

Anu Kiviharju ja Roosa Pakkala

## **Polvinivelen ACL-rekonstruktion jälkeinen kuntoutus**

Yksittäistapaustutkimus urheilijan lihasaktivaation tutkimisesta EMG-shortseja apuna käyttäen

Opinnäytetyö

Syksy 2016

SeAMK Sosiaali- ja terveysala

Fysioterapian tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Sosiaali- ja terveysala

Fysioterapia (AMK)

Anu Kiviharju ja Roosa Pakkala

Polvinivelen ACL-rekonstruktion jälkeinen kuntoutus: Yksittäistapaustutkimus urheilijan lihasaktivaation tutkimisesta EMG-shortseja apuna käyttäen

Ohjaajat: lehtori Pia-Maria Haapala ja yliopettaja Merja Finne

Vuosi: 2016

Sivumäärä: 55

Liitteiden lukumäärä: 2

---

Yleisimpiä tuki- ja liikuntaelimestön vammoja etenkin naisurheilijoilla ovat polvinivelen anterior cruciate ligamentin (ACL) vauriot. Suurin osa vammoista tapahtuu ilman fyysistä kontaktia, esimerkiksi jarrutuksen tai nopean suunnanmuutoksen seurauksena. Hoitolinja valitaan aina yksilöllisesti, mutta indikaationa rekonstruktiolle pidetään selkeästi instabiilia polviniveltä.

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa lisätietoa elektromyografia (EMG)-shortsien käytettävyydestä lihasaktivaation mittaamisessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka kahdeksan viikon intervention aikana kotona suoritettava terapeuttinen harjoittelu ja mittauskerroilla saatu palaute lihasaktivaatiosta vaikuttavat ACL-rekonstruktoidun henkilön polven toimintakykyyn. EMG-shortsit mittaavat quadriceps- ja hamstring- lihasten aktivoitumista myös laboratorio-olosuhteiden ulkopuolella.

Yksittäistapaustutkimus sisälsi kymmenen mittauskertaa, joista viisi toteutui kahdeksan viikon intervention aikana. Lihastasapainon tutkimisen lisäksi mittauskerroilla selvitettiin tutkittavan henkilön koettua toimintakykyä Knee injury and osteoarthritis outcome score- physical function shortform -kyselylomakkeella ja kipua Visual analogue scale –kipunajalla. Rekonstruktoidun polvinivelen liikkuvuutta mitattiin goniometrillä.

Yksittäistapaustutkimus osoitti, että kahdeksan viikon terapeuttinen harjoittelu vaikutti positiivisesti kuntoutujan toimintakykyyn. Erityisesti kahden jalan kyykkyjen aikainen lihasaktivaatio tasaantui. Tutkimuksen aikana ilmeni, että EMG-shortsit ovat käytännöllinen menetelmä seurata lihasaktiivisuutta kuntoutumisen eri vaiheissa. Älyvaatteet ovat tulevaisuudessa hyvä apuväline fysioterapeuttien käytännön työssä.

Avainsanat: polvinivel, ACL-vamma, elektromyografia, lihastasapaino

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

School of Health Care and Social Work

Degree Programme in Physiotherapy

Anu Kiviharju and Roosa Pakkala

Rehabilitation after ACL-reconstruction: Single-case study about the rehabilitation of athletes, examining muscle activity using EMG-shorts

Supervisors: Lecturer Pia Haapala, Principal Lecturer Merja Finne

Year: 2016      Number of pages: 55      Number of appendices: 2

---

The most common musculoskeletal injuries, especially in women's sports, are anterior cruciate ligament (ACL) ruptures. Most of the injuries happen without physical contact, for example while braking the movement or changing the direction. The treatment is always selected individually, but an unstable knee is an indication for reconstruction.

The purpose of the thesis is to provide more information on the usability of electromyography (EMG) shorts while measuring muscle activity. EMG-shorts measure the activity of quadriceps- and hamstring-muscles, and the measurements can also be done outside the laboratory. The aim of this thesis was to find out how an eight-week therapy training at home and a feedback from the measurements of muscle activity influence the rehabilitation of an ACL-reconstructed person.

The single-case study included ten measurements. Five of them were carried out during the eight-week intervention. In addition to measuring muscle balance, subjective performance evaluations were made by the case study persons, using a 'Knee injury and osteoarthritis outcome score- physical function short form' questionnaire and a Visual analogue scale for pain measurement. The movement of the reconstructed knee joint was measured with a goniometer.

The single-case study showed that an eight-week therapy training had a positive effect on the client's performance. Especially the activity level of the quadriceps- and hamstring-muscles proved to be more moderate in two-leg squats at the end of the training. The study showed that the EMG-shorts are useful for following muscle activity at different phases of rehabilitation. In the future, smart clothes could be a good tool in the practical work of a physiotherapist.

Keywords: knee joint, ACL injury, electromyography, muscle balance

## SISÄLTÖ

<b>Opinnäytetyön tiivistelmä</b> .....	2
<b>Thesis abstract</b> .....	3
<b>SISÄLTÖ</b> .....	4
<b>Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo</b> .....	6
1 JOHDANTO .....	8
2 ELEKTROMYOGRAFIA JA ÄLYVAATTEET .....	10
3 POLVINIVELEN ANATOMIAA .....	11
3.1 Polviniveleen vaikuttavat lihakset.....	11
3.2 Polvinivelen tärkeimmät ligamentit .....	12
4 ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENTTI-VAMMAN SYNTYMEKANISMIT JA KUNTOUTUS.....	14
4.1 Vamman syntymekanismit ja operatiivinen hoito .....	14
4.2 Vamman postoperatiivinen kuntoutus .....	15
4.2.1 Lihassoiman harjoittaminen ACL-vamman kuntoutuksessa.....	16
4.2.2 Proprioseptiikka ja neuromuskulaarinen kontrolli .....	18
4.2.3 Dynaaminen stabiliteetti .....	19
5 LIHASAKTIVAATIO JA VOIMANTUOTTO .....	21
5.1 Lihassolun supistuminen ja relaksoituminen .....	21
5.2 Motorinen yksikkö ja lihasreseptorit .....	22
5.2.1 Lihassukkula .....	22
5.2.2 Golgin jänne-elin ja nivelen proprioseptorit .....	23
6 ALARAAJOJEN LIHASTASAPAINO .....	24
7 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT.....	26
8 OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄT JA TOTEUTUS .....	27
8.1 Kohdehenkilön kuvaus .....	27
8.2 Yksittäistapaustutkimus.....	27
8.3 Menetelmät .....	28
8.3.1 EMG-shortsit ja Muscle Monitor-tietokoneohjelma.....	28

8.3.2 Knee injury and osteoarthritis outcome score- Physical Function	
Shortform -kysely .....	30
8.3.3 Visual analogue scale -kipujana.....	30
8.3.4 Goniometri .....	30
8.3.5 Y- balance test .....	31
8.4 Toteutus .....	31
9 TULOKSET .....	33
10JOHTOPÄÄTÖKSET .....	43
11 POHDINTA .....	44
LÄHTEET .....	49
LIITTEET .....	55

## Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Polvinivelen tärkeimmät ligamentit.....	12
Kuva 2.Mbodyn EMG-shortsit ja MCell-moduuli.....	29
Kuva 3. MBodyn EMG-shortsit sisäpuolelta .....	29
Kuvio 1. Muscle Monitor-ohjelma.....	29
Kuvio 2. Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio anteriorisen suunnan liikkeessä, vasemman eli operoidun alaraajan ollessa tukijalkana. ....	35
Kuvio 3 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio anteriorisen suunnan liikkeessä, oikean alaraajan ollessa tukijalkana.....	35
Kuvio 4. Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posterolateraalisen suunnan liikkeessä, vasemman eli operoidun alaraajan ollessa tukijalkana.....	36
Kuvio 5 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posterolateraalisen suunnan liikkeessä, oikean alaraajan ollessa tukijalkana .....	36
Kuvio 6 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posteromediaalisen suunnan liikkeessä, oikean alaraajan ollessa tukijalkana .....	37
Kuvio 7 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posteromediaalisen suunnan liikkeessä, vasemman eli operoidun alaraajan ollessa tukijalkana.....	37
Kuvio 8. Lihasaktivaatio kahden jalan kyykkyjen aikana. ....	38
Kuvio 9. Lihasaktivaatio yhden jalan kyykkyjen aikana, vasen eli operoitu alaraaja. ....	39
Kuvio 10 Lihasaktivaatio yhden jalan kyykkyjen aikana, oikea alaraaja.....	40
Kuvio 11. Lihasaktivaatio viiden minuutin juoksun aikana.....	40

Kuvio 12 Juoksun aktivaatioprofiili quadriceps-lihasten osalta alkumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli). .....	41
Kuvio 13. Juoksun aktivaatioprofiili quadriceps-lihasten osalta loppumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli). .....	41
Kuvio 14. Juoksun aktivaatioprofiili hamstring-lihasten osalta alkumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli.). .....	42
Kuvio 15 Juoksun aktivaatioprofiili hamstring-lihasten osalta loppumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli.). .....	42
Taulukko 1. Kuntoutuksen tavoitteet ACL-rekonstruktion jälkeen.....	17
Taulukko 2. Koetun kivun ja toimintakyvyn tulokset sekä vasemman alaraajan liikkuvuudet.....	33
Taulukko 3. Y-Balance testin tulokset.....	34
Taulukko 4. Lihasaktivaatio kahden jalan kyykkyjen aikana.....	38
Taulukko 5. Koetun kivun ja polvinivelen toimintakyvyn tulokset.....	39

# 1 JOHDANTO

Urheilijan yleisimpiä tuki- ja liikuntaelimestön vammoja ovat polvinivelen anterior cruciate ligamentin (ACL) vauriot. Suurin osa vammoista (noin 70 prosenttia) tapahtuu ilman fyysistä kontaktia toisen henkilön kanssa. (Begalle, ym. 2012; Julin & Rissanen 2012, 10.) Naisurheilijoilla ACL-vamman riski on 2,4-9,7 kertaa suurempi, kuin miesurheilijoilla. Pelkästään erikoissairaanhoidon toimenpiteinä ACL-rekonstruktioita tehdään vuosittain Suomessa yli 2800 (Julin & Rissanen 2012, 10). ACL-vamman yleisyydestä johtuen, sen kuntoutuksesta on paljon tutkittua tietoa. Tutkijat suosittelevat muuan muassa neuromuskulaarista harjoittelua, sillä sen uskotaan vaikuttavan positiivisesti nivelten asentotuntoon, stabiliteettiin sekä suojarahkeiden kehittymiseen. (Herman ym. 2012,3-4.)

Aiheena opinnäytetyössä on yhden ACL-rekonstruktoidun aktiivurheilijan kuntoutusprosessi elektromyografia (EMG)-shortseja apuna käyttäen. EMG-shortsit ovat suomalaisen Myontecin kehittämä tuote, jonka avulla voidaan kattavasti analysoida jokapäiväisiä harjoituksia ja suorituskykyä. Myontecin MBody on älykäs vaate mittaamaan lihasaktiivisuutta ja Muscle Monitor-tietokoneohjelman avulla voidaan kattavasti analysoida saatuja tuloksia. (Myontec, [viitattu 7.3.2016].) Opinnäytetyössä tehdään yhteistyötä Kuortaneen urheiluopiston ja Myontecin kanssa. Kyseiset organisaatiot mahdollistivat EMG-shortsien lainaamisen, lisenssit Muscle Monitor-ohjelmaan sekä perehdytyksen niiden käytöstä.

EMG-shortsieihin on kiinnitetty kankaan sisäpuolelle elektrodit, jotka johdattavat signaalin MCell-moduuliin. MCell-moduuli on shortsien etupuolelle kiinnitettävä pieni laite, jonka avulla voidaan tallentaa tieto mittaustuloksista. Elektrodiparit ovat sijoitettuna quadriceps- ja hamstring-lihasten distaaliosiin sekä reiden lateraalisivuille. (Finni ym. 2007, 3.) EMG-shortsien avulla on mahdollisuus mitata quadriceps- ja hamstring-lihasten lihasaktiivisuutta. Finnin ym. (2007) ja Linnun ym. (2005) mukaan housuihin asennetut elektrodit ovat käyttökelpoinen ja turvallinen tutkimusmenetelmä, sillä ne mahdollistavat tiedon keräämisen myös normaalissa harjoitteluympäristössä. Elektrodit pysyvät hyvin paikallaan liikkeestä ja hikoilusta huolimatta shortsien materiaalin ansiosta. (Finni ym. 2007, 1-2, 11; Lintu ym. 2005, 4.)



Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa yksittäistapaustutkimus nuoren urheilijan kuntoutumisesta vasemman polven ACL-rekonstruktion jälkeen. Aihe on valittu sen vuoksi, että EMG-shortsit ovat uutta teknologiaa, ja niitä käytetään tällä hetkellä Suomessa lähinnä urheilijoiden testauksessa. EMG-shortsien avulla saatava tieto lihasaktivaatiosta voisi olla paljon laajemmin hyödynnettävissä, mikäli niiden tunnettavuus lisääntyisi.

## 2 ELEKTROMYOGRAFIA JA ÄLYVAATTEET

Pieniä sähköisiä virtoja kehittyä lihassyihin ennen kuin lihas tuottaa voimaa. Nämä virrat syntyvät ionien vaihdellessa lihaskalvojen poikki osana prosessia lihassyiden supistuessa. Elektromyografiaksi (EMG) kutsuttua signaalia voidaan mitata asettamalla johtava elementti tai elektrodi ihoa vasten, tai asettaa se lihaksen sisään. PintaEMG on yleisempi metodi mittauksissa, sillä se on noninvasiivinen ja riskit ovat pienemmät. (Day 2002, 3.) EMG on lihasten sähköistä toimintaa monipuolisesti mittaava menetelmä. Sitä on laajasti käytetty mittaamaan lihasaktiivisuutta urheilijoilla ja potilailla. (Tarkka 2002, 4; Finni ym. 2007, 2-8.)

Lihastoimintaa mittaava älyvaate mahdollistaa suorituksen aikaisen rekisteröinnin lihasten toiminnasta. EMG-shortsit mittaavat pintaEMG:tä, jonka avulla voidaan osoittaa esimerkiksi alaraajojen lihasten aktivoitumisjärjestys sekä aktivaation kesto. (Tarkka 2002, 4.) Tavallisten elektrodien tilalle on kehitetty tekstiilejä, joihin on kiinnitetty elektrodit kankaan sisäpuolelle. Nämä EMG-tekstiilit ovat helpottaneet lihasaktiivisuuden mittaamista myös luonnollisissa harjoitteluolosuhteissa, eikä ainoastaan testitiloissa. Vaate on nopea pukea, eikä juuri eroa normaalin vaateen painosta. Jotta mittaustulokset ovat vertailukelpoiset, vaateen tulee olla ihonmyötäinen sekä hyvin istuva ja elektrodien pinnat kosteutettu. Tieteen kannalta yksittäisen lihaksen aktivaation tutkiminen on usein tärkeää, mutta EMG-tekstiileillä saatu kokonaisvaltaisempi tieto lihasryhmien aktiivisuudesta on käyttökelpoisempaa käytännön työssä. (Lintu 2005, 2057; Lintu 2006, 17-18; Finni ym. 2007, 2-8.)

Finni ym. (2007) ovat tutkineet tekstiiliektrodien validiteettia ja reliabiliteettia käyttäen vertailussa perinteisiä elektrodeja. Tutkimuksessa mitattiin quadriceps-lihaksen aktiivisuutta käyttäen kahta erilaista asettelua perinteisillä elektrodipareilla. Tutkimus osoitti, että tekstiileihin kiinnitetyt elektrodit ovat validi ja soveltuva menetelmä mittaamaan lihasaktiivisuutta. (Finni ym. 2007, 2-8.)

### 3 POLVINIVELEN ANATOMIAA

Polvinivel on ihmiskehon suurin nivel. Femurin ja tibian väliin muodostuva nivel on sarananivel, jonka pääliikesuunnat ovat flexio ja extensio. Nivelen ollessa 90 asteen flexiossa, tapahtuu polvinivelessä myös ulkorotaatiota. Koska polvinivel muodostuu kahden pitkän luun väliin, se tarvitsee luisen rakenteensa lisäksi useita ligamentteja sekä nivelkapselin pitääkseen nivelen stabiilina. Kapselin tehtävänä on suojata nivelpintoja ja se sisältää rustoa ravitsevia ja voitelevia aineita. (Magee 2014, 765; Sand ym. 2012, 230; Plazer 2009, 206.)

Nivelkapselin sisällä nivelpintojen välissä on meniscus, joka lisää nivelpintojen yhdenmukaisuutta sekä vaimentaa polveen kohdistuvia iskuja (Plazer 2009, 206-208). Nivelen sisällä on cruciate ligamentit, jotka pitävät polvinivelen tukevana liikkeen aikana. Cruciate ligamenttien (ACL, PCL) ensisijaisena tehtävänä on vaukuttaa polvi ja estää tibiaa liukumasta anterior- ja posterior-suuntiin. (Kallio 2010, 290.)

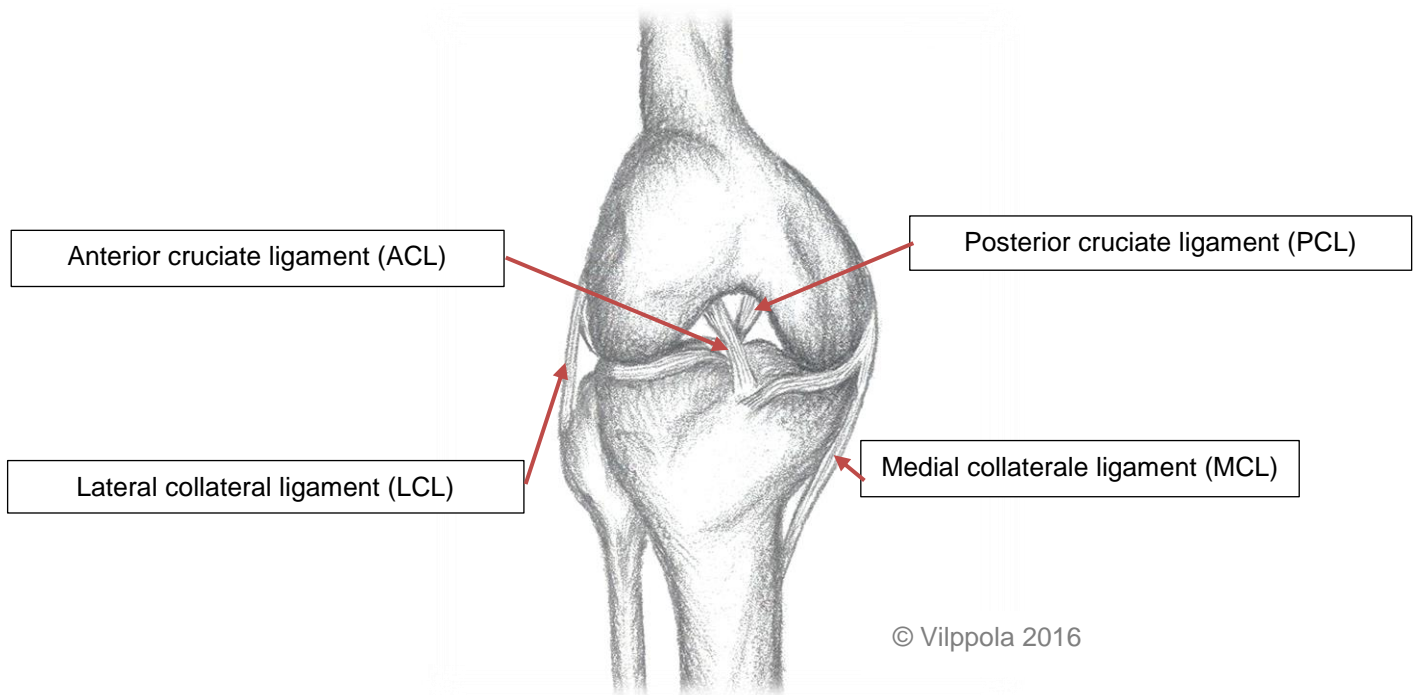
Myös patella on osa polvinivelen rakennetta. Sen toinen pinta niveltyy femurin kanssa ja toinen puoli jää quadriceps-lihaksen jänteen alle. (Plazer 2009, 206-208). Patellan tehtävänä on pidentää quadriceps-lihaksen vipuvartta ja vähentää jänteeseen kohdistuvaa voimaa (Schuenken, Schulte & Schumacher 2006,371).

#### 3.1 Polviniveleen vaikuttavat lihakset

Suurimmat polvinivelen toimintaan vaikuttavat lihakset ovat quadriceps- sekä hamstring-lihakset. Polvinivelen extensioon osallistuu ainoastaan quadriceps-lihas. Flexio-suunnan päälihaksena ovat hamstring-lihakset, mutta myös m. gracilis, m. sartorius, m. popliteus sekä m. gastrocnemius osallistuvat polvinivelen flexioon. Hamstring-lihaksista ainoastaan m. biceps femoris osallistuu polvinivelen ulkorotaatioon, kahden muun osan (m. semimembranosus ja m. semitendinosus) osallistuessa sisärotaatioon. Sisärotaatioon osallistuvat myös m. gracilis, m. sartorius ja m. popliteus. M. popliteuksen tehtäviin kuuluu myös polvinivelen stabilointi. (Schuenken, Schulte & Schumacher 2006, 426-434.)

### 3.2 Polvinivelen tärkeimmät ligamentit

Anterior cruciate ligament (ACL) koostuu viuhkamaisista säikeistä, jotka lähtevät tibian condylusten välistä anteriorisesti ja kiinnittyvät femurin lateraalisen condyluksen sisäpinnalle (Platzer 2009, 208; Kallio 2012, 289). ACL koostuu kahdesta kimpusta, jotka on nimetty niiden kiinnittymiskohtien mukaan: anteromediaalinen kimppu, joka on kireimmillään polvinivelen ollessa flexiossa, ja posterolateraalinen kimppu, joka on enemmän kupera ja kiristyy polvinivelen ollessa extensiossa. ACL:n pituus on tutkimusten mukaan 31 mm - 38 mm ja sen leveys 10 mm - 12 mm. Anteromediaalinen kimppu on keskimäärin 6-7 mm leveä, kun taas posterolateraalisen kimpun leveys on 5-6 mm. (Kweon, Lederman & Chhabra 2013, 17-18.)



Kuva 1. Polvinivelen tärkeimmät ligamentit.

ACL:n pääasiallinen tehtävä on estää tibian liukumista eteen ja näin ollen vakauttaa polvinivelen toimintaa. Sen lisäksi se estää polvinivelen hyperextensiota ja kontrolloi tibian kiertymistä suhteessa femuriin polvinivelen ollessa extensiossa tai hieman flexiossa (noin 30 asteeseen asti). ACL estää yhteistyössä lig. collaterale medialis kanssa polvinivelen vääntymistä valgus-virheasentoon. (Kallio 2012, 290.)

Posterior cruciate ligament (PCL) on rakenteeltaan vahvempi ligamentti kuin ACL. Se kulkee tibian takaosasta kiinnittyen viuhkamaisesti femurin mediaaliseen condyliin. PCL:n tehtävä on estää tibian liiallista liukumista takasuuntaan suhteessa femuriin. PCL on myös oleellinen osa polvinivelen posteriorista ja lateraalista reuna tukevia rakenteita. (Plazer 2009, 208; Kallio 2012, 289.)

Medial collateral ligament (MCL) ja lateral collateral ligament (LCL) ovat polvinivelen sivuilla kulkevat ligamentit, joiden tehtävänä on stabiloida polvea sivusuunnassa. LCL kulkee femurin lateraalista epicondylia fibulan päähän. MCL vastavasti kulkee femurin medialisesta epicondylia tibian yläosaan mediaalisesti. Eroavaisuus kyseisten ligamenttien välillä on se, että MCL on yhteydessä mediaaliseen menisciin. Tämän seurauksena se on vähemmän liikkuva sekä alttiimpi vammoille. (Schuenken, Schulte & Schumacher 2006, 395.)

## **4 ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENTTI-VAMMAN SYNTYMEKANISMIT JA KUNTOUTUS**

Yleisimpiä alaraajojen tuki- ja liikuntaelinvammoja ovat polvinivelen ACL-repeämät (Julin & Rissanen 2012, 10; Kallio 2010, 289). Tutkijat ovat arvioineet, että vuosittain 250 000 nuorella aktiivisella aikuisella esiintyy ACL-repeämiä, joista noin kolmasosa korjataan operatiivisesti (Begalle, ym. 2012, 396; Julin & Rissanen 2012, 10). Huolestuttavan suuri osuus ACL-vammoista uusiutuu urheilijoilla, jotka palaavat intensiivisen harjoittelun pariin. Kaksi vuotta ACL-rekonstruktion jälkeen kuusi prosenttia operoiduista henkilöistä ilmoittaa uudesta vammasta joko operoidussa tai ei-operoidussa polvessa. Viiden vuoden kuluttua ensimmäisestä leikkauksesta uusien vammojen määrä on 12 prosenttia. (Begalle, ym. 2012, 396.)

Nivelsidevamat voidaan luokitella kolmeen eri luokkaan repeämän vaikeusasteen mukaan (gradus 1-3). Gradus 1:ssä nivelsiteet saattavat olla venähtäneet tai osittain katkenneet, mutta vasta gradus 2:ssa repeämä vaikuttaa nivelen stabiiliteettiin. Vaikea, täydellinen repeämä (gradus 3) aiheuttaa selkeän polvinivelen instabiiliteetin. (Harilainen, Kallio & Kettunen 2012, 401-402.)

### **4.1 Vamman syntymekanismit ja operatiivinen hoito**

ACL-vammaa voidaan epäillä, mikäli polvi tuntuu muljahtavan tai siitä kuuluu selkeä naksahdus. Polvinivel saattaa kuitenkin tuntua tapaturman jälkeen stabiililta ja alaraajaan pystyy varaamaan painoa. (Kallio 2010, 289-290.) Valgus-asennon, flexion ja ulkorotaation yhtäaikainen kuormitus on yleisin syntymekanismi polvinivelen ligamenttivammalle (Krischak 2014, 125). Vammoista 70 prosenttia aiheutuu epäsuoran voiman seurauksena, kuten esimerkiksi nopea suunnanmuutos tai jarrutus ja loput 30 prosenttia ACL-vammoista syntyy suoran voiman vaikutuksesta. (Begalle, ym. 2012, 396.)

Ristisidevamman syntyyn voi vaikuttaa myös muut tekijät. Yliliikkuvat nivelet tai heikkous ristisiteissä voi altistaa repeämälle. Naisilla ACL-vamman riski on kolme-kuusi kertaa suurempi kuin miehillä. Suuremman riskin arvioidaan johtuvan hor-

monaalisista tekijöistä sekä rakenteellisista syistä. Polvinivelen kuormitukseen vaikuttavat esimerkiksi naisen lantion leveys ja tästä mahdollisesti aiheutuva polvinivelen virheellinen valgus-asento. (Kallio 2010, 290.)

ACL-vammojen hoitolinja valitaan aina yksilöllisesti, mutta usein indikaationa operatiiviseen hoitoon on gradus 2 tai 3 tason nivelsidevamma, jolloin polvinivel tuntuu usein subjektiivisesti ja kliinisesti tutkittaessa löysältä. Operatiivinen hoito on usein aiheellinen erityisesti nuorilla, jotka tavoittelevat kuntoutumista takaisin urheilun pariin. (Krischak 2014, 126; Kallio 2010, 291.)

ACL-rekonstruktio tehdään nykyään pääsääntöisesti tähystyksessä. Operaatiossa käytetään joko patellajänteestä (bone-tendon-bone-siirre) tai koukistajajänteistä (hamstring-siirre) valmistettua siirrettä. Siirteen kiinnittämiseen on useita eri tekniikoita ja siinä käytetään joko sulavia tai metallisia kiinnittimiä. (Harilainen, Kallio, Kettunen 2012, 404; Kallio 2012, 292.) Monet kirurgit suosivat bone-tendon-bone-siirrettä sen kestävyuden ja koon vuoksi, mutta myös polvinivelen väljyys on tutkitusti vähäisempää leikkauksen jälkeen (Kraeutler, Bravman & McCarty 2013, 1). Tutkimukset ovat osoittaneet, että yksittäinen 14mm leveä bone-tendon-bone-siirre on jopa 168 prosenttia alkuperäisen ACL:n voimasta (Magnusson, Joreitz & Podesta 2013, 406).

## **4.2 Vamman postoperatiivinen kuntoutus**

Tärkein tavoite ACL-vamman kuntoutuksessa on palauttaa polvinivelen toimintakyky. Tämän saavuttamiseksi tulee painottaa välitöntä painovarausta rekonstruktion jälkeen. Lisäksi on tärkeää kehittää alaraajojen lihasvoimaa, propioseptiikkaa, dynaamista stabiliteettia ja neuromuskulaarista kontrollia. (Wilk ym. 2012, 153; Tagesson, ym. 2008, 298.) Kuntoutuksen suunnitteluun vaikuttaa kuntoutujan tausta ja leikkaustapa. Kuntoutusprosessi on aina yksilöllinen ja valmista protokollaa ACL-vamman kuntoutukseen ei ole. (Julin & Rissanen 2012,11.)

Kuntoutuksen tueksi on kehitelty erilaisia mittareita. Esimerkiksi henkilön kokemaa toimintakykyä voidaan mitata Knee injury and osteoarthritis outcome score eli KOOS-kyselyllä. KOOS on laajasti käytetty kliinisissä tutkimuksissa, ja sitä voi-

daan hyödyntää erilaisten vammojen tutkimisen yhteydessä. (What is the KOOS, [viitattu: 3.3.2016].) Alaraajojen dynaamista stabiliteettia ja neuromuskulaarista kontrollia pystytään arvioimaan muun muassa Y-balance testin (YBT) avulla. Testiä tehdessä voidaan tarkastella tutkittavan henkilön alaraajojen voimaa, koordinaatiota, tasapainoa ja liikkuvuutta. (Clagg ym. 2015, 445-446.)

Wilkin ym. (2012) mukaan etenkin naisurheilijoilla ACL-vamman kuntoutuksessa on tärkeää kiinnittää huomiota lonkan extensoreita, ulkorotaattoreita, abduktoreita vahvistaviin sekä keskivartaloa stabiloiviin harjoitteisiin. Myös hyppiessä, juostessa ja nopeita suunnanmuutoksia tehdessä polvinivelen asento tulisi huomioida. (Wilk ym. 2012, 160.)

Kuntoutuksen yhteydessä on tärkeä kiinnittää huomiota myös leikkaustekniikkaan. Hamstring-lihaksesta otettu siirre vaikuttaa polvinivelen flexion ja sääriluun sisärotaation voimantuottoon etenkin suurilla flexiokulmilla. Tämän vuoksi myös hamstring-lihaksia tulisi vahvistaa. (Julin & Rissanen 2012, 12.)

#### **4.2.1 Lihassoiman harjoittaminen ACL-vamman kuntoutuksessa**

Yksi merkittävimpiä haasteita ACL-vamman kuntoutuksessa on quadriceps-lihaksen heikkous, joka on yksi vamman uusiutumisen riskitekijä. Kuntoutuksen alkuvaiheessa, kun kipu ja turvotus vaikeuttavat vielä lihaksen toimintaa, saateen terapiakäynnin yhteydessä käyttää sähköistä lihasstimulaatiota quadriceps-lihaksen aktivointiin. Vielä kuuden kuukauden jälkeen ACL-rekonstruktioista quadriceps-lihaksen voimantuotto voi olla jopa 20 prosenttia heikompi kuin ennen vamman syntymistä. Siinä missä kyseinen lihas on tärkeä polvinivelen dynaamisessa stabiloinnissa, niin heikkous voi aiheuttaa myös suorituskyvyn alentumista, sekä myöhemmässä vaiheessa nivelrikkoa. (Clark & Herrington 2010, 409; Wilk ym. 2012, 156.)



Taulukko 1. Kuntoutuksen tavoitteet ACL-rekonstruktion jälkeen (Magnusson, Joireitz & Podesta 2013, 409-417).

0-4 viikkoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• turvotuksen vähentyminen</li> <li>• leikkaushaavan parantuminen</li> <li>• polvinivelen täyden extension saavuttaminen</li> <li>• polvinivelen flexio noin 125 astetta (4 viikon jälkeen)</li> <li>• quadricepsin voiman parantuminen</li> </ul>
4-16 viikkoa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• alaraajojen voimien ja neuromuskulaarisen kontrollin parantuminen</li> <li>• kävelyn normalisoituminen</li> <li>• valmistautuminen juoksuun</li> <li>• polvinivelen flexio noin 135 astetta (8 viikon jälkeen)</li> <li>• isokineettisessä mittauksessa operoidun alaraajan voimatason on suositeltavaa olla noin 75 prosenttia terveestä alaraajasta 16 viikon kohdalla.</li> </ul>
16 viikkoa – 6 kuukautta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• liikkuvuuden, lihasvoiman ja kestävyuden parantuminen</li> <li>• isokineettisessä mittauksessa operoidun alaraajan voimataso oltava noin 90 prosenttia ennen paluuta urheilun pariin.</li> </ul>
6 kuukautta – 9 kuukautta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ketteryysharjoitteet ja hyppyharjoitteet</li> <li>• oikean juoksutekniikan löytyminen</li> <li>• urheilun pariin palaaminen</li> </ul>

Tagessonin ym. (2008) mukaan avoimen kineettisenketjun harjoitteet vaikuttavat merkittävästi enemmän quadriceps-lihaksen voimantuottoon ACL-rekonstruktion jälkeen kuin suljetun kineettisenketjun harjoitteet. Tutkimuksen tulokset tukevat teoriaa, että avoimen kineettisenketjun harjoitteet ovat välttämättömiä quadriceps-lihaksen vääntömomentin palautumisen kannalta etenkin mitattaessa isokineettistä voimaa. Hamstring-lihaksen avoimen tai suljetun kineettisenketjun harjoitteiden välillä ei huomattu eroavaisuuksia. (Tagesson ym. 2008, 305-306.)

Begalle ym. (2012) ovat tutkineet quadriceps- ja hamstring-lihasten yhteisaktivaatiota yleisimpien terapeuttisen harjoitteiden aikana. Tutkimukseen osallistui 27 vapaaehtoista henkilöä, jotka olivat terveitä ja fyysisesti aktiivisia. Kaikista tasapainoisin aktivaatio quadriceps- ja hamstring-lihasten välillä ilmeni yhden jalan maastavedossa, yhden jalan hypyissä ja kuminauhakävelyssä sivuille. Quadriceps-lihaksen aktivaatio oli korkeimmillaan askelkyykyissä. Niiden sisällyttäminen ACL-rekonstruktion jälkeiseen harjoitusohjelmaan onkin toivottavaa, mikäli tavoitteena on quadriceps-lihasten vahvistaminen. (Begalle ym. 2012, 400,403.)

Koska suuri aiheuttaja ei-kontaktista aiheutuvaan ACL-vammaan erityisesti naisilla on virheellinen valgus-asento, on tärkeää saada polvinivelten hallintaa parannettua. Yhtenä hyvänä harjoitteena Wilk ym. (2012) pitävät korokkeelta alas laskeutumista yhdellä jalalla, jolloin lihakset tekevät eksentristä lihastyötä. Liikkeen aikana kuntoutujan pitää ehkäistä valgus-virheasennon syntymistä ja polvien työntymistä 2.varpaan yli eteen. (Wilk ym. 2012, 160.)

#### **4.2.2 Proprioseptiikka ja neuromuskulaarinen kontrolli**

Proprioseptiikka on määritelty kirjallisuudessa elimistön kykynä ylläpitää tai palauttaa kehon asento häiriön jälkeen eli sitä voidaan toisin sanoen kutsua asento- ja liikeaistiksi (Clark & Herrington 2010, 428; Kaux ym. 2013, 2). Kehon optimaalinen asento mahdollistaa valmistautumisen liikkeeseen, liikkeen ylläpidon ja mahdollisen muutoksen voimantuotossa tai kehon distaaliosien liikkeissä. Proprioseptinen informaatio nivelen tilasta ja siihen liittyvistä rakenteista on olennaista neuromuskulaariselle kontrollille. Neuromuskulaarisen kontrollin vajaus voi aiheuttaa epävakaita toimintoja nivelessä, ja tätä kautta vahingoittaa sitä. (Riemann & Lephart 2002, 73; Kaux ym. 2013, 2.) Proprioseptiikan harjoittaminen alkaa usein jo kahden viikon kuluttua operaatiosta kivun ja turvotuksen lievityksellä sekä quadriceps-lihaksen hallinnan kehittämisellä (Wilk ym. 2012, 156).

Muuttunut neuromuskulaarinen aktivaatio hamstring- ja quadriceps-lihaksissa uskotaan olevan merkittävässä roolissa ACL-vamman riskiin. Alentunut neuromuskulaarinen kontrolli alaraajassa on todettu olevan myös riski uusiutuvaan ACL-vammaan. Mikäli hamstring-lihaksessa on vajautta lihasaktivaatiossa, on sillä myös rajoittunut kyky suojata polvinivelen ligamenteja. Näin ollen dominoivan quadriceps-lihaksen aktivaatio ja heikosti aktivoituvan hamstring-lihaksen uskotaan aiheuttavan tibian anteriorista siirtymistä aiheuttaen ACL-vamman riskin. (Abrahamson ym. 2010, 209; Abrams ym. 2014, 1.) Neuromuskulaarisen kontrollin vajaus voi kehittää suurentuneen kuormituksen polvinivelelle päivittäisissä toiminnoissa ja aiheuttaa rustovaurioita ajan kuluessa. Toisaalta poikkeavat liikemallit ACL-vamman jälkeen voivat suojata polviniveltä liialliselta kuormitukselta yksilöillä, joilla ACL:n toiminta on puutteellinen tai joille on tehty ACL-rekonstruktio. Jälkim-

mäisessä tapauksessa polvinivelen mekaaninen stabilaatio on palautunut, mutta neurosensorinen vajaus saattaa yhä olla olemassa. (Theisen ym. 2016, 2.) Neuromuskulaarista kontrollia on tästä syystä käytetty apuna määriteltäessä valmiutta palata täysipainoisen harjoittelun pariin (Abrams ym. 2014, 1).

Neuromuskulaarisen harjoittelun uskotaan parantavan nivelten asentotuntoa, stabiliteettia sekä kehittävän suojarefleksejä. Sen voi sisällyttää alkulämmittelyn yhteyteen, ja sen avulla voi luoda variaatioita omaan lajiharjoitteluun. Tyypillisesti neuromuskulaarinen harjoittelu sisältää venyttäviä, vahvistavia, tasapainoa ja ketteryyttä parantavia harjoitteita. (Herman ym. 2012,3-4.) Wilk ym. (2012) toteavat, että proprioseptisen ja neuromuskulaarisen kontrollin on katsottu vähentävän lihaksen väsymisen ilmaantumista. Tutkijat suosittelevat harjoittamaan neuromuskulaarista kontrollia myös harjoituskerran lopussa, esimerkiksi aerobisen harjoituksen jälkeen. Tällöin elimistö on jo rasittuneessa tilassa ja harjoituksesta saatava ärsyke on vaihtelevaa. (Wilk ym. 2012, 159.)

#### **4.2.3 Dynaaminen stabiliteetti**

Polvinivelen dynaaminen stabiliteetti on monitahoista vuorovaikutusta staattisen ja dynaamisen hallinnan välillä. Tämän seurauksena neuromuskulaarinen kontrolli turvautuu visuaalisen, vestibulaarisen ja sensomotorisen systeemin keskinäiseen vuorovaikutukseen. Urheilusuorituksen aikana ylläpidettävä polvinivelen dynaaminen stabiliteetti edellyttää ennakkoon suunnitellun lihasaktivaation sekä yhtä lailla refleksinomaisen lihasaktivaation yhteistyötä. Afferentti somatosensorinen informaatio on välttämätön motorisen kontrollin prosessissa. (Malfait ym. 2015, 2.) Alaraajojen kinematiikan ja asennon stabiliteetin heikkous ovat altistavia tekijöitä polvinivelen ligamenttivaurioille. ACL on olennainen osa polvinivelen proprioseptiikan hallinnassa, sen vuoksi ACL-vammat vaikuttavat suuresti alaraajojen neuromuskulaariseen kontrolliin ja nivelten stabiliteettiin. (Delahunt ym. 2013, 172-173.)

ACL-rekonstruktion jälkeen kuntoutujaa pitäisi havainnoida heidän suorittaessaan dynaamista stabiliteettia vaativia harjoitteita, jolloin polvinivelen stabiliteetin heik-

kous on mahdollista havaita. Tällöin myös tehokkaamman harjoitusohjelman laatiminen olisi helpompaa. Yksi arviointimenetelmistä on käyttää Star Excursion Balance Test:iä (SEBT), jonka avulla voi tunnistaa ne urheilijat, joilla on kohonnut riski alaraajavammoihin. Testissä tehdään yhden jalan kyykkyjä kurkottaen samalla toisella jalalla kahdeksaan eri liikesuuntaan lattiaa pitkin. Jokainen kurkotussuunta antaa erilaisen haasteen ja liikettä tulee niin sagittaali-, frontaali- kuin transversaalitasolla. Tuloksia voidaan vertailla operoidun ja ei-operoidun alaraajan välillä tai vastaavasti ennen ja jälkeen intervention, jolloin voidaan selvittää, onko harjoitteista ollut hyötyä. (Gribble, Hertel & Plisky 2012, 340; Delahunt ym. 2013, 173.)

## 5 LIHASAKTIVAATIO JA VOIMANTUOTTO

Liikkeen tuottamiseen osallistuu monia lihaksia, joilla on erilainen toimintarooli suorituksen aikana. Lihakset toimivat usein joko yhteistyössä tai toisiaan vastaan. Toimintarooli vaihtelee liikkeestä ja liikesuunnasta riippuen, ja se saattaa muuttua liikeradan aikana. Lihaksen toimintaroolit ovat agonisti, antagonistti, synergisti, neutralisoija tai fiksaattori. Agonisti on usein konsentrisen lihastyön pääsuorittaja, sillä se tekee yleensä suurimman osan liikkeestä. Antagonisti taas tekee eksentristä liikettä säädellen liikenopeutta ja sen pehmeyttä. Kun agonisti on aktiivinen, antagonistti on rentona ja venytyksessä. Synergisti avustaa yleensä agonistia konsentrisessa lihastyössä. Neutralisoijan tehtävänä on ehkäistä vääränlaista toimintaa ja fiksaattori auttaa staattisella lihastyöllä vartalon tai raajan stabilisoinnissa. (Kauranen & Nurkka 2010, 138-139; Marieb 2012, 200; Kauranen 2014, 218.)

### 5.1 Lihassolun supistuminen ja relaksoituminen

Yksittäisten lihassolujen (lihassyiden) sisällä on myofibrillejä, jotka sisältävät kahdenlaisia aktiinia ja myosiinia koostuvia ketjuja eli myofilamenteja. Nämä ovat järjestäytyneet myofibrilleihin toistuvan kuvion mukaan säännöllisiksi rakenteiksi, joita kutsutaan sarkomeereiksi. (Sand ym. 2011, 237; Leppäluoto ym. 2015, 96.)

Lihassolun supistuessa sarkomeerit lyhenevät, kun filamentit liukuvat toistensa lomiin muodostaen niin kutsuttuja poikkisiltoja. Tämän aikana aktiiniin kiinnittyneet myosiiniväkäset taipuvat ja väkästen ote aktiinifilamentista irtoaa, jolloin poikkisilta katkeaa. Tämän jälkeen myosiiniväkäset suoristuvat ja sama tapahtumasarja toistuu koko lihassupistuksen ajan. (Sand ym. 2011, 239; Leppäluoto ym. 2015, 97.)

Lihassupistusta säätelevät motoneuronien hermoimpulssit. Kun aktiopotentiali (ATP) tulee hermo-lihasliitokseen, vapautuu hermopäätteestä asetyylikoliinia. Tämä välittäjäaine diffundoituu synapsiraon yli ja sitoutuu lihassolun kalvoreseptoreihin. Näin syntyvä aktiopotentiali leviää koko lihassoluun. Solukalvoa pitkin aktiopotentialit leviävät T-putkistoon, josta ne pääsevät nopeammin solunsisäiseen sarkoplasmakalvostoon. Aktiopotentiali käynnistää  $Ca^{2+}$ -ionin vapautumisen ja

näin lihassyyn supistuminen alkaa. (Sand ym. 2011, 241 Leppäluoto ym. 2015, 98-99.)

## **5.2 Motorinen yksikkö ja lihasreseptorit**

Motorinen yksikkö on toiminnallista voimaa säätelevä ja kontrolloiva hermolihasjärjestelmän osa. Se on  $\alpha$ -motoneuronin ja sen hermottamien lihassolujen muodostama kokonaisuus. Yksi motoneuroni voi hermottaa muutamia tai jopa satoja lihassoluja, riippuen mistä lihaksesta on kyse ja millaista työtä lihas tekee. Motorisia yksiköitä voi olla yhdessä lihaksessa jopa 3000. (Kauranen & Nurkka 2010, 129-130; Marieb 2012, 188; Kauranen 2014, 87-88.)

Lihasseptorit auttavat keskushermostoa saamaan tietoa lihasten pituudesta, jännitystasosta ja nivelten asennoista, jotta lihasten toiminnan ohjaaminen olisi optimaalista. Venytys, paine, kosketus, lämpötila ja vibraatio ovat esimerkkejä ärsykkeistä, joita reseptoreiden on muutettava keskushermoston ymmärtämään muotoon, jotta motoristen yksiköiden toiminnan säätely mahdollistuisi ja esimerkiksi oikean asennon hienosäätö onnistuisi tasapainon häiriintyessä. Keskeisiä reseptoreita ovat lihassukkula (lihaskäämi, lihasspindel), Golgin jänne-elin, nivelten proprioseptorit, ihon mekanoreseptorit ja vapaat hermopäätteet. (Kauranen & Nurkka 2010, 131-132; Marieb 2012, 234.)

### **5.2.1 Lihassukkula**

Lihassukkuloita on arviolta noin 27 500, lihaskohtaisesti niiden määrä vaihtelee 6-1300 kappaletta/lihas. Ne ovat herkkiä lihaspituuden muutoksiin ja näin ollen ne ovat tärkeässä roolissa kontrolloimaan kehon liikkeitä ja asentoa. Niitä on tiheämmin lihaksissa, jotka tekevät hienomotorista työtä kuten silmän, käden ja niskan lihakset. Lihassukkula on täynnä nestettä, ja se on suojattu sidekudoksesta muodostuneella kapselilla. Kapselin sisällä on 3-13 erikoistunutta lihassyötä, joita kutsutaan intrafusaalisyiksi. Nämä aistivat herkästi lihaspituuden ja sen muutokset. (Magee, Zachazewski & Quillen 2007,194; Kauranen & Nurkka 2010, 132; Radovanovic ym. 2015, 542.) Lihassukkulan primaarireseptorin tehtävä on aistia elasti-

sen keskiosan pituutta. Se reagoi nopeasti intrafusaalisten säkeiden pituuden muutokseen ja viestittää tuntohermoja pitkin muutoksista ja muutosnopeudesta. Sekundaarireseptorit taas sijaitsevat keskiosan molemmin puolin ja toimivat hitaammin. Niiden päätehtävänä on välittää tietoa lihaksen hetkellisestä pituudesta, sillä ne eivät aisti yhtä herkästi lihaksen muutosnopeutta. (Kauranen & Nurkka 2010, 132–133.)

### **5.2.2 Golgin jänne-elin ja nivelen proprioseptorit**

Golgin jänne-elin on sukkulan muotoinen jänneen ja lihaksen yhtymäkohdassa sijaitseva aistinelin, joka aistii hyvin sensitiivisesti lihaksen pienenkin supistumisen ja venymisen. Kyseisiä aistinelimiä lihaksesta löytyy noin 30-90 prosenttia lihas-sukkuloiden määrästä. Niitä on nivelkapselissa, ligamenteissa ja meniscissä. Golgin jänne-elimellä ei kuitenkaan ole motorista hermotusta. Aktiivisen lihassupistuksen aikana hermoimpulsseja lähtee aktiivisesti jänne-elimestä, mutta passiivisen venytyksen tai staattisen lihassupistuksen aikana aktivaatiota ei juuri tapahdu. Golgin jänne-elimien toimintaa ei pysty itse hallitsemaan, koska se on tiedostamaton. Liian suuren voiman kohdistuessa jänne-elimien lihas relaksoituu ja aiheuttaa suojarefleksin. (Shumway-Cook & Woollacott 2001, 59; Magee, Zachazewski & Quillen 2007, 193; Kauranen 2014, 96-97.) Nivelreseptorit ovat toiminnallisesti lihasreseptoreiden kaltaisia, mutta niiden päätehtävänä on tuottaa tietoa nivelten asennosta, liikkeestä, liikkeen kulmanopeudesta sekä nivelen sisäisestä paineesta (Kauranen 2014, 100).

## 6 ALARAAJOJEN LIHASTASAPAINO

Lihastasapainolla tarkoitetaan usein antagonisti- ja agonisti-lihasten pituuden ja voiman suhteellista tasapainoa. Se voi viitata kuitenkin myös vastakkaisten lihasryhmien (oikean ja vasemman) lihasvoimaan ja sen eroihin. Erityisesti dominoivan ja ei-dominoivan puolen lihasvoiman erot voivat olla huomattavia. Lihasepätasapaino aiheutuu yleensä lihaksen mukautumisen tai sen toimintahäiriön seurauksena. Toiminnallinen lihasepätasapaino on jopa hyödyksi urheilijoilla ja se aiheutuu, kun lihaksisto sopeutuu esimerkiksi monimutkaiseen liikemalliin. Tässä tapauksessa epätasapainoa aiheutuu antagonisti-lihasten voimaan ja liikkuvuuteen. Kun taas lihasepätasapaino heikentää suoritusta, sitä voidaan kutsua patologiseksi. Usein patologinen lihasepätasapaino aiheuttaa kipua ja toimintahäiriöitä, mutta monilla ihmisillä on lihasepätasapainoa myös oireettomasti. (Page, Frank & Lardner 2010, 5,6; Ervilha, Graven-Nielsen & Duarte 2012, 977.)

Lihasten yhteisaktivaatiolla tarkoitetaan agonisti- ja antagonisti-lihasten aktivoitumista samanaikaisesti nivelen ympärillä. Tämä on tärkeää tahdonalaisten liikkeiden kontrolloimisen kannalta, jotta liike olisi mahdollisimman normaali. Esimerkiksi hamstring-lihaksen kireys voi rajoittaa polvinivelen ojennusvoimaa ja sen liikkuvuutta. (Page, Frank & Lardner 2010, 5,6; Ervilha, Graven-Nielsen & Duarte 2012, 977.)

Esimerkiksi polvinivelen stabiliteetin kannalta quadriceps- ja hamstring-lihasten yhteisaktivaatio on merkittävä, erityisesti kun ac-ligamenttiin kohdistuu liiallista kuormitusta. Yhteisaktivaatiota voi häiritä lihasten epätasaiset voimasuhteet. Lihastasapainoa hamstring- ja quadriceps-lihasten välillä on tutkimuksissa määritelty hamstring-to-quadriceps- suhdeluvulla (HQ-suhdeluku). ACL-vamman jälkeen quadriceps-lihas heikkenee kolminkertaisesti verrattuna hamstring-lihaksiin, joten HQ-suhdeluku on suurempi vammautuneessa alaraajassa. Tämä epätasainen voimatasojen heikkeneminen aiheuttaa lihasten epätasapainoa, joka saattaa kasvattaa riskiä alaraajavammoihin ja nivelrikkoon tulevaisuudessa. (Kim ym. 2016, 2, 8-9.; Harput ym. 2014, 36.)

Symmetrinen quadriceps-lihaksen voimataso ACL-rekonstruktion jälkeen operoidussa ja ei-operoidussa alaraajassa pitäisi aina olla yhtenä kuntoutuksen osa-



tavoitteena. Merkittävää epätasapainoa lihaksissa voidaan pitää esteenä täyspäiväiseen harjoitteluun ja se on yhteydessä myös koettuun toimintakykyyn, toiminnalliseen suorituskykyyn ja muuttuneeseen kävelyn biomekaniikkaan. (Kim ym. 2016, 2.; Palmieri-Smith & Lepley 2015, 1.) Monien tutkijoiden mukaan 10-20 prosentin eroa quadriceps-lihasten voimien välillä on voitu pitää sopivana raja-arvona urheilun pariin palaamiselle. Raja-arvon lisäksi pitää kuitenkin kiinnittää huomiota myös siihen, kuinka lihasepätasapaino vaikuttaa esimerkiksi henkilön biomekaniikkaan ja suorituskykyyn. (Palmieri-Smith & Lepley 2015, 2.)

## **7 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE, TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT**

Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa lisätietoa fysioterapeuteille EMG-shortsien käytettävyydestä lihasaktivaation mittaamisessa polvivamman jälkeisessä kuntoutusprosessissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka kahdeksan viikon intervention aikana kotona suoritettava terapeutin harjoittelu ja mittauskerroilla saatu palaute lihasaktivaatiosta vaikuttavat ACL-rekonstruktoidun henkilön polven toimintakykyyn.

### Tutkimusongelmat

1. Millaisia vaikutuksia kahdeksan viikon terapeutin harjoittelulla on tutkittavan kokemaan polven toimintakykyyn ja kipuun?
2. Miten kahdeksan viikon terapeutin harjoittelu vaikuttaa tutkittavan polvinivelen liikelaajuuteen?
3. Millaisia vaikutuksia kahdeksan viikon terapeutin harjoittelulla on lihasapainoon?

## 8 OPINNÄYTETYÖN MENETELMÄT JA TOTEUTUS

Opinnäytetyössä tutkittiin polvinivelen koetun toimintakyvyn lisäksi alaraajojen lihasaktivaation muutoksia ACL-rekonstruktion jälkeen. Opinnäytetyöprosessin alkaessa tarvittiin yksittäistapaustutkimukseen yksi tutkittava henkilö. Inklusiokriteerinä oli polven ACL-rekonstruktio viimeisen 12 kuukauden aikana ja henkilön tuli olla aktiiviuurheilija. Tiedossa oli inklusiokriteerit täyttävä henkilö, johon oltiin yhteydessä syksyllä 2015.

### 8.1 Kohdehenkilön kuvaus

Tutkittava henkilö on 22-vuotias aktiivisesti urheilua harrastava nuori nainen. Hän loukkasi vasemman polvensa maaliskuun alussa 2015, jolloin juostessa äkillisen suunnanmuutoksen seurauksena ACL repeytyi totaalisesti (gradus 3). Tapaturmaan ei liittynyt kontaktitilannetta. Tämän jälkeen urheilu kuitenkin jatkui ilman operaatiota noin puolen vuoden ajan. Vasemman polven ACL-rekonstruktio tutkitavalle tehtiin 24.9.2015. Rekonstruktiossa käytettiin semitendinous-jänteestä otettua siirrettä. Meniscit olivat stabiilit ja PCL ehjä. Operaation jälkeen tutkittavaa henkilöä ohjeistettiin käyttämään viikon ajan kyynärsauvoja ja fysioterapeutin kontrolli ajoittui kahden viikon päähän operaatiosta. Tutkittavalla oli tavoitteena palata takaisin täysipainoisen urheilun pariin mahdollisimman pian. Hän kävi yksittäistapaustutkimuksen aikana säännöllisesti fysioterapeutilla ja osallistui myös joukkueensa harjoituksiin.

### 8.2 Yksittäistapaustutkimus

Tutkimusmenetelmänä opinnäytetyössä käytetään määrällistä eli kvantitatiivista tutkimusmenetelmää. Määrällinen tutkimusmenetelmä antaa yleisen kuvan muuttujien välisistä eroista. Tarkoituksena on tutkia ilmiössä tapahtuvia muutoksia, jotka tässä tapauksessa ovat muutokset mittaustuloksissa. (Heikkilä 2008, 16; Vilka 2007, 13.) Tutkimusmenetelmäksi valikoitui yksittäistapaustutkimus, jonka tarkoituksena on arvioida yksittäisten henkilöiden edistymistä alkumittausten, interventi-

on ja loppumittausten aikana. Tätä kutsutaan ABA-muodoksi, jossa A sisältää mitaukset ennen ja jälkeen intervention ja B intervention aikana. Interventio antaa tutkittavalle tietoa kuntoutuksen vaikutuksista. Yksittäistapaustutkimuksessa tuloksia ei vertailla muiden henkilöiden tulosten kanssa, vaan tässä tapauksessa pelkästään yksilössä tapahtuvat muutokset ovat tarkastelun kohteena. (Smith 2012, 2; Vonk, Tripodi & Epstein 2006, 155-156.)

Alkumittaukset tehdään ennen interventiota mahdollisista muuttujista, joihin interventiolla odotetaan olevan vaikutusta. Näiden tulosten avulla saadaan selville lähtökohta, johon myöhempiä tutkimustuloksia vertaillaan. Mittaukset, jotka tehdään intervention aikana, osoittavat esimerkiksi kehityksen niillä asiakkailla, jotka saavat fysioterapiaa. Näillä mittauksilla voidaan myös selvittää, milloin fysioterapiasta ei ole enää merkittävää hyötyä. Intervention päätyttyä seurantamittauksilla halutaan selvittää, jatkuuko intervention aikana saadun fysioterapian vaikuttavuus vielä sen loputtua. (Vonk, Tripodi & Epstein 2006, 155.)

### **8.3 Menetelmät**

Yksittäistapaustutkimuksessa käytetyt menetelmät valikoituivat tutkittuun tietoon perustuen. Lisäksi haluttiin tuoda EMG-shortsien avulla uutta teknologiaa mukaan opinnäytetyöprosessiin. Mittauksissa menetelminä käytettiin EMG-shortsien lisäksi Koos-PS-kyselyä, VAS-kipujanaa, goniometriä ja Y-balance testiä.

#### **8.3.1 EMG-shortsit ja Muscle Monitor-tietokoneohjelma**

Opinnäytetyössä EMG-shortseja (kuvat 1 ja 2.) käytettiin yksittäistapaustutkimuksen aikana kaikilla mittauskerroilla. Lihasaktivaatiota mitattiin EMG-shortsien avulla Y-Balance testissä, kahden ja yhden jalan kyykyissä sekä juoksussa, jotta mitaustulokset antaisivat monipuolista tietoa tutkittavan lihastasapainosta. Analysointiin käytettiin Myontecin lanseeraamaa Muscle Monitor-ohjelmaa (kuvio 1.), jonka avulla tutkittavalle osoitettiin lihasaktivaation taso reaaliajassa kannettavan tietokoneen välityksellä. Opinnäytetyössä käytetyt lihasaktiivisuutta mittaavat EMG-shortsit ovat yksinkertainen tapa seurata esimerkiksi kuntoutumisen etenemistä.

Muscle Monitor on suunniteltu ja luotu syvemmän sekä tarkemman tiedon analysointiin mitattaessa alaraajojen lihasaktivaatiota. Muscle Monitorin avulla voidaan selvittää kynnyksarvoja lihasväsymykselle, havaita mahdollisia ongelmia lihasaktiivisuudessa sekä vertailla saatuja tuloksia. Ohjelmalla pystytään reaaliaikaisesti seuraamaan kolmen eri henkilön MCell-moduulia. Tuloksia tarkastellessa kurssoreiden avulla voidaan jakaa saatu tieto pienempiin osiin, ja tätä kautta vertailla niitä keskenään. (Muscle monitor [viitattu 31.8.2016].)



Kuva 13. MBodyn EMG-shortsit ja MCell-moduuli



Kuva 8. MBodyn EMG-shortsit sisäpuolelta.



Kuvio 1. Muscle Monitor-ohjelma.

### **8.3.2 Knee injury and osteoarthritis outcome score- Physical Function Shortform -kysely**

Interventiossa käytettiin KOOS-kyselyn lyhennettyä versiota KOOS-PS-kyselyä. (liite 1. (What is the KOOS?)) KOOS-PS mittaa fyysistä toimintakykyä polven osalta seitsemässä eri osiossa, jossa jokaisessa kohdassa on viisi eri vastausvaihtoehtoa (none, mild, moderate, severe ja extreme) asteikolla nolasta neljään maksimipistemäärän ollessa 28. Mitä korkeampi pisteluku, sitä huonommaksi tutkittava henkilö kokee toimintakykynsä. Kyselyllä on tarkoitus saada selville, missä toiminnoissa tutkittava henkilö on kokenut kipua polvessa viimeisen seitsemän päivän aikana. Tutkimusten mukaan KOOS- kysely on reliaabeli ja validi menetelmä mittaamaan urheilijoiden toimintakykyä ACL-rekonstruktion jälkeen. (Collins ym. 2011,215; Salavati ym. 2011, 408.)

### **8.3.3 Visual analogue scale -kipujana**

Visual analogue scale eli VAS on menetelmä, jonka avulla voidaan arvioida tutkitavan henkilön kokemaa kipua viimeisen 24 tunnin aikana. Alun perin VAS-kipujana on kehitetty jo 1920-luvulla, mutta otettu aktiivisempaan käyttöön vasta myöhemmin. Mittarina VAS-kipujana on yksinkertainen, koska se on vain kymmenen senttimetrin pituinen jana, jonka vasen reuna kuvaa tilannetta ilman kipua ja oikea reuna pahinta mahdollista kipua. Tutkittava merkitsee janaan pystyviivan, jolla arvioi kivun määrää. (Kersten, Küçükdevici & Tennant 2012, 609.) VAS-kipujana on validi ja reliaabeli menetelmä mittaamaan koettua kipua (Bijur, Silver & Gallagher 2001, 1153, 1157).

### **8.3.4 Goniometri**

Goniometriä on käytetty nivelliikkuvuuksien mittaamiseen jo vuodesta 1920. Se on tutkimusten mukaan validi mittari, ja se on yleisimmin käytetty tutkimusmenetelmä fysioterapian käytännön työssä. Jotta mittaustuloksen reliabiliteetti olisi mahdollisimman korkea, tulisi testaajan aina käyttää samoja testiasentoja ja anatomisia maamerkkejä. Myös saman goniometrin käyttäminen on suositeltavaa. Tutkimuk-

set ovat osoittaneet, että goniometrin intratester-reliabiliteetti on korkeampi kuin intertester-reliabiliteetti. Tämä tarkoittaa sitä, että eri testaaajien mittaustulosten välillä on havaittu eroavaisuuksia. (Palmer & Epler, 1998, 12–14.)

### 8.3.5 Y- balance test

Interventiossa yhtenä menetelmänä käytettiin Y-balance testiä, jonka avulla voidaan arvioida uudelleen vammautumisen riskiä. Testialusta on Y:n muotoinen, ja siinä on kolme eri liikesuuntaa: anteriorinen (ANT), posterolateraalinen (PL) ja posteromediaalinen (PM). Testialustassa ANT-PL ja ANT-PM suuntien välinen kulma on 135 astetta ja PL-PM välinen kulma on 90 astetta. Suorituksen aikana paino tulee pitää tukijalalla ja samaan aikaan kurottaa vastakkaisella jalalla kuhunkin suuntaan mahdollisimman pitkälle niin, että tukijalan kantapää pysyy alustassa ja asento säilyy tasapainoisena. (Clagg ym. 2015, 445-446.)

Clagg ym. (2015) ja Chimera ym. (2015) ovat tutkimuksissaan tuoneet esille, että Y-balance testillä on korkea reliabiliteetti ja että sillä on pystytty osoittamaan eroa terveen ja ACL-rekonstruktoidun alaraajan dynaamisessa tasapainossa ja neuro-muskulaarisessa kontrollissa (Clagg ym. 2015, 445; Chimera, Smith & Warren 2015, 477). Clagg ym. (2015) osoittavat tutkimuksessaan, että ACL-rekonstruktoidulla henkilöllä ANT-suunnan etäisyys on selkeästi heikompi kuin kontrolliryhmällä, mutta muissa suunnissa eroa ei ollut havaittavissa. ANT-suunnan tuloksissa yli neljän senttimetrin ero alaraajojen välillä voidaan tulkita kohonneeksi vammaariskiksi. Tutkimuksen mukaan lantion abduktoreiden lihasvoimalla oli positiivista vaikutusta jokaiseen testin liikesuuntaan sekä quadriceps-lihaksen voimalla PL- suuntaan, mutta leikkauksen ajankohdan ei katsottu vaikuttavan tuloksiin. (Clagg ym. 2015, 448.)

## 8.4 Toteutus

Yksittäistapaustutkimuksen mittaukset toteutettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun Koskenalan toimipisteen kuntosalilla. Kokonaisuudessaan yksittäistapaustutkimus sisälsi kymmenen mittausta: alkumittauksia oli kolme, intervention aikana mittauk-

sia oli viisi ja loppumittauksia kaksi. Alkumittaukset toteutuivat 20.1. - 3.2.2016. Interventio oli kahdeksan viikon mittainen ja toteutui 3.2. - 31.3.2016. Intervention aikana mittaukset tehtiin noin puolentoista viikon välein. Loppumittaukset toteutuivat 31.3.-14.4.2016.

Mittaustilanne alkoi KOOS-PS-kyselyn ja VAS-janan täyttämällä, jonka jälkeen tutkittava henkilö lämmitteli viisi minuuttia kuntopyörällä ja venytteli alaraajojen lihakset omatoimisesti. Mittaukset aloitettiin polvinivelen flexio- ja hyperextensiosuuntaisen liikkuvuuden mittaamisella goniometrillä tutkittavan ollessa selinmaakuulla. Tämän jälkeen tutkittiin alaraajojen lihasaktiivisuutta ja toimintakykyä Y-Balance testillä, lihastasapainoa kahden ja yhden jalan kyykyissä sekä viiden minuutin matalavauhtisessa juoksussa (7km/h) juoksumatolla. Y-Balance testissä ja kyykyissä tutkittava suoritti jokaisella kerralla yhden harjoituskierroksen ennen varsinaisia mittauksia, jotta mitattaessa suoritustekniikka oli varmasti hallinnassa ja lihakset lämpimänä. Toistomäärät yhden jalan kyykyissä oli kaksi kertaa viisi molemmilla alaraajoilla sekä kahden jalan kyykyissä kaksi kertaa kymmenen toistoa. Suoritusten välissä oli aina puolentoista minuutin palautus. Kahden jalan kyykyyn syvyys oli standardoitu tuolilla, jonka korkeus oli 43cm ja suoritustahti oli tasainen ja rauhallinen.

Intervention aikana mittausten jälkeen tutkittavalle henkilölle annettiin ohjeet kotona tehtäviin terapeuttisiin harjoitteisiin, jotka käytiin lopuksi yhdessä läpi. Kotiharjoitusohjelmaan valitut harjoitteet painottuivat quadriceps- ja hamstring-lihaksia vahvistaviin ja proprioseptiikkaa kehittäviin liikkeisiin. Alkumittausten aikana pystytettiin hahmottamaan pääpiirteittäin, mihin painopiste intervention aikaisessa terapeuttisessa harjoittelussa keskittyi. Mittauksissa tuli ilmi erityisesti ACL-rekonstruktoidun puolen quadriceps-lihaksen heikkous, johon harjoittelulla pyrittiin vaikuttamaan. (Liite 2.) Kuten teoreettisessa viitekehyksessä on tuotu esille, ACL-rekonstruktion jälkeen hyviä harjoitteita ovat mm. askelkyykyt, kuminauhakävelyt sivuille ja yhden jalan hyppy (Begalle, ym. 2012 400-403).



## 9 TULOKSET

**Terapeuttisen harjoittelun vaikutus tutkittavan toimintakykyyn ja koettuun kipuun** mitattiin VAS-kipujanalla ja KOOS-PS-kyselyllä. VAS-kipujan vaihteluväli oli alkumittausten aikana 0,7-2,9, intervention aikana 0,4-2,2 ja loppumittausten aikana 0,5-0,6. KOOS-PS-kyselyn mukaan tutkittavan koettu toimintakyky vaihteli alkumittausten aikana yhdestä neljään pistettä, intervention aikana yhdestä kuuteen ja loppumittausten aikana tulos oli yksi. Mittaustulosten keskiarvot sekä vaihteluvälit ovat esitelty taulukossa 2. sekä mittauskohtainen koonti VAS-kipujan ja KOOS-PS-kyselyn tuloksista on esitetty myöhemmin taulukossa 5.

**Muutokset polvinivelen liikelaajuuksissa** mitattiin goniometrillä. Oikean polvinivelen liikkuvuudet extensio-suuntaan olivat keskiarvoltaan 4,4 astetta ja flexio-suuntaan 134,1 astetta. Vaihteluväli oikean polvinivelen liikkuvuuksissa oli pieni eri mittauskerroilla. Vasemman polvinivelen vaihteluvälit ja keskiarvot olivat suuremmat. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Koetun kivun ja toimintakyvyn tulokset sekä vasemman alaraajan liikkuvuudet.

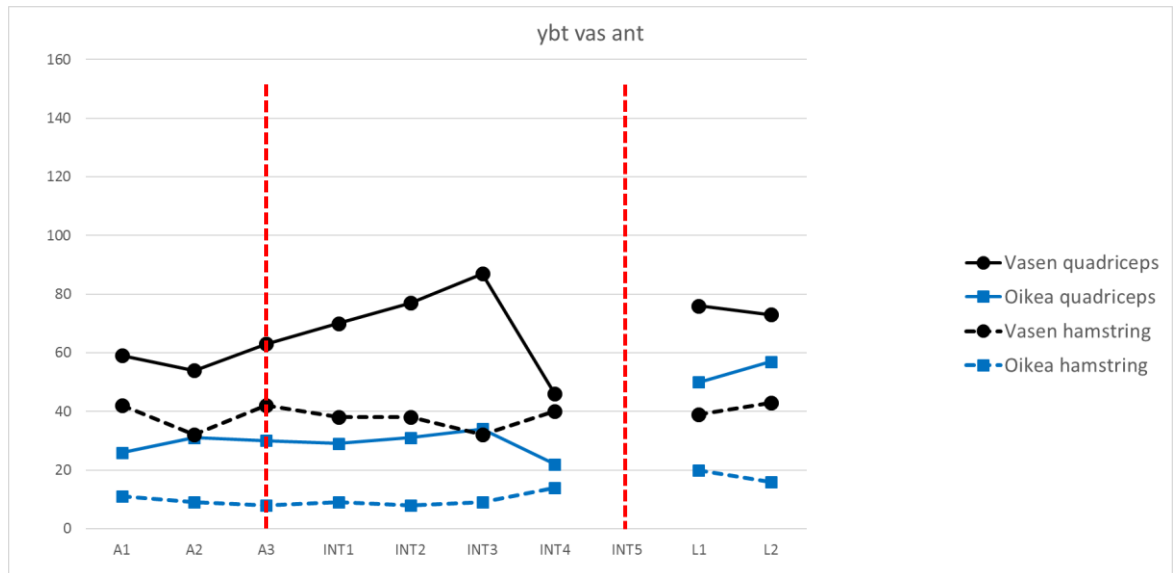
	Alkumittaus (Ka)	Interventio (Ka)	Loppumittaus (Ka)
Koettu kipu (vaihteluväli)	1,47 (0,7-2,9)	1,26 (0,4-2,2)	0,55 (0,5-0,6)
Polven toimintakyky (vaihteluväli)	2,3 (1-4)	2,4 (1-6)	1,0 (1)
Vasemman polven liikkuvuus (hyperextensio)	2,0°	2,8°	4,0°
Vasemman polven liikkuvuus (flexio)	133°	133,6°	133°

**Terapeuttisen harjoittelun vaikutuksia lihastasapainoon tutkittiin Y-Balance Testillä.** Etenkin anteriorisessa suunnassa vasemman alaraajan ollessa tukijalkana tulokset olivat oikeaa alaraajaa heikommat. Päinvastainen tulos saatiin posteromediaaliseen suuntaan, jossa vasemmalla alaraajalla tulokset olivat paremmat. Tulokset on kirjattu alla olevaan taulukkoon (Taulukko 3.) tukijalan mukaan. Teknisten ongelmien vuoksi intervention viidennen mittauskerran tulokset puuttuvat.

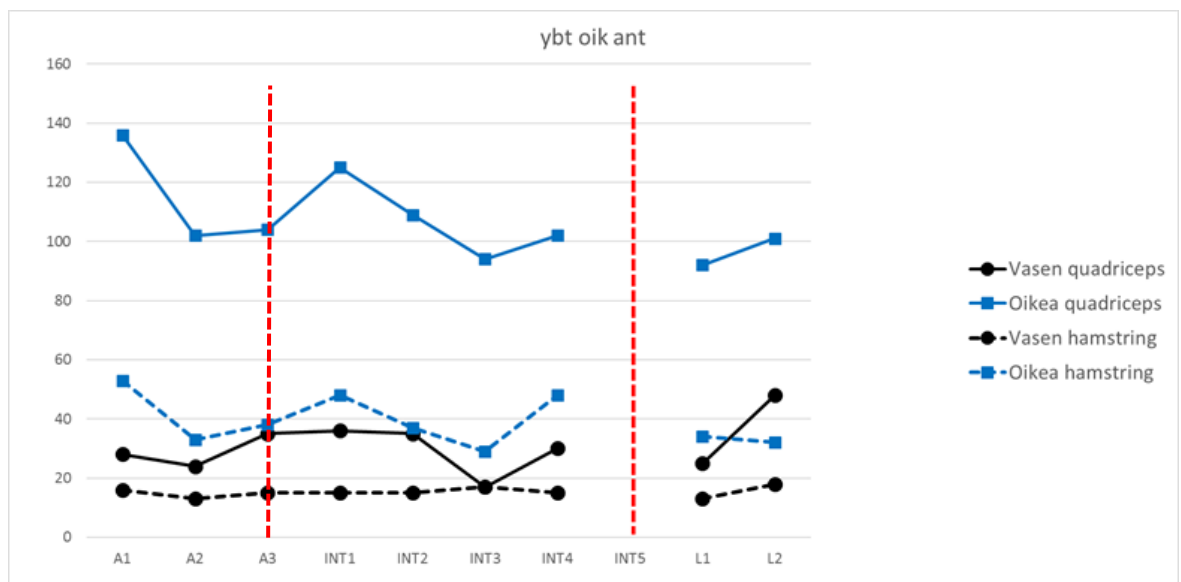
Taulukko 3. Y-Balance testin tulokset (cm).

Tukijalan mukaan	Alkumittaus (Ka)	Interventio (Ka)	Loppumittaus (Ka)
Anteriorinen suunta vasen (operoitu)	69,0	68,6	71,5
Anteriorinen suunta oikea	77,3	79,8	79,5
Posterolateraalinen suunta vasen (operoitu)	128,8	141,9	147,8
Posterolateraalinen suunta oikea	127,2	135,0	147,3
Posteromediaalinen suunta vasen (operoitu)	121,3	136,0	142,0
Posteromediaalinen suunta oikea	117,0	128,4	133,0

Y-Balance testin anteriorisen suunnan kuvioissa on nähtävissä tukijalan aktivaatiotasoissa huomattava ero. Vasemman alaraajan ollessa tukijalkana (kuvio 2.) quadriceps-lihaksen aktivaatiotaso vaihteli 40-70 välillä, kun taas oikean alaraajan ollessa tukijalkana (kuvio 3.) quadriceps-lihaksen aktivaatiotaso vaihteli 100-140 välillä.

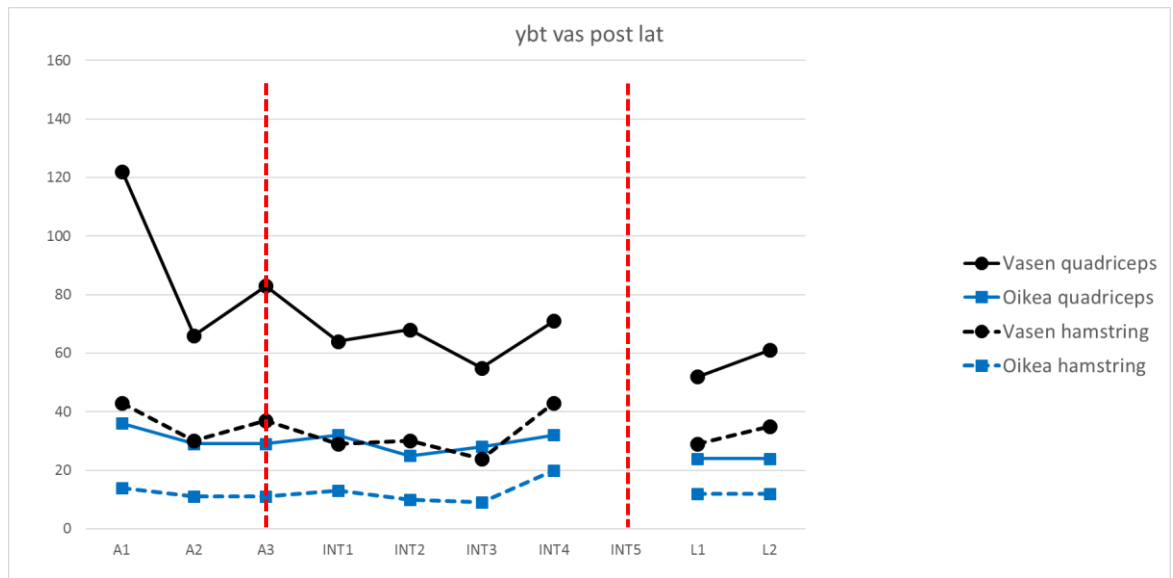


Kuvio 2. Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio anteriorisen suunnan liikkeessä, vasemman eli operoidun alaraajan ollessa tukijalkana.

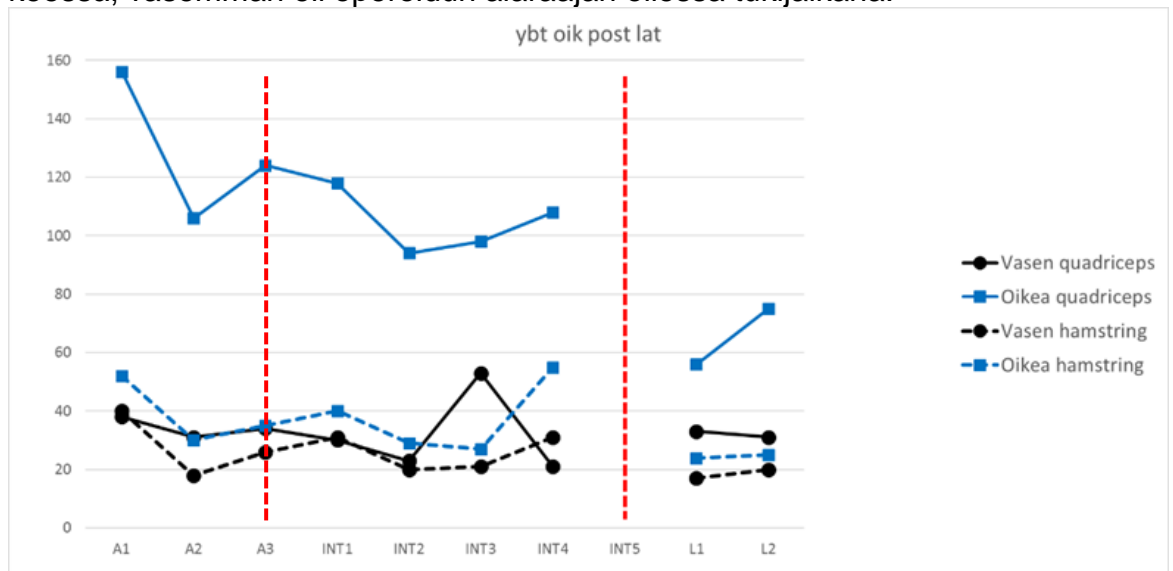


Kuvio 3. Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio anteriorisen suunnan liikkeessä, oikean alaraajan ollessa tukijalkana.

Y-Balance testin posterolateraalisen suunnan tulokset ovat samankaltaisia kuin anteriorisen suunnan. (kuviot 4 ja 5.) Aktiivaatiotasot vaihtelivat operoidun eli vasemman alaraajan ollessa tukijalkana pääsääntöisesti välillä 55-80, kun taas oikean alaraajan ollessa tukijalkana aktiivaatiotasot vaihtelivat 80-120 välillä. Loppumittauksien aikana tulokset tasaantuivat huomattavasti oikean ja vasemman quadriceps-lihasten välillä.

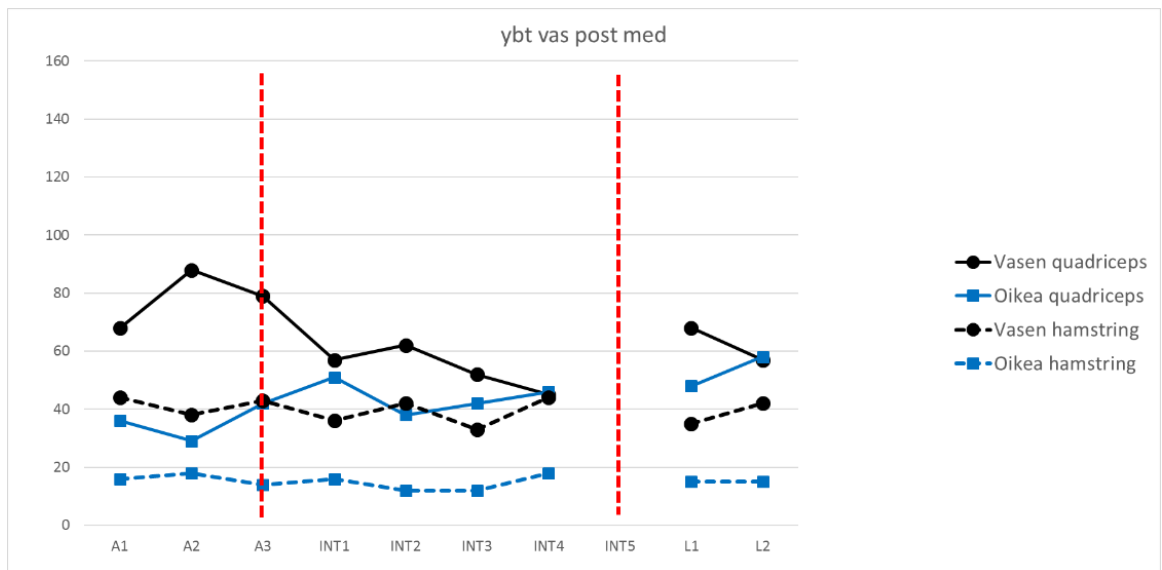


Kuvio 4 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posterolateraalisen suunnan liikkeessä, vasemman eli operoidun alaraajan ollessa tukijalkana.

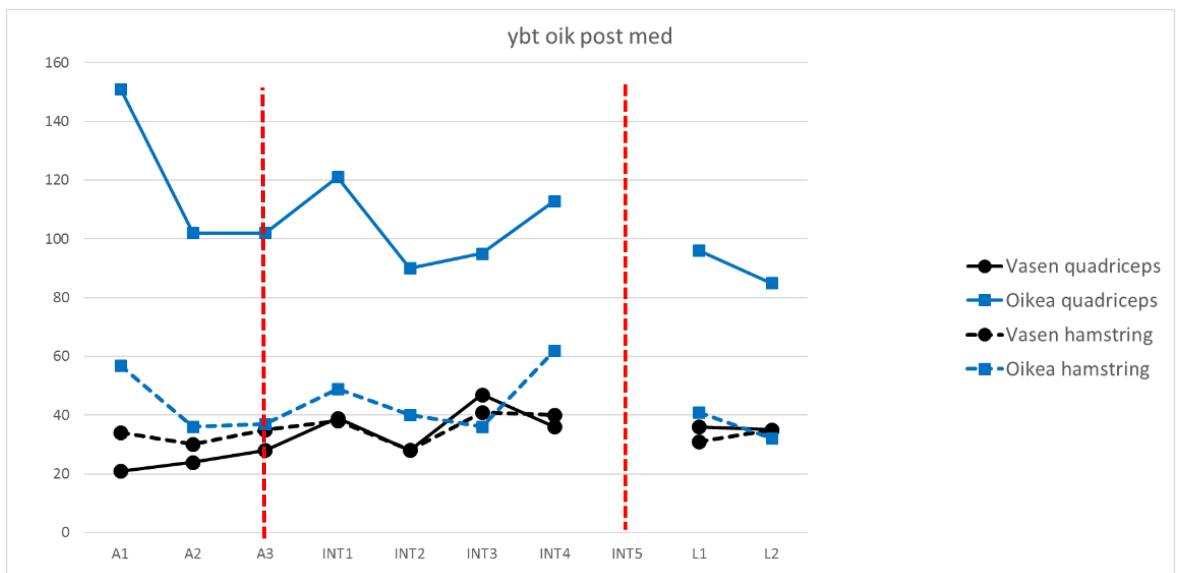


Kuvio 5 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posterolateraalisen suunnan liikkeessä, oikean alaraajan ollessa tukijalkana

Myös posteromediaalisen suunnan tulokset osoittavat, että oikean alaraajan quadriceps-lihaksen aktivaatiotasot ovat korkeammat kuin operoidun alaraajan quadriceps-lihaksen. Vasemman alaraajan ollessa tukijalkana aktivaatiotasot vaihtelivat 45-90, ja oikean alaraajan ollessa tukijalkana vaihteluväli oli pääsääntöisesti 85-120. (kuviot 6 ja 7.) Aktivaatiotasot tasaantuivat oikean ja vasemman alaraajan välillä intervention jälkeen.



Kuvio 7 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posteromediaalisen suunnan liikkeessä, vasemman eli operoidun alaraajan ollessa tukijalkana

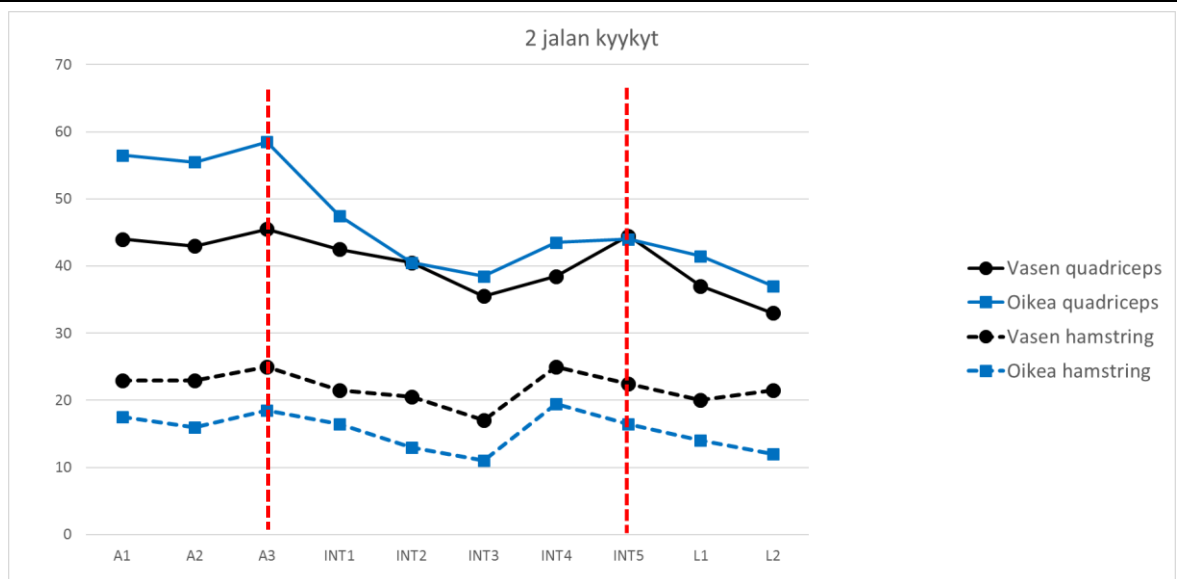


Kuvio 6 Y-Balance testin aikainen lihasaktivaatio posteromediaalisen suunnan liikkeessä, oikean alaraajan ollessa tukijalkana

**Quadriceps- ja hamstring lihasten aktivoitumista mitattiin EMG-shortsien avulla.** Kahden jalan kyykyissä alku- ja loppumittausten välillä erityisesti quadriceps-lihasten aktivoituminen intervention jälkeen tasoittui. (Taulukko 4.) Vasen hamstring-lihas aktivoitui oikeaa hamstringi-lihasta enemmän. Intervention aikaisen terapeuttisen harjoittelun tulos näkyi erityisesti kahden jalan kyykyissä, joissa aktivaatio oikean ja vasemman quadriceps-lihaksen välillä tasaantui huomattavasti. (Kuvio 8.) Alku- ja loppumittausten välillä quadriceps-lihasten aktivaatiotaso laski oikeassa alaraajassa 57 → 38 ja operoidussa alaraajassa 45 → 33.

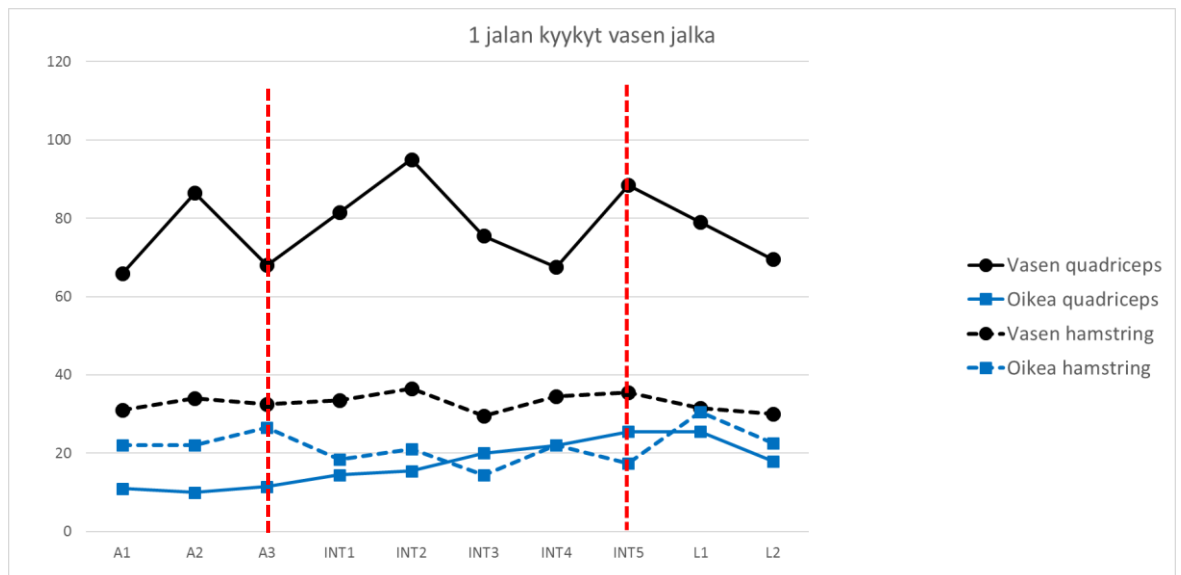
Taulukko 4. Lihasktivaatio kahden jalan kyykyjen aikana.

	Alkumittaukset (ka)	Loppumittaukset (ka)
Vasemman alaraajan (oper.) quadriceps-lihas	44,2	35
oikean alaraajan quadriceps-lihas	56,8	39,3
vasemman alaraajan (oper.) hamstring-lihas	23,7	20,8
oikean alaraajan hamstring-lihas	17,3	13



Kuvio 8. Lihasktivaatio kahden jalan kyykyjen aikana.

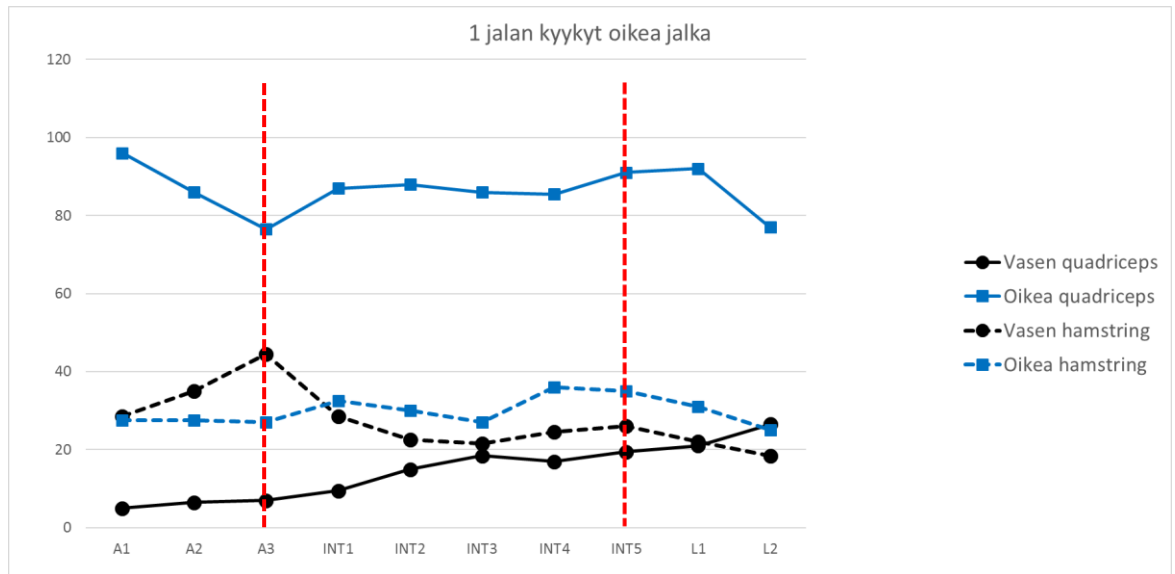
Yhden jalan kyykyissä vasemman quadricepsin aktivaatio vaihteli selkeästi mittauskertojen välillä ja se oli keskiarvoltaan alhaisempi verrattuna oikean quadricepsin aktivaatioon (vasen 77,7 ja oikea 86,5). Etenkin alkumittausten aikaan vasemman alaraajan aktivaatiotaso oli huomattavasti oikeaa matalampi. (Kuviot 9 ja 10.) Koetun kivun ja polvinivelen toimintakyvyn mittaushetkelliset tulokset VAS-kipujanalla ja KOOS-PS kyselystä ovat kuvattu taulukossa 5, joista niitä voidaan vertailla yhden jalan kyykkyjen tuloksiin.



Kuvio 9. Lihasaktivaatio yhden jalan kyykkyjen aikana, vasen eli operoitu alaraaja.

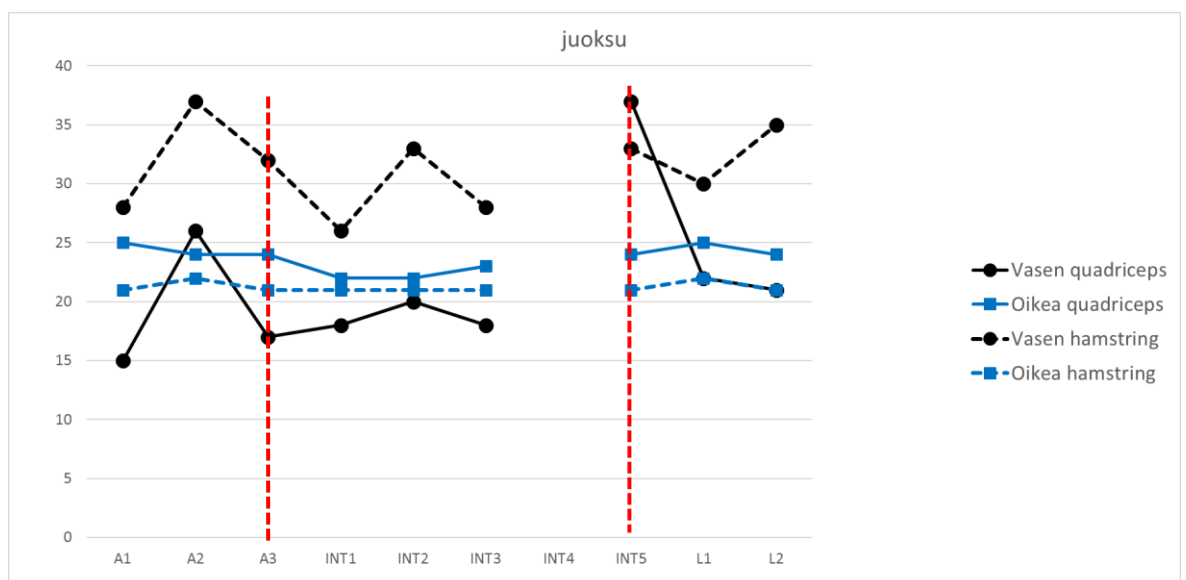
Taulukko 5. Koetun kivun ja polvinivelen toimintakyvyn tulokset.

	A1	A2	A3	INT1	INT2	INT3	INT4	INT5	L1	L2
VAS (cm)	0,7	0,8	2,9	1,3	2,2	0,7	1,7	0,4	0,6	0,5
KOOS-PS	1	2	4	3	6	1	1	1	1	1



Kuvio 10 Lihasaktivaatio yhden jalan kyykyjen aikana, oikea alaraaja.

Lihasaktivaatiotasot juoksun aikana on vasemmassa hamstring-lihaksessa oikeaa hamstring-lihasta aktiivisempaa sekä epätasaisempaa. (Kuvio 11.) Intervention neljäs mittauskerta ei ole juoksun osalta vertailukelpoinen, sillä se suoritettiin teknisistä ongelmista johtuen poikkeuksellisesti liikuntasalissa.

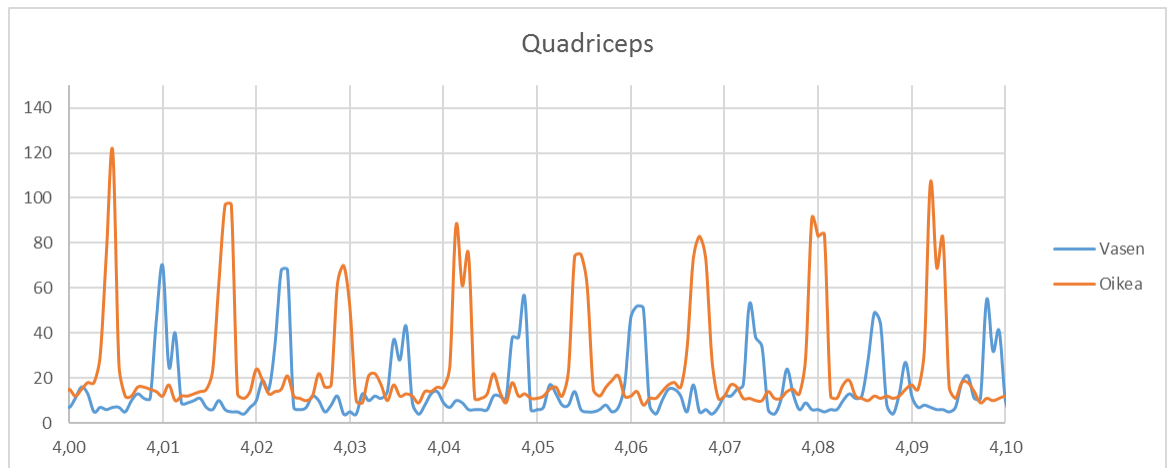


Kuvio 11. Lihasaktivaatio viiden minuutin juoksun aikana.

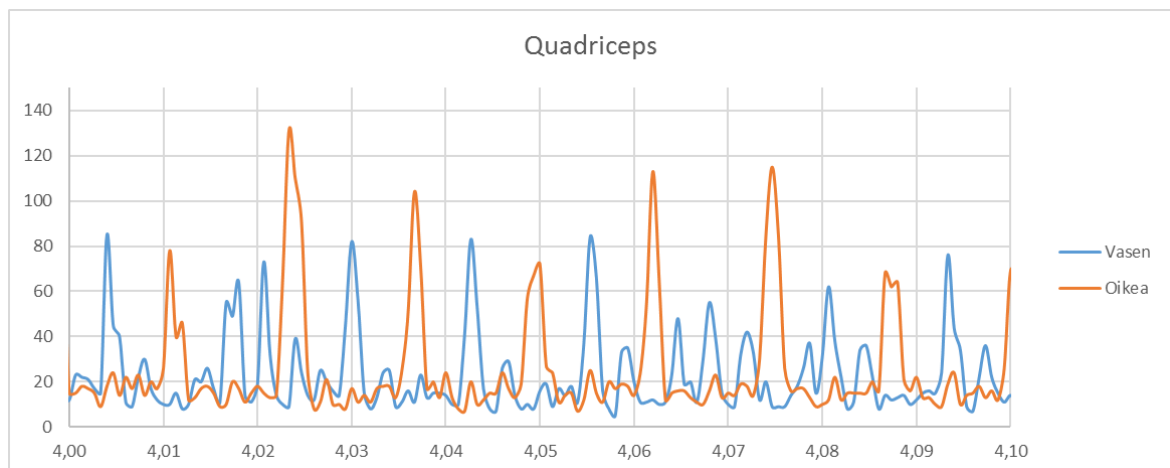
Kuvioissa (Kuviot 12.-15.) on esitetty osa quadriceps- ja hamstring-lihasten aktivaatiotodoksista viiden minuutin juoksun aikana. Työhön poimittiin kuuden sekunnin otos



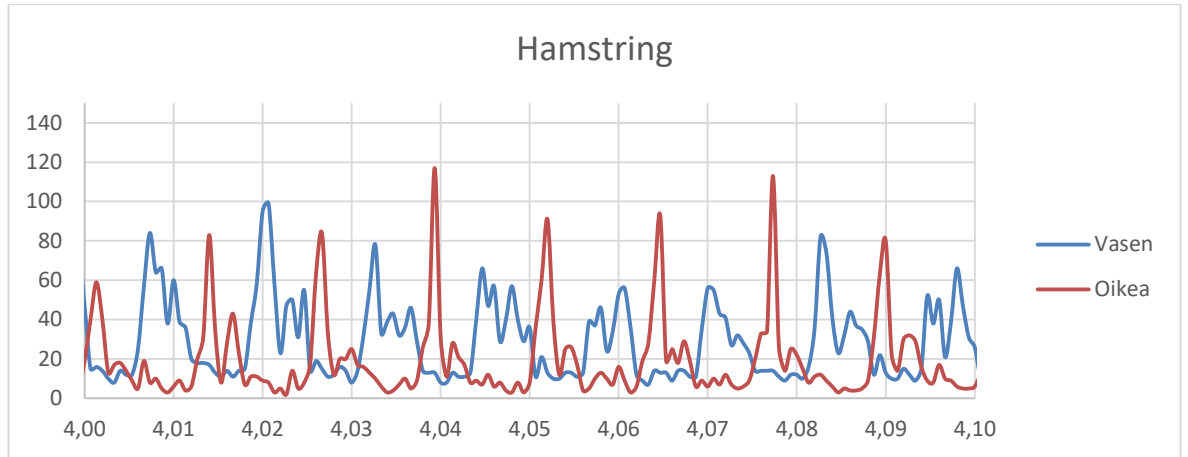
neljän minuutin kohdalla (kuvioissa 4,00-4,10 tarkoittaa yhtä kymmenesosaa minuutista eli kuutta sekuntia). Kaaviossa kuvataan erikseen quadriceps- ja hamstring-lihasten aktivaatiohuippu sekä lepovaihe askel askeleelta kuuden sekunnin ajan. Erityisesti vasemman quadriceps-lihaksen osalta aktivaatiohuippu on selkeämpi loppumittauksissa, kuin alkumittauksissa. Vasemman quadriceps-lihaksen relaxoitumisvaihe jää vajavaiseksi, ja tästä syystä kaaviossa on nähtävissä enemmän aktivaatiopiikkejä. Vasemman alaraajan hamstring-lihaksen aktiivisuustason nousu on havaittavissa alla olevia otantoja vertaillen.



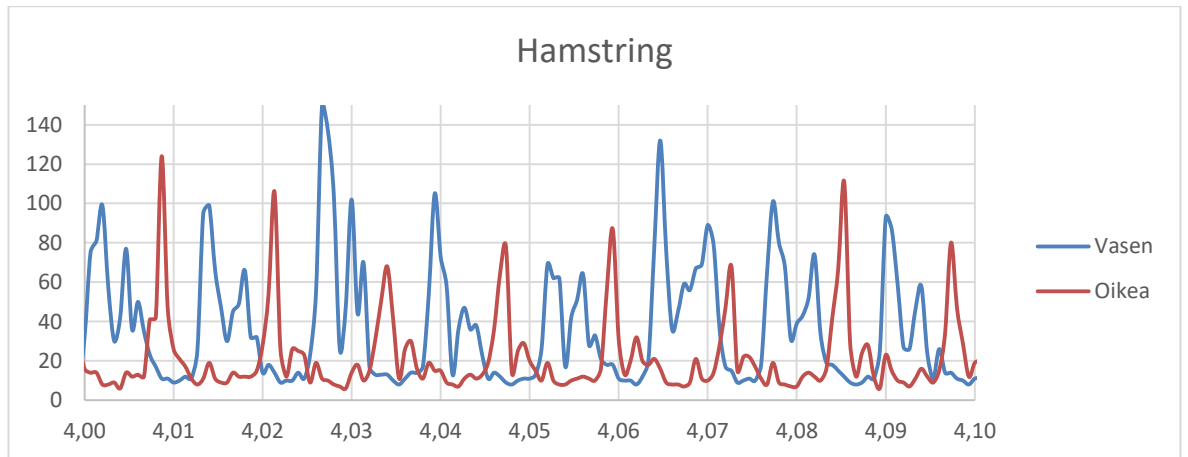
Kuvio 12 Juoksun aktivaatioprofiili quadriceps-lihasten osalta alkumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli).



Kuvio 13. Juoksun aktivaatioprofiili quadriceps-lihasten osalta loppumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli).



Kuvio 14. Juoksun aktivaatioprofiili hamstring-lihasten osalta alkumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli.).



Kuvio 15 Juoksun aktivaatioprofiili hamstring-lihasten osalta loppumittauksessa neljän minuutin kohdalla (vasen operoitu puoli.).

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yksittäistapaustutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että kahdeksan viikon kotona tapahtuvalla terapeuttisella harjoittelulla on mahdollista vaikuttaa polvinivelen koettuun toimintakykyyn sekä alaraajojen lihastasapainoon polven ACL-rekonstruktion jälkeen. Alku- ja loppumittausten aikana tutkittavan henkilön koettu toimintakyky parani ja kipu väheni KOOS-PS-kyselyllä ja VAS-kipujanalla mitattuna. Mittaustuloksista kävi ilmi, että koetulla kivulla oli vaikutusta nivelten liikelaajuuksiin ja lihasten aktivaatiotasoihin. Kivun ollessa korkeampi, polvinivelen liikkuvuudet olivat hieman heikommät ja lihasten aktivaatiotasot vaihtelivat muita kertoja enemmän. Yksittäistapaustutkimuksen aikana rekonstruktoidun polvinivelen liikelaajuus lisääntyi lähes ei-operoidun polvinivelen liikkuvuuden tasolle.

Intervention mittausten aikana saatu reaaliaikainen palaute kannettavan tietokoneen välityksellä lihasaktivaatiosta auttaa kehittämään suoritustekniikkaa tasapainoisemmaksi. Tutkittavan henkilön lihastasapaino parani erityisesti kahden jalan kyykyissä. Juoksun aikana erityisesti vasemman eli operoidun alaraajan quadriceps-lihaksen aktivaatio nousi lähemmäs oikean quadriceps-lihaksen tasoa.

## 11 POHDINTA

Yksittäistapaustutkimuksesta saatujen tulosten perusteella voidaan päätellä, että terapeuttisella harjoittelulla on positiivisia vaikutuksia ACL-rekonstruktion jälkeen jopa lyhyellä aikavälillä. Lihasakiivisuutta mittaavat EMG-shortsit ovat käytännöllinen menetelmä, sillä niiden avulla voidaan suorittaa mittaukset myös normaalissa harjoittelutilanteessa. Reaaliaikainen tulosten analysointi jää usein pintapuoliseksi, mutta testikerran jälkeen tuloksia pystytään analysoimaan perusteellisemmin. Aikaisempien mittausten analysointi ja vertailu muihin tuloksiin on mahdollista milloin tahansa.

Tutkimustuloksista ja tutkittavan henkilön haastattelun pohjalta pohdittiin, että poikkeava ja kova rasitus edellisinä päivinä ennen mittauskertaa saattoi laskea henkilön koettua polvinivelen toimintakykyä ja lisätä kipua. Nämä taas vaikuttivat nivelten liikkuvuuksiin ja lihastasapainoon. Tämä saa pohtimaan sitä, että olisiko mittaukset pitänyt suorittaa aina lepopäivän jälkeen, jolloin muuttujia tuloksissa olisi saattanut olla vähemmän. Kuitenkin kuntoutuminen vaatii jatkuvasti uutta ja erilaista ärsykettä myös väsyneelle lihaksistolle kuten Wilk ym. tutkimuksessaan toteavat (Wilk, ym. 2012, 159). Esimerkiksi intervention toisella mittauskerralla tutkittava henkilö oli aamulla käynyt fysioterapiassa ja pari päivää aikaisemmin tehnyt pitkän tauon jälkeen erilaisia suorituksia lajiharjoituksissaan. Tämä näkyi KOOS-PS –kyselyssä sekä VAS-kipujanalla korkeampina lukuina. Koetun kivun ollessa korkeampi, näkyi se myös muissa suorituksissa. Kyseisellä mittauskerralla yhden jalan kyykyissä oli havaittavissa korkeampi aktivaatiotasoa vasemman alaraajan quadriceps-lihaksessa. Tämä herättää kysymyksen siitä, että joutuuko tutkittava henkilö tekemään enemmän töitä alaraajan hallinnan eteen, kun lihas on rasituksesta väsynyt vai onko herätelty lihas valmiimpi suoritukseen, jolloin sen aktiivisuustaso on korkeampi.

Pienet eroavaisuudet polvinivelen liikkuvuuksissa ovat tässä tilanteessa normaalia, mutta mittaustulokseen on voinut vaikuttaa myös testiaan vaihtuminen eri mittauskerroilla toisen testiaan ollessa työharjoittelussa Itä-Suomessa. Liikkuvuuden mittaamisessa goniometrillä intertester-reliabiliteetti on tutkitusti intratester-reliabiliteettia hieman heikompi. (Palmer & Epler, 1998, 12–14.)

Kuten Clagg ym. (2015) tutkimuksessaan tuovat esille, Y-Balance Testissä erityisesti anteriorinen suunta rajoittuu operaation jälkeen, mikä oli havaittavissa myös tutkittavalla henkilöllä. Yksittäistapaustutkimuksen aikana kehitystä tapahtui anterioriseen suuntaan alku- ja loppumittausten välillä, mutta ero vasemman ja oikean alaraajan välillä kuitenkin säilyi samanlaisena. (Clagg ym. 2015, 448.) Huomiota herätti vasemman alaraajan ollessa tukijalkana posteromediaalisen –suunnan tulokset. Vasemman alaraajan aktivaatiotasot olivat huomattavasti oikeaa alaraajaa matalammat, mutta senttimetreinä mitatut tulokset olivat paremmat. Ristiriitaisen tuloksen pohjalta voidaan epäillä, onko vasemman alaraajan liikkuvuus parempi verrattuna oikeaan alaraajaan.

Kahden jalan kyykyissä suoritustahti oli rauhallinen ja tasainen, mutta suoritukseen olisi voinut ottaa esimerkiksi metronomin käyttöön standardoimaan suoritus- tahtia. Lihastasapainon tasaantumisen seurauksena suorituksesta tuli myös taloudellisempi aktivaatiotasojen laskiessa, liikkeen pysyessä vakiona. Lihastasapainoon joutuu usein keskittymään pitkän aikaa vielä rekonstruktion jälkeen, sillä vammautuneen puolen quadriceps-lihas heikkenee kolminkertaisesti verrattuna hamstring-lihakseen. Tämä taas kasvattaa uudelleen riskiä alaraajavammoihin ja nivelrikkoon. (Kim ym. 2016, 2, 8-9; Harput ym. 2014, 36)

Silminnähden yhden jalan kyykyissä suoritus oli selkeästi hallitumpi oikealla alaraajalla. Vaikuttiko vasemman alaraajan heikompaan suoritukseen proprioseptiikan tai neuromuskulaarisen kontrollin häiriintyminen rekonstruktion seurauksena? Tätä ei kuitenkaan työssä käsitellä, koska suoritusta ei videokuvattu, joten sitä ei voitu tarkemmin analysoida.

Juoksu ja sen analysointi osoittautuivat haastavaksi siltä osin, että siihen on niin monia eri vaikuttavia tekijöitä. Esimerkiksi juoksutekniikka vaikuttaa lihasten aktivaatioon. Optimaaliseen tulosten analysointiin olisi tarvittu vastaavia testituloksia jo ajalta ennen loukkaantumista, sillä lihastasapainossa on voinut olla jo silloin epäsymmetriaa. Mahdollista on, että myös urheilun harrastaminen loukkaantumisen jälkeen ennen operaatiota on muuttanut tutkittavan henkilön liikkumisen biomekaniikkaa. Askelsykliä kuvaavat kaaviot olivat vain kuuden sekunnin mittaisia otoksia viiden minuutin juoksuista, joten yksittäiset poikkeamat eivät välttämättä tarkoita epänormaalia aktivaatiota juoksun kokonaiskuvan kannalta.

Harjoitusohjelman laatiminen intervention ajaksi selkeytyi huomattavasti alkumittausten jälkeen, sillä tuloksista näkyi, mihin tutkittavan henkilön harjoittelun painopiste tulisi keskittyä. Harjoitteiden valikoiminen jo aiemmin suunnitelluista liikkeistä osoittautui mielenkiintoiseksi, sillä tutkimuksia niiden vaikuttavuudesta löytyi yllättävän paljon. Erityisesti yhden jalan maastaveto, yhden jalan hyppy ja kuminauhakävely sivusuuntaan olivat tehokkaita, kun haluttiin saavuttaa tasapainoista aktiivatiota hamstring- ja quadriceps-lihasten välillä. Toisaalta taas askelkyykyt olivat suotavia, kun haluttiin keskittyä quadriceps-lihasten vahvistamiseen. (Begalle ym. 2012, 400,403.)

Mittausten aikana ilmeni jonkin verran teknisiä ongelmia, sillä bluetooth-yhteys Muscle Monitor-ohjelman ja EMG-shortsien välillä ei joka mittauskerralla toiminut. Tulokset saatiin kuitenkin näillä kerroilla tallennettua EMG-shortseihin kiinnitettävään MCell-moduuliin, josta ne myöhemmin siirrettiin Muscle Monitor-ohjelmaan. Lisäksi juoksumatto oli intervention neljännellä mittauskerralla epäkunnossa, jolloin juoksu suoritettiin liikuntasalissa. Tämä mittaus tulos jätettiin kuitenkin lopullisissa tuloksissa analysoimatta, sillä vauhti ei ollut standardoitu ja käännökset vaikuttivat lihasten aktivoitumiseen eri tavalla, kuin juoksumatolla juostessa. Lisäksi juoksumatolla matto vie askelta taakse, jolloin hamstring-lihasten toiminta ei ole verrattavissa normaalissa ympäristössä tapahtuvaan juoksumatolla juostamiseen. On myös mahdollista, että EMG-shortsien elektrodipintojen kastelu vaikuttaa tutkimustulokseen, mikäli jokin osa pinnoista on jäänyt hieman liian kuivaksi.

Koska EMG-shortseissa elektrodit mittaavat ainoastaan hamstring- ja quadriceps-lihasten aktiivisuutta, ei voida tarkasti tietää, johtuuko mahdollinen hamstring-lihasten yliaktivaatio gluteus-lihasten virheellisestä aktiivatiosta. Helmikuussa 2016 Myontec toi markkinoille uuden version EMG-shortseista, Mbody Pro: Allsports 6Channel. Paranneltu versio älyvaatteesta täydentää tietoa alavartalon lihasaktiivisuudesta, sillä siinä on hamstring- ja quadriceps-lihasten lisäksi elektrodit myös gluteus-lihaksille. Koska kyseiset shortsit ovat vielä uusi tuote, ei tutkittua tietoa juuri ole. (Mbody Pro [viitattu 1.9.2016].)

EMG-shortsien käyttö opinnäytetyöprosessin aikana vahvisti oletusta siitä, että ne ovat hyvä ja helppokäyttöinen väline mittaamaan alaraajojen lihasaktiivisuutta. Yksitähäpaustutkimusten tulokset osoittavat ja tukevat aiempia tutkimustuloksia

siitä, että EMG-shortsit ovat tulevaisuuden menetelmä mittaamaan lihasaktiivisuutta. Myös tutkimustilanteiden toistettavuus on mahdollisesti jopa luotettavampi EMG-shortseilla kuin tavallisilla elektrodeilla. (Finni ym. 2007.)

Opinnäytetyösuunnitelmaa tehdessä tarkoituksena oli toteuttaa yksittäistapaustutkimus kahdelle eri kuntoutusvaiheessa olevalle henkilölle. Tutkimuksesta pois jätetyn henkilön ACL-rekonstruktio tehtiin noin puoli vuotta aiemmin (keväällä 2015), kuin tutkimukseen valitulla henkilöllä. Mikäli tutkittavia henkilöitä olisi ollut kaksi, olisi nähty mahdollisia eroja eri kuntoutusvaiheessa olevien henkilöiden tuloksissa. Aikataulullisista syistä ja resursseista johtuen päädyttiin kuitenkin vain yhteen tutkittavaan.

Tutkimukseen osallistuvan henkilön haluttiin olevan aktiiviurheilija. Suurimmat syyt tähän olivat, että tutkittavalla oli korkea motivaatio palata takaisin urheilun pariin ja lihaskuntopohja oli valmiiksi hyvällä tasolla. Tutkimuksen alkaessa tutkittavan henkilön ACL-rekonstruktioista oli kulunut noin neljä kuukautta, joten testiliikkeiksi pystyttiin valikoimaan myös juoksu kävelyn sijaan.

Yksittäistapaustutkimus aloitettiin keväällä nopealla aikataululla, sillä tavoitteena oli saada mittaukset tehtyä ennen huhtikuun puoliväliä. Opinnäytetyösuunnitelmaa tehdessä ei ollut vielä täysin selvää, kuinka paljon tekemistä oli ennen alkumittauksia. Viimeisinä viikkoina ennen mittauksen aloittamista työtä oli paljon ja aikataulun mukaan eteneminen tuntui haastavalta. Kuitenkin aikataulussa pysyminen onnistui ja mittauksen päätyminen hyvissä ajoin helpotti työn etenemistä.

Opinnäytetyöprosessin aikana teoriatiedon lisäksi kehitystä tapahtui erityisesti mitaustilanteen läpi viemisessä. EMG-shortsien ja Muscle Monitor- ohjelman käyttöön tuli varmuutta kerta kerralta enemmän. Etenkin tulosten analysointia helpotti Kuortaneen urheiluopistolta saatu apu Muscle Monitor- sekä Excel 2016 - ohjelmien käytössä. Lisäksi aikaisempia tietoja ACL-vamman etiologiasta ja sen jälkeisestä kuntoutuksesta saatiin opinnäytetyöprosessin aikana syvennettyä huomattavasti.

Opinnäytetyön tulokset antavat tutkittavalle henkilölle tärkeää tietoa polvinivelen toimintakyvystä ja kuntoutumisesta. Lisäksi opinnäytetyön tarkoitus on olla apuna EMG-shortseja käyttäville tahoille, jotka voivat hyödyntää saatua tietoa työssään.

Älyvaatteiden tunnettavuuden lisääntyminen ja niiden käyttöön ottaminen käytännön työssä helpottaa alaraajojen lihastasapainon tutkimista sekä vammojen ennaltaehkäisyä ja niiden kuntouttamista tulevaisuudessa.



## LÄHTEET

- Abrahamson, E., Hyland, V., Hicks, V. & Koukoulis, C. 2010 Progressive systematic functional rehabilitation. In: Comfort, P. & Abrahamson, E. Sports rehabilitation and injury prevention. UK: Wiley-Blackwell. 199-221.
- Abrams, G. D., Harris, J. D., Gupta, A. K., McCormick, F. M., Bush-Joseph, C. A., Verma, N. N., Cole, B. J. & Bach Jr, B. R. 2014. Functional performance testing after anterior cruciate ligament reconstruction. [Verkkolehtiartikkeli]. The orthopedic journal of sports medicine 2 (1), 1-10. [Viitattu 4.2.2016]. Saatavana: <http://ojs.sagepub.com/content/2/1/2325967113518305.full.pdf+html>
- Begalle, R. L., DiStefano L. J., Blackburn, T. & Padua, D. A. 2012. Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. [Verkkolehtiartikkeli]. Journal of Athletic Training 47 (4), 396–405 [Viitattu: 2.2.2016]. Saatavana: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3396299/pdf/i1062-6050-47-4-396.pdf>
- Bijur, P., Silver, W. & Gallagher, J. 2001. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. [Verkkolehtiartikkeli]. Academic Emergency Medicine (12) 8, 1153-1157. [Viitattu 9.3.2016]. Saatavana: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1553-2712.2001.tb01132.x/pdf>
- Chimera, N. J., Smith, G. A. & Warren, M. 2015. Injury History, Sex, and Performance on the Functional Movement Screen and Y Balance Test. [Verkkolehtiartikkeli]. Journal of athletic training 50 (5), 475-485. [Viitattu 7.3.2016]. Saatavana: <http://www.natajournals.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-49.6.02>
- Clagg, S., Paterno, M. V., Hewett, T. E. & Schmitt, L. C. 2015. Performance on the modified star excursion balance test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction. [Verkkolehtiartikkeli]. Journal of orthopaedic & sports physical therapy 45 (6), 444-452. [Viitattu 7.3.2016]. Saatavana: <http://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.2015.5040>
- Clark, N. & Herrington, L. 2010. The knee. In: Comfort, P. & Abrahamson, E. Sports rehabilitation and injury prevention. UK: Wiley-Blackwell. 407-463.
- Collins, N. J., Misra, D., Felson, D. T., Grossley, K. M. & Roos, E. M. 2011. Measures of knee functions. [Verkkolehtiartikkeli]. Arthritis care & research 63 (11), 208-228. [Viitattu 9.3.2016]. Saatavana: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/acr.20632/epdf>
- Delahunt, E., Chawke, M., Kelleher, J., Murphy, K., Prendiville, A., Sweeny, L. & Patterson, M. 2013. Lower limb kinematics and dynamic postural stability in anterior cruciate ligament-reconstructed female athletes. [Verkkolehtiartikkeli]. Ir-

- land: Journal of athletic training 48 (2), 172-185. [Viitattu 5.2.2016]. Saatavana: <http://www.natajournals.org/doi/pdf/10.4085/1062-6050-48.2.05>
- Ervilha, U.F., Graven-Nielsen, T. & Duarte, M. 2012. A simple test of muscle co-activation estimation using electromyography. [Verkkojulkaisu]. Brasil: Brazilian journal of medical and biological research 45 (10), 977-981. [Viitattu 7.3.2016]. Saatavana: <http://www.scielo.br/pdf/bjmb/v45n10/1145.pdf>
- Finni, T., Hu, M., Kettunen, P., Vilavuo, T. & Cheng, S. 6.9.2007. Measurement of EMG activity with textile electrodes embedded into clothing. [Verkkolehtiartikkeli]. Physiological Measurement 28 (11). [Viitattu 7.3.2016]. Saatavana lop Science-palvelusta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Gribble, P. A., Hertel, J. & Plisky, P. 2012. Using the star excursion balance test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: A literature and systematic review. [Verkkojulkaisu]. Journal of athletic training. 47 (3), 339-357. [Viitattu 31.8.2016]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3392165/pdf/i1062-6050-47-3-339.pdf>
- Harilainen, A., Kallio, P. & Kettunen J. 2012. Polvi. Teoksessa: Kiviranta, I. & Järvinen M. Ortopedia. Keuruu: Kandidaatti Kustannus. 396-425.
- Harput, G., Soylu, A. R., Ertan, H., Ergun, N. & Mattacola, C. G. 2014. Effect of gender on the quadriceps-to-hamstrings co-activation ratio during different exercises. [Verkkojulkaisu]. Turkey: Journal of sports rehabilitation 23 (1), 36-43. [Viitattu 3.3.2016]. Saatavana Pub Med-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Heikkilä, T. 2008. Tilastollinen tutkimus. seitsemäs uudistettu painos. Helsinki: Edita Prima Oy
- Herman, K., Barton, C., Malliaras, P. & Morrissey, D. 2012. The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. [Verkkojulkaisu]. UK: Bio med central medicine. [Viitattu: 5.2.2016]. Saatavana: [http://download.springer.com/static/pdf/694/art%253A10.1186%252F1741-7015-10-75.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Fbmcmmedicine.biomedcentral.com%2Farticle%2F10.1186%2F1741-7015-10-75&token2=exp=1454663291~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F694%2Fart%25253A10.1186%25252F1741-7015-10-75.pdf\\*~hmac=93492777646950cbd789ce1abf058ab1cfc60d8c3a1231d13caa138728ec50bb](http://download.springer.com/static/pdf/694/art%253A10.1186%252F1741-7015-10-75.pdf?originUrl=http%3A%2F%2Fbmcmmedicine.biomedcentral.com%2Farticle%2F10.1186%2F1741-7015-10-75&token2=exp=1454663291~acl=%2Fstatic%2Fpdf%2F694%2Fart%25253A10.1186%25252F1741-7015-10-75.pdf*~hmac=93492777646950cbd789ce1abf058ab1cfc60d8c3a1231d13caa138728ec50bb)
- Julin, M. & Rissanen, P. 2012. Eturistisidevamman kuntoutus leikkauksen jälkeen. Fysioterapia 59 (4), 10-14.
- Kallio, T. 2010. Polven ristisidevammat urheilijoilla. Duodecim 126 (3), 289-295.

- Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Tampere: Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 166.
- Kauranen, K. 2014. Lihak: Rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Tampere: Liikuntatieteellisen seuran julkaisu nro 171.
- Kaux, J.F., Delvaux, F., Forthomme, B., Crielaard, J.M. & Croisier, J.L. 1.6.2013. The risk factors for rupture of the anterior cruciate ligament of the knee: the neuromuscular state. [Verkkajulkaisu]. *OA Sports Medicine* 1 (1), 9. [viitattu 3.6.2016]. Saatavana: <http://orbi.ulg.ac.be/bitstream/2268/158055/1/1381362823.pdf>
- Kersten, P., Kückdevici, A. A. & Tennant A. 2012. The Use of the visual Analogue scale (VAS) in rehabilitation outcomes. [Verkkolehtiartikkeli]. *Journal of rehabilitation medicine* 44 (7), 609-610. [Viitattu 7.3.2016.] Saatavana Pub Med-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Kim, H-J., Lee, J-H., Ahn, S-E., Park, M-J. & Lee, D-H. 2016. Influence of anterior cruciate ligament tear on thigh muscle strength and hamstring-to-quadriceps ratio: A meta-analysis. [Verkkajulkaisu]. Korea: Plos one. [Viitattu 3.3.2016]. Saatavana: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0146234>
- Kraeutler, M. J., Bravman, J. T. & McCarty E. C. 2013. Bone-patellar tendon-bone autograft versus allograft in outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis of 5182 patients. [Verkkajulkaisu]. Colorado: *The American journal of sports medicine* 20 (10), 1-10. [Viitattu 3.2.2016]. Saatavana Pub Med-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Krischak, G. 2014. *Traumatology for the Physical Therapist*. Germany: Thieme.
- Kweon, C., Lederman, E. S. & Chhabra, A. 2013. Anatomy and biomechanics of the cruciate ligaments and their surgical implications. In: Fanelli, G. C. *The Multiple Ligament Injured Knee: A Practical Guide to Management*. New York: Springer. 2nd edition, 17-27.
- Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki H., Vakkuri O., Vierimaa, H. & Lätti S. 2015. *Anatomia ja fysiologia: Rakenteesta toimintaan*. 3.-5. Painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy
- Lintu, N., Mattila, M. A.K., Holopainen, J. & Hänninen, O. 2005. Älykkäät vaateratkaisut tulevaisuuden terveydenhuollon tukena. *Suomen Lääkärilehti* 18-19 (60), 2057-2060.
- Lintu, N., Tolvanen, P., Mattila, M. A.K. & Hänninen, O. 2006. Lihastoimintaa mittaava älyvaate kuntoutujan apuna. *Fysioterapia* (53) 3, 15-18.

- Magee, D. J. 2014. Orthopedic physical assesment. 6. painos. Missouri: Elsevier.
- Magee, D. J., Zachazewski J. E. & Quillen W. S. 2007. Scientific foundations and principles of practice in musculoskeletal rehabilitation. St. Louis, Missouri: Saunders Elsevier
- Magnusson, J., Joreitz, R. & Podesta, L. 2013. Anterior cruciate ligament reconstruction. In: Maxey, L. & Magnusson, J. Rehabilitation for the postsurgical orthopedic patient. Missouri: Elsevier. 3rd edition, 404-426.
- Malfait, B., Staes, F., de Vries, A., Smeets, A., Hawken, M., Robinson, M. A., Vanrenterghem, J. & Verschueren, S. 29.7.2015. Dynamic Neuromuscular Control of the Lower Limbs in Response to Unexpected Single-Planar versus Multi-Planar Support Perturbations in Young, Active Adults. [Verkkajulkaisu]. PLOS one [viitattu 6.6.2016]. Saatavana Pub Med-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Marieb, E. N. 2012. Essentials of human anatomy and physiology. 10<sup>th</sup> edition. San Francisco: Pearson
- Mbody Pro. Ei päiväystä. [verkkosivusto]. Myontec. [Viitattu 1.9.2016]. Saatavana: <http://www.myontec.com/mbody-allsport-6channel-3/>
- Muscle monitor. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. Myontec. [Viitattu 31.8.2016]. Saatavana: [http://www.myontec.com/products/muscle\\_monitor/](http://www.myontec.com/products/muscle_monitor/)
- Myontec. Ei päiväystä. [Verkkosivusto]. [Viitattu 7.3.2016]. Saatavana: <http://www.myontec.com/en/>
- Page, P., Frank, C. & Lardner, R. 2010. Assesment and treatment of muscle imbalance: The Janda approach. United States: Human kinetics.
- Palmer, M. & Epler M. 1998. Fundamentals of musculoskeletal assessment techniques. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Palmieri-Smith, R. M. & Lepley, L.K. 2015. Quadriceps strength asymmetry after anterior cruciate ligament reconstruction alters knee joint biomechanics and functional performance at time of return to activity. [Verkkolehtijulkaisu]. USA: The American journal of sports medicine 43 (7), 1662-1669. [Viitattu 3.3.2016]. Saatavana Pub Med-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.
- Platzer, W. 2009. 6th ed. Locomotor system: Color atlas of human anatomy vol. 1. New York: Thieme.
- Platzer, W. 2009. Color atlas of human anatomy: Locomotor system. 6th edition. New York: Thieme

- Radovanovic, D., Peikert, K., Lindström, M. & Domellöf, P. 2015. Sympathetic innervation of human muscle spindles. [Verkkójulkaisu]. *Journal of Anatomy* 226, 542-548. [Viitattu: 3.6.2016]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4450958/pdf/joa0226-0542.pdf>
- Riemann, B. L. & Lephart, S. M. 2002. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. [Verkkolehtiartikkeli]. *Journal of Athletic Training*. [viitattu 6.6.2016]. Saatavana: [http://www.pitt.edu/~neurolab/publications/2002/Articles/RiemannBL\\_2002\\_JAThtTrain\\_The%20sensorimotor%20system,%20part%20I-the%20physiologic%20basis%20of%20functional%20joint%20stability.pdf](http://www.pitt.edu/~neurolab/publications/2002/Articles/RiemannBL_2002_JAThtTrain_The%20sensorimotor%20system,%20part%20I-the%20physiologic%20basis%20of%20functional%20joint%20stability.pdf)
- Salavati, M., Akhbari, B. Mohammadi, F., Mazaheri, M. & Khorrami M. 2011. Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS); reliability and validity in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. [Verkkolehtiartikkeli]. *Osteoarthritis and cartilage* 19 (4), 406-410. [Viitattu 31.8.2016]. Saatavana: [http://www.oarsijournal.com/article/S1063-4584\(11\)00023-9/pdf](http://www.oarsijournal.com/article/S1063-4584(11)00023-9/pdf)
- Sand, O., Sjaastad O. V., Haug, E., Bjälle J. G. & Toverud K. C. 2012. Ihminen: fysiologia ja anatomia. 8.-9. uud. painos. Suomentaja Raila Hekkanen. Helsinki: Sanoma pro.
- Schuenken, M., Schulte, E. & Schumacher, U. 2006. Atlas of anatomy: General anatomy and musculoskeletal system. New York: Thieme.
- Shumway-Cook, A. & Woollacott, M. H. 2001. Motor control: Theory and practical applications. 2<sup>nd</sup>. edition. United States of America: Lippincott Williams & Wilkins.
- Smith, J. D. 2012. Single-case experimental designs: A systematic review of published research and current standards. [Verkkójulkaisu]. *National institutes of health: Psychol Methods* 17 (4). [Viitattu 9.3.2016]. Saatavana: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3652808/pdf/nihms456590.pdf>
- Tagesson, S., Öberg, B., Good, L. & Kvist, J. 2008. A Comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patient with anterior cruciate ligament deficiency: A randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. [Verkkójulkaisu]. Ruotsi: Linköpingin yliopisto. [Viitattu 2.2.2016]. Saatavana Pub Med-tietokannasta. Vaatii Käyttöoikeuden.
- Tarkka, I. M. 2002. Motorisen säätelyn objektiivinen mittaaminen. Helsinki: Fysioterapia (49) 3; 4-6.
- Theisen, D., Rada, I., Brau, A., Gette, P. & Seil, R. 11.5.2016. Muscle activity onset to landing in patients after Anterior Cruciate Ligament Injury: A Systematic Review and Meta-Analysis. [Verkkójulkaisu]. *PLOS ONE*. [viitattu 3.6.2016].

Saatavana:

<http://journals.plos.org/plosone/article/asset?id=10.1371%2Fjournal.pone.0155277.PDF>

Vilka, H. 2007. Tutki ja mittaa - määrällisen tutkimuksen perusteet. Helsinki: Tammi.

Vonk, E.M., Tripodi, T. & Epstein, I. 2006. Research Techniques for Clinical Social Workers. [Verkkokirja]. New York: Columbia University Press. [Viitattu 8.3.2016]. Saatavana Ebrary-tietokannasta. Vaatii käyttöoikeuden.

What is the KOOS?. Ei päivystä. [Verkkosivu]. [Viitattu 3.3.2016]. Saatavana: <http://www.koos.nu/index.html>

Wilk, K. E., Macrina, L. C., Cain, E. L., Dugas, J. R. & Andrews, J. R. 2012. Recent advances in the rehabilitation of anterior cruciate ligament injuries. [Verkkolehtijulkaisu]. Journal of orthopaedic & sports physical therapy 52 (3), 153-163. [Viitattu 3.2.2016]. Saatavana: <http://www.jospt.org/doi/abs/10.2519/jospt.2012.3741>

Day, S. 2002. Important Factors in Surface EMG Measurement. [Verkkojulkaisu]. Bortec Biomedical. [Viitattu 8.9.2016] Saatavana: [https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece5030/labs/f2009/EMG\\_measurement\\_and\\_recording.pdf](https://people.ece.cornell.edu/land/courses/ece5030/labs/f2009/EMG_measurement_and_recording.pdf)

## **LIITTEET**

Liite 1. KOOS-PS -kyselylomake

Liite 2. Kotiharjoitusohjelma

LIITE

1.

KOOS-PS-kysely

Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) – Physical Function Shortform  
(KOOS-PS) English version

<b>KOOS-Physical Function Shortform (KOOS-PS)</b>
---

Today's date: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Date of birth: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

**INSTRUCTIONS:** This survey asks for your view about your knee. This information will help us keep track of how well you are able to perform different activities.

Answer every question by ticking the appropriate box, only one box for each question. If you are unsure about how to answer a question, please give the best answer you can so that you answer all the questions.

The following questions concern your level of function in performing usual daily activities and higher level activities. For each of the following activities, please indicate the degree of difficulty you have experienced in the **last week** due to your knee problem.

1. Rising from bed

<b>None</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Extreme</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. Putting on socks/stockings

<b>None</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Extreme</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3. Rising from sitting

<b>None</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Extreme</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

4. Bending to floor

<b>None</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Extreme</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Twisting/pivoting on your injured knee

<b>None</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Extreme</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Kneeling

<b>None</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Extreme</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Squatting

<b>None</b>	<b>Mild</b>	<b>Moderate</b>	<b>Severe</b>	<b>Extreme</b>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

---



## Liite 2. Kotiharjoitusohjelma

### Harjoitteet 10.2.2016

- Päinmakuulla suoran jalan nosto keskittyen pakaralihaksen oikea-aikaiseen aktivaatioon 2-3x10-15
- Polven ojennus laitteessa (molemmat puolet erikseen) 2-3x10-15
- Yhden jalan maastaveto 2-3x10-15
- Askelkyykky (kuminauha etummaisen polven ympärillä mediaalisesti/lateraalaisesti vastustaen) 2-3x10-15

### Harjoitteet 22.2.2016

- Päinmakuulla suoran jalan nosto (mikäli tuntuu kevyeltä, viimeiseen sarjaan 1,5 kg:n nilkkapaino) 3x10-15
- Polven ojennus laitteessa (molemmat puolet erikseen) 3x10-15
- Askelkyykky (kuminauha etummaisen polven ympärillä) 3x10-15
- Viivan yli hypyt sivuille yhdellä jalalla, pysäytys välissä 2x10
- Korokkeelta laskeutuminen yhdellä jalalla jarruttaen 2x10

### Harjoitteet 2.3.2016

- Päinmakuulla suoran jalan nosto 3x10-15
- Polven ojennus laitteessa 3x6-8
- Yhden jalan kyykky takajalka korokkeella 3x8
- Viivan yli hypyt sivuille ja eteen-taakse 10+10
- Kuminauhakävely sivuille 2x10-15 askelta/suunta

### Harjoitteet 15.3.2016

- Päinmakuulla suoran jalan nosto 3x8-10. Nilkkapaino mukaan liikkeeseen
- Kuminauhakävely sivuille 2x10-15 askelta/suunta
- Viivan yli hypyt yhdellä jalalla sivuille 15+15 ja eteen-taakse 15+15
- Yhden jalan kyykky takajalka korokkeella, kuminauha polven ympärillä 2x6/puoli
- Korokkeelta laskeutuminen yhdellä jalalla jarruttaen 2x15