimuksessa, jossa tavallisesti paljain jaloin liikkuvien loukkaantumismäärä edellisen vuoden aikana oli kahdeksan prosenttia, kun vastaava luku tavallisia kenkiä käyttävillä oli 61 prosenttia. Tutkimus toteutettiin Keniassa Kalenji-heimon kouluikäisille lapsille ja nuorille. Tutkimuksessa kävi ilmi myös, että tavallisesti paljain jaloin liikkuvilla koehenkilöillä oli korkeampi jalan mediaalinen pitkittäinen kaari, joustavampi jalka sekä voimakkaammat jalan intrinsic-lihakset.

Ridge ym. (2013) tutkimuksessa paljasjalkakenkiin siirtyminen kymmenen viikon aikana lisäsi luun rasitusvammoja 50 prosenttia (luuytimen turvotusta) verrattuna

kontrolliryhmään. Tutkimuksessa ei kerrottu ryhmien askellustavoista, ja myös koehenkilöryhmä oli liian pieni (n.36), jotta tuloksia voitaisiin yleistää.

Bonacci ym. (2013) tutkimuksessa paljain jaloin juokseminen vähensi patellofemoraalinivelen huippukuormitusta 12 prosentilla verrattuna kengillä juoksemiseen. Pääasiallinen syy tälle on patellofemoraalinivelen reaktivoimien väheneminen, joka puolestaan johtuu maksimikosketusvaiheen pienemmästä polven flexiosta, joka vähentää quadriceps-lihasten työn tarvetta. Polven pienentynyt flexio johtuu lisääntyneestä askeltiheydestä, jolloin askel tulee enemmän massakeskipisteen alle pienentäen näin quadriceps-lihasten vipuvartta. Askeltiheyden lisäämisen on todettu vähentävän lonkkanivelen lähennystä, sisäkiertoa sekä polven kuormitusta (Heiderscheit ym. 2011) ja lisäävän pakaralihasten aktiivisuutta (Chumanov ym. 2012), millä voi olla terapeuttisia vaikutuksia patellofemoraalikipuun. Askeltiheyden kasvattaminen lisää kuormitussyklejä kilometriä kohden, mikä saattaa vähentää askeltiheyden positiivisia vaikutuksia. Erään todennäköisyyspohjaisen tutkimuksen mukaan kuormituksen suuruus askeleen aikana on tärkeämpi tekijä kuin kuormitussyklien määrä, ainakin sääriluun rasisurkastumien kohdalla (Edwards ym. 2009). Tutkimuksen tulos viittaa siihen, että kengät voivat olla yksi tekijöistä, jotka altistavat juoksijoiden patellofemoraalikipulle, jolloin paljain jaloin juoksemisella voi olla terapeuttisia vaikutuksia patellofemoraalikipuun.

4.3 Paljasjalkakenkien yhteys alaraajojen lihasvoimaan

Paljasjalkakenkien käyttö on yhdistetty jalkapohjien ja pohkeiden lihasten vahvistamiseen (Miller ym. 2014; Chen ym. 2016; Warne & Gruber 2017; Fuller ym. 2018; Ridge ym. 2019). Millerin ym. (2014) tekemä 12 viikon pitkittäistutkimus osoittaa, että kestävyysjuoksussa minimaalisesti tukeva kenkä vahvistaa intrinsic-lihaksia ja jalkaholvia juoksijoilla, jotka ovat ennen käyttäneet tavallisia juoksukenkä. Jalan pitkittäisen jalkaholvin jäykkyys lisääntyi jopa 60 prosenttia tutkimuksen aikana, kun taas kontrolliryhmässä ei tapahtunut muutoksia. Tutkijat epäilivät tämän johtuvan siitä, että paljasjalkakengillä juokseminen vaatii enemmän jalan intrinsic-lihaksilta ja siten vahvistavan niitä.

Ridge ym. (2019) arpoivat tutkimuksessaan 57 juoksijaa kolmeen eri ryhmään, joista yksi ryhmä käytti paljasjalkakenkiä kävelyssä, toinen ryhmä teki jalan lihasvoimaharjoituksia vähintään viisi kertaa viikossa ja kolmas ryhmä oli kontrolliryhmä, joka ei tehnyt mitään. Interventio kesti kahdeksan viikkoa. Ryhmällä, joka käytti paljasjalkakenkiä kävelyssä, jalan lihasten pinta-ala kasvoi keskimäärin noin seitsemän prosenttia ultraäänikuvantamisella mitattuna. Lihasvoimaharjoitteluryhmällä jalan lihasten pinta-ala kasvoi puolestaan keskimäärin noin 11 prosenttia, kun taas kontrolliryhmässä ei tapahtunut mitään muutosta.

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa tietoa fysioterapeuteille, kuntoilijoille ja asiasta kiinnostuneille paljasjalkakenkien vaikutuksista, patellofemoraalikipusta ja niiden välisestä mahdollisesta yhteydestä.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, miten asteittainen siirtyminen paljasjalkakenkien käyttöön vaikuttaa juoksijoiden patellofemoraalikipuun.

Tutkimusongelmat:

1. Millaisia vaikutuksia paljasjalkakengillä on juoksun biomekaniikkaan suurnopeuskameran avulla arvioituna?
2. Millaisia vaikutuksia paljasjalkakenkien käytöllä on patellofemoraalikipuun Patellofemoral Pain Syndrome Severity Scale -lomakkeella arvioituna?
3. Millaisia vaikutuksia paljasjalkakenkien käytöllä on jalkaholvin korkeuteen Sit-to-Stand Navicular Drop -testillä mitattuna?

6 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyö on tapaustutkimus. Tapaustutkimukset ovat yksityiskohtaisia ja ne sisältävät tarkkaa tietoa yksittäisestä tapauksesta tai pienistä joukoista, jotka ovat toisiinsa suhteessa olevia tapauksia (Hirsjärvi ym. 2009, 134- 135). Tapaustutkimuksessa käytetään monipuolista eri menetelmin hankittua tietoa. Siinä tutkitaan yksittäistä tapahtumaa, rajattua kokonaisuutta tai yksilöä. Tapaustutkimuksella pyritään syventymään tiettyyn ilmiöön. Tutkittua tietoa ei kuitenkaan saa yleistää. Tapaustutkimus on hyvä menetelmä, mikäli kohdetta halutaan ymmärtää syvällisesti. (Saaranen- Kauppinen & Puusniekka 2006)

Aikaisemmin tutkittuun teoriaan ja käsitteisiin tutustuminen on tapaustutkimuksessa tärkeää. Aikaisempaan teoriaan tutustumisen jälkeen voi alkaa määrittelemään oman tutkimuksen tutkimuskohdetta. Lopulliset käsitteet, teoria ja tutkimusongelmat tarkentuvat kuitenkin monesti vasta tapaustutkimusprosessin aikana. (Valli 2018,194)

Määrällinen tutkimus eli kvantitatiivinen menetelmä kuvaa muuttujien eli mitattavien ominaisuuksien välistä suhdetta ja eroa. Sen tarkoitus on vastata kysymyksiin, miten usein ja kuinka paljon. Määrällisessä tutkimuksessa tietoa tarkastellaan numeerisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimustulokset tulevat numeroina. Tutkimuksen oleelliset numerotiedot selitetään sanallisesti ja kuvataan miten eri asiat liittyvät toisiinsa tai eroavat toisistaan. Määrällisessä tutkimuksessa pyritään kuvaamaan, selittämään, vertailemaan, kartoittamaan tai ennustamaan ihmisiä koskevia asioita tai luonnon ilmiöitä. Tutkimusongelmat saatetaan usein esittää hypoteesin muodossa, joka ennakoii valmiiksi tulosta. Määrällinen tutkimus alkaa teoriasta ja mitattavat asiat muodostetaan yleensä teorian pohjalta. (Vilka 2007, 13, 26)

Havainnointi on olennainen osa opinnäytetyötämme analysoidessamme kohdehenkilöiden juoksua eri tilanteissa. Havainnointia käytetään keräämään havaintoja tutkimuksessa. Se on yksi tieteellisen tutkimuksen perusmetodi. Havainnoinnilla pystytään keräämään tietoa luonnollisessa ympäristössä tai laboratoriossa. Havainnointia voidaan käyttää määrälliseen tai laadulliseen tutkimusmenetelmään. (Vilka, 2006, 33)

Videointia voidaan käyttää havainnoinnin apuvälineenä, mikä mahdollistaa tarkan havainnoinnin. Videoinnin avulla pystytään aineistoa katsomaan ja tulkitsemaan uudestaan. Tämä lisää havainnoinnin luotettavuutta. (Vienola 2005, 71-81.)

7 AINEISTONKERUUMENETELMÄT

Keräsimme tietoa opinnäytetyöhön suurnopeuskamera-analyysin, PFPS Severity Scale -lomakkeen ja Sit-to-Stand Navicular Drop -testin avulla. Juoksun biomekaniikkaa analysoimme suurnopeuskameran avulla. Keskityimme analysoinnissa siihen, mitä tapahtuu lantion alapuolisissa nivelissä erityisesti maahantulovaiheessa, maksimikosketusvaiheessa sekä ponnistusvaiheessa. PFPS Severity Scale -lomakkeen avulla keräsimme tietoa polvikivusta ja Sit-to-Stand Navicular Drop -testillä jalkaholvin jäykkyydestä.

7.1 Suurnopeuskamera

Suurnopeuskamera on videokamera, jolla voidaan kuvata suurella kuvataajuudella nopeasti liikkuvia kohteita, joihin silmän tai normaalin kameran nopeus ei riitä. Suurnopeuskameroissa, jotka on tarkoitettu kuvaamaan ihmisen liikkumista, kamera kuvaa yleensä 120- 240 kuvaa sekunnissa. Se tarkoittaa sitä, että sekunnin mittaista pätkää voidaan venyttää minuuttien pituiseksi, joka helpottaa kliinistä analysointia. Suurnopeuskamera on hyvä väline fysioterapeuteille kävelyn ja juoksun analysointiin. Suurnopeuskameralla kuvataan, kun juostaan juoksumatolla kengät jalassa sekä avoinjaloin. Näin voidaan esimerkiksi analysoida miten kengät vaikuttavat juoksuun. Juoksua kuvataan pääasiassa etu-takasuunnassa, mutta myös sivulta voidaan kuvata. Harjaantunutkaan silmä ei välttämättä pysty huomaamaan pieniä muutoksia raajojen toiminnassa kävely- tai juoksunopeuden kasvaessa. Näissä tilanteissa suurnopeuskamera on oiva apu. (Väyrynen 2012, 49- 50)

Suurnopeuskamera on yksi tärkeimmistä välineistä arvioitaessa urheilijan liikettä harjoitus- tai kilpailuolosuhteissa. Sen avulla voidaan tarkastella liikkeen joka osaluuetta tarkasti ja näyttää urheilijalle hänen suorituksensa. Urheilija pystyy oppimaan uuden tekniikan helpommin, kun hän näkee oman suorituksensa hidastettuna. Hänelle on myös helpompi selittää liikkeessä tapahtuvia häiriöitä, jotka voivat altistaa vammoille. (Pueo 2016, 53-73)

Suurnopeuskameran validiteettia ja reliabiliteettia on tutkittu toistaiseksi vähän. Balsalobre-Fernándezin ym. (2014) tekemässä tutkimuksessa todettiin suurnopeuskameran validiteetti ja reliabiliteetti hyvin korkeaksi vertikaalihyppyä arvioitaessa. Tutkimuksen aineisto oli pieni, joten lisää tutkimuksia asiasta tarvitaan.

Kohdehenkilöt juoksevat juoksumatolla aluksi paljain jaloin ja sen jälkeen kengät jalassa. Analysoinnin helpottamiseksi kohdehenkilöille kiinnitetään pienet mustat/valkoiset markkerit patellan alakärkeen, kantaluun taakse keskelle kantaluun alaosaan sekä akillesjänteen alaosaan. Juoksua kuvataan 10 sekunnin ajan sekä edestä että takaa, jonka jälkeen juoksua analysoidaan Templo-analyysiohjelmalla. Kohdehenkilöille näytetään videomateriaali ja selitetään mahdolliset virheet juoksun biomekaniikassa.

7.2 PFPS Severity Scale

Laprade & Culham (2002) kehittivät PFPS Severity Scale -lomakkeen arvioimaan patellofemoraalikipua (Liite 1). Lomake sisältää kymmenen kysymystä liittyen polvikipuun eri toiminnoissa kuten juoksemisessa ja kyykistymisessä. Kysymyksiin vastataan merkkäämällä x-kirjain kymmenen senttimetriä pitkälle janalle kohtaan, joka kuvaa parhaiten henkilön kokemaa polvikipua kuluneen viikon aikana. Viivan alkupää tarkoittaa, että ei lainkaan kipua ja loppupää kuvaa voimakkainta mahdollista kipua. Tutkijoiden mukaan lomakkeella on erinomainen reliabiliteetti sekä vahva yhteneväinen validiteetti verrattuna kahteen muuhun tunnustettuun polvilomakkeeseen. (Laprade & Culham 2002)

7.3 Sit-to-Stand Navicular Drop Test

Jalkaholvin pitkittäisen holvikaaren jäykkyyden mittaamiseen valitsimme Sit-to-Stand Navicular Drop Testin (SSNDT). Kyseisellä testillä on paremmat intra- ja inter-rater reliabiliteetit kuin perinteisellä Navicular Drop -testillä. SSNDT:n intra- ja inter-rater reliabiliteetti on todettu vähintään hyväksi ja samoin myös validiteetti, kun verrokkimittarina on käytetty röntgenkuvausta. (McPoil ym. 2008, 3)

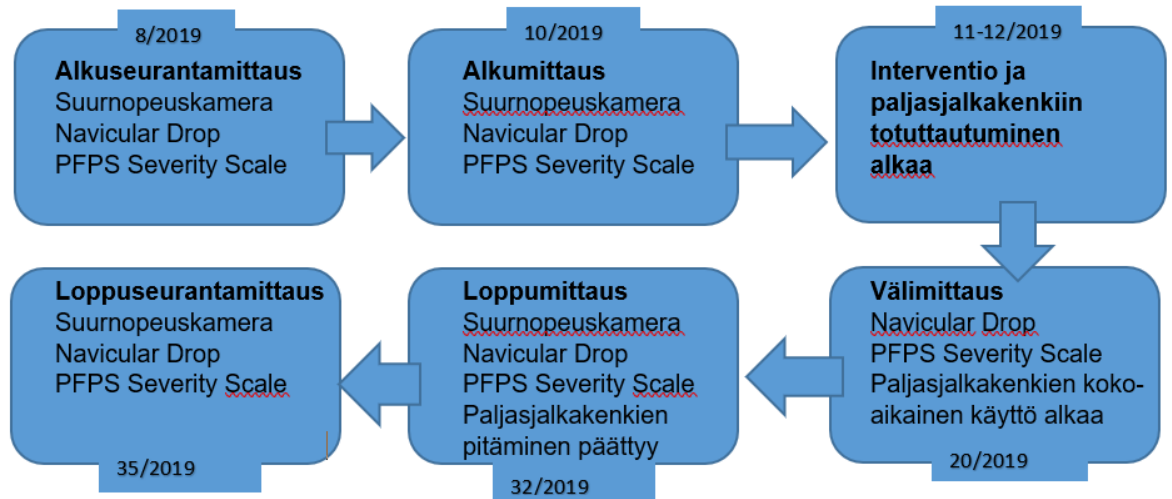
Sit-To-Stand Navicular Drop -testissä mitataan navicularen laskeutumista siirryttäessä kuormittamattomasta tilanteesta kuormitettuun tilanteeseen. Navicularen keskikohta merkataan ja sen korkeutta alustaan mitataan tutkittavan istuessa ja seistessä. Saaduista tuloksista lasketaan erotus. Normaaliarvona pidetään alle yhtä senttiä. Testin tulos kertoo jalan takaosan toiminnasta kuormituksessa ja mahdollisesta subtalarinivelen yliliikkuvuudesta. (Anttila & Kantola 2012, 6)

Boling ym. (2009) mukaan suurin yksittäinen tekijä, joka ennusti patellofemoraalikipun kehittymistä, oli navicularen liiallinen laskeutuminen alaspäin. Henkilöille, joiden navicularen laskeutuminen oli noin 11 millimetriä, oli yli kolme kertaa suurempi todennäköisyys kehittyä patellofemoraalikipu verrattuna henkilöihin, joiden navicularen laskeutuminen oli neljä millimetriä, vaikka tutkimuksessa käytettiin ohjelmaa, joka otti huomioon muiden eri muuttujien mahdolliset vaikutukset. Tähän tutkimukseen osallistui 1597 Yhdysvaltain merivoimien akatemian ensimmäisen vuosikursin opiskelijaa, joilla ei saanut olla vammoja, jotka voisivat rajoittaa heidän suoritustaan hyppy-laskeutumistestissä ja alaraajojen lihasvoimatesteissä. Tutkimuksesta suljettiin pois myös ne henkilöt, joilla oli viimeisen puolen vuoden aikana ollut patellofemoraalikipua. Koehenkilöitä seurattiin enimmillään 2,5 vuotta. Yhteensä 40 koehenkilölle kehittyi tutkimuksen aikana patellofemoraalikipua.

8 INTERVENTION TOTEUTUS

Kohdehenkilöiden rekrytointi aloitettiin marraskuussa 2018 Facebook- ja Juoksufoorumi-ilmoituksella. Julkaisimme näissä foorumeissa hakukuulutuksen, jossa kerroimme etsivämme epämääräisestä polvikivusta kärsiviä juoksijoita, joilla kipu on jatkunut useamman kuukauden. Sopivia kohdehenkilöitä ei vielä löytynyt, joten tammikuussa 2019 laitoimme uuden ilmoituksen Facebookin Seinäjoki Puskaradio-ryhmään, josta saimme 12 yhteydenottoa. Inklusiokriteerit täyttäviä kohdehenkilöitä oli neljä, joista jokainen halusi osallistua opinnäytetyömme interventioon. Tärkeimpänä inklusiokriteerinä oli pitkään jatkunut polven alueen epämääräinen kipu, joka tulee esille juoksun aikana. Kohdehenkilöllä ei saanut olla taustalla alaraajoihin kohdistunutta traumaa tai leikkausta eikä aikaisempaa kokemusta paljasjalkakengistä.

Alkuseurantamittaukset tehtiin kohdehenkilöille Aktiivi Fysioterapia Tampere Oy:n Seinäjoen toimipisteen tiloissa 20.2.-21.2.2019 aikana (Kuvio 1). Alkumittaukset teimme samoissa tiloissa 4.3.-8.3.2019 välisenä aikana. Alkumittauskerran aikana kohdehenkilöille annettiin Feelmax Osma 5 -paljasjalkakengät sekä ohjeet, kuinka siirtyä asteittain käyttämään niitä (Liite 2). Feelmax Osma 5 -paljasjalkakengien pohjanpaksuus on 2,5 millimetriä ja kengissä ei ole droppia. Paljasjalkakengien siirtymisen oli suunniteltu alkavan 11.3.2019, mutta kolmelle kohdehenkilölle jouduimme tilamaan toisen kokoiset kengät, jolloin he aloittivat paljasjalkakengien siirtymisen suunniteltua myöhemmin. Välimittauksessa teimme kaikki muut mittaukset suurnopeuskamera-analyysiä lukuun ottamatta. Välimittaukset suoritettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun sosiaali- ja terveystieteiden yksikön tiloissa viikolla 20. Välimittauskerrasta lähtien kohdehenkilöt pyrkivät käyttämään paljasjalkakengää jokaisella juoksu lenkillä. Loppumittaukset teimme Aktiivi Fysioterapia Tampere Oy:n Seinäjoen toimipisteen tiloissa viikolla 32 ja loppuseurantamittaukset viikolla 35. Loppumittauskerran jälkeen kohdehenkilöt palasivat takaisin käyttämään tavallisia juoksukenkiä, joita he käyttivät ennen interventiota.



Kuvio 1. Intervention toteutus

Seurasimme internetissä täytettävän harjoituspäiväkirjan avulla, kuinka usein kohdehenkilöt käyttivät paljasjalkakenkiä. Harjoituspäiväkirjan avulla saimme tietoa kohdehenkilöiden harjoittelusta ennen interventiota ja sen aikana. Kohdehenkilöille annettiin ohjeet harjoituspäiväkirjan täyttämistä alkuseurantamittauskerralla. Heitä kehoitettiin täyttämään harjoituspäiväkirjaa alkuseurantamittauskerrasta loppuseurantamittauskertaan asti. Harjoituspäiväkirjaan merkattiin päiväys, juoksu- lenkkien kesto minuutteina ja pituus kilometreinä. Muistiinpanoihin kirjattiin, onko harjoituksessa käytetty tavallisia juoksukenkiä vai paljasjalkakenkiä. Lisäksi henkilöt kuvailivat tuntemuksiaan alaraajoissa.

8.1 Siirtyminen paljasjalkakenkiin

Useista eri yrityksistä huolimatta ei olla pystytty löytämään turvallista ja optimaalista tapaa siirtyä paljasjalkakenkiin (Warne ym. 2016). Suoraa yhteyttä siirtymistavan ja loukkaantumisriskin väliltä ei ole löydetty, sillä loukkaantumisriskiin vaikuttaa enemmän juoksu- kokemus, aikaisempi kokemus paljasjalkakengistä ja siirtymisjakson pi- tuus (Warne & Gruber 2017; Johnson ym. 2016.).

Suosittelava tapa siirtymiseen on niin kutsuttu hybridimetodi, jossa paljasjalkaken- gillä juostaan 10 prosenttia päivittäisestä juoksu volyymista tai maksimissaan 10

minuuttia kerralla. Tätä määrää nostetaan viikoittain 5- 10 prosenttia. (Warne & Gruber 2017) Siirtymisvaiheen tulisi myös kestää minimissään 4- 8 viikkoa, jotta lihakset ehtivät vahvistua tarpeeksi kestäämään paljasjalkajuoksusta tulevaa rasitusta.

Yllä mainittua hybridimenetelmää käyttäen teimme taulukon (Liite 2), josta käy ilmi, kuinka paljon paljasjalkakengillä pitäisi juosta viikoittain. Paljasjalkakengien käyttö siirtymisjakson aikana määräytyy viikossa juostujen kilometrien perusteella.

8.2 Kohdehenkilöt

Inklusiokriteereiden pohjalta kohdehenkilöiksi valikoitui kaksi mies- ja naishenkilöä. Kohdehenkilöitä kutsutaan Kohdehenkilö A, B, C ja D:ksi.

8.2.1 Kohdehenkilö A

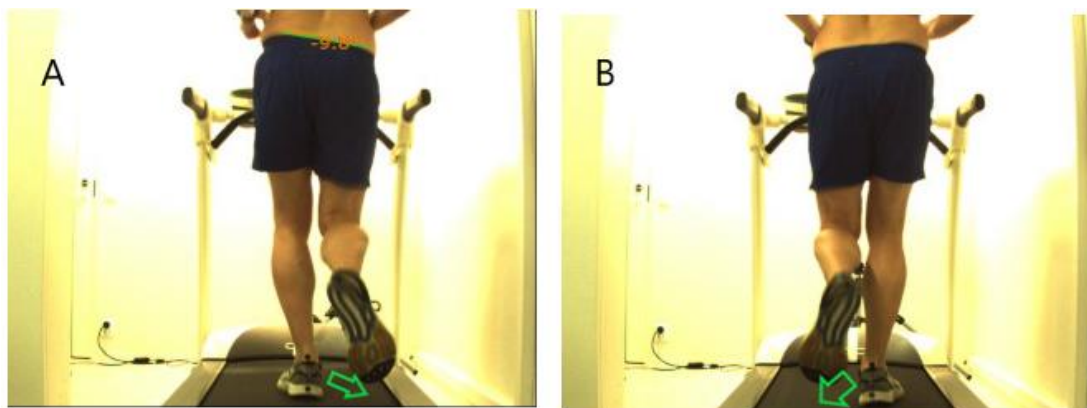
Kohdehenkilö A on 52-vuotias normaalipainoinen mies, joka harrastaa juoksua 2-3 kertaa viikossa. Hän harrastaa myös muodostelmaluistelua 2-5 kertaa viikossa sekä triathlonia ja talvisin hiihtoa. Juoksua hän on harrastanut jo vuosia. Pisimmät juoksulenkit ovat hänellä 12-13 km pituisia. Henkilölle tulee juostessa kipu vasemman polven lateraalireunalle oirekuvan muistuttaessa juoksijan polven oirekuvaa. Polvikipu on vaivannut tutkittavaa jo kymmeniä vuosia, mutta vasta hänen aloitettuaan triathlonin harrastamisen, kolme vuotta sitten, on kipu vaivannut säännöllisemmin. Kipu on epäsäännöllistä eikä se vaivaa jokaisella juoksulenkillä. Hän on käynyt fysioterapiassa vuosia sitten ja saanut sieltä harjoitteita nilkan alueen lihasten vahvistamiseen. Näitä harjoitteita tutkittava ei ole viime aikoina enää tehnyt.

Suurnopeuskamera-analyysi:

Havainnoitaessa kohdehenkilön juoksua kengät jalassa hän käyttää kanta-askelusta. Askelleveys on kapea ja jalat menevät lievästi ristiin. Jalkaterät ovat lievästi abduktiossa. Maahantulovaiheessa kantaluu on lievästi inversiossa kääntyen maksimikosketusvaiheessa eversioon (Kuva 1). Jalan takaosassa tapahtuu pitkittynyt pronaatio. **Oikean alaraajan** reisoluu on maahantulovaiheessa kääntyneenä si-

säkiertoon ohjaten polvinivelen polvilinjan sisäpuolelle optimaalisesta biomekaniikasta poiketen. Reisiluun ulkokierto jää vajaaksi lähestyttäessä ponnistusvaihetta jääden 2. varpaan kanssa samaan linjaan. **Vasemmassa alaraajassa** liike on päinvastainen reisiluun ollessa maahantulovaiheessa ulkokierrossa kääntyen askeleen edetessä hieman sisäkiertoon, mutta jääden 2. varpaan kanssa samaan linjaan. Vasemman jalan maksimikosketusvaiheessa lantio ei säily vaakatasossa vaan lantio pettää frontaalitasolla lähes 10 astetta (Kuva 1A). Myös oikean jalan maksimikosketusvaiheessa lantio pettää frontaalitasolla (Kuva 1B), mutta liike ei ole niin suuri vaan vaihtelee eri askelten välillä.

Jalan takaosan pitkittynyt pronaatio sekä lantion pettäminen frontaalitasolla ohjaavat reisiluuta sisäkiertoon altistaen patellan lateraaliselle siirtymiselle ja voivat aiheuttaa kohdehenkilölle patellofemoraalikipua. Pitkittynyt pronaatio voi johtua säären takaosan lihasten heikkoudesta ja/tai puutteellisesta painonsiirrosta. Lisäksi kapea askelleveys sekä kanta-askellus voivat lisätä polvikipua.



Kuva 1. Kohdehenkilö A:n juoksussa esiintyviä virheitä

Juostessa paljain jaloin kohdehenkilön askellus muuttuu päkiä-/keskijalka-askellukseksi, joka on linjassa aiempien tutkimusten kanssa (esim. Lieberman ym. 2010). Lisäksi havaitaan jalkaterän keskiosan pettävän sisäänpäin molemmissa jaloissa maksimikosketusvaiheessa. Tätä ei pystytä luotettavasti havainnoimaan juostaessa kengät jalassa. Erona kengät jalassa juoksemiseen huomataan lisäksi oikean jalan reisiluun olevan ulkokierrossa maahantulovaiheessa, mutta kääntyvän sisäkiertoon maksimikosketusvaiheen aikana. Oikea reisiluu säilyy sisäkierrossa myös koko ponnistusvaiheen. Vasen reisiluu käyttäytyy kiertojen osalta samalla lailla kuin kengät jalassa. Jalkaterän keskiosan pettäminen sekä jalan takaosan pitkittynyt pronaatio viittaavat heikkoihin intrinsic-lihaksiin ja pohkeen lihaksiin. Sitä voivat vielä

lisätä lantion pettäminen frontaalitasolla sekä reisiluun puutteellinen ulkorotaatio maksimikosketusvaiheessa ja ponnistusvaiheessa. Nämä voivat olla seurausta heikoista lonkan ulkokiertäjä- ja loitontajalihaksista tai niiden puutteellisesta aktivaatiosta.

PFPS Severity Scale -lomakkeen mukaan kohdehenkilön kokema kipu hölkän ja juoksun aikana oli alkumittauksessa 0 cm. Alkumittausta edeltävänä viikkona kohdehenkilö oli juossut vähän, jolloin hänen polvikipunsa oli vähäisempää kuin alkuseurantamittauksessa. Tämän takia tuomme ilmi hänen alkuseurantamittauksen tuloksen, jolloin hän oli juossut säännöllisemmin. Alkuseurantamittauksessa kohdehenkilön kokema kipu hölkän aikana oli 2,1 cm ja juoksun aikana 5,7 cm.

Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä kohdehenkilön vasemman alaraajan navicular drop oli alkumittauksessa 3 mm ja oikean alaraajan 4 mm. Tämä kertoo, että pitkittäisen jalkaholvin jäykkyys on hyvä.

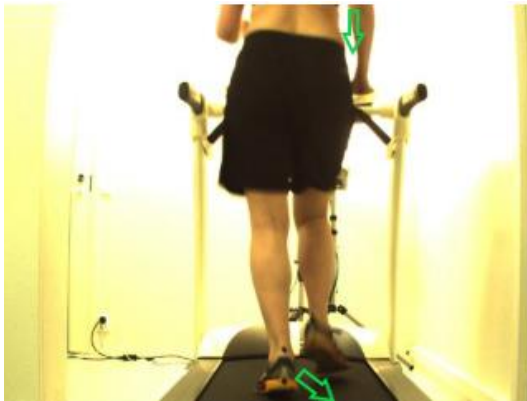
8.2.2 Kohdehenkilö B

Kohdehenkilö B on 36-vuotias normaalipainoinen nainen, joka harrastaa juoksua 3-5 kertaa viikossa. Hän juoksee keskimäärin 20 kilometriä viikossa. Hän harrastaa lisäksi satunnaisesti tanssia sekä joogaa. Tutkittavalle tulee epämääräistä kipua vasemman polven alueelle kivun vaihdellessa ajoittain paikkaansa patellan ympärillä. Juoksuvauhdin kasvaessa tuntuu lisäksi polven takana jomotusta. Kipu vaivaa juoksulenkin alussa, mutta loppuu lenkin jälkeen. Polvikipu on vaivannut häntä ajoittain jo vuosien ajan.

Suurnopeuskamera-analyysi:

Juostessaan kengät jalassa kohdehenkilö käyttää päkiäaskellusta. Askelleveys on kapea, mutta tästä huolimatta askeleet pysyvät omilla linjoillaan. Jalkaterät osoittavat lievästi abduktioon. Kantaluut ovat molemmissa jaloissa maahantulovaiheessa inversiossa kääntyen maksimikosketusvaiheessa eversioon. Kantapäiden resupinaatio tapahtuu liian myöhään kantaluun ollessa edelleen lievässä eversiossa ponnistusvaiheen alussa (Kuva 2) eli kohdehenkilöllä on jalan takaosan pitkittynyt

pronaatio. Molemmiin puolin maahantulovaiheessa reisiluut ovat lievässä ulkokierrossa kääntyen maksimikosketusvaiheessa 2. varpaan kanssa samalle linjalle. Oikeassa reisiluussa tapahtuu tämän jälkeen lievä ulkokierto, mutta vasen reisiluu pysyy kiertojen suhteen samassa asennossa koko ponnistusvaiheen. Vasemman alaraajan maksimikosketusvaiheessa lantio pettää frontaalitasolla noin viisi astetta sen lisääntyessä lähestyttäessä ponnistusvaihetta (Kuva 2). Oikean alaraajan maksimikosketusvaiheessa lantio pettää frontaalitasolla noin kolme astetta. Jalan takaosan pitkittynyt pronaatio sekä lantion pettäminen frontaalitasolla ohjaavat reisiluuta sisäkiertoon altistaen patellan lateraaliselle siirtymiselle ja voivat aiheuttaa kohdehenkilölle patellofemoraalikipua.



Kuva 2. Kohdehenkilö B:n juoksussa esiintyviä virheitä

Paljain jaloin juostessa huomataan kohdehenkilön jalkaterien keskiosan pettävän sisäänpäin maksimikosketusvaiheessa. Tämä jalan keskiosan ylipronaatio säilyy ponnistusvaiheen alkuosaan asti, kun kantapää on jo noussut ilmaan, jolloin voidaan puhua lisäksi jalan keskiosan pitkittyneestä pronaatiosta. Muuten kohdehenkilön paljain jaloin juokseminen ei eroa kengät jalassa juoksemisesta.

PFPS Severity Scale -lomakkeen mukaan alkumittauksessa kohdehenkilön kokema kipu hölkän aikana oli 1,2 cm ja juoksun aikana 4,5 cm. **Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä** kohdehenkilön vasemman alaraajan navicular drop oli alkumittauksessa 5 mm ja oikean alaraajan 7 mm. Tämä kertoo, että pitkittäisen jalkaholvin jäykkyys on kohtuullinen.

8.2.3 Kohdehenkilö C

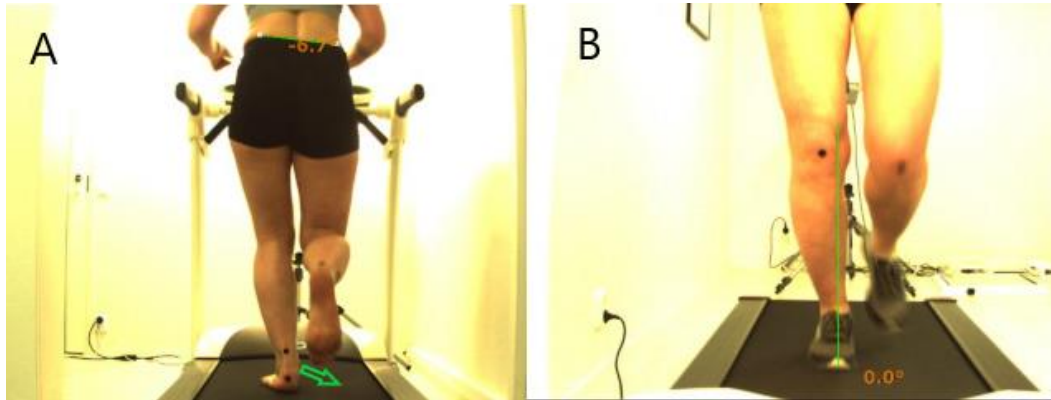
Kohdehenkilö C on 27-vuotias normaalipainoinen nainen, joka harrastaa aktiivisesti lentopalloa, juoksua ja kuntosaliharjoittelua. Tutkittavalle tulee epämääräistä kipua oikean polveen juoksun aikana, kyykistyessä sekä erityisesti noustaessa portaita. Kipu on häirinnyt tutkittavaa vuoden ajan. Sitä ennen hänellä on ollut kipuja vasemmassa polvessa ja oikeassa lonkassa. Kipuun auttaa lepo sekä joissain määrin myös kipulääkkeet ja kylmä.

Suurnopeuskamera-analyysi:

Juostessaan kengät jalassa kohdehenkilö käyttää kanta-askellusta. Askelleveys on kapea ja jalat menevät lievästi ristiin. Jalkaterä on hieman abduktiossa. Maahantulovaiheessa kantaluu on neutraalissa asennossa kääntyen eversioon maksimikosketusvaiheessa. Molemmissa alaraajoissa tapahtuu jalan takaosan pitkittynyt pronaatio sen ollessa vasemmassa alaraajassa hieman voimakkaampi. Maahantulovaiheessa oikea polvi on 2. varpaan lateraalipuolella ulkorotaation kasvaessa maksimikosketusvaiheen aikana (Kuva 3B), mutta kääntyen sisäkiertoon ponnistusvaiheessa. Vasen polvi on maahantulovaiheessa hieman 2. varpaan lateraalipuolella pysyen samalla linjalla maksimikosketusvaiheessa, mutta kääntyen sisäkiertoon 2. varpaan yläpuolelle ponnistusvaiheessa. Maksimikosketusvaiheessa vasen lantio pettää frontaalitasolla noin viisi astetta ja oikealla puolella 1-2 astetta. Jalan takaosan pitkittynyt pronaatio sekä lantion pettäminen frontaalitasolla ohjaavat reisiluuta sisäkiertoon altistaen patellan lateraaliselle siirtymiselle ja voivat aiheuttaa kohdehenkilölle patellofemoraalikipua.

Tarkasteltaessa paljain jaloin juoksua huomataan kohdehenkilön jalan keskiosan pettävän sisäänpäin maksimikosketusvaiheessa (Kuva 3A). Jalkaholvi pysyy laskeutuneena vielä kantapään noustessa alustalta eli kyseessä on jalan keskiosan pitkittynyt pronaatio. Paljain jaloin juostessa on havaittavissa hieman suurempaa lantion pettämistä frontaalitasolla maksimikosketusvaiheessa (Kuva 3A). Muilta osin henkilön paljain jaloin juokseminen ei eroa kengät jalassa juoksemisesta.

PFPS Severity Scale -lomakkeen mukaan alkumittauksessa kohdehenkilön kokemaa kipua oli hölkän ja juoksun aikana 3,3 cm. **Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä** kohdehenkilön vasemman alaraajan navicular drop oli alkumittauksessa 8 mm ja oikean alaraajan 7 mm. Tämä kertoo, että pitkittäisen jalkaholvin jäykkyys on kohtuullinen.



Kuva 3. Kohdehenkilö C:n juoksussa esiintyviä virheitä

8.2.4 Kohdehenkilö D

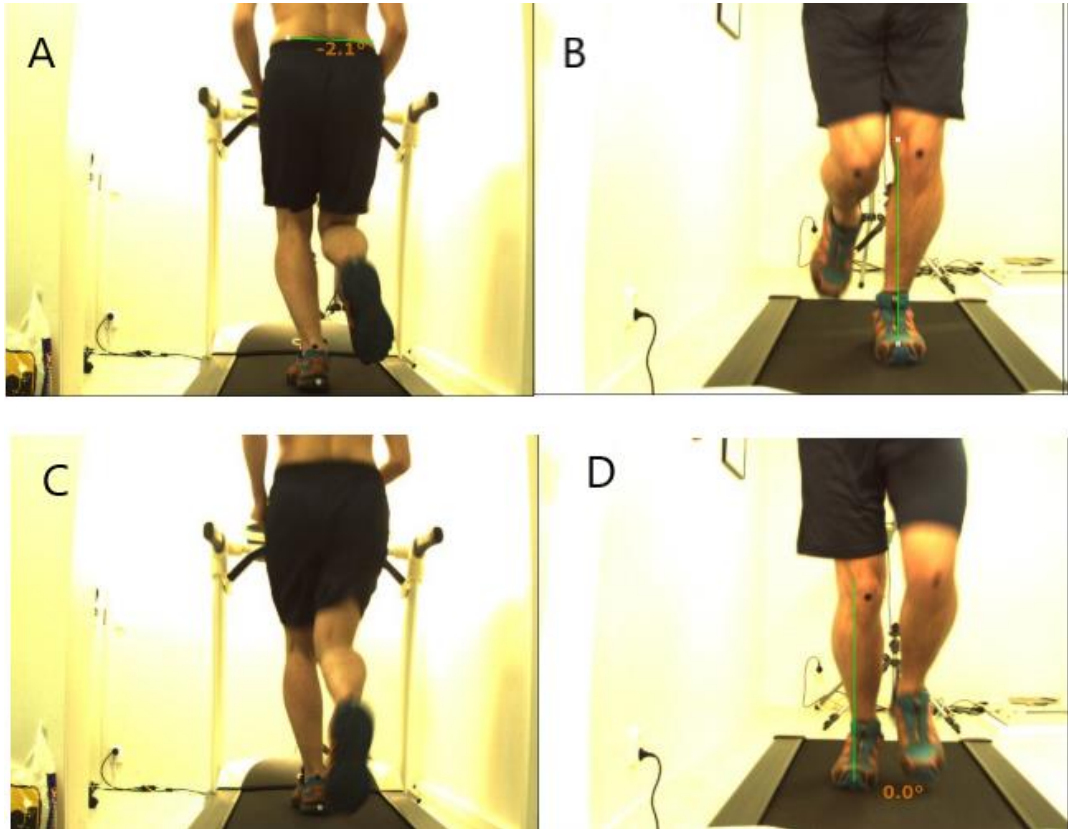
Kohdehenkilö D on 26-vuotias toimistotyötä tekevä normaalipainoinen mies, joka on harrastanut juoksua 4-6 vuotta. Juoksukilometrejä hänelle kertyy viikossa noin 40-50 km. Tutkittava pitää erityisesti maastossa juoksemisesta. Hän pitää pitkien matkojen kuten maratonien ja ultramaratonien juoksemisesta. Hän harrastaa lisäksi satunnaisesti vaeltamista. Juoksun aikana hänelle ilmaantuu vasemman polven sisäisivulle välillä jopa lamaannuttava kipua, joka on pahimmillaan johtanut kyydin soittoon kesken lenkin. Poluilla juokseminen on auttanut paljon, mutta polvikipu vaijaa edelleen. Kipu ei tunnu välttämättä joka juoksulenkillä. Kipu menee ohitse aina levolla siten, että seuraavana päivänä hän pystyy jälleen juoksemaan. Hän on käynyt fysioterapeutilla kaksi vuotta sitten, jolta saanut venyttelyohjeita, joita ei enää noudata, sillä ei huomannut niiden auttavan. Kohdehenkilö D ei päässyt ensimmäiseen mittaukseen, joten raportoimme hänen lähtötilanteensa toisen mittauksen perusteella juuri ennen intervention alkua.

Suurnopeuskamera-analyysi:

Juostessaan kengät jalassa kohdehenkilö käyttää kanta-askellusta. Askelleveys on kapea ja jalat menevät osittain ristiin (Kuva 4C). Jalkaterät ovat hänellä lievästi abduktiossa. Maahantulovaiheessa kantaluu on lievässä inversiossa kääntyen maksimikosketusvaiheessa eversioon. Hänen jalkansa takaosassa tapahtuu pitkittynyt pronaatio. Kohdehenkilöllä on myös voimakas jalan keskiosan pronaatio molemmissa jaloissa sekä maksimikosketusvaiheessa, että ponnistusvaiheessa, jonka pystyy havaitsemaan, vaikka hänellä on kengät jalassa (Kuva 4A). Sekä maahantulovaiheessa että maksimikosketusvaiheessa oikea reisiluu on sisäkierrrossa ja ponnistusvaiheessa reisiluun sisäkierto lisääntyy. Vasemman alaraajan maahantulovaiheessa ja maksimikosketusvaiheessa reisiluu on ulkorotaatiossa (Kuva 4B) kääntyen ponnistusvaiheessa hieman sisärotaatioon polven osoittaessa edelleen 2. varpaaseen nähden lateraalisesti. Maksimikosketusvaiheessa vasen lantio pettää noin kaksi astetta ja oikealla puolella 5-6 astetta. Subtalaarinivelen pitkittynyt pronaatio ja lantion pettäminen frontaalitasolla ohjaavat reisiluuta sisäkiertoon altistaen patellan lateraaliselle siirtymiselle ja voivat aiheuttaa kohdehenkilölle patellofemoraalikipua.

Juostaessa paljain jaloin kohdehenkilön askellus muuttuu päkiä-/keskijalka-askel-lukseksi. Lisäksi huomataan maksimikosketusvaiheessa vasemman puolen lantion pysyvän paremmin vakaana, sillä lantio ei laskeudu vaakatason alapuolelle. Myös oikealla puolella maksimikosketusvaiheessa lantion pettäminen frontaalitasolla on pienentynyt noin kolmeen asteeseen. Maahantulovaiheessa oikea reisiluu on ulko-kierrossa ja maksimikosketusvaiheessa sekä ponnistusvaiheessa täysin linjassa 2. varpaan kanssa. Tämä on myös parannus verrattuna kengät jalassa juoksemiseen. Oikeassa reisiluussa tapahtuu myös vähemmän sisäkiertoa koko askelsyklin aikana verrattuna kengät jalassa juoksemiseen. Nämä erot voivat selittyä pakaralihasten aikaisemman aktivaation seurauksena, mikä on liitetty paljasjalkajuoksemiseen.

PFPS Severity Scale -lomakkeen mukaan alkumittauksessa kohdehenkilön kokema kipu hölkän aikana oli 0,2 cm ja juoksun aikana 0,3 cm. **Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä** kohdehenkilön vasemman alaraajan navicular drop oli alkumittauksessa 15 mm ja oikean alaraajan 13 mm. Tämä kertoo, että pitkittäisen jalkaholvin jäykkyys on heikko.



Kuva 4. Kohdehenkilö D:n juoksussa esiintyviä virheitä

9 TUTKIMUSTULOKSET

Tuloksissa vertaamme kohdehenkilöiden alku- (2. mittauskerta) ja loppumittauksen (4. mittauskerta) välisiä eroja. Muita mittauskertoja emme raportoi, koska tutkimusmetodimme vaihtui opinnäytetyön edetessä yksittäistapaustutkimuksesta tapaustutkimukseen tulosten raportoinnin selkeyttämiseksi. Tuomme tarvittaessa tapauskohtaisesti esiin alku- ja loppuseurantavaiheen mittaus tulokset. PFPS Severity Scale -lomakkeesta raportoimme kipukokemukset ainoastaan hölkän ja juoksun osalta, sillä nämä ovat opinnäytetyömme kannalta keskeisimmät muuttujat. Kohdehenkilöiden kokema kipu kyselyn muissa kohdissa oli vähäistä emmekä katsoneet tarpeelliseksi analysoida tuloksia, joissa ei tapahtunut juurikaan muutoksia. Suurnopeuskamera-analyysissä juoksuvauhti vakioitiin kullekin kohdehenkilölle heidän henkilökohtaisen juoksuvauhtinsa mukaan. Jokaisella mittauskerralla käytettiin kohdehenkilöillä samoja juoksunopeuksia, jotka vaihtelivat kohdehenkilöiden välillä 8-10 km/h.

9.1 Kohdehenkilö A

Kohdehenkilö A:n juostessa paljasjalkakengillä hänen juoksutyylinsä muuttui kanta-askelluksen sijaan keskijalka-askellukseksi (Kuva 5). Kohdehenkilön askelleveys on hieman leventynyt. Jalkaterät ovat edelleen lievässä abduktiossa. Jalan takaosan pitkittynyt pronaatio on säilynyt ennallaan. Oikea polvi ei ole enää maahantulovaiheessa polvilinjan sisäpuolella, vaan se on 2. varpaan kanssa samassa linjassa. Polvi ohjautuu kuitenkin entiseen tapaansa polvilinjan sisäpuolelle maksimikosketusvaiheessa pysyen siellä myös koko ponnistusvaiheen ajan. Vasen polvi on maahantulovaiheessa 2. varpaan kanssa samassa linjassa, mutta maksimikosketusvaiheessa sekä ponnistusvaiheessa polvinivel ohjautuu polvilinjan sisäpuolelle. Vasemman alaraajan maksimikosketusvaiheessa lantio pettää frontaalitasolla edelleen yhtä voimakkaasti. Kohdehenkilön juoksutyylin vaihduttua kanta-askelluksesta keskijalka-askellukseksi on polven kuormitus voinut vähentyä. Tällä saattaa olla vaikutusta polvikipujen vähenemiseen.

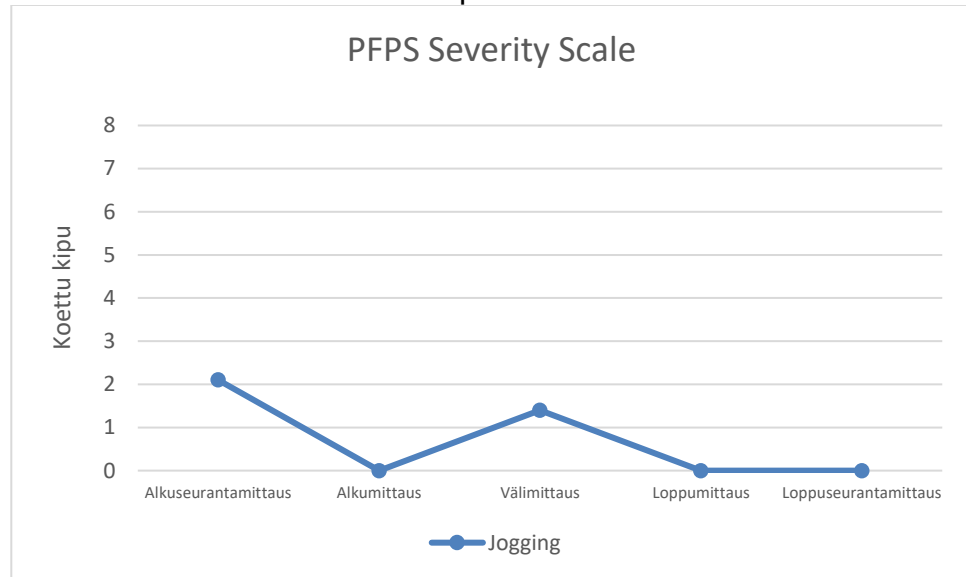


Kuva 5. Kohdehenkilö A:n juoksussa tapahtuneet muutokset

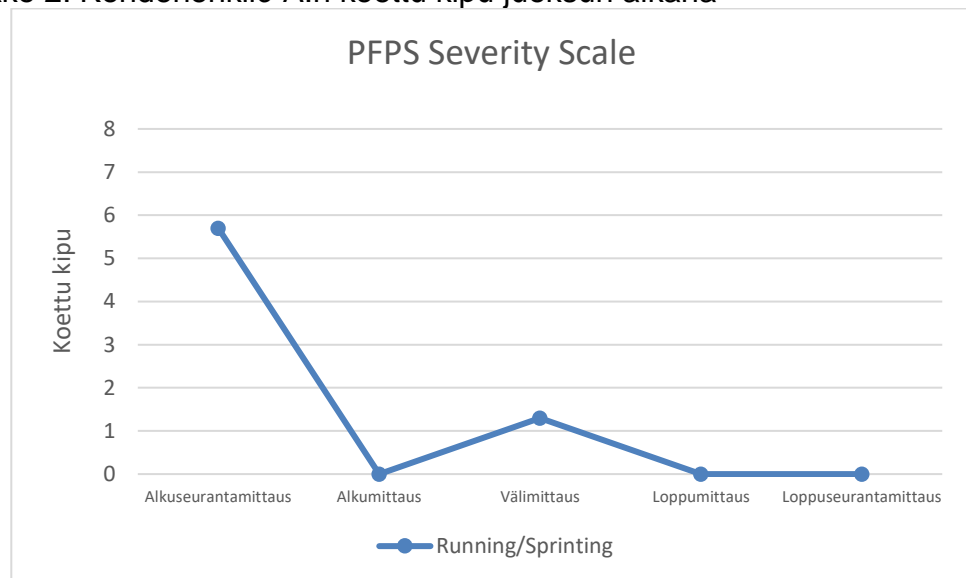
PFPS Severity Scale:lla mitattuna kohdehenkilö A:n kokema kipu väheni intervention aikana hölkässä 2,1 cm:stä (Taulukko 1) ja juoksussa 5,7 cm:stä (Taulukko 2) täysin oireettomiksi. Alkumittausta edeltävänä viikkona kohdehenkilö oli juossut vähän, jolloin hänen polvikipunsa oli myös vähäisempää. Tämän takia vertasimme hänen tuloksiaan alkuseurantamittaukseen, jolloin hän oli juossut säännöllisemmin.

Kohdehenkilö A:n polvikipu on vähentynyt intervention aikana samalla, kun hänen juoksutyylinsä on vaihtunut kanta-askelluksesta päkiä/keskijalka-askellukseksi.

Taulukko 1. Kohdehenkilö A:n koettu kipu hölkän aikana

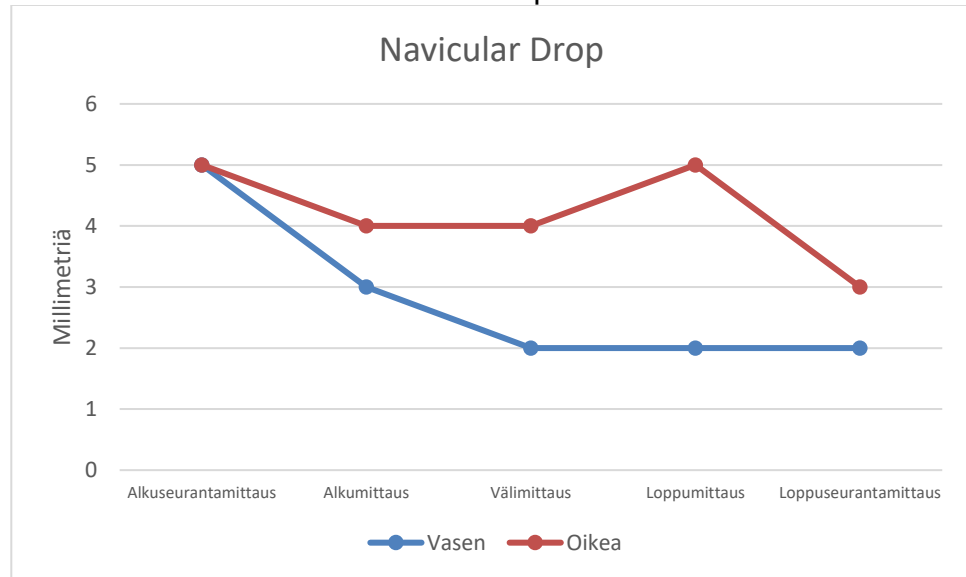


Taulukko 2. Kohdehenkilö A:n koettu kipu juoksun aikana



Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä kohdehenkilö A:n vasemman alaraajan navicular drop väheni alkumittauksen 3 mm:stä loppumittauksen 2 mm:iin. Oikean alaraajan navicular drop suureni alkumittauksen 4 mm:stä loppumittauksen 5 mm:iin (Taulukko 3). Pitkittäisen jalkaholvin jäykkyydessä ei siis tapahtunut suuria muutoksia.

Taulukko 3. Kohdehenkilö A:n Navicular Drop tulokset



9.2 Kohdehenkilö B

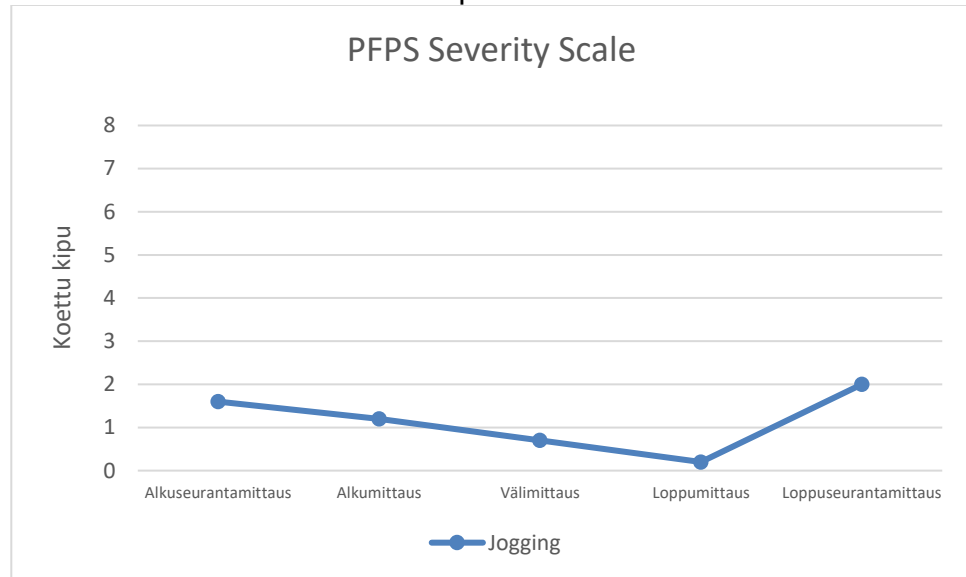
Kohdehenkilö B:n juostessa paljasjalkakengillä hänen askelleveytensä ei ole korjaantunut. Hänen jalkateränsä ovat edelleen lievässä abduktiossa. Kohdehenkilöllä on yhä jalan takaosan pitkittynyt pronaatio ja hänen lantionsa pettää frontaalitasolla edelleen yhtä voimakkaasti (Kuva 6). Polvilinjaukset ovat säilyneet kohdehenkilöllä samana. Hänen juostessa paljain jaloin todetaan edelleen jalan keskiosan pitkittynyt pronaatio. Kohdehenkilö B:n biomekaniikka on pysynyt intervention aikana samankaltaisena, jolloin biomekaniikan osuus kohdehenkilön polvikivun vähenemiseen on epäselvä.



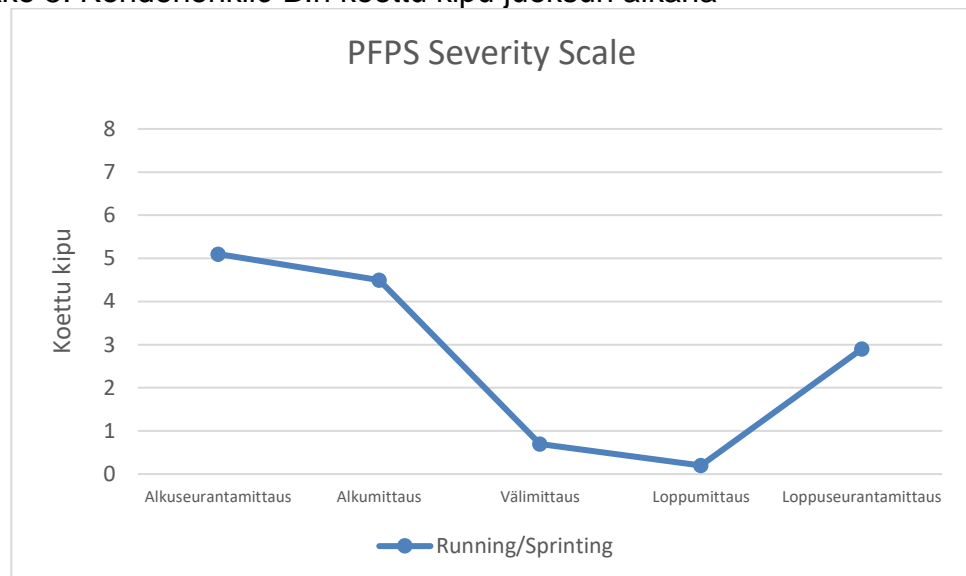
Kuva 6. Kohdehenkilö B:n juoksussa tapahtuneet muutokset

PFPS Severity Scale:lla mitattuna kohdehenkilö B:n kokema kipu hölkän aikana väheni alkumittauskerran 1,2 cm:stä loppumittauskerran 0,2 cm:iin (Taulukko 4). Juoksun aikana kokema kipu väheni alkumittauskerran 4,5 cm:stä loppumittauskerran 0,2 cm:iin (Taulukko 5). Kohdehenkilö B:n siirryttyä intervention jälkeen paljasjalkakengistä takaisin tavallisiin juoksukenkiin, alkoivat molemmat jalkaterät oireilemaan. Lisäksi hänen vasemman polven kipu palasi takaisin. Alkuseurantavaiheessa kohdehenkilön kokema kipu pysyi samankaltaisena ollen hieman suurempi alkuseurantamittauksessa kuin alkumittauksessa. Kohdehenkilön kokema polvikipu hölkän aikana väheni intervention aikana, mutta palasi kohdehenkilön siirryttyä loppumittauksen jälkeen käyttämään tavallisia juoksukenkiä.

Taulukko 4. Kohdehenkilö B:n koettu kipu hölkän aikana

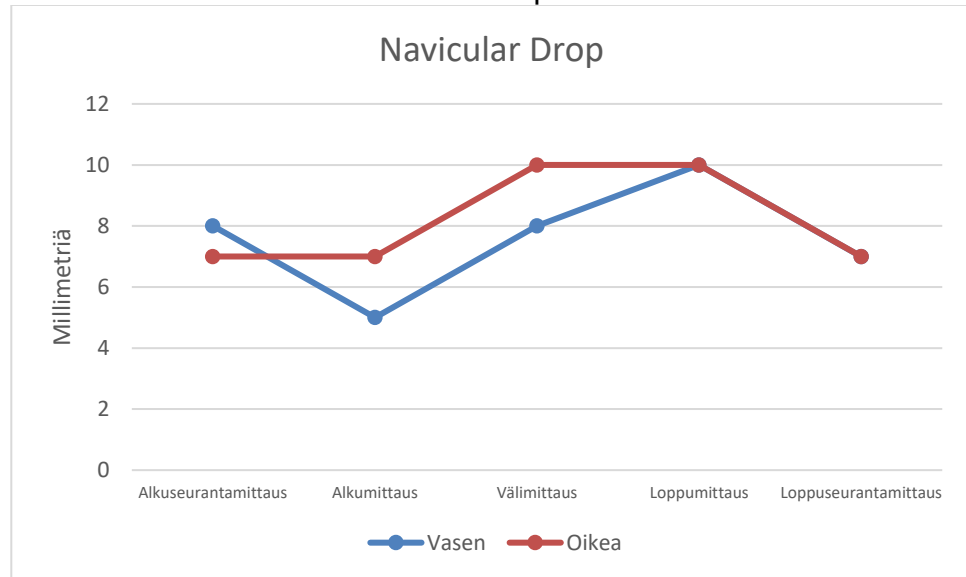


Taulukko 5. Kohdehenkilö B:n koettu kipu juoksun aikana



Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä kohdehenkilö B:n navicular drop oli alkumittauksessa vasemmassa alaraajassa 5 mm ja loppumittauksessa 10 mm. Oikeassa alaraajassa navicular drop oli alkumittauksessa 7 mm ja loppumittauksessa 10 mm (Taulukko 6). Navicular drop oli alkumittauksessa parempi kuin loppumittauksessa eli pitkittäisen jalkaholvin jäykkyys intervention aikana on heikentynyt. Loppuseurantavaiheen aikana navicular drop pieneni 10 mm:stä 7 mm:iin molemmissa jaloissa.

Taulukko 6. Kohdehenkilö B:n Navicular Drop tulokset



9.3 Kohdehenkilö C

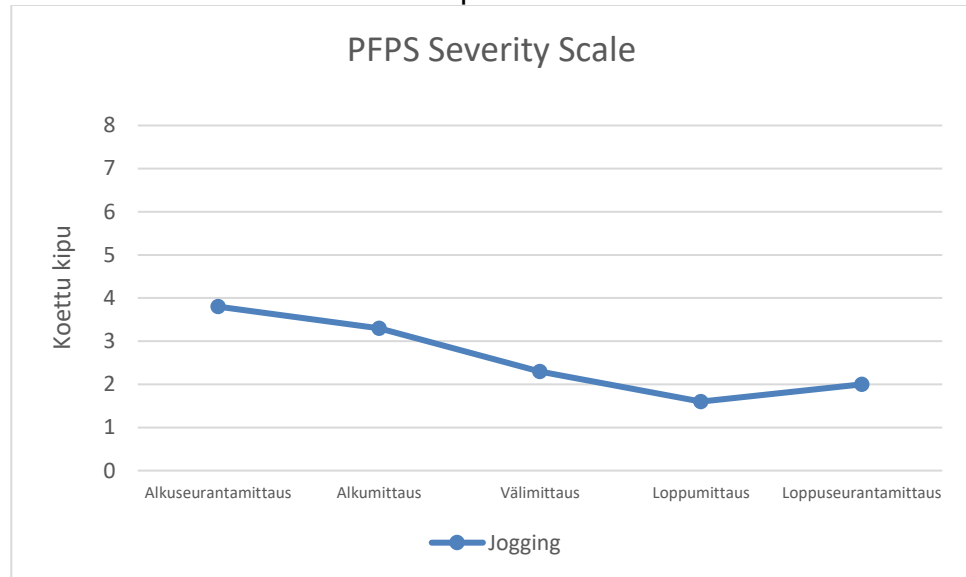
Kohdehenkilö C:n juostessa paljasjalkakengillä hänen juoksupansansa on säilynyt kanta-askelluksena (Kuva 7). Askelleveys on säilynyt kapeana ja jalkaterät ovat edelleen lievässä abduktiossa. Hänellä on edelleen nähtävissä jalan takaosan pitkittynyt pronaatio. Vasen polvi on maksimikosketus- ja ponnistusvaiheessa siirtynyt 2. varpaan lateraalipuolelta mediaalipuolelle. Maksimikosketusvaiheessa kohdehenkilön lantio pettää frontaalitasolla samoin kuin aikaisemmin. Kohdehenkilön polvikipujen vähentymisen taustalla saattaa olla muita biomekaanisia tekijöitä, joita emme tutkineet. Näitä ovat esimerkiksi askelpituuden ja -tiheyden muutokset.



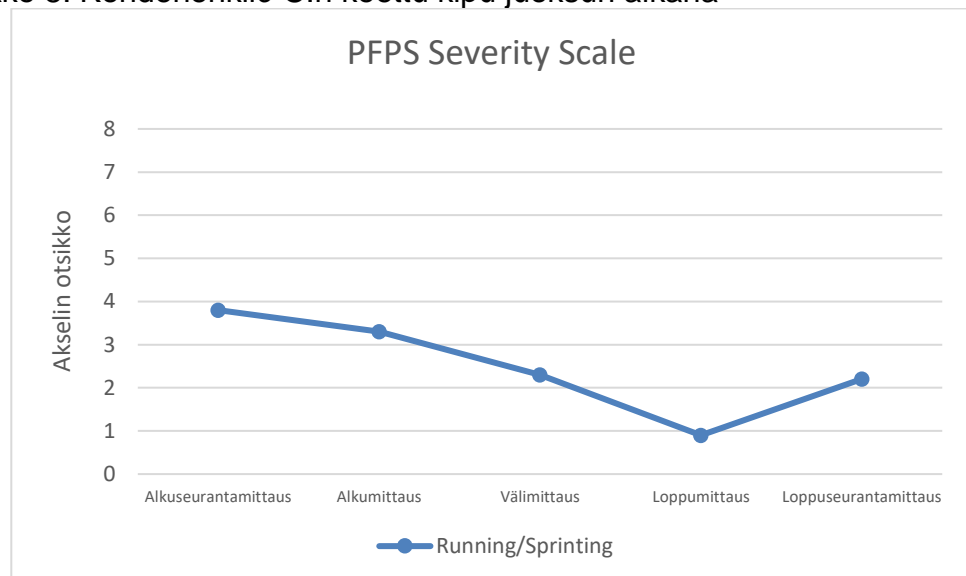
Kuva 7. Kohdehenkilö C:n juoksussa tapahtuneet muutokset

PFPS Severity Scale:lla mitattuna kohdehenkilö C:n hölkän aikana kokema polvikipu on vähentynyt alkumittauksen 3,3 cm:stä loppumittauksen 1,6 cm:iin (Taulukko 7). Juostessa polvikipu on vähentynyt samassa ajassa 3,3 cm:stä 0,9 cm:iin (Taulukko 8). Alkuseurantavaiheessa polvikipu oli hieman alkumittauskertaa suurempi. Loppuseurantavaiheen aikana polvikipu suureni juoksun aikana 0,9 cm:stä 2,2 cm:iin. Hölkässä polvikipu suureni samassa ajassa 1,6 cm:stä 2 cm:iin.

Taulukko 7. Kohdehenkilö C:n koettu kipu hölkän aikana

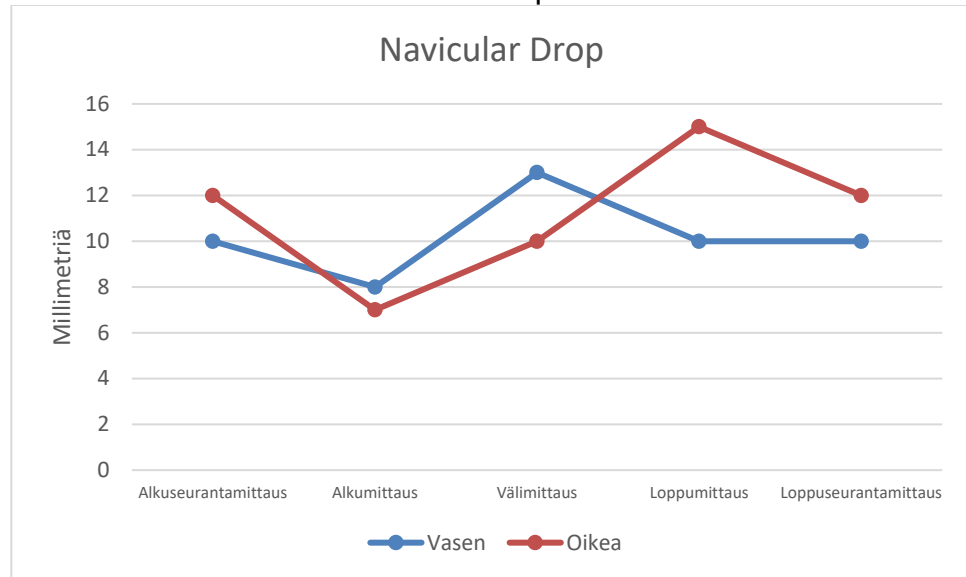


Taulukko 8. Kohdehenkilö C:n koettu kipu juoksun aikana



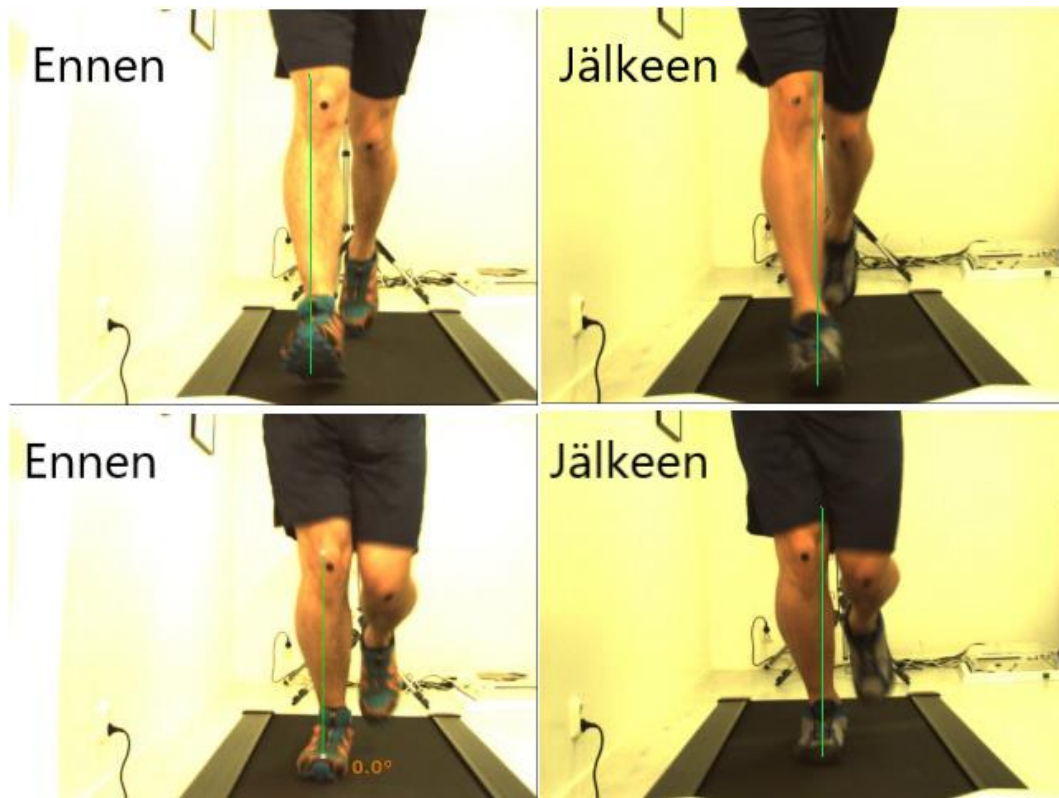
Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä kohdehenkilö C:n tulokset ovat vaihdelleet molemmissa jaloissa mittauskertojen välillä (Taulukko 9). Intervention aikana vasemman alaraajan navicular drop on kasvanut 8 mm:stä 10 mm:iin. Oikean alaraajan navicular drop on kasvanut 7 mm:stä 15 mm:iin eli jalkaholvin jäykkyys on heikentynyt. Alkuseurantavaiheessa navicular drop on molemmissa jaloissa selkeästi laskenut. Loppuseurantavaiheessa oikean alaraajan navicular drop on pysynyt samana, mutta vasemman alaraajan navicular drop on hieman laskenut.

Taulukko 9. Kohdehenkilö C:n Navicular Drop tulokset



9.4 Kohdehenkilö D

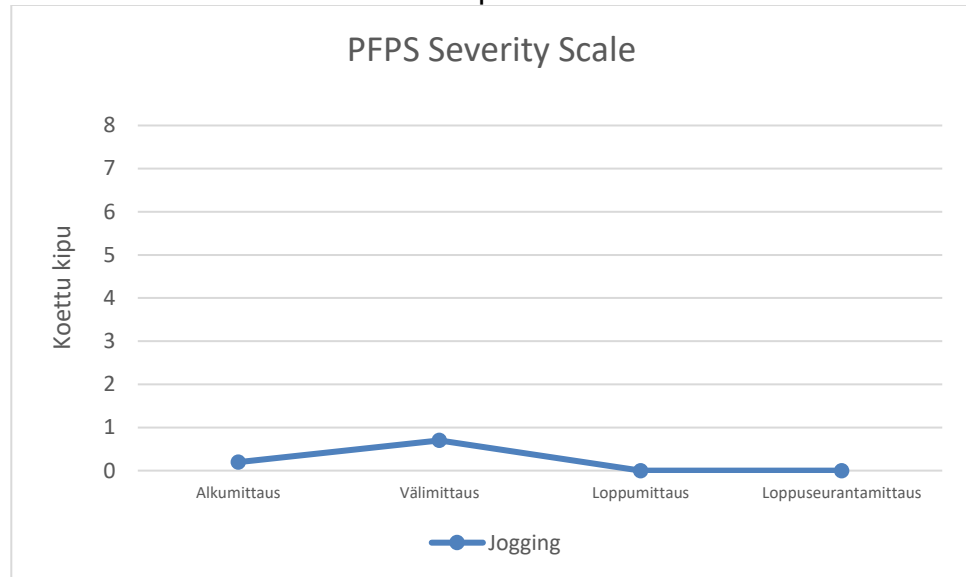
Kohdehenkilö D:n juostessa paljasjalkakengillä, hänen juoksutyyliinsä muuttui kanta-askelluksen sijaan päkiäaskellukseksi (Kuva 8). Askelleveys on säilynyt kaapeana ja jalkaterät ovat edelleen lievässä abduktiossa. Jalan taka- ja keskiosan pitkittynyt pronaatio on edelleen nähtävissä. Oikea polvi pysyy alkutilannetta paremmin linjassaan maahantulo- ja maksimikosketusvaiheessa, mutta ponnistusvaiheessa polven ulkorotaatio jää edelleen vajaaksi. Vasemman polven linjaukset ovat pysyneet samana. Vasemman jalan maksimikosketusvaiheessa lantio pysyy hie- man paremmin vakaana. Oikean jalan maksimikosketusvaiheessa lantio pettää frontaalitasolla edelleen yhtä voimakkaasti. Kohdehenkilön juoksutyylin vaihduttua kanta-askelluksesta päkiä/keskijalka-askellukseksi on polven kuormitus voinut vähenyä. Tällä saattaa olla vaikutusta polvikipujen vähenemiseen.



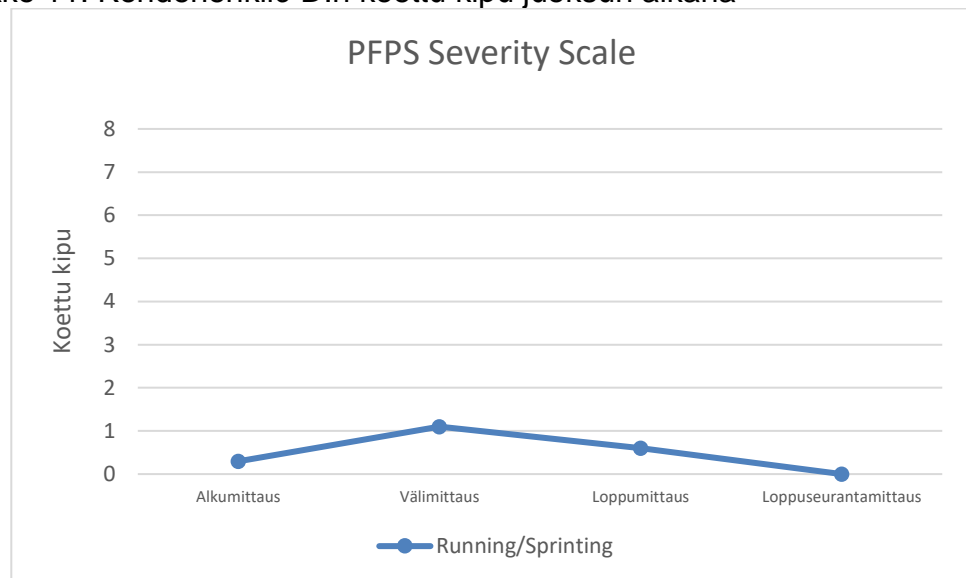
Kuva 8. Kohdehenkilö D:n juoksussa tapahtuneet muutokset askellustavassa ja polven linjauksessa

PFPS Severity Scale:lla mitattuna kohdehenkilö D:n hölkän aikana kokema polvikipu on vähentynyt alkumittauksen 0,2 cm:stä loppumittauksen 0 cm:iin (Taulukko 10). Alkumittauksessa polvikipu oli juoksun aikana 0,3 cm ja loppumittauksessa 0,6 cm (Taulukko 11). Kohdehenkilö D:llä ei ollut alkuseurantavaihetta.

Taulukko 10. Kohdehenkilö D:n koettu kipu hölkän aikana

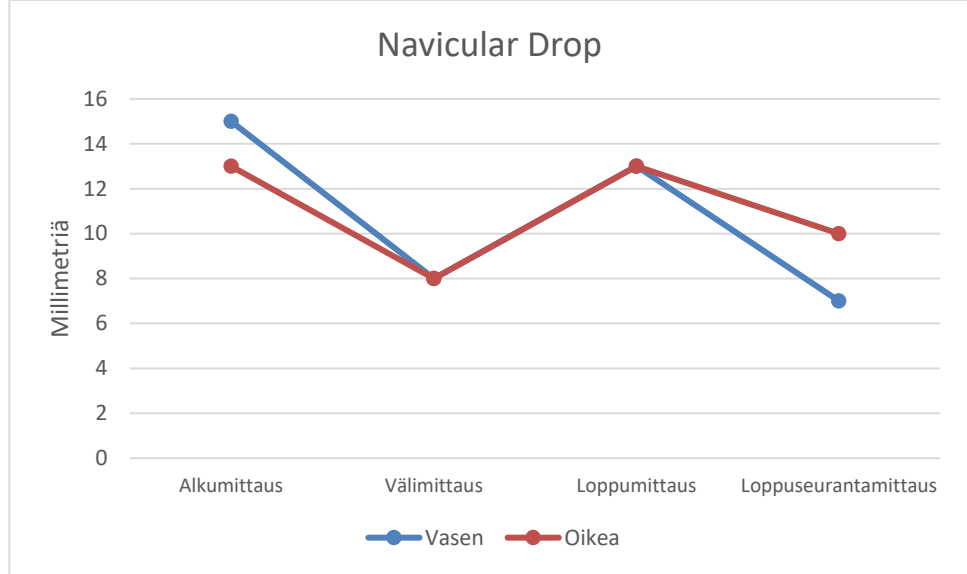


Taulukko 11. Kohdehenkilö D:n koettu kipu juoksun aikana



Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä kohdehenkilö D:n vasemman alaraajan navicular drop oli alkumittauksessa 15 mm ja loppumittauksessa 13 mm (Taulukko 12) eli jalkaholvin jäykkyydessä ei tapahtunut suurta muutosta. Oikean alaraajan navicular drop oli sekä alku- ja loppumittauksessa 13 mm. Loppuseurantavaiheessa kohdehenkilön navicular drop väheni oikeassa alaraajassa 10 mm:iin ja vasemmassa 7 mm:iin. Kohdehenkilö D:llä ei ollut alkuseurantavaihetta.

Taulukko 12. Kohdehenkilö D:n Navicular Drop tulokset



10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kohdehenkilöiden juoksun biomekaniikassa ei tapahtunut intervention aikana suuria muutoksia suurnopeuskameran avulla arvioituna. Kohdehenkilö A siirtyi intervention aikana kanta-askelluksesta keskijalka-askellukseen. Kohdehenkilö B:n juoksun biomekaniikka ei muuttunut intervention aikana ja hän jatkoi päkiäaskelluksen käyttämistä. Kohdehenkilö C:n juoksun biomekaniikka ei muuttunut intervention aikana ja hän jatkoi kanta-askelluksen käyttämistä. Kohdehenkilö D siirtyi intervention aikana kanta-askelluksesta päkiäaskellukseen.

Harjoitusintervention aikana kohdehenkilö A:n, B:n ja C:n kokema kipu holkässä ja juoksussa väheni PFPS Severity Scale -lomakkeella mitattuna. Kohdehenkilö D:n koettu kipu holkän ja juoksun aikana pysyi vähäisenä koko intervention ajan PFPS Severity Scale -lomakkeella mitattuna. Kohdehenkilö A:lla ja D:llä pitkittäisen jalkaholvin jäykkyys lisääntyi Sit-to-Stand Navicular Drop -testillä mitattuna, mutta kohdehenkilö B:llä ja C:llä ei vastaavia muutoksia tapahtunut.

POHDINTA

Valitsimme aiheen, koska meitä kiinnostaa tuki- ja liikuntaelinongelmien fysioterapia. Halusimme syventyä juoksun analysointiin ja alaraajoissa tapahtuviin biomekaanisiin tekijöihin juoksun aikana. Opinnäytetyön aihetta miettiessämme oli selvää, että haluamme tehdä paljasjalkakengillä juoksemiseen liittyvän työn. Lopullinen aihe muotoutui opettajamme kanssa keskustellessa ja valitsimme patellofemoraalikipun, koska se on hyvin yleinen ongelma juoksijoilla.

Opinnäytetyöprosessimme alkoi keväällä 2018 aihetta miettimällä. Tarkka aihe muotoutui syksyn 2018 aikana ja sen varmistuttua aloitimme tiedonhakuprosessin alamme tietokannoista. Tutkittua tietoa aiheesta löytyi hyvin, ja teoreettisen viitekehysten pääkohdat muotoutuivat nopeasti. Opinnäytetyön haasteena oli sen paisuminen liian suureksi. Pelkästään juoksun biomekaniikka on laaja ja syvälinen aihe. Jouduimme rajaamaan aihetta, mutta pyrimme syventymään opinnäytetyömme kannalta keskeisiin osa-alueisiin. Aloitimme kirjoittamaan teoreettista viitekehystä vuodenvaihteen jälkeen. Kohdehenkilöiden rekrytointi oli odotettua haastavampaa, mutta saimme alkuvuodesta neljä inklusiokriteerit täyttävää kohdehenkilöä. Saimme ennen intervention alkua Feelmaxilta paljasjalkakengät kohdehenkilöille. Osa paljasjalkakengistä osoittautui kohdehenkilöiden mielestä liian pieniksi tai suuriksi. Kenkien vaihtamisen takia osalla kohdehenkilöistä intervention aloitus hieman viivästyi. Vaihto oikeankokoisiin paljasjalkakenkiin onnistui vaivatta.

Mittaukset tehtiin pääosin Seinäjoen Aktiivifysioterapian toimitiloissa. Saimme järjestettyä vapaita aikoja siten, että pystyimme tekemään mittaukset aikataulun mukaisesti. Saimme hyvän perehdytyksen yhteistyökumppaniltamme suurnopeuskameran käytöstä.

Tavoitteenamme oli ennen kesän alkua saada teoreettinen viitekehys valmiiksi, jolloin syksyille jäisi ainoastaan tulosten analysointi. Teoreettinen viitekehys valmistuikin ajallaan pieniä korjauksia lukuun ottamatta. Intervention ollessa pitkä jäi tulosten analysointiin vain muutama viikko aikaa. Tulosten analysoiminen osoittautui odotettua haastavammaksi suuren aineiston takia. Jouduimme miettimään, mitä tuloksia analysoimme ja mitkä ovat olennaisia tutkimusongelmiemme kannalta. Teorian pohjalta olimme odottaneet, että kohdehenkilöillä tapahtuisi intervention aikana juoksun

biomekaniikassa suurempia muutoksia kuin aineistosta havaitsimme. Kohdehenkilöiden koettu kipu juoksun aikana kuitenkin väheni. Tähän syynä saattaa olla mahdollinen askeltiheyden lisääntyminen ja askelpituuden lyhentyminen.

Juoksun analysoimiseen suurnopeuskamera soveltui hyvin. Opettelimme etukäteen käyttämään suurnopeuskameraa sekä Templo-analysointiohjelmää yhteistyökumppanimme ohjeistamana. Suurnopeuskameralla kuvatusta videosta tallensimme juoksussa tapahtuvista tärkeistä vaiheista kuvia itsellemme. Näitä pystyimme jälkikäteen analysoimaan tarkemmin. Suurnopeuskamera-analyysin luotettavuuteen on voinut vaikuttaa merkittyjen markkerien sijainti. Kantaluun ollessa pieni on markkerien merkitseminen samalle kohtaa eri kerroilla haasteellista. Pieni heitto markkerien sijainnissa eri mittauskertojen välillä voi antaa väärän kuvan kantaluun asennosta. Käytimme markkereita ainoastaan suuntaa antavana apuna ja teimme analyysin sen pohjalta, miltä kantaluun asento näytti kokonaisuudessaan.

Käytimme polven linjauksien tutkimiseen apuna 2. varpaan kohdalta piirrettyä vertikaalista viivaa. Tämän viivan tulisi olla maahantulo- ja maksimikosketusvaiheessa patellan alakärkeen kiinnitetyn markkerin kanssa samalla linjalla. Ponnistusvaiheessa reisiluun ulkorotaation myötä polven tulisi linjautua 2. varpaaseen nähden lateraalisesti. Osalla kohdehenkilöistämme oli havaittavissa selkeää lonkkanivelen adduktiota ja sisäkiertoa, mutta siitä huolimatta polvi saattoi olla 2. varpaan kanssa samassa linjassa tai jopa sen lateraalipuolella. Koimme tämän analysointitavan heikkoutena. Näin ollen kyseenalaistamme väitteen, että polven tulisi olla 2. varpaaseen nähden tietyllä linjalla juoksun eri vaiheissa, sillä se ei kerro luotettavasti lonkkanivelen adduktiosta eikä sisärotaatiosta. Polven linjauksen tutkimisessa tulisi ottaa huomioon myös sen suhde lonkkaniveleen pelkän 2. varpaan sijasta. Näin voitaisiin laskea frontaalitason projektiokulma. Kuvakulmamme edestä olisi pitänyt olla hieman korkeammalla, jotta olisimme voineet nähdä kohdehenkilöiden lantion ja laskea siitä frontaalitason projektiokulman.

PFPS Severity Scale -lomakkeen valitsimme, koska se on suunnattu erityisesti patellofemoraalikivusta kärsiville. Kyselyssä oli kymmenen eri kohtaa, mutta päädyimme analysoimaan vain kahta. Valitsimme hölkän ja juoksun, sillä ne sopivat parhaiten tutkimusongelmiimme. Alkuperäisessä kyselylomakkeessa kipujan

tuus on kymmenen senttimetriä, mutta huomasimme vasta ensimmäisen mittauskerran jälkeen, että tulostamassamme versiossa janan pituus on vain 8,5 senttimetriä. Tämä täytyy ottaa huomioon lukiessa tuloksia. Huomioimme tämän tutkimustuloksissa taulukoita tehdessä. Vakioimme taulukoiden pysty akselin maksiarvon 8,5 senttimetriin helpottaaksemme tulosten tulkintaa. Tuloksiin janan pituudella ei ole merkitystä, sillä koettu kipu suhteutetaan janan pituuteen. Kysely oli välttämätön mittaamaan kohdehenkilöiden subjektiivista kipua juoksun aikana ja oli siten olennainen mittari opinnäytetyössämme.

Jalkaholvin jäykkyyden mittaamiseksi ei tällä hetkellä ole paljon mittareita. Navicular Drop -testi on näistä yleisin, mutta valitsimme Sit-to-Stand Navicular Drop -testin sen ollessa luotettavampi. Sit-to Stand Navicular Drop -testissä navicularen merkkäminen aina samasta kohtaa osoittautui haastavaksi. On todennäköistä, että mittasimme joka kerta hieman eri kohdasta. Testissä mitataan navicularen laskeutumista siirryttäessä painoa kantamattomasta tilanteesta painoa kantavaan ja tällöin muutaman millin vaihtelu ei välttämättä vaikuta erotukseen merkitsevästi. Olimme odottaneet Sit-to-Stand Navicular Drop -testissä yhdenmukaisempia tuloksia. Tulokset vaihtelivat mittauskertojen välillä huomattavasti eikä selvää laskua tai nousua ollut havaittavissa. Huomasimme, ettei testin tulokset korreloineet välttämättä juoksun aikana tapahtuvaan jalkaholvin laskeutumiseen. Esimerkiksi kohdehenkilö A:lla navicular drop oli jokaisella mittauskerralla hyvä, mutta silti juoksun aikana hänen pitkittäinen jalkaholvi laskeutui liikaa.

Suurnopeuskamera-analyysissä kohdehenkilöiltä paljastui juoksun biomekaniikan virheitä, joita olimme odottaneet teorian pohjalta. Lantion pettäminen frontaalitasolla on yleistä patellofemoraalikivusta kärsivillä. Nykytiedon valossa lantion pettäminen frontaalitasolla saattaa olla kuitenkin syyn sijaan seurausta patellofemoraalikivusta (Rathleff ym. 2014). Lantion pettämistä frontaalitasolla tapahtui jokaisella kohdehenkilöllä. Myös jalan pitkittynyt pronaatio oli kohdehenkilöillä yleistä. Oletuksena meillä oli pitkittyneen pronaation väheneminen kohdehenkilöillä. Tutkimusten mukaan paljasjalkakenkien käyttäminen vahvistaa intrinsic-lihaksia (Miller ym. 2014) ja siten voisi vähentää pitkittyntä pronaatiota. Tätä ei kuitenkaan tapahtunut kohdehenkilöillä intervention aikana. Pitkittyneen pronaation taustalla voi olla myös useita muita syitä, kuten ylemmän nilkkanivelen vajaa dorsiflexio, 1-säteen puutteellinen

plantaarifleksio, vajaa painonsiirto tukijalan päälle tai jäykkä isovarpaan tyvinivel (Sandström & Ahonen 2011, 302, 319, 321).

Saavutimme asetetut tavoitteet ja saimme vastaukset tutkimusongelmiin. Suunnitelimme mittauskerrat etukäteen huolellisesti ja toimimme tutkimustilanteissa eettisesti ja asiantuntevasti. Valmiiksi suunnitellut mittauskerrat oli helppo toteuttaa.

Harjoituspäiväkirjan perusteella kohdehenkilöt ovat pitäneet paljasjalkakenkiä vaihtelevasti. Kohdehenkilö B ja C ovat pitäneet niitä lähes jokaisella juoksulenkillä useita kertoja viikossa. Kohdehenkilö A ja D ovat pitäneet paljasjalkakenkiä satunnaisesti. Kaikki kohdehenkilöt pitivät paljasjalkakengillä juoksemisesta ja kokivat niillä juoksemisen tavallisia juoksukenkiä mieluisammaksi. Kohdehenkilöt raportoivat paljasjalkakenkiin siirtymisen yhteydessä lisääntyntä arkuutta pohkeissa, mikä oli odotettavissa.

Tulokset olisivat voineet olla erilaisia, jos paljasjalkakenkiä olisi käytetty enemmän. On mahdollista, että jalkapohjan intrinsic-lihasten vahvistuminen vaatisi joidenkin kohdehenkilöiden kohdalla enemmän paljasjalkakengien käyttämistä. Tämä voisi näkyä puolestaan navicular drop -testin parempina tuloksina. Juoksun biomekaniikassa se voi näkyä jalan keskiosan parempana toimintana.

Tutkimusmetodimme ollessa tapaustutkimus ei saatuja tuloksia voida yleistää. Paljasjalkakengien käytöstä saattaa olla joillekin patellofemoraalivasta kärsiville yksilöille hyötyä. Aiheesta täytyy tehdä useita laadukkaita tutkimuksia ennen kuin voidaan vetää lopullista johtopäätöstä paljasjalkakengien vaikutuksista patellofemoraalikipuun. Tutkimuksissa on todettu paljasjalkakenkiin siirtymisen muuttavan myös askelpituutta ja -tiheyttä (Squadron ym. 2014). Opinnäytetyössä emme tätä asiaa tutkineet tai kuvanneet. Olisi mielenkiintoista tehdä saman tyylinen tutkimus, jossa tutkittaisiin lisäksi askeltiheyden ja askelpituuden muutoksia.

Kanta-askelluksesta päkiäaskellukseen siirtymisen on havaittu vaikuttavan polven frontaalitason liikkeisiin (Kulmala ym. 2013), jolloin paljasjalkakengillä voi olla vaikutuksia frontaalitason projektiokulmaan. Tästä olisi mielenkiintoista tehdä jatkotutkimus esimerkiksi patellofemoraalivasta kärsiville juoksijoille ja nähdä vaikuttaako frontaalitason projektiokulman mahdolliset muutokset koettuun polvikipuun. Tutkimusten mukaan paljasjalkakenkiin siirtyminen ohjaa askellustapaa päkiäjuoksuun

(Squadrone ym. 2014), mutta opinnäytetyössämme yksi kohdehenkilö jatkoi kanta-askelluksella. Olisi mielenkiintoista toteuttaa tutkimus, jossa opetetaan patellofemoraalikivusta kärsiville kanta-askelajille päkiäaskellus. Tutkimuksessa seurattaisiin kohdehenkilöiden juoksun aikaista polvikipua ja jalkaholvin jäykkyyttä.

LÄHTEET

- Ahn, A.N., Brayton, C., Bhatia, T. & Martin, P. 2014. Muscle activity and kinematics of forefoot and rearfoot strike runners. [Verkkojulkaisu]. Journal of Sport and Health Science 3 (2), 102-112. [Viitattu 23.1.2019]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254614000325>
- Aibast, H., Okutoyi, P., Sigei, T., Adero, W., Chemjor, D., Ongaro, N., Fuku, N., Konstabel, K., Clark, C., Lieberman, D.E. & Pitsiladis, Y. 2017. Foot Structure and Function in Habitually Barefoot and Shod Adolescents in Kenya. [Verkkojulkaisu]. Current Sports Medicine Reports 16 (6), 448–458. [Viitattu 17.11.2018]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-csmr/fulltext/2017/11000/Foot_Structure_and_Function_in_Habitually_Barefoot.18.aspx
- Alba-Martín, P., Gallego-Izquierdo, T., Plaza-Manzano, G., Romero-Franco, N., Núñez-Nagy, S. & Pecos-Martín, D. 2015. Effectiveness of therapeutic physical exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome: a systematic review. [Verkkojulkaisu]. Journal of Physical Therapy Science 27, 2387–90. [Viitattu 30.12.2018]. Saatavana: https://www.istage.ist.go.jp/article/jpts/27/7/27_jpts-2015-138/pdf/-char/en
- Almeida, M.O., Davis, I.S. & Lopes, A.D. 2015. Biomechanical Differences of Foot-Strike Patterns During Running: A Systematic Review With Meta-analysis. [Verkkojulkaisu]. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 45 (10): 738–755. [Viitattu 17.11.2018]. Saatavana: https://www.jospt.org/doi/full/10.2519/jospt.2015.6019?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed
- Almeida, M.O., Saragiotto, B.T., Yamato, T.P. & Lopes, A.D. 2015. Is the rearfoot pattern the most frequently foot strike pattern among recreational shod distance runners? [Verkkojulkaisu]. Physical Therapy in Sport 16, 29-33. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavana: http://sprunig.net/wp-content/uploads/Is-the-rearfoot-pattern-the-most-frequently-foot-strike-pattern-among-recreational-shod-distance-runners_2015.pdf
- Altman, A.R. & Davis, I.S. 2016. Prospective comparison of running injuries between shod and barefoot runners. [Verkkojulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 50 (8), 476-480. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: https://pdfs.semanticscholar.org/f579/7f6b054f240b288773d42087fac9b8a9523f.pdf?_ga=2.156513723.1237250490.1551967464-2020739885.1539068383
- Anttila, P. & Kantola, M. 2012. Nilkan ja jalkaterän toimintahäiriöiden tutkiminen: uutta luokittelumallia kaivataan. Fysioterapia 59 (2), 4-8

- Balsalobre-Fernández, C, Tejero-González, C.M, del CampoVecino, J & Bavaresco, N. 2014. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. [Verkköjulkaisu]. *J Strength Cond Res* 28(2): 528–533. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/profile/Carlos_lobre-Fernandez/publication/236923606_The_Concurrent_Validity_and_Reliability_of_a_Low-Cost_High-Speed_Camera-Based_Method_for_Measuring_the_Flight_Time_of_Vertical_Jumps/links/59edf7560f7e9bc365252746/The-Concurrent-Validity-and-Reliability-of-a-Low-Cost-High-Speed-Camera-Based-Method-for-Measuring-the-Flight-Time-of-Vertical-Jumps.pdf
- Barton, C.J., Bonnano, D.R., Carr, J., Neal, B.S., Malliaras, P., Franklyn-Miller, A. & Menz, H.B. 2016. Running retraining to treat lower limb injuries: a mixed-methods study of current evidence synthesised with expert opinion. [Verkköjulkaisu]. *British Journal of Sports Medicine* 50, 513–526. [Viitattu 8.1.2019]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/50/9/513>
- Barton, C.J., Levinger, P., Menz, H.B. & Webster, K.E. 2009. Kinematic gait characteristics associated with patellofemoral pain syndrome: a systematic review. [Verkköjulkaisu]. *Gait & Posture* 30 (4), 405–16. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: https://www.academia.edu/21516584/Kinematic_gait_characteristics_associated_with_patellofemoral_pain_syndrome_A_systematic_review
- Besier, T.F., Pal, S., Draper, C.E., Fredericson, M., Gold, G.E., Delp, S.L. & Beaupré, G.S. 2015. The Role of Cartilage Stress in Patellofemoral Pain. [Verkköjulkaisu]. *Medicine & Science of Sports & Exercise* 47 (11), 2416–2422. [Viitattu 19.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4609225/>
- Bolgia, L.A., Earl-Boehm, J., Emery, C., Hamstra-Wright, K. & Ferber, R. 2016. Pain, function, and strength outcomes for males and females with patellofemoral pain who participate in either a hip/core- or knee-based rehabilitation program. [Verkköjulkaisu]. *International Journal of Sports Physical Therapy* 11, 926–35. [Viitattu 30.12.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5095944/>
- Boling, M., Padua, D., Marshall, S., Guskiewicz, K., Pyne, S. & Beutler, A. 2010. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. [Verkköjulkaisu]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (5), 725–730. [Viitattu 16.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2895959/>
- Boling, M.C., Padua, D.A., Marshall, S.W., Guskiewicz, K., Pyne, S. & Beutler, A. 2009. A prospective investigation of biomechanical risk factors for patellofemoral pain syndrome: the Joint Undertaking to Monitor and Prevent ACL Injury (JUMP-ACL) cohort. [Verkköjulkaisu]. *American Journal of Sports Medicine* 37

- (11), 2108–16. [Viitattu 29.12.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2860575/>
- Bonacci, J., Saunders, P.U., Hicks, A., Rantalainen, T., Vicenzino, B. & Spratford, W. 2012. Running in a minimalist and lightweight shoe is not the same as running barefoot: a biomechanical study. [Verkkojulkaisu]. *British Journal of Sports Medicine* 47 (6), 387-392. [Viitattu 22.11.2018]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/47/6/387>
- Bonacci, J., Vicenzino, B., Spratford, W. & Collins, P. 2013. Take your shoes off to reduce patellofemoral joint stress during running. [Verkkojulkaisu]. *British Journal of Sports Medicine* 48 (6), 425-428. [Viitattu 27.1.2019]. Saatavana ResearchGatesta, vaatii käyttöoikeuden.
- Bonanno, D.R., Landorf, K.B., Munteanu, S.E., Murley, G.S. & Menz, H.B. 2017. Effectiveness of foot orthoses and shock-absorbing insoles for the prevention of injury: a systematic review and meta-analysis. [Verkkojulkaisu]. *British Journal of Sports Medicine* 51, 86-96. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana ResearchGatesta, vaatii käyttöoikeuden.
- Bramah, C., Pearce, S.J., Gill, N. & Herrington, L. 2018. Is There a Pathological Gait Associated With Common Soft Tissue Running Injuries? [Verkkojulkaisu]. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 101(3), 215-22. [Viitattu 12.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30193080>
- Chen, T., Sze, L., Davis, I. & Cheung, R. 2016. Effects of training in minimalist shoes on the intrinsic and extrinsic foot muscle volume. [Verkkojulkaisu]. *Clinical Biomechanics* 36, 8-13. [Viitattu 8.10.2018]. Saatavana: <https://www.correcttoes.com/foot-help/wp-content/uploads/2015/10/Chen-Effects-of-Training-in-Minimalist-Shoes-....pdf>
- Cheung, R.T. & Davis, I.S. 2011. Landing pattern modification to improve patellofemoral pain in runners: a case series. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 41, 914–9. [Viitattu 6.1.2019]. Saatavana: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2011.3771>
- Chumanov, E.S., Wille, C.M., Michalski, M.P. & Heiderscheit, B.C. 2012. Changes in Muscle Activation Patterns when Running Step Rate is Increased. [Verkkojulkaisu]. *Gait Posture* 36 (2), 231-235. [Viitattu 1.2.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3387288/>
- Coetzee, D.L., Albertus, Y., Tam, N. & Tucker, R. 2018. Conceptualizing minimalist footwear: an objective definition. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Sports Sciences* 36 (8), 949-954. [Viitattu 12.12.2018]. Saatavana ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.

- Collins, N.J., Barton, C.J, van Middelkoop, M., Callaghan, M.J., Rathleff, M.S., Vicenzino, B.T., Davis, I.S., Powers, C.M., Macri, E.M., Hart, H.F., Silva, D.O. & Crossley, K.M. 2018. 2018 Consensus statement on exercise therapy and physical interventions (orthoses, taping and manual therapy) to treat patellofemoral pain: recommendations from the 5th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Gold Coast, Australia, 2017 [Verkköjulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 52 (18), 1170-1178. [Viitattu 6.3.2019]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/52/18/1170>
- Collins, N.J., Bierma-Zeinstra, S., Crossley, K.M., Van Linschoten, R., Vicenzino, B. & Van Middelkoop, M. 2012. Prognostic factors for patellofemoral pain: A multicentre observational analysis. [Verkköjulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 47 (4). [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/233931365_Prognostic_factors_for_patellofemoral_pain_A_multicentre_observational_analysis
- Crossley, K.M. 2014. Is patellofemoral osteoarthritis a common sequela of patellofemoral pain? [Verkköjulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 48, 409–410. [Viitattu 30.12.2018]. Saatavana: https://bjsm.bmj.com/content/48/6/409?ij-key=9834f72916eaa61670be212859f5cf5f16b8e0ca&keytype2=tf_ipsecsha
- Crossley, K.M., Callaghan, M.J. & van Linschoten, R. 2015. Patellofemoral Pain. [Verkköjulkaisu]. British Medical Journal 351 (4). [Viitattu 16.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/283542316_Patellofemoral_Pain
- Crossley, K.M., Stefanik, J.J., Selfe, J., Collins, N.J., Davis, I.S., Powers, C.M., McConnell, J., Vicenzino, B., Bazett-Jones, D.M., Esculier, J-F., Morrissey, D. & Callaghan, M.J. 2016. 2016 Patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester. Part 1: Terminology, definitions, clinical examination, natural history, patellofemoral osteoarthritis and patient-reported outcome measures. [Verkköjulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 50 (14), 839–843. [Viitattu 16.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4975817/>
- Daoud, A.I., Geissler, G.J., Wang, F., Saretsky, J., Daoud, Y.A. & Lieberman, D.E. 2012. Foot strike and injury rates in endurance runners: a retrospective study.[Verkköjulkaisu]. Medicine and science in sports and exercise 44 (7), 1325-1334. [Viitattu 5.12.2018]. Saatavana: <https://scholar.harvard.edu/files/dlieberman/files/2012b.pdf>
- Davis, I.S., Rice, H.M. & Wearing, S.C. 2017. Why forefoot striking in minimal shoes might positively change the course of running injuries. [Verkköjulkaisu]. Journal of Sport and Health Science 6 (2), 154-161. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6189002/>
- Diebal, A.R., Gregory, R., Alitz, C. & Gerber, J.P. 2012. Forefoot Running Improves Pain and Disability Associated With Chronic Exertional Compartment

- Syndrome. [Verkkojulkaisu]. American Journal of Sports Medicine 40 (5), 1060-1067. [Viitattu 23.1.2019]. Saatavana: <https://journals-sagepub-com.libts.seamk.fi/doi/full/10.1177/0363546512439182>
- Dixon, S.J., Collop, A.C. & Batt, M.E. 2000. Surface effects on ground reaction forces and lower extremity kinematics in running. [Verkkojulkaisu]. Medicine & Science in Sports & Exercise 32, 1919–1926. [Viitattu 26.12.2018]. Saatavana: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.463.530&rep=rep1&type=pdf>
- Doberstein, S.T., Romeyn, R.L. & Reineke, D.M. 2008. The Diagnostic Value of the Clarke Sign in Assessing Chondromalacia Patella. [Verkkojulkaisu]. Journal of Athletic Training 43 (2), 190–196. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2267328/>
- Domenech, J., [Sanchís-Alfonso, V.](#) & Espejo, B. 2014. Changes in catastrophizing and kinesiophobia are predictive of changes in disability and pain after treatment in patients with anterior knee pain. [Verkkojulkaisu]. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy 22 (10), 2295-2300. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/261293340_Changes_in_catastrophizing_and_kinesiophobia_are_predictive_of_changes_in_disability_and_pain_after_treatment_in_patients_with_anterior_knee_pain
- Dos Santos, A.F., Nakagawa, T.H., Serrão, F.V. & Ferber, R. 2018. Patellofemoral joint stress measured across three different running techniques. [Verkkojulkaisu]. Gait & Posture 68, 37-43. [Viitattu 14.1.2019]. Saatavana ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Dowling, G.J., Murley, G.S., Munteanu, S.E., Smith, M.M., Neal, B.S., Griffiths, I.B., Barton, C.J. & Collins, N.J. 2014. Dynamic foot function as a risk factor for lower limb overuse injury: a systematic review. [Verkkojulkaisu]. Journal of Foot and Ankle Research 7 (1), 53. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4296532/>
- Draper, C.E., Fredericson, M., Gold, G.E., Besier, B.F., Delp, S.L., Beaupre, G.S. & Quon, A. 2012. Patients with patellofemoral pain exhibit elevated bone metabolic activity at the patellofemoral joint. [Verkkojulkaisu]. Journal of Orthopaedic Research 30 (2), 209–213. [Viitattu 20.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3219799/>
- Drew, B.T., Redmond, A.C., Smith, T.O., Penny, F. & Conaghan, P.G. 2016. Which patellofemoral joint imaging features are associated with patellofemoral pain? Systematic review and meta-analysis. [Verkkojulkaisu]. Osteoarthritis Cartilage 24 (2), 224–36. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/282911672_Which_patellofemoral_joint_imaging_features_are_associated_with_patellofemoral_pain_Systematic_review_and_meta-analysis

- Edwards, W.B., Taylor, D., Rudolphi, T.J., Gillette, J.C. & Derrick, T.R. 2009. Effects of stride length and running mileage on a probabilistic stress fracture model. [Verkkojulkaisu]. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (12), 2177-84. [Viitattu 4.2.2019]. Saatavana: <https://pdfs.semanticscholar.org/4cf1/55a9846af6850832ea8928e54641d16ff52d.pdf>
- Ervilha, U., Mochizuki, L., Figueira, A. & Hamill, J. 2016. Are muscle activation patterns altered during shod and barefoot running with a forefoot footfall pattern? [Verkkojulkaisu]. *Journal of Sports Sciences* 35 (17), 1-7. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/308121404_Are_muscle_activation_patterns_altered_during_shod_and_barefoot_running_with_a_forefoot_footfall_pattern
- Esculier, J.F., Bouyer, L.J., Dubois, B., Fremont, P., Moore, L., McFadyen, B. & Roy, J-S. 2017. Is combining gait retraining or an exercise programme with education better than education alone in treating runners with patellofemoral pain? A randomised clinical trial. [Verkkojulkaisu]. *Britannian Journal of Sports Medicine* 52 (10), 659-666. [Viitattu 5.1.2019]. Saatavana ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Esculier, J-F., Dubois, B., Dionne, C.E., Leblond, J. & Roy, J-S. 2015. A consensus definition and rating scale for minimalist shoes. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Foot and Ankle Research* 8: 42. [Viitattu 19.12.2018]. Saatavana: <https://footankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-015-0094-5>
- Esculier, J-F., Roy, J.S. & Bouyer, L.J. 2015. Lower limb control and strength in runners with and without patellofemoral pain syndrome. [Verkkojulkaisu]. *Gait & Posture* 41 (3), 813–9. [Viitattu 5.1.2019]. Saatavana ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Farrokhi, S., Keyak, J.H. & Powers, C.M. 2011. Individuals with patellofemoral pain exhibit greater patellofemoral joint stress: a finite element analysis study. [Verkkojulkaisu]. *Osteoarthritis Cartilage* 19 (3), 287–294. [Viitattu 19.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4890159/>
- Ferris, D.P., Louie, M. & Farley, C.T. 1998. Running in the real world: adjusting leg stiffness for different surfaces. [Verkkojulkaisu]. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 265, 989–994. [Viitattu 25.12.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1689165/pdf/9675909.pdf>
- Foss, K.D.B., Myer, G.D., Magnussen, R.A. & Hewett, T.E. 2014. Differences for Anterior Knee Pain between Sexes in Adolescent Basketball Players. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Athletic Enhancement* 3 (1), 1814. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4214064/>

- Freedman, B.R., Brindle, T.J. & Sheehan, F.T. 2014. Re-evaluating the functional implications of the Q-angle and its relationship to in-vivo patellofemoral kinematics. [Verkkojulkaisu]. *Clinical Biomechanics* (Bristol, Avon) 29 (10), 1139–45. [Viitattu 18.1.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4255138/>
- Fuller, J.T., Thewlis, D., Tsiros, M.D., Brown, N.A.T., Hamill, J. & Buckley, J.D. 2018. Longer-term effects of minimalist shoes on running performance, strength and bone density: A 20-week follow-up study. [Verkkojulkaisu]. *European Journal of Sport Science* 13, 1-11. [Viitattu 19.12.2018]. Saatavana ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Goodfellow, J., Hungerford, D.S. & Woods, C. 1976. Patello-femoral joint mechanics and pathology. 2. Chondromalacia patellae. [Verkkojulkaisu]. *The Bone & Joint Journal* 58 (3), 291–299. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/22199208_Patello-femoral_joint_mechanics_and_pathology_2_Chondromalacia_patellae
- Goss, D.L. & Gross, M.T. 2012. Relationships among self-reported shoe type, footstrike pattern, and injury incidence. [Verkkojulkaisu]. *U.S. Army Medical Department Journal* 25-30. [Viitattu 18.11.2018]. Saatavana: <http://stimson.contentdm.oclc.org/cdm/ref/collection/p15290coll3/id/1281>
- Gruber, A.H., Silvernail, J.F., Brueggemann, P., Rohr, E. & Hamill, J. 2013. Footfall patterns during barefoot running on harder and softer surfaces. [Verkkojulkaisu]. *Footwear Science* 5 (1), 39-44. [Viitattu 24.1.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/263385758_Footfall_patterns_during_barefoot_running_on_harder_and_softer_surfaces
- Hall, R., Foss, K.B., Hewett, T.E. & Myer, G.D. 2015. Sports Specialization is Associated with An Increased Risk of Developing Anterior Knee Pain in Adolescent Female Athletes. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Sports Rehabilitation* 24 (1), 31–35. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4247342/>
- Hamill, J. & Gruber, A. H. 2017. Is changing footstrike pattern beneficial to runners? [Verkkojulkaisu]. *Journal of Sport and Health Science* 6, 154- 161. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254617300285>
- Hamill, J., Russell, E. M., Gruber, A. H., & Miller, R. 2011. Impact characteristics in shod and barefoot running. [Verkkojulkaisu]. *Footwear Science* 3(1), 33–40. [Viitattu 02.12.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/254237004_Impact_characteristics_in_shod_and_barefoot_running
- Hasegawa, H., Yamauchi, T. & Kraemer, W.J. 2007. Foot strike patterns of runners at the 15km point during an elite-level half marathon. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Strength and Conditioning Research* 21, 888-893. [Viitattu

- 17.11.2018]. Saatavana: <https://me.queensu.ca/People/Deluzio/JAM/files/Hasegawa.pdf>
- Heiderscheit, B.C., Chumanov, E.S., Michalski, M.P., Wille, C.M. & Ryan, M.B. 2011. Effects of Step Rate Manipulation on Joint Mechanics during Running. [Verkkojulkaisu]. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43 (2), 296-302. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2011/02000/Effects_of_Step_Rate_Manipulation_on_Joint.14.aspx
- Heino, B.J. & Powers, C.M. 2002. Patellofemoral stress during walking in persons with and without patellofemoral pain. [Verkkojulkaisu]. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34 (10), 1582–93. [Viitattu 19.10.2018]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2002/10000/Patellofemoral_stress_during_walking_in_persons.9.aspx
- Herbst, K.A., Barber Foss, K.D., Fader, L., Hewett, T.E., Witvrouw, E., Stanfield, D. & Myer, G.D. 2015. Hip strength is greater in athletes who subsequently develop patellofemoral pain. [Verkkojulkaisu]. *American Journal of Sports Medicine* 43 (11), 2747–52. [Viitattu 31.12.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4769640/>
- Hirsjärvi, S. Remes, P & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uud. p. Hämeenlinna: Kariston Kirjapaino Oy.
- Ho, K.Y., Hu, H.H., Colletti, P.M. & Powers, C.M. 2013. Running-induced patellofemoral pain fluctuates with changes in patella water content. [Verkkojulkaisu]. *European Journal of Sport Science* 14 (6), 628–34. [Viitattu 20.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/258957279_Running-induced_patellofemoral_pain_fluctuates_with_changes_in_patella_water_content
- Hollander, K., Argubi-Wollesen, A., Reer, R. & Zech, A. 2015. Comparison of Minimalist Footwear Strategies for Simulating Barefoot Running: A Randomized Crossover Study. [Verkkojulkaisu]. *Public Library of Science* 10 (5). [Viitattu 24.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4444250/>
- Hollander, K., Heidt, C., van der Zwaard, B.C., Braumann, K.M. & Zech, A. 2017. Long-Term Effects of Habitual Barefoot Running and Walking: A Systematic Review. [Verkkojulkaisu]. *Medicine & Science in Sports & Exercises* 49 (4), 752-762. [Viitattu 26.12.2018]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2017/04000/Long_Term_Effects_of_Habitual_Barefoot_Running_and.17.aspx
- Hryvniak, D., Dicharry, J. & Wilder, R. 2014. Barefoot running survey: Evidence from the field. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Sport and Health Science* 3 (2), 131-136. [Viitattu 18.11.2018]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254614000337>

- Hsu, A.R. 2012. Topical review: Barefoot running. [Verkkojulkaisu]. *Foot & Ankle International*, 33 (9), 787–794. [Viitattu 26.11.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/230893806_Topical_Review_Barefoot_Running
- Jensen, R., Kvåle, A. & Baerheim, A. 2008. Is Pain in Patellofemoral Pain Syndrome Neuropathic? [Verkkojulkaisu]. *The Clinical Journal of Pain* 24 (5), 384–94. [Viitattu 20.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/5354624_Is_Pain_in_Patellofemoral_Pain_Syndrome_Neuropathic
- Johnson, A.W., Myrer, J.W., Mitchell, U.H., Hunter, I. & Ridge S.T. 2016. The effects of a transition to minimalist shoe running on intrinsic foot muscle size. [Verkkojulkaisu]. *International Journal of Sports Medicine* 37 (02), 154-158. [Viitattu 4.3.2019]. Saatavana: <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/html/10.1055/s-0035-1559685>
- Ker, R.F., Bennett, M.B., Bibby, S.R., Kester, R.C. & Alexander, R.M. 1987. The spring in the arch of the human foot. [Verkkojulkaisu]. *Nature*, 325, 147-149. [Viitattu 5.3.2019]. Saatavana: https://www.researchgate.net/profile/Robert-Ker/publication/19354007_The_spring_in_the_arch_of_the_human_foot/links/53d652180cf2a7fbb2ea9bb0.pdf
- Kerdok, A.E., Biewener, A.A., McMahon, T.A., Weyand, P.G. & Herr, H.M. 2002. Energetics and mechanics of human running on surfaces of different stiffnesses. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Applied Physiology* 92, 469–478. [Viitattu 25.12.2018]. Saatavana: https://www.physiology.org/doi/full/10.1152/jappphysiol.01164.2000?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Across-ref.org&rfr_dat=cr_pub%3Dpubmed
- Kulmala, J-P., Avela, J., Pasanen, K. & Parkkari, J. 2013. Forefoot Strikers Exhibit Lower Running-Induced Knee Loading than Rearfoot Strikers. [Verkkojulkaisu]. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 5 (12), 2306-13. [Viitattu 9.12.2018]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2013/12000/Forefoot_Strikers_Exhibit_Lower_Running_Induced.12.aspx
- Kulmala, J-P., Korhonen, M.T., Kuitunen, S., Suominen, H., Heinonen, A., Mikkola, A. & Avela, J. 2016. Whole body frontal plane mechanics across walking, running, and sprinting in young and older adults. [Verkkojulkaisu]. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 27 (9). [Viitattu 15.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/303951824_Whole_body_frontal_plane_mechanics_across_walking_running_and_sprinting_in_young_and_older_adults
- Kulmala, J-P., Kosonen, J., Nurminen, J. & Avela, J. 2018. Running in highly cushioned shoes increases leg stiffness and amplifies impact loading. [Verkkojulkaisu]. *Scientific Reports* 8 (1), 17496. [Viitattu 25.12.2018]. Saatavana: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-35980-6#ref-CR27>

- Lankhorst, N.E., Bierma-Zeinstra, S.M. & van Middelkoop, M. 2012. Risk factors for patellofemoral pain syndrome: a systematic review. [Verkkójulkaisu]. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 42 (2), 81–94. [Viitattu 18.1.2019]. Saatavana: https://www.jospt.org/doi/full/10.2519/jospt.2012.3803?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:crossref.org&rfr_dat=cr_pub%3dpubmed
- Lankhorst, N.E., van Middelkoop, M., Crossley, K.M., Bierma-Zeinstra, S.M.A., Oei, E.G.H., Vicenzino, B. & Collins, N.J. 2016. Factors that predict a poor outcome 5–8 years after the diagnosis of patellofemoral pain: a multicentre observational analysis. [Verkkójulkaisu]. Britannian Journal of Sports Medicine 50, 881-886. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/50/14/881>
- Laprade, J. & Culham, E.G. 2002. A self-administered pain severity scale for patellofemoral pain syndrome. [Verkkójulkaisu]. Clinical Rehabilitation 16(7), 780-8. [Viitattu 14.12.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/11038054_A_self-administered_pain_severity_scale_for_patellofemoral_pain_syndrome
- Larson, P., Higgins, E., Kaminski, J., Decker, T., Preble, J., Lyons, D., Mc Intyre, K. & Normile, A. 2011. Foot strike patterns of recreational and sub-elite runners in a long-distance road race. [Verkkójulkaisu]. Journal of Sports Sciences 29, 1665-1673. [Viitattu 17.11.2018]. Saatavana: <https://pdfs.semanticscholar.org/65af/4b7ed60820ce4193188d18ed45d6d2ff399d.pdf>
- Latorre-Román, P.A., García-Pinillos, F., Soto-Hermoso, V.M. & Muñoz-Jiménez, M. 2016. Effects of 12 weeks of barefoot running on foot strike patterns, inversion–eversion and foot rotation in long-distance runners. [Verkkójulkaisu]. Journal of Sport and Health Science 1-6. [Viitattu 26.12.2018]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254616000053>
- Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W. A., Daoud, A. I., D’Andreas, S., Davis, I. S., Mang’eni, R. O. & Pitsiladis, Y. 2010. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. [Verkkójulkaisu]. Nature 463, 531- 535. [Viitattu 11.10.2018]. Saatavana: <https://scholar.harvard.edu/files/dlieberman/files/2010a.pdf>
- Lieberman, D.E. 2012. What We Can Learn About Running from Barefoot Running: An Evolutionary Medical Perspective. [Verkkolehtiartikkeli]. Exercise and Sport Sciences Reviews 40(3),185. [Viitattu 15.10.2018]. Saatavana: <https://scholar.harvard.edu/files/dlieberman/files/2012c.pdf>
- Lieberman, D.E., Venkadesan, M., Daoud, A.I., Werbel, W.A. Ei päiväystä. Biomechanics of foot strikes & application to running barefoot or in minimal footwear. [Verkkosivu]. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: <http://barefootrunning.fas.harvard.edu/4BiomechanicsofFootStrike.html>

- Lopes, A.D., Hespanhol Junior, L.C., Yeung, S.S. & Costa, L.O. 2012. What are the main running-related musculoskeletal injuries? A Systematic Review. [Verkkojulkaisu]. Sports Medicine 42 (10), 891-905. [Viitattu 5.3.2019]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/230569970_What_are_the_Main_Running-Related_Musculoskeletal_Injuries_A_Systematic_Review
- Maclachlan, L.R., Collins, N.J., Matthews, M.L.G., Hodges, P.W. & Vicenzino, B. 2017. The psychological features of patellofemoral pain: a systematic review. [Verkkojulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 51, 732-742. [Viitattu 18.10.2018]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/51/9/732>
- McPoil, T.G., Cornwall, M.W., Medoff, L., Vicenzino, B., Forsberg, K. & Hilz., D. 2008. Arch height change during sit-to-stand: an alternative for the navicular drop test. [Verkkojulkaisu]. Journal of Foot and Ankle Research 1. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2553777/>
- Miller, E., Whitcome, K., Lieberman, D., Norton, H. & Dyer, E. 2014. The effect of minimal shoes on arch structure and intrinsic foot muscle strength. [Verkkojulkaisu]. Journal of sport and health science 3 (2), 74- 85. [Viitattu 9.10.2018]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254614000374>
- Myer, G.D., Ford, K.R., Di Stasi, S.L., Foss, Barber Foss, K.D., Micheli, L.J. & Hewett, T.E. 2015. High knee abduction moments are common risk factors for patellofemoral pain (PFP) and anterior cruciate ligament (ACL) injury in girls: Is PFP itself a predictor for subsequent ACL injury? [Verkkojulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 49 (2), 118–122. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4182160/>
- Mündermann, A., Asay, J.L., Mündermann, L. & Andriacchi, T.P. 2008. Implications of increased medio-lateral trunk sway for ambulatory mechanics. [Verkkojulkaisu]. Journal of Biomechanics 41 (1), 165-70. [Viitattu 15.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/6160287_Implications_of_increased_medio-lateral_trunk_sway_for_ambulatory_mechanics
- Noehren, B., Hamill, J., Davis, I. 2013. Prospective evidence for a hip etiology in patellofemoral pain. Medicine & Science in Sports & Exercise 45, 1120–1124. [Viitattu 13.7.2019]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2013/06000/Prospective_Evidence_for_a_Hip_Etiology_in.14.aspx
- Noehren, B., Shuping, L., Jones, A., Akers, D.A., Bush, H.M. & Sluka, K.A. 2016. Somatosensory and biomechanical abnormalities in females with patellofemoral pain. [Verkkojulkaisu]. The Clinical Journal of Pain 32 (10), 915–919. [Viitattu 18.10.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4882282/>

- Nunes, G.S., Stapait, E.L., Kirsten, M.H., de Noronha, M. & Santons, G.M. 2012. Clinical test for diagnosis of patellofemoral pain syndrome: Systematic review with meta-analysis. [Verkkojulkaisu]. Physical therapy in sport: official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine 14 (1). [Viitattu 18.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/233900583_Clinical_test_for_diagnosis_of_patellofemoral_pain_syndrome_Systematic_review_with_meta-analysis
- Pai, S. & Ledoux, W.R. 2010. The compressive mechanical properties of diabetic and non-diabetic plantar soft tissue. [Verkkojulkaisu]. Journal of Biomechanics 43, 1754-1760. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2882497/>
- Pappas, E. & Wong-Tom, W.M. 2012. Prospective predictors of patellofemoral pain syndrome: a systematic review with meta-analysis. [Verkkojulkaisu]. Sports Health 4(2), 115–20. [Viitattu 18.1.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3435911/>
- Perkins, K.M., Hanney, W.J. & Rothschild, C.E. 2014. The Risks and Benefits of Running Barefoot or in Minimalist Shoes: a systematic review. [Verkkojulkaisu]. Sports Health 6 (6), 475-80. [Viitattu 12.12.2018]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4212355/>
- Perl, D.P., Daoud, A.I. & Lieberman, D.E. 2012. Effects of footwear and strike type on running economy. [Verkkojulkaisu]. Medicine & Science in Sports & Exercise 44, 1335-1343. [Viitattu 5.3.2019]. Saatavana: <https://pdfs.semanticscholar.org/5632/9749cfe1243f206a6c4fe4919c14253a9072.pdf>
- Powers, C.M. 2000. Patellar kinematics, part II: the influence of the depth of the trochlear groove in subjects with and without patellofemoral pain. [Verkkojulkaisu]. Physical Therapy 80 (10), 965-978. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: <https://academic.oup.com/ptj/article/80/10/965/2857732>
- Powers, C.M., Ward, S.R., Chen, Y.J., Chan, L. & Terk, M.R. 2004a. Effect of Bracing on Patellofemoral Joint Stress While Ascending and Descending Stairs. [Verkkojulkaisu]. Clinical Journal of Sport Medicine 14, 206–214. [Viitattu 19.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/8435291_Effect_of_bracing_on_patellofemoral_joint_stress_while_ascending_and_descending_stairs
- Powers, C.M., Ward, S.R., Chen, Y.J., Chan, L. & Terk, M.R. 2004b. The Effect of Bracing on Patellofemoral Joint Stress During Free and Fast Walking. [Verkkojulkaisu]. The American Journal of Sports Medicine 32 (1), 224-31. [Viitattu 19.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/7650867_The_Effect_of_Bracing_on_Patellofemoral_Joint_Stress_During_Free_and_Fast_Walking

- Powers, C.M., Ward, S.R., Fredericson, M., Guillet, M. & Shellock, F.G. 2003. Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study. [Verkköjulkaisu]. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 33 (11), 677–85. [Viitattu 18.1.2019]. Saatavana: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2003.33.11.677>
- Powers, C.M., Witvrouw, E., Favis, I.S. & Crossley, K.M. 2017. Evidence-based framework for a pathomechanical model of patellofemoral pain: 2017 patellofemoral pain consensus statement from the 4th International Patellofemoral Pain Research Retreat, Manchester, UK: part 3. [Verkköjulkaisu]. *British Journal of Sports Medicine* 51, 1713-1723. [Viitattu 18.10.2018]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/51/24/1713>
- Prins, M.R. & van der Wurff, P. 2009. Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: a systematic review. [Verkköjulkaisu]. *Australian Journal of Physiotherapy* 55 (1), 9–15. [Viitattu 19.10.2018]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0004951409700558?via%3Dihub>
- Pueo, B. 2016. High speed cameras for motion analysis in sports science. [Verkkoartikkeli]. *Journal of Human Sport & Exercise* 11 (1), 53-73. [Viitattu 10.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/312533229_High_speed_cameras_for_motion_analysis_in_sports_science
- Rathleff, M. S., Samani, A., Olesen, J. L., Roos, E. M., Rasmussen, S., Christensen, B. H. & Madeleine, P. 2013. Neuromuscular activity and knee kinematics in adolescents with patellofemoral pain. [Verkköjulkaisu]. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 45 (9):1730-9. [Viitattu 04.09.2019]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2013/09000/Neuromuscular_Activity_and_Knee_Kinematics_in.11.aspx
- Rathleff, M.S., Petersen, K.K., Arendt-Nielsen, L., Thorborg, K. & Graven-Nielsen, T. 2015a. Impaired conditioned pain modulation in young female adults with long-standing patellofemoral pain. [Verkköjulkaisu]. *Pain Medicine* 17 (5). [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/286921733_Impaired_Conditioned_Pain_Modulation_in_Young_Female_Adults_with_Long-Standing_Patellofemoral_Pain_A_Single_Blinded_Cross-Sectional_Study
- Rathleff, M.S., Rathleff, C.R., Crossley, K.M. & Barton, C.J. 2014. Is hip strength a risk factor for patellofemoral pain? A systematic review and meta-analysis. [Verkköjulkaisu]. *British Journal of Sports Medicine* 48 (14), 1088. [Viitattu 31.12.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/261256571_Is_hip_strength_a_risk_factor_for_patellofemoral_pain_A_systematic_review_and_meta-analysis

- Rathleff, M.S., Roos, E.M., Olesen, J.L. & Rasmussen, S. 2015b. Exercise during school hours when added to patient education improves outcome for 2 years in adolescent patellofemoral pain: a cluster randomised trial. [Verkkojulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 49 (6), 406-12. [Viitattu 17.10.2018]. Saatavana: <https://bjsm.bmj.com/content/49/6/406>
- Richards, C.E., Magin, P. & Callister, R. 2008. Is your prescription of distance running shoes evidence-based? [Verkkojulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 43(3), 159-62. [Viitattu 15.10.2018]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/5429160_Is_your_prescription_of_distance_running_shoes_evidence-based
- Ridge, S.T., Johnson, A.W., Mitchell, U.H., Hunter, I., Robinson, E., Rich, B.S. & Brown, S.D. 2013. Foot bone marrow edema after a 10-wk transition to minimalist running shoes. [Verkkojulkaisu]. Medicine & Science in Sports & Exercise 45 (7), 1363-1368. [Viitattu 26.12.2018]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2013/07000/Foot_Bone_Marrow_Edema_after_a_10_wk_Transition_to.19.aspx
- Ridge, S.T., Olsen, M.T., Bruening, D.A., Jurgensmeier, K., Griffin, D., Davis, I.S. & Johnson, A.W. 2019. Walking in Minimalist Shoes Is Effective for Strengthening Foot Muscles. [Verkkojulkaisu]. Medicine & Science in Sports & Exercise 5 (1), 104-113. [Viitattu 26.12.2018]. Saatavana: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2019/01000/Walking_in_Minimalist_Shoes_Is_Effective_for.14.aspx
- Roper, J.L., Harding, E.M., Doerfler, D., Dexter, J.G., Kravitz, L., Dufek, J.S. & Mermier, C.M. 2016. The effects of gait retraining in runners with patellofemoral pain: A randomized trial. [Verkkojulkaisu]. Clinical Biomechanics 35, 14–22. [Viitattu 5.1.2019]. Saatavilla ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Rothschild, C.E. 2012. Primitive running: a survey analysis of runners' interest, participation, and implementation. [Verkkojulkaisu]. Journal of Strength and Conditioning Research 26, 2021-2026. [Viitattu 18.11.2018]. Saatavana: https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2012/08000/Primitive_Running_A_Survey_Analysis_of_Runners_.2.aspx
- Saaranen-Kauppinen, A & Puusniekka, A. 2006. KvaliMOTV - Menetelmäopetuksen tietovaranto [Verkkojulkaisu]. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. [Viitattu 9.9.2019]. Saatavana: <https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/>
- Sahin, M, Ayhan, F.F., Borman, P. & Atasoy, H. 2016. The effect of hip and knee exercises on pain, function, and strength in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial. [Verkkojulkaisu]. Turkish Journal of Medical Science 46, 265–77. [Viitattu 30.12.2018]. Saatavana: <http://journals.tubitak.gov.tr/medical/issues/sag-16-46-2/sag-46-2-4-1409-66.pdf>

- Salsich, G.B. & Perman, W.H. 2013. Tibiofemoral and patellofemoral mechanics are altered at small knee flexion angles in people with patellofemoral pain. [Verkkojulkaisu]. Journal of Science and Medicine in Sport 16 (1), 13–17. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3425715/>
- Salsich, G.B., Perman, W.H. 2007. Patellofemoral joint contact area is influenced by tibiofemoral rotation alignment in individuals who have patellofemoral pain. [Verkkojulkaisu]. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy 37 (9), 521–28. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavana: https://www.researchgate.net/publication/5905195_Patellofemoral_Joint_Contact_Area_Is_Influenced_by_Tibiofemoral_Rotation_Alignment_in_Individuals_Who_Have_Patellofemoral_Pain
- Samaan, C.D., Rainbow, M.J. & Davis, I.S. 2014. Reduction in ground reaction force variables with instructed barefoot running. [Verkkojulkaisu]. Journal of Sport and Health Science 3 (2), 143-151. [Viitattu 18.11.2018]. Saatavana: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095254614000313>
- Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen - aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. 1. p. Lahti: VK-Kustannus Oy.
- Santos, T.R., Oliveira, B.A., Ocarino, J.M., Holt, K.G. & Fonseca, S.T. 2015. Effectiveness of hip muscle strengthening in patellofemoral pain syndrome patients: a systematic review. [Verkkojulkaisu]. Brazilian Journal of Physical Therapy 19, 167–76. [Viitattu 30.12.2018]. Saatavana: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-35552015000300167&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Selfe, J., Janssen, J., & Callaghan, M. 2017. Patellofemoral Pain: An Evidence-based Clinical Guide. [Verkkokirja]. New York: Nova Science Publishers, Inc. [Viitattu 04.09.2019]. Saatavana EBSCOhost tietokannasta. [Vaatii käyttöoikeuden].
- Squadrone, R. & Gallozzi, C. 2009. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. [Verkkojulkaisu]. Journal Sports Medicine and Physical Fitness 49, 6–13. [Viitattu 18.11.2018]. Saatavilla: <http://bands.ua.edu/wp-content/uploads/2015/07/Bio-mechanical-camparison-of-barefoot-vs-shod.pdf>
- Squadrone, R., Rodano, R., Hamill, J. & Preatoni, E. 2014. Acute effect of different minimalist shoes on foot strike pattern and kinematics in rearfoot strikers during running. [Verkkojulkaisu]. Journal of Sports Sciences 33 (11), 1-9. [Viitattu 12.12.2018]. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/269932994_Acute_effect_of_different_minimalist_shoes_on_foot_strike_pattern_and_kinematics_in_rearfoot_strikers_during_running

- Sun, X., Yang, Y., Wang, L., Zhang, X. & Fu, W. 2018. Do Strike Patterns or Shoe Conditions have a Predominant Influence on Foot Loading? [Verkkojulkaisu]. *Journal of Human Kinetics* 64, 13-23. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6231350/>
- Syme, G., Rowe, P., Martin, D., & Daly, G. 2009. Disability in patients with chronic patellofemoral pain syndrome: a randomised controlled trial of VMO selective training versus general quadriceps strengthening. [Verkkojulkaisu]. *Manual-Therapy* 14 (3): 252-63. [Viitattu 04.09.2019]. Saatavana: Viitattu lähteen lähteseen.
- Taunton, J.E., Ryan, M.B., Clement, D.B., Mckenzie, D.C. Lloyd-Smith, D.R. & Zumbo, B.D. 2002. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. [Verkkojulkaisu]. *British Journal of Sports Medicine* 36 (2), 95–101. [Viitattu 16.10.2018]. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724490/>
- Thomas, M.J., Wood, L., Selfe, J. & Beat, G. 2010. Anterior knee pain in younger adults as a precursor to subsequent patellofemoral osteoarthritis: a systematic review. [Verkkojulkaisu]. *BMC Musculoskeletal Disorder* 11, 201. [Viitattu 30.12.2018]. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2944218/>
- Tiberio, D. 1987. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: A theoretical model. [Verkkojulkaisu]. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 9, 160–165. [Viitattu 29.12.2018]. Saatavilla: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.1987.9.4.160>
- Valli, R. 2018 Ikkunoita tutkimusmetodeihin 1. 5. uud. p. Jyväskylä: PS- kustannus.

- van Cant, J., Pineux, C., Pitance, L. & Feibel, V. 2014. Hip muscle strength and endurance in females with patellofemoral pain: a systematic review with meta-analysis. [Verkkojulkaisu]. International Journal of Sports Physical Therapy 9(5), 564–82. [Viitattu 31.12.2018]. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4196322/>
- van der Heijden, R.A., de Kanter, J.L., Bierma-Zeinstra, S.M., Verhaar, J.A.N., van Veldhoven, P.L.J., Krestin, G.P., Oei, E.H.G. & van Middelkoop, M. 2016. Structural abnormalities on magnetic resonance imaging in patients with patellofemoral pain: a cross-sectional case-control study. [Verkkojulkaisu]. American Journal of Sports Medicine 44 (9), 2339–2346. [Viitattu 17.1.2019]. Saatavilla: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0363546516646107>
- van der Worp, H., Vrielink, J.W. & Bredeweg, S.W. 2016. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis. [Verkkojulkaisu]. British Journal of Sports Medicine 50, 450–457. [Viitattu 28.12.2018]. Saatavana ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Vanatta, C.N. & Kernozek, T.W. 2014. Patellofemoral Joint Stress during Running with Alterations in Foot Strike Pattern. [Verkkojulkaisu]. Medicine & Science in Sports & Exercise 47(5). [Viitattu 14.12.2018]. Saatavilla ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Vibram FiveFingers. [Verkkosivu]. [Viitattu 22.11.2018]. Saatavilla: http://eu.vibram.com/en/shop/fivefingers/men/classic-mens/M10.html?dwvar_M10_color=Black%20%2F%20Black#start=1
- Videbæk, S., Bueno, A. M., Nielsen, R. O. & Rasmussen, S. 2015. Incidence of Running-Related Injuries Per 1000 h of running in Different Types of Runners: A Systematic Review and Meta-Analysis. [Verkkojulkaisu]. Sports Medicine 45(7): 1017-1026. [Viitattu 9.10.2018]. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4473093/>
- Vienola, V. 2005. Videoiden käyttö tutkimuksen apuvälineenä. [Verkkoartikkeli.] Tutkiva opettajankoulutus: Taitava opettaja. Savonlinna: Savonlinnan opettajakoulutuslaitos. [Viitattu 09.9.2019]. Saatavana: <http://sokl.uef.fi/verkkojulkaisu/tutkivaope/>
- Vilkka, H. 2006. Tutki ja havainnoi. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 09.09.2019]. Saatavana: <http://hanna.vilkka.fi/wp-content/uploads/2014/02/Tutki-ja-havainnoi.pdf>
- Vilkka, H. 2007. Tutki ja mittaa. [Verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.8.2019]. Saatavana: https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/98723/Tutki-ja-mittaa_2007.pdf?sequence=1

- Väyrynen, P. 2012. Suurnopeuskamera avuksi jalkaterä- ja alaraajaongelmaisten tutkimiseen. *Fysioterapia* 59 (2), 48-50
- Walker, B. 2014. *Urheiluvammat - ennaltaehkäisy, hoito, kuntoutus ja kinesioteipaus*. 2. p. Lahti: VK-Kunstannus Oy.
- Warne, J.P. & Gruber, A.H. 2017. Transitioning to Minimal Footwear: a Systematic Review of Methods and Future Clinical Recommendations. [Verkkojulkaisu]. *Sports Medicine – Open* 3, 33. [Viitattu 4.3.2019]. Saatavilla: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5602809/>
- Warne, J.P., Smyth, B.P., Fagan, J.O., Hone, M.E., Richter, C., Nevill, A.M., Moran, K.A. & Warrington, G.D. 2016. Kinetic changes during a six-week minimal footwear and gait-retraining intervention in runners. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Sports Sciences* 35 (15), 1-9. [Viitattu 4.3.2019]. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/307443089_Kinetic_changes_during_a_six-week_minimal_footwear_and_gait-retraining_intervention_in_runners
- Wearing, S.C., Hooper, S.L., Dubois, P., Smeathers, J.E. & Dietze, A. 2014. Force–Deformation Properties of the Human Heel Pad during Barefoot Walking. [Verkkojulkaisu]. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 46 (8), 1588-1594. [Viitattu 24.11.2019]. Saatavilla: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2014/08000/Force_Deformation_Properties_of_the_Human_Heel_Pad.14.aspx
- Willson, J.D., Kernozek, T.W., Arndt, R.L., Reznichuk, D.A. & Straker, J.S. 2011. Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome. [Verkkojulkaisu]. *Clinical Biomechanics* 26, 735–740. [Viitattu 18.10.2018]. Saatavana ResearchGatesta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Witvrouw E, Lysens R, Bellemans J, Cambier, D. & Vanderstraeten, G.G. 2000. Intrinsic risk factors for the development of anterior knee pain in an athletic population. A 2 year prospective study. [Verkkojulkaisu]. *American Journal of Sports Medicine* 28 (4), 480–9. [Viitattu 7.3.2019]. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/12397614_Intrinsic_Risk_Factors_For_the_Development_of_Anterior_Knee_Pain_in_an_Athletic_PopulationA_Two-Year_Pro prospective_Study
- Yamashita, M.H. 2005. Evaluation and Selection of Shoe Wear and Orthoses for the Runner. [Verkkojulkaisu]. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America* 16, 801–829. [Viitattu 25.12.2018]. Saatavilla: <http://citeserx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.483.9906&rep=rep1&type=pdf>
- Yilmaz Yelvar, G.D., Cirak, Y., Dalkilinc, M., Demir, Y.P., Baltaci, G., Kömürçü, M. & Yelvar, G.D. 2016. Impairments of postural stability, core endurance, fall index and functional mobility skills in patients with patello femoral pain syndrome. [Verkkojulkaisu]. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation* 30 (1), 1-

8. [Viitattu 18.10.2018]. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/304904575_Impairments_of_postural_stability_core_endurance_fall_index_and_functional_mobility_skills_in_patients_with_patello_femoral_pain_syndrome

Yosmaoglu, H.B., Kaya, D., Guney, H., Nyland, J., Baltaci, G., Yuksel, I. & Doral, M.N. 2013. Is there a relationship between tracking ability, joint position sense, and functional level in patellofemoral pain syndrome? [Verkköjulkaisu]. Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy 21 (11). [Viitattu 18.10.2018]. Saatavilla: https://www.researchgate.net/publication/235382943_Is_there_a_relationship_between_tracking_ability_joint_position_sense_and_functional_level_in_patellofemoral_pain_syndrome

Zadpoor, A.A. Nikooyan, A.A. 2011. The relationship between lower-extremity stress fractures and the ground reaction force: A systematic review. [Verkköjulkaisu]. Clinical Biomechanics 26, 23–28. [Viitattu 24.1.2019]. Saatavilla: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.453.8881&rep=rep1&type=pdf>

LIITTEET

Liite 1. PFPS Severity Scale







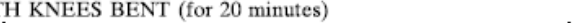
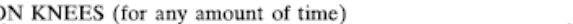


Liite 2. Siirtyminen paljasjalkakenkiin

LIITE 1. PFPS Severity Scale

788 *JA Laprade and EG Culham*

Appendix – PFPS Severity Scale

For each statement, please indicate with an 'X' how much knee pain you have experienced over the last week.

CLIMBING STAIRS		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
SQUATTING DOWN		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
WALKING		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
JOGGING		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
RUNNING/SPRINTING		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
PARTICIPATING IN A SPORT		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
SITTING WITH KNEES BENT (for 20 minutes)		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
KNEELING ON KNEES (for any amount of time)		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
PAIN AT REST/SLEEPING		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	
PAIN WHILE RESTING FOLLOWING ACTIVITY		
none		<input type="checkbox"/> not attempted
	unbearable	

LIITE 2. Siirtyminen paljasjalkakenkiin

Juoksun kokonaismäärä viikossa	10km	15km	20km	30km	40km
Viikko 1	Totuttelua kenkiin kävellen	Totuttelua kenkiin kävellen	Totuttelua kenkiin kävellen	Totuttelua kenkiin kävellen	Totuttelua kenkiin kävellen
Viikko 2 -juoksua paljasjalkakengillä yhteensä	1km (esim. 1 lenkin aikana)	1,5km (esim. 1 lenkin aikana)	2km (esim. 1-2 lenkin aikana)	3km (esim. 2-3 lenkin aikana)	4km (esim. 2-4 lenkin aikana)
Viikko 3 -juoksua paljasjalkakengillä yhteensä	2km	3km	4km	6km	8km
Viikko 4 -juoksua paljasjalkakengillä yhteensä	3km	4,5km	6km	9km	12km
Viikko 5 -juoksua paljasjalkakengillä yhteensä	4km	6km	8km	12km	16km
Viikko 6 -juoksua paljasjalkakengillä yhteensä	5km	7,5km	10km	15km	20km
Viikko 7 -juoksua paljasjalkakengillä yhteensä	6km	9km	12km	18km	24km
Viikko 8 -juoksua paljasjalkakengillä yhteensä	7km	10,5km	14km	21km	28km

Yllä oleva taulukko toimii ohjenuorana sille, miten kannattaa siirtyä paljasjalkakenkiin omia tuntemuksia kuunnellen. Joka viikon kohdalle on kerrottu kuinka paljon paljasjalkakengillä, tulee juosta suhteessa kokonaismäärään. Olisi suositeltavaa jakaa paljasjalkakengillä juostava määrä useammalle eri lenkille viikon aikana, jonka aikana vältetään yllirasitukselta. Ensimmäisten viikkojen aikana on todennäköistä tuntea arkuutta pohkeissa ja jalkapohjissa kuormituksen muuttumisen seurauksena. Tämän takia suosittelemme huoltavia toimenpiteitä, kuten kevyttä hierontaa ja venyttelyä kyseisille alueille. Taulukossa joka viikko paljasjalkakengillä juostava määrä kasvaa 10 prosentilla suhteessa juoksun kokonaismäärään. Taulukko on tehty Warne, J.P & Gruber, A.H. vuoden 2017 tutkimuksen pohjalta.