

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Naprapatian koulutusohjelma

Joonas Jaatinen

Timo Suortti

HAMSTRING-LIHASTEN EMG-AKTIIVISUUS

LONKAN EKSTENSIO-SUUNNAN ERI HARJOITTEISSA

Opinnäytetyö 2014

## TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Naprapatia

JAATINEN, JOONAS

Hamstring-lihasten EMG-aktiivisuus lonkan ekstensio-

SUORTTI, TIMO

suunnan eri harjoitteissa

Opinnäytetyö

50 sivua + 4 liitesivua

Työn ohjaajat

Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen KT,

Juha Hiltunen fysioterapeutti OMT

Toimeksiantaja

KymiCare

Toukokuu 2014

Avainsanat

elektromyografia, hamstring-lihakset, harjoitusliike, lonkan ekstensio

Akuutit takareiden venähdysvammat ovat arkipäivää eri urheilulajeissa. Nämä vammat ovat yleensä vakavia, aiheuttavat pitkiä kuntoutumisaikoja ja alttiutta uudelleenvammautumiselle. Vaikka takareisivamma on yleisin yksittäinen vamma useissa suosituissa urheilulajeissa, kuten ammattilaisjalkapallossa, jossa nopea kentälle paluu ja sekundaarivammojen ehkäisy ovat tärkeitä, ovat vammojen syistä ja ennaltaehkäisystä tehdyt tutkimukset kuitenkin rajallisia. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kokeellisesti EMG-laitteen avulla, mitkä harjoitteet aktivoivat parhaiten lonkan ekstensio-suuntaan osallistuvia lihaksia ja erityisesti hamstring-lihaksia. Tutkimus suoritettiin keväällä 2014 tammi- ja maaliskuun aikana.

Tässä tutkimuksessa mittausten luotettavuus huomioitiin suorittamalla mittaukset jo ennestään maailmanlaajuisesti paljon käytetyllä pinta-EMG-mittarilla. Elektrodit aseteltiin biceps femoris-, semitendinosus- ja gluteus maximus -lihaksiin. Koehenkilöiltä (N=10) mitattiin maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto ennen varsinaisia harjoitusliikkeitä. Tutkimuksen harjoitusliikkeisiin kuului penkille nousu sekä ennestään tehokkaaksi todistettu Nordic hamstring -liike. Uusina liikkeinä olivat Red-Cordilla suoritettavat polven koukistukset sekä hamstring slider -liike.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että Red-Cordilla saatiin korkeimmat aktiivisuus tasot hamstring-lihaksiin. Toisena tulivat Nordic hamstring ja hamstring slider -liikkeet suurin piirtein samoin tuloksin. Erot hamstring-lihasten aktiivisuustasojen välillä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä p:n ollessa >0,1. Gluteus maximus -lihas aktivoitui parhaiten penkille nousussa, jossa hamstring-aktiivisuudet olivat melko pienet.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Naprathopathy

JAATINEN, JOONAS

EMG Activity of Hamstring Muscles in Different Hip

SUORTTI, TIMO

Extension Exercises

Bachelor's Thesis

50 pages + 4 pages of appendices

Supervisors

Eeva-Liisa Frilander-Paavilainen PhD,

Juha Hiltunen Orthopaedic Physiotherapist

Commissioned by

KymiCare

May 2014

Keywords

electromyography, hamstring-muscles, exercise, hip extension

Acute hamstring strains are very common in different sports. The nature of these injuries is usually serious, taking long periods of rehabilitation and causing a rising risk to future injuries. Although hamstring injury is the single most common injury in many sports including European professional football and, therefore, time to return and secondary prevention are of particular concern, there are only a few studies focusing on the exercise protocols for increasing hamstring strength. The object of our thesis was to measure the electromyographical (EMG) activities in hamstring and gluteus Maximus muscles during different exercises. The study was performed from January to March 2014.

The surface-EMG is widely known all over the world and it is a reliable measurer. The electrodes were set on biceps femoris-, semitendinosus- and gluteus maximus muscles. The measurement of maximal voluntary isometric contraction (MVIC) had to be carried out on every test person (N=10) separately in order to normalize the results of the different exercises. The tested exercises in this study were step up to bench and Nordic hamstring exercise, which had been formerly proven effective. The study presented two new exercises that had not been scientifically tested: Red-Cord curls and hamstring slider exercise.

The conclusion is that Red-Cord exercises had the highest EMG-activity levels in hamstring muscles. Nordic hamstring and hamstring slider exercises reached the second highest activity levels in hamstring muscles. There were no statistical differences ( $p>0,1$ ) between the activity levels of hamstring muscles. Gluteus maximus muscle had the highest activity levels during the step up to bench exercise.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
2	LONKAN OJENNUKSEEN OSALLISTUVIEN LIHASTEN ANATOMIA	8
	2.1 Lihakset	8
	2.2 Lihasten kalvojärjestelmät	11
	2.3 Lihasten toimintatavat	13
	2.4 Lonkan extensoreiden biomekaniikka	14
3	LONKAN EXTENSIO SUUNTAAN OSALLISTUVIEN LIHASTEN HARJOITTAMINEN	15
	3.1 Hamstring-lihasten harjoittaminen	16
	3.2 Pakaralihasten harjoittaminen	16
	3.3 Sling exercise therapy (SET)	17
4	ELEKTROMYOGRAFIA (EMG)	17
5	TUTKIMUSONGELMAT	19
6	TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUKSEN ETENEMINEN	19
7	KOEHENKILÖIDEN VALINTA JA TAUSTATIEDOT	21
8	MITTAUSTEN SUUNNITTELU	22
	8.1 Tutkimusasetelma	22
	8.2 Koehenkilöiden ohjeistus	22
	8.3 Mittausten luotettavuuden varmistaminen	23
	8.4 Mittausprotokolla	23
	8.4.1 MVIC	24
	8.4.2 Harjoitusliikkeet	25

8.4.3 Kontrolli-MVIC	25
9 MITTAUSTEN TOTEUTUS	25
9.1 EMG-mittaukset	25
9.1.1 Elektrodiin sijainnit ja asettelu	26
9.1.2 MVIC	28
9.1.3 Harjoitusliikkeet	30
9.2 Eettiset kysymykset	33
10 AINEISTON ANALYYSI	33
11 TULOKSET	34
11.1 M.Biceps femoris -lihaksen aktivoituminen lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa	34
11.2 M. Semitendinosus -lihaksen aktivoituminen lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa	36
11.3 M. Gluteus maximus -lihaksen aktivoituminen lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa	37
11.4 Lihasten aktiivisuustasot sukupuolten välillä lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa	39
11.5 Lihasten aktiivisuustasojen erot lonkan ekstensiota tuottavien harjoitteiden välillä	40
12 POHDINTA	41
12.1 Tulosten tarkastelu	41
12.2 Luotettavuuden arviointi	42
13 JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET	45
LIITTEET	
Liite 1. Tutkittavan tiedote	
Liite 2. Sanasto	

## 1 JOHDANTO

Vuonna 2009 liikuntatapaturmia sattui 15 vuotta täyttäneessä väestössä lähes 350 000, jotka johtivat fyysiseen vammaan. Liikuntatapaturmat ovat vuosien myötä yleistyneet ja 1980-luvulta lähtien liikuntatapaturmien määrä on noin puolitoistakertaistunut. Nyrjähdykset ja venähdykset (161 000 tapausta) kattoivat lähes puolet kaikista liikuntatapaturmista. (Haikonen & Parkkari 2010, 27, 30.) Liikuntatapaturmien ehkäisy tulisi perustua eri lajeissa syntyvien tyyppivammojen syiden, riskitekijöiden ja syntymekanismien tuntemukseen sekä edelleen satunnaistettujen ja kontrolloitujen tutkimusten perusteella tehokkaiden ehkäisykeinojen valintaan. Harmia aiheuttavien liikuntavammojen torjunnassa valmentajilla, tuomareilla, fysioterapeuteilla ja lääkäreillä on yhä ratkaisevampi rooli. (Parkkari, Kannus, Kujala, Palvanen & Järvinen 2003, 71.)

Lihasten venähdykset johtuvat dynaamisesta ylläsuruksesta, yleensä esiintyen eksentrisen lihastyön aikana. Tyypillinen syy venähdyksiin on voimakas lihassupistus samanaikaisesti, kun lihas on liiallisesti venyttynyt ja venähdys tapahtuu useimmiten lihasjänne -junktiossa. Lihassenähdykset ovat yleisiä nopeita liikkeitä vaativissa urheilulajeissa, jotka pitävät sisällään juoksupyrähdyksiä ja hyppyjä. Yhtäkkinen kiihdytys taikka jarrutus juostessa saattaa johtaa venähdykseen. Lihasten venähdykset ovat yleisiä lajeissa kuten jalkapallo, koska siinä myös potkitaan. (Kolt & Snyder-Mackler 2003, 367.)

Akuutit takareiden venähdysvammat ovat arkipäivää eri urheilulajeissa. Nämä vammat ovat yleensä vakavia, aiheuttavat pitkiä kuntoutumisaikoja ja alttiutta uudelleen vammautumiselle. Alustavat havainnoinnit viittaavat siihen, että on olemassa ainakin kahdentyyppisiä takareisivammoja. Vammat voivat syntyä joko kovan juoksusuorituksen aikana tai venyttelyn aikana, jolloin nivel on ääriasennossaan. Lisäksi vammamekanismi näyttää vaikuttavan parantumisaikaan, jolloin urheilija pääsee takaisin vammaa edeltävälle tasolle. Esimerkiksi, tanssijoilla, jotka kärsivät "venytys"-tyyppisestä takareiden vammasta toipumisaika oli huomattavasti pidempi kuin pikajuoksijoilla, jotka kärsivät vammasta, jonka kova juoksuspurtti oli aiheuttanut. (Asklung, Tengvar, Saartok & Thorstensson 2007, 1716.) Takareiden lihasten uskotaan olevan tapaturma-alttiita, koska ne ylittävät kaksi niveltä. Näistä etenkin m. biceps

femoriin lyhyessä päässä esiintyy useimmiten venähdyksiä. (Kolt & Snyder-Mackler 2003, 366.)

Tutkimukset ovat osoittaneet, että takareiden venähdykset kattavat noin 29 % kaikista vammoista pikajuoksijoiden keskuudessa. Australialaisessa jalkapallossa takareisivammojen osuus on laskettu olevan 16–23 %. (Arnason, Andersen, Holme, Engbretsen & Bahr 2007, 1.) Takareisivammojen esiintyvyys on myös yleistä lajeissa kuten Eurooppalainen jalkapallo, rugby ja tanssi (Asking 2008, 9; Asking ym. 2007). Tilastojen mukaan australialaisessa ammattilaisjalkapalloliigassa takareisivammojen esiintyvyys on kuusi vammaa / joukkue (40 pelaajaa) ja 21 menetettyä ottelua joukkueen kohden yhden kauden aikana. Samalla tavoin englantilaisessa jalkapallossa takareisivammojen osuus on laskettu olevan 12 % kaikista vammoista, keskimäärin viisi vammaa joukkuetta kohden yhden kauden aikana. Tämän seurauksena 15 menetettyä ottelua ja 90 menetettyä harjoittelupäivää. (Lempainen 2009, 15.) Takareisivammojen esiintyvyyden on arvioitu olevan 3,0 – 4,1 takareiden venähdystä/ 1000 pelituntia ja 0,4 – 0,5 / 1000 harjoitustuntia kohden (Arnason ym. 2007, 1).

Huolimatta takareisivammojen suuresta esiintyvyydestä useissa suosituissa urheilulajeissa, vammojen syistä ja ennaltaehkäisystä tehdyt tutkimukset ovat kuitenkin rajallisia. On olemassa näyttöä siitä, että aikaisemmin kärsityt takareiden vammat ja ikä ovat riskitekijöitä uusille takareiden venähdyksille. Tutkijat ovat myös osoittaneet, että riittämätön lihasvoima, epätasapaino hamstring- ja quadriceps-lihasten voimasuhteissa ja puolten välinen epätasapaino ovat riskitekijöitä takareiden venähdyksille. Muita tekijöitä, kuten esimerkiksi takareiden lihasten huonoa joustavuutta, lihasväsymystä ja riittämätöntä lämmittelyä on pidetty altistavana tekijöinä takareiden venähdyksille, mutta näyttö tästä on kuitenkin vähemmän vakuuttavaa. Spesifistä liikkuvuus harjoitteluohjelman vaikutusta takareisivenähdysten ennaltaehkäisyssä korkean suorituskyvyn omaavilla urheilijoilla ei ole tutkittu. Ainoa saatavilla oleva interventiotutkimus venyttelystä tähän päivään mennessä on peräisin sotilasväestöstä, jossa takareiden venähdykset ovat harvinaisia. He käyttivät yleisesti lyhyitä venyttelyohjelmia ennaltaehkäisemään alaraajojen vammoja. (Arnason ym. 2007, 1,2.)

Malliaropoulosin, Mendiguchian ja Pehlivanidin (2012) tutkimuksen mukaan loukkaantumisten ennaltaehkäisyyn suositellaan takareiden lihasten vahvistavia harjoitteita. Tutkimuksen tekijät tarkastelivat eksentristen harjoitteiden mahdollista vaikutta-

vuotta takareisivammojen ennaltaehkäisyssä yleisurheilun piirissä ja esittelivät harjoittelun luokitteluperusteita ohjaamaan klinikoita voimaharjoitusohjelmien suunnittelussa yleisurheilun parissa. Esitetyt perusteet voivat toimia perustana tulevalle kehitykselle ja uusien eksentristen harjoitusohjelmien käyttäminen voivat vähentää tämän tyyppisten vammojen suurta esiintyvyyttä myös muussa urheilussa.

Nordic hamstring -liike on yksi tunnetuimpia eksentrisiä harjoitteita hamstring-lihaksille, ja se on todettu varsin tehokkaaksi ennaltaehkäisemään takareiden vammoja (Clark, Bryant, Culgan & Hartley 2005). Tätä aihetta on tutkittu vähän, yhtään tutkimusta ei ole vielä tehty Redcord-harjoitusvälineellä eikä ”hamstring-slider” -menetelmällä tehtävästä takareiden koukistuksesta ja niiden tuottamasta EMG-aktiivisuudesta. Tämän tutkimuksen tarkoitus oli tutkia hamstring-lihasten EMG-aktiivisuutta lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitusmenetelmillä. Tutkimuksessa huomioitiin myös m. gluteus maximus -lihaksen lihasaktiivisuutta, sillä se osallistuu lonkan ojennukseen eri hamstring-harjoitteissa (ks. Standring 2008, 1369). Tavoitteena oli saada selville, miten tutkittavat lihakset aktivoituvat eri harjoitteiden aikana.

## 2 LONKAN OJENNUKSEEN OSALLISTUVIEN LIHASTEN ANATOMIA

### 2.1 Lihakset

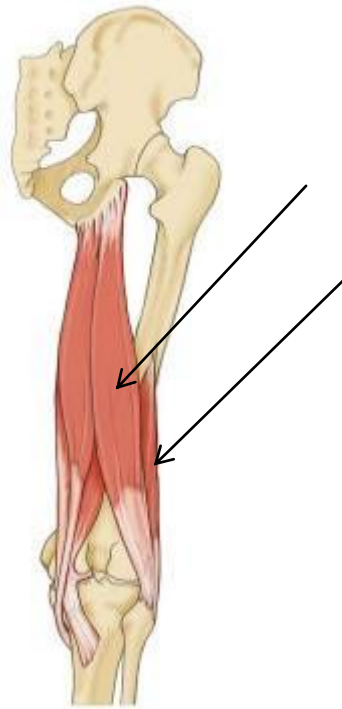
Takareisi koostuu kolmesta lihaksesta: m. biceps femorii, m. semitendinosus ja m. semimembranosus. Englanninkielinen termi näille lihaksille on hamstring-lihakset. Nämä lihakset ylittävät sekä lonkka- että polvinivelen aiheuttaen lonkan ekstensiota sekä polven fleksiota. (Standring 2008, 1376–1378.)

**M. biceps femoris** sijaitsee reiden posterolateraaliosalla alueella. Lihaksella on kaksi proksimaalista lähtökohtaa jakaen lihaksen caput longumiin ja caput breveen. Caput longum eli lihaksen pitkä pää lähtee tuberositas ischiadicumin yläosasta inferomediallisesti sekä lig. sacrotuberalen alaosasta. Caput breve eli lihaksen lyhyt pää lähtee m. adductor magnuksen ja m. quadricepsiin kuuluvan vastus lateralisin välistä, linea asperan lateraaliosalta reunalta. Tämä kiinnittyminen jatkuu proksimaalisesti melkein gluteus maximus -lihakseen asti ja distaalisesti lateraalista linea supracondylareaa pitkin viiden sentin päähän lateraaliosasta femurin condyylistä. Caput longumin ja breven li-



hassäikeet yhdistyvät aponeuroosiksi peittäen lihaksen posteriorisen osan. Aponeuroosi ohenee asteittain jänteeksi (lateraalinen hamstring), joka kiinnittyy suurimmaksi osaksi fibulan päähän eli proksimaalisesti säären lateraalisivuun. Loppu jänteestä jakautuu kolmeen laminaan kiinnittyen joko lig. collaterale fibulaeen tai tibian lateraali condyliin. (Standring 2008, 1376.)

M. biceps femoris on pinnallinen lihas lukuunottamatta proksimaalista osaa, jolloin m. gluteus maximus peittää sen. M. biceps femoriin proksimaalisen osan alapuolella sijaitsee m. semitendinosus ja distaalisen osan alla n. ischiadicus, m. adductor magnus sekä m. gastrocnemiuksen lateraalinen pää. M. semitendinosus ja m. semimembranosus sijaitsevat mediaalisesti suhteessa m. biceps femorikseen. M. biceps femoriksen tehtävät ovat muiden hamstring-lihasten lihasten tapaan lonkan ekstensio ja polven fleksio, mutta myös polven lateraalirotaatio polven ollessa fleksiossa. Hermotus tulee n. ischiadicuksen kautta (L5, S1 ja S2); caput longumin hermottaa nervus tibialis ja caput breven hermottaa nervus peroneus communis. (Standring 2008, 1376–1378.)

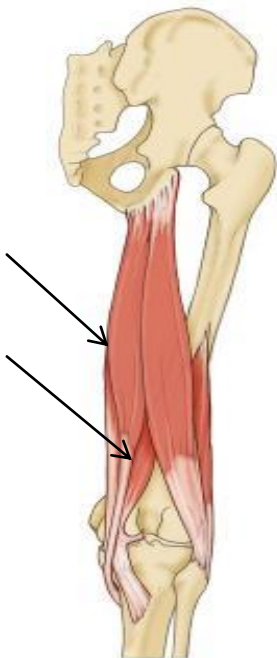


Kuva 1. M. Biceps femoris (Sobotta-tietokanta 2009)

**M. semitendinosus** on suureksi osaksi jännettä ja se sijaitsee reidessä posteromediaalisesti. Lihas lähtee tuberositas ischiadicumin yläosasta, inferomediaaliselta kyhmyltä, jakaen jännteen m. biceps femoriin caput longumin kanssa. M. semitendinosuksen jän-

ne kiertää tibian mediaalisen kondyylin ja kulkee polven lig. collaterale medialen ylitse (väliin jää pes anserinus -bursa) kiinnittyen tibian mediaalisivun yläosaan proksimaalisesti m. sartoriuksen ja m. graciloksen kiinnityskohdista. M. semitendinosuksen jänne voi yhdistyä distaalisesti m. graciloksen jänteen kanssa. M. semitendinosus kulkee koko matkalla m. semimembranosuksen päällä. (Standring 2008, 1378.)

**M. semimembranosus** on nimetty lihaksen kalvomaisen yläosan mukaan. Lihassijaitsee m. semitendinosuksen tapaan reidessä posteriorimediaalisesti. M. semimembranosus lähtee tuberositas ischiadicumin superolateraaliselta kyhmyltä inferomedialisesti osittain yhdistyen m. biceps femoriin ja m. semitendinosuksen jänneiden kanssa. M. semimembranosus jakaantuu viiteen osaan polven tasolla. Pääosa kiinnittyy tibian mediaalikondyylin posteriorisen osan tuberkkeliin ja loput tibiaan heti ligament collaterale medialen taakse, m. popliteuksen ylläolevaan fasciaan, tibian mediaalikondyylin alempaan harjanteeseen sekä linea intercondylaris femoriin että condylus lateralis femoriin muodostaen suurimmaksi osaksi ligament obliquus poplitean. Hermotuksen semitendinosus ja semimembranosus -lihakset saavat nervus ischiadicukselta (L5–S2) tibialis haarasta ja lihasten tehtävänä on lonkan ekstension ja fleksion lisäksi polven mediaalirotaatio polven ollessa fleksiossa. (Standring 2008, 1378.)



Kuva 2. M. Semimembranosus & M. Semitendinosus (Sobotta-tietokanta 2009)

**M. gluteus maximus** on suurin ja pinnallisin gluteaali-alueen lihaksissa (kuva 3). Se on laaja ja paksu nelikulmainen lihas, joka yhdessä ylläolevan rasvakudoksen kanssa muodostavat tutun pakarakohouman. Lihas lähtee iliumin posterioriselta gluteaali-linjalta, iliumin harjalta, erector spinae -lihaksen aponeuroosilta, sacrumin alaosan dorsaaliselä pinnalta, coccyx luun sivusta ja sacrotuberaali ligamentistä. Lihaksen yläosan ja alaosan pinnalliset lihassäikeet kulkevat lateraalisesti trochanter majorin ohi ja kiinnittyvät fascia lataen tractus iliotibialikseen. Lihaksen alaosan syvemmät säikeet kiinnittyvät vastus lateraloksen ja adductor magnuksen väliin tuberositas glutealiseen. Lihaksen alapuolella sijaitsee osa gluteus medius -lihaksesta, piriformis-, gemellus-, obturator internus-, quadratus femoris -lihakset sekä biceps femorin, semitendinosuksen ja semimembranosuksen kiinnityskohdat tuberositas ischiadicumiin. Lihaksen tehtäviä ovat fleksoituneen lonkkanivelen ojennus suoraan linjaan vartalon kanssa ja alaraajan ollessa tuettuna maahan, estää ylävartalon eteenpäin suuntautuvan liikkeen aiheuttamaa fleksiota lonkkanivelessä. Lihaksen hermottaa nervus glutealis inferior (L5, S1 ja S2). (Standring 2008, 1368–1369.)



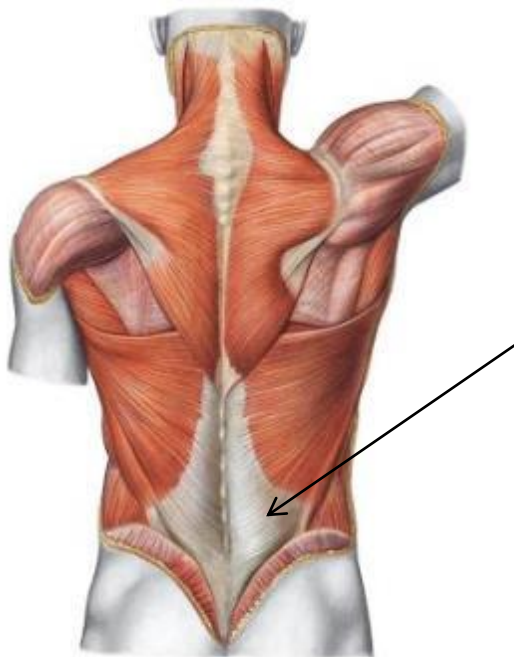
Kuva 3. M. Gluteus maximus (Sobotta-tietokanta 2009)

## 2.2 Lihasten kalvojärjestelmät

Ihmiskehon faskialla eli kalvojärjestelmällä tarkoitetaan koko kehon tiivistä yhtenäistä sidekudosmateriaa. Kalvo eli faskia on elävää fibroottista sidekudosta, joka määritte-

lee lihaksen muodon. Se toimii myös lihasten suojana kietoutumalla lihasten ympärille (lihaskalvot eli myofaskiat). Faskiat ovat myös tärkeitä, itsenäisiä mekaanisten voimien välittäjiä. Myös jänteissä, sisäelinten ympärillä, ligamenteissa, rustoissa ja luissa on omat sidekudoskalvonsa. (Sandström & Ahonen 2011, 350.)

**Fascia thoracolumbalis** on laaja kalvomainen rakenne (kuva 4), joka peittää selän sekä vartalon syviä lihaksia. Sen kiinnityskohdat ovat lateraalisesti kylkiluut ja mediaalisesti nikamien processus spinosukset. Thorakolumbaalinen faskia on tärkeä voiman välittäjä raajojen ja vartalon välillä. Sen kireyteen vaikuttavat m. latissimus dorsi, m. gluteus maximus ja hamstring-lihakset. Lannerangan alueella faskia jakaantuu kolmeen kerrokseen: posterioriseen, keskimmäiseen ja anterioriseen. (Standring 2008, 708–709.)



Kuva 4. Fascia Thoracolumbalis (Sobotta-tietokanta 2009)

**Fascia lata** on vahva sukkamainen sidekudosverkosto. Se peittää ja pitää sisällään reiden alueen lihaksiston. Fascia lata on paksumpi reiden proksimaalisista ja lateraalisista osista missä m. tensor fasciae latae ja m. gluteus maximus kiinnittyvät siihen. Se on ohut posteriorisesti ja adductor lihasten yllä, mutta paksumpi polven ympärillä, missä sitä vahvistaa m. biceps femoriksen jänne lateraalisesti, m. sartoriuksen jänne mediaalisesti ja m. quadriceps femoriksen jänne anteriorisesti. (Standring 2008, 1349.)

Snijders (1993) Vleeming (1995) ja Lee (2004) ovat kuvanneet neljä lihastoimintaketjua (ks. Lippincott, Williams & Wilkins 2007, 89), jossa globaalit lihasryhmät ovat jaettu neljään eri ketjuun rintakehän, lantion ja alaraajojen välille. Posteriorisessa vinottaisessa ketjussa (**posterior oblique myofascial sling**) m.latissimus dorsi ja ristikkäinen m.gluteus maximus yhdistyvät thoracolumbaalisen fascian kautta toisiinsa. Anteriorisessa vinottaisessa ketjussa (**anterior oblique myofascial sling**) m.external oblique yhdistyy anteriorisen abdominaalisen fascian kautta kontralateraaliseen m. internal oblique abdominiksen lisäksi alaraajojen adductor-lihaksiin. Longitudinaalinen ketju (**longitudinal myofascial sling**) käsittää yhteydet peroneus-lihasten, m. biceps femorin, lig. sacrotuberalen, thoracodorsaalisen fascian syvän kerroksen ja m. erector spinaen välillä. Lateraalinen ketju (**lateral myofascial sling**) sisällyttää m. gluteus mediuksen ja minimuksen, m. tensor fascia lataen ja thorakopelvisen alueen lateraaliset stabilisaattorit. Näiden ketjujen välillä ja sisällä oleva integraatio tuottaa stabiiliteettia ja tehokasta kuormien siirtoa rangan ja raajojen välillä. (Lippincott ym. 2007, 89.)

### 2.3 Lihasten toimintatavat

Lihasten toimintatavat jaetaan kahteen tyyppiin riippuen muuttuuko lihaksen pituus supistuksen aikana. Supistusta sanotaan isometriseksi, jos lihaksen pituus pysyy samana supistuksen aikana, esimerkiksi asennon säilyttäminen tai kun taakka on niin raskas, ettei saa sitä liikkumaan. Supistusta sanotaan isotoniseksi, jos lihaksen pituus muuttuu kuorman pysyessä liikkeen aikana suunnilleen samanlaisena. Isotoninen supistus jaetaan vielä konsentriseen ja eksentriseen supistukseen. Kyse on konsentrisesta supistuksesta, jos lihas lyhenee liikkeen aikana. Jos lihasta käytetään liikkeen jarruttamiseen, toisin sanoen lihas venyy vaikka pyrkiikin supistumaan, on kyse eksentrisestä supistuksesta. Lihas pystyy suorittamaan suurimman supistusvoimansa eksentrisen supistuksen aikana. Suurin osa jänne- tai lihasrepeytymistä tapahtuukin lihaksen supistuessa eksentrisesti. (Niensted, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2008, 146–147.) Tutkimustulokset osoittavat, että suurella vastuksella tehdyt eksentriset harjoitteet ovat epäilemättä tehokkaita vahvistamaan lihaksia, mutta ne eivät välttämättä ole tehokkaampia kuin isometriset tai konsentriset harjoitteet (Kraemer & Häkkinen 2002, 31).

Yksi tekniikka voiman lisäämiseen on plyometrinen harjoittelu. Vuoden 1972 olympialaisten voimalajeissa itäeurooppalaiset olivat voittamattomia, mikä herätti suuren kiinnostuksen heidän käyttämiin harjoittelumuotoihinsa. Kyseinen harjoittelumuoto

oli hyppyharjoittelu, jota alettiin myöhemmin kutsua myös plyometriseksi harjoitteluksi. (Kolt & Snyder-Mackler 2003, 152.)

Plyometrisessä harjoitusmuodossa käytetään hyödyksi eksentristä lihastoimintaa, jotta saadaan aikaan mahdollisimman tehokas konsentrisen työn. Eksentrisen lihastoiminnan aikana tapahtuva lihassolujen spindeleiden nopea venyminen parantaa venytyksen jälkeen nopeasti tapahtuvaa supistumista eli konsentrista lihastyötä. (Huber & Wells 2006, 109–110.) Tällaisia harjoitteita ovat aitahyppely, loikkaharjoittelu, tiputushyppyt jne., kaikki harjoitteet keskittyvät viettämään mahdollisimman vähän aikaa kontaktissa maahan. Harjoitusten räjähtävän luonteen takia, plyometrisellä harjoittelulla on suuri riski aiheuttaa loukkaantumisia, siksi urheilijan hyppyharjoittelu tulisi suorittaa valvotusti. Kyseinen harjoittelumuoto aiheuttaa usein myös harjoituksen jälkeistä lihaskipua (DOMS). (Brukner & Khan 2012, 133.) Plyometrinen harjoittelu ja voimaharjoittelu yhdessä kehittävät myös lihas-jännekompleksin suorituskykyä venymislyhenemis-syklin sisältävissä suorituksissa (Lyttle, Wilson & Ostrowski 1996).

#### 2.4 Lonkan extensoreiden biomekaniikka

Lyhyt katsaus askelsyklin toteutumiseen sekä kävelyn että juoksun aikana on välttämätöntä, jotta voidaan täysin ymmärtää hamstring-lihasten rooli urheiluaktiiviteeteissa (Worrell & Perrin 1992). Askelsykli on kahden peräkkäisen saman jalan alustakontaktin välinen ajanjakso. Normaaliassa kävelyssä on olemassa kaksi askelluksen vaihetta, tuki- ja heilahdusvaihe. Yhden askelsyklin aikana kävelyssä tukivaihe kestää keskimäärin 60 % syklistä ja heilahdusvaihe noin 40 %. Tukivaihe jaotellaan kahteen eri vaiheeseen, kaksi- ja yksitukiseen. Kaksitukisessa vaiheessa tapahtuu ensimmäinen ja viimeinen 10 % kyseisestä askelsyklin kestosta, jolloin molemmat jalat ovat kontaktissa alustaansa. Yksitukivaihe on ajaltaan yhtä suuri kuin vastakkaisen jalan heilahdus.

Juoksun askelsykli voidaan jakaa tuki-, heilahdus- ja lentovaiheeseen. Tukivaiheen ensimmäisen puoliskon aikana tapahtuu voiman imeytymistä, kun taas jälkimmäinen puolisko on vastuussa eteenpäin vievästä voimasta. Tukivaihe on jaettu edelleen kantaiskuun, keskitukivaiheeseen ja varvastyöntöön. Ymmärtääkseen juoksun aikana tapahtuvat biomekaaniset tapahtumat, tukivaihe voidaan jakaa kolmeen suureen osaan: (1) alkukontaktista koko jalkapohjan kontaktiin, (2) koko jalkapohjan kontaktista kannan nousemiseen, ja (3) kannan nousemisesta varpaiden maasta irtoamiseen. Heilah-

dusvaihe jaetaan alku- ja loppuheilahdukseen. Lentovaiheet ovat alkuheilahduksen alkuosassa ja loppuheilahduksen loppuosassa. (Dugan & Bhat 2005, 612.)

Hamstring-lihasten funktio kävellessä on aktiivinen heilahdusvaiheen lopussa kunnes jalkapohja on kokonaan kiinni maassa. Mann (1982) on analysoinut takareiden toimintaa seuraavasti: Heilahdusvaiheessa takareiden lihakset aktivoituvat eksentrisesti kontrolloiden polven extensiota. Kantaiskun aikana ne tarjoavat vakautta ja aloittavat polven koukistuksen. Juoksussa hamstring-lihakset aktivoituvat heilahdusvaiheen viimeisen kolmanneksen aikana, jolloin tibia on hidastamassa liikettä eksentrisesti lonkan joustaessa konsentrisesti. Juuri ennen jalan kontaktia maahan hamstring-lihakset jatkavat aktiivisuuttaan lonkan extensiota ja polven flexiota varten.

Kiihdytyksen aikana juoksussa tapahtuu korkeita hamstring-lihasten eksentrisiä voimia (150 J) heilahdusvaiheen myöhäisvaiheessa hidastaakseen alempaa jalkaa ennen maakontaktia. Kirjoittavat raportoivat myös samanaikaista proksimaalista hamstring-aktiivisuutta lonkan extensiossa. (ks. Worrell ym. 1992.)

### 3 LONKAN EXTENSIO SUUNTAAN OSALLISTUVIEN LIHASTEN HARJOITTAMINEN

Kolme merkittävää tutkimusta ovat osoittaneet eksentristen harjoitteiden hyödyn hamstring-lihasten voimaharjoittelussa. Brockett, Morgan ja Proske (2001) testasivat eksentristen harjoitteiden vaikuttavuutta yhden akuutin kauden aikana kymmenellä henkilöllä, jotka eivät olleet sitoutuneet säännölliseen voimaharjoitteluun. Askling ym. (2003) hyödynsi ruotsalaisia ammattijalkapalloilijoita tutkimuksessaan, jossa hän tutki voimaharjoittelun vaikuttavuutta ylikuormittamalla hamstring-lihaksia eksentrisesti YoYo flywheel ergometri -laitteen avulla. Mjølsnes, Arnason, Østhagen, Raastad ja Bahr (2004) tutkivat yksinkertaisen eksentrisen pariharjoitteen ”Nordic hamstring” vaikutusta ja vertasi sitä perinteisiin ”hamstring curl” -harjoitteisiin norjalaisilla jalkapalloilijoilla.

Ensimmäinen tutkimus osoitti, että optimaalinen kulma konsentriselle hamstring-lihasten vääntömomentin synnylle lisääntyi. Kaksi muuta tutkimusta osoitti merkittävän eksentrisen vääntömomentin kasvun vain kymmenen viikon eksentrisen harjoittelun jälkeen. Ruotsalaisessa tutkimuksessa testattiin eksentrisen harjoitteluohjelman vaikuttavuutta riskiin saada takareiden venähdysvamma 15 pelaajalla lupaavin tuloksin (Askling ym. 2003). Koska takareiden venähdyksiä uskotaan tapahtuvan maksimi-

maalisten eksentristen lihasaktivaatioiden aikana ja matalien voimatasojen on myös oletettu olevan riskitekijänä venähdyksille, Arnason työryhmineen olettaa, että eksentrisen voimaharjoittelu voisi vähentää takareisivenähdyksen riskiä (Arnason ym. 2007, 2).

### 3.1 Hamstring-lihasten harjoittaminen

Useimmilla kuntosaleilla on hamstring-lihasten harjoittamiseen suunniteltuja polven koukistus -laitteita, joissa yleisimmin joko istutaan tai maataan vatsallaan. Vatsanmaakuulla tehtävässä polvien koukistuksessa koneen voi korvata myös toinen henkilö, joka vastustaa liikettä. Ristikkäistaljassa tehdyt jalan taaksetyönnöt, joissa nilkkaan laitetaan ala-asennossa oleva painokaapeli kiinni, eivät ole puhtaasti hamstring-lihasten harjoite vaan liikkeeseen osallistuvat myös gluteus-ryhmän lihakset sekä alaselän lihakset. (Winch 2004, 83, 97.) Suurin jaloin tehty maasta nosto on yleisin painotangolla tehty takareisiharjoite, vaikkakin liikkeeseen osallistuvat vahvasti myös gluteaaliryhmän lihakset sekä alaselän lihakset (Phillips & D'orso 1999, 163).

Askelkyykyssä urheilija astuu runsaan metrin päähän toisella jalallaan ja ponnistaa astuneella jalalla itsensä nopeasti takaisin taakse jääneen jalan viereen. Liikettä käytetään hamstring-lihasten harjoittamiseen, mutta harjoittaa myös etureisiä sekä gluteusryhmän lihaksia. Askelkyykyhyppyt ovat yksi variaatio askelkyykystä. (Winch 2004, 98–99,104.) Hyvää huomenta -liikkeessä pidetään painotanko niskan takana ja jalat suorina tai lievästi koukussa kumarrutaan eteenpäin lonkasta. Liike aktivoi erityisen hyvin hamstring-lihakset ja liikkeen eksentristä vaihetta käytetään myös kyseisten lihasten venyttelyyn. (Delavier 2009, 107.)

### 3.2 Pakaralihasten harjoittaminen

Takakyyky on yksi parhaimmista liikkeistä muokkaamaan pakaralan muotoa, jossa painotanko on niskan takana. Askelkyykyä käytetään pakaralihasten harjoittamiseen ja varsinkin askelluksen ollessa pitkä, gluteus-ryhmän lihasten työ tehostuu. Liike on varsin raskas, koska melkein koko kehon paino on astuvan jalan päällä, mikä tekee raskaista lisäpainoista turhia. Lonkan ojennukset laitteissa sekä konttusasennossa raskitavat enimmäkseen m. gluteus maximus ja vähemmän hamstring-lihaksia. Tuettu lan-



tionnosto on hyvin tehokas hamstring-lihasten sekä m. gluteus maximuksen harjoite. Liike on tuttu melkein joka aerobic-tunnilta. (Delavier 2009, 96,116,120–121.)

### 3.3 Sling exercise therapy (SET)

Sling exercise therapy (SET) on suhteellisen äskettäin kehitetty harjoitusmenetelmä, joka on osoittanut monien tutkimusten mukaan ainutlaatuisia vaikutuksia syvässä stabiilissa lihaksistossa, hermolihaskäytännön kontrollinnissa ja liikuntaelinten komplikaatioiden ehkäisyssä. SET perustuu avoimen ja suljetun kineettisen ketjun harjoitettiin ja sen on osoitettu pääperiaatteeltaan vahvistavan keskivartalon lihaksistoa epävakaan harjoittelun kautta erilaisilla slingoilla.

Löydökset kohentuneesta voimasta, nopeudesta ja tasapainosta useilla jo erittäin kovasti treenatuilla henkilöillä osoitti, että keskivartalon lihaksiston harjoittaminen SET -menetelmällä, toisin kuin tavallisessa voimaharjoittelussa, kohensi energian siirtymistä proksimaalisista distaalsiin segmentteihin. Yhteyttä proksimaalisen stabiliteetin ja voiman siirtymisen välillä läpi distaalisten segmenttien on todettu olevan merkitystä myös henkilöillä, jotka eivät harrasta urheilua (Johansen 2012, 1).

Erään norjalaisen tutkimuksen mukaan Sling exercise therapy -harjoittelu on osoittanut positiivisia vaikutuksia staattiseen tasapainoon, potkunopeuteen ja keskivartalon stabiliteettiin ammattilaisjalkapalloilijoilla. Toiminnallinen voimaharjoittelu SET -harjoitusmenetelmällä näyttäisi olevan tehokas vaihtoehto parantamaan neuromotorista kontrollia ja nivelten stabiliteettia. (Stray, Pedersen, Magnussen, Kuffe & Seiler 2006.)

## 4 ELEKTROMYOGRAFIA (EMG)

Lihaksen tahdonalaisessa supistumisessa isoivojen motoriselta alueelta saapuu hermoratoja pitkin sähköinen käsky selkäyttimeen, josta kyseinen käsky jatkaa motorisia hermoratoja pitkin periferiaan eli suoraan supistuvalla lihaksella. Tämän seurauksena tietyt motoriset yksiköt kohdealueella aktivoituvat. Lihaksen toiminnallinen yksikkö eli motorinen yksikkö koostuu motorisesta hermosta ja kaikista sen hermottamista lihassoluista. Elektromyografian (EMG) avulla voidaan mitata lihaksen sähköistä aktiivisuutta. Tämä perustuu aktiopotentialin leviämiseen lihassolujen pinnalla, joka välittyy myös ympäröiviin kudoksiin sekä aina iholle asti liimattuihin EMG-elektrodeihin.

Toimivien motoristen yksiköiden yhteisaktiivisuutta ko. lihaksessa edustaa rekisteröity EMG signaali. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 125–127.)

Emg-elektrodin avulla voidaan siis mitata lihaksen sähköisten muutosten suuruutta ja muutosnopeutta. Elektrodissa oleva pinta on sähköisessä kontaktissa lihaskudoksen kanssa. Elektrodit jaotellaan mono- ja bipolaarisiin elektrodeihin pintojen lukumäärän perusteella. Käytettävissä ovat mikro-, lanka-, neula- ja pintaelektrodit. (Basmajian & De Luca 1985, 22.) Emg-elektrodien selektiivisyys riippuu välitilasta, johtuvuusalueesta ja aksiaali -suunnan suhteesta alla olevien lihassyiden suuntaan nähden (Blanc & Dimanico 2010, 110).

Mittausmenetelmät jaotellaan kajoamattomiksi eli noninvasiivisiksi ja kajoaviksi eli invasiivisiksi. Noninvasiivinen mittausmenetelmä käsittää elimistön ulkopuolelta tapahtuvaa mittausta ja invasiivinen elimistön sisälle ulottuvia mittauksia. Tutkimus on noninvasiivinen eli kajoamaton käytettäessä pintaelektrodeja.

EMG-mittauksessa käytettävät pintaelektrodit ovat johtimella varustettuja metallilevyjä jotka kiinnitetään ihon pinnalle. Ihon ja elektrodin välisen kontaktin parantamiseksi käytetään mm. geeliä. Ihon pinnan tulee olla huolellisesti puhdistettu, sillä ihon pinnalla oleva rasva ja lika heikentävät sähkön siirtymistä lihaksen ja elektrodien välillä. Ennen elektrodien kiinnittämistä iho puhdistetaan ja desinfioidaan sekä karhennetaan hienorakeisen santapaperin avulla, jotta ihon impedanssi eli vastus vähenee oleellisesti noin 5 - 10 kilo-ohmiin.

EMG-mittauksia tehdessä on syytä kiinnittää huomiota myös mahdollisiin häiriötekijöihin. Häiriötekijät jaotellaan kehon sisä- ja ulkopuolisiin. Taustakohina on tyypillisin kehon ulkopuolelta tuleva häiriötekijä joka aiheuttaa mittausvirheen. (Niemenlehto 2004, 30–32.)

Toisin kuin klassinen neurologinen EMG-mittaus, joka analysoidaan staattisissa olosuhteissa, kinesiologista EMG-mittausta voidaan kuvata lihasten neuromuskulaarisena aktivaationa toiminnallisissa harjoitteissa, asentoon liittyvissä tehtävissä, työoloissa ja hoito/harjoittelu järjestelmissä. Perus fysiologisten ja biomekaanisten tutkimusten lisäksi, kinesiologinen EMG on vakiintunut arviointityökaluna sovelletuissa tutkimuksissa, fysioterapiassa/kuntoutuksessa, urheilussa ja mittauksissa, joissa tutkitaan ihmiskehon sopeutumista työolosuhteisiin sekä työkoneisiin. (Konrad 2005, 4–5.)

## 5 TUTKIMUSONGELMAT

Opinnäytetyömme tutkimusongelmina on tutkia, miten takareiden kaksi eri päälihasta m. biceps femoris, m. semitendinosus aktivoituvat pinta-EMG:llä mitattuna lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa ja millaista eroa niiden aktiivisuustasoissa on eri harjoitteiden välillä. Myös m. gluteus maximus -lihaksen aktiivisuutta haluttiin tutkia, sillä se toimii synergistinä monessa lonkan ekstensio-suunnan harjoitteissa, joita tutkimuksessa käytettiin. M. semimembranosus -lihasta ei voitu tutkia pinta-EMG -menetelmällä, sillä lihas sijaitsee m. semitendinosus -lihaksen alla. Tutkimuksessa haluttiin saada myös selville, onko lihasten aktiivisuustasoissa eroa sukupuolten välillä. Tulosten avulla pyritään etsimään lihasten aktiivisuustasojen perusteella tehokkaimmat takareiden harjoitteet, joita pystytään hyödyntämään optimaalisesti takareisi- ja pakaralihasten harjoittamisessa.

Tutkimusongelmat olivat:

1. Miten biceps femoris -lihas aktivoituu lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa?
2. Miten semitendinosus -lihas aktivoituu lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa?
3. Miten gluteus maximus -lihas aktivoituu lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa?
4. Millaista eroa lihasten aktiivisuustasoissa on sukupuolten välillä lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa?
5. Millaista eroa lonkan ekstensiota tuottavien lihasten aktiivisuustasoissa on eri harjoitteiden välillä?

## 6 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TUTKIMUKSEN ETENEMINEN

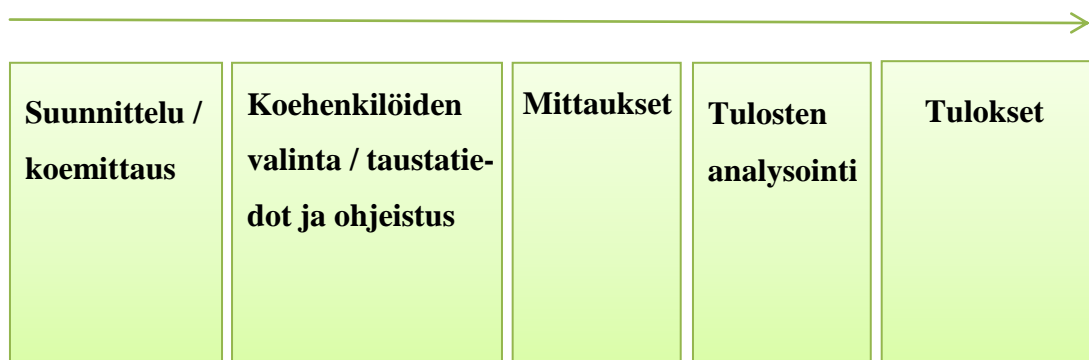
Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kokeellisesti, vaikuttavatko eri lonkan ekstensiosuunnan harjoitusmenetelmät eri tavalla lihasten EMG-aktiivisuuteen. Tutkimusmenetelmänä työssä käytimme kvantitatiivista kokeellista tutkimusta. Kokeelli-

nessa tutkimuksessa mitataan yhden käsiteltävän muuttujan vaikutusta toiseen muuttajaan (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 125).

Kokeellinen asetelma on myös yksi olennainen tekijä kokeellisissa tutkimuksissa. Kaikki tekijät jotka voivat vaikuttaa kokeeseen ja sen johtopäätöksiin, pyritään vakiomaan, tätä siis asetelmalla tarkoitetaan (Metsämuuronen 2005, 9–10).

Kvantitatiiviselle tutkimukselle keskeistä ovat johtopäätösten tekeminen aiemmista tutkimuksista, aiemmat teoriat, hypoteesin esittäminen sekä käsitteiden määrittely. Ominaista on myös muuttujien muodostaminen taulukkomuotoon ja aineiston saattaminen tilastollisesti käsiteltävään muotoon. (Hirsjärvi ym. 2004, 131.) Määrällinen tutkimus menetelmänä antaa yleisen kuvan muuttujien eli mitattavien ominaisuuksien välisistä suhteista ja eroista. Tutkimusmenetelmä vastaa kysymykseen kuinka paljon tai miten usein. Määrällisessä tutkimuksessa objektiivisuudella tarkoitetaan tutkijan puolueettomuutta. Tutkimustulos on objektiivinen silloin, kun se on tutkijasta riippumaton, tällöin siis tutkija ei vaikuta tutkimustulokseen. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa muuttuja on asia, josta halutaan tietoa. Se on esimerkiksi henkilöä koskeva ominaisuus, asia tai toiminta, esimerkiksi sukupuoli, ikä tai mielipide. Silloin kun halutaan saada määrällinen tieto tai määrälliseen muotoon muutettava sanallinen tieto tutkittavasta asiasta, puhutaan mittarista välineenä. Määrällisen tutkimuksen mittareita ovat haastattelu-, kysely- ja havainnointilomake. (Vilka 2007, 13–14.)

Tutkimuksen eteneminen esitetään kuvassa 5.



Kuva 5. Tutkimuksen eteneminen

## 7 KOEHENKILÖIDEN VALINTA JA TAUSTATIEDOT

Tutkimuksen kohteena oleva joukko koostui Kymenlaakson ammattikorkeakoulun naprapatian koulutusohjelman opiskelijoista. Nämä muodostivat tutkimuksen perusjoukon, jotka rekrytoimme suullisesti syksyllä 2013 naprapatian koulutusohjelman luentotilaisuudessa. Luentotilaisuudessa esittelimme valituille koehenkilöille suunnitellun tutkimuksesta sekä koehenkilöiden sisäänotto ja poissulkukriteerit. Kohderyhmän sisäänottokriteereinä oli, että henkilön tulee olla perusterve iältään 20–37-vuotias nuori aikuinen, joka harrastaa säännöllisesti liikuntaa vähintään kahdesta kolmeen kertaa viikossa. Poissulkukriteereinä oli, että henkilö ei harrasta kilpaurheilua eikä hänellä ole aikaisempia takareiden vammoja, jotka voisivat vaikuttaa tutkimustuloksiin epäsuotuisasti. Useat tutkimukset ovat osoittaneet, että ikä ja aikaisemmin kärsityt takareisivammat ovat riskifaktoreita uusille takareiden vammoille (Arnason ym. 2007, 1,2). Lisäksi poissulkukriteereinä olivat toimintakykyä alentavat ja yleistilaa heikentävät sairaudet kuten flunssa- ja kuumetaudit.

Tutkimuksen otantaan valittiin viisi miestä ja viisi naista, näin ollen tutkimuksen otoksen kokonaismäärä oli kymmenen koehenkilöä. Otos on ikään kuin tutkimuksen kohderyhmän eli perusjoukon osa, jolla voidaan saada kokonaiskuva koko perusjoukosta. Otos pyritään valitsemaan mahdollisimman edustavasti. (Vilka 2007, 56.) Otantamenetelmänä käytettiin kiintiötantaa. Tässä tutkimuksessa perusjoukko jaettiin kahteen luokkaan sukupuolen mukaan. Otoksen kokonaismäärän ollessa 10 (N=10) kumpaankin luokkaan otettiin viisi otantayksikköä. (ks. Holopainen & Pulkkinen 2002, 34,35.) Itse otos poimittiin harkinnanvaraista otantaa käyttäen valintakriteerit täyttävistä opiskelijoista. Harkinnanvaraisessa otoksessa tärkeää on, että tutkijat valitsevat tutkimuskohteet oman harkintansa mukaan parhaaksi katsomallaan tavalla mutta perustellusti. Tutkijat eivät pyrkineet tulosten yleistämiseen suurempaan perusjoukkoon, joten harkinnanvarainen otos sopi tutkimukseen. (Vilka 2007, 58.) Koehenkilöiden taustatiedot esitellään taulukossa 1.

Taulukko 1. Koehenkilöiden taustatiedot

Henkilö	Sukupuoli (M/N)	Ikä	Pituus (cm)	Paino (kg)
1	N	23	173	71
2	N	23	173	72
3	N	23	160	55
4	N	20	169	62
5	N	22	169	63
6	M	22	171	71
7	M	23	186	96
8	M	37	172	85
9	M	31	188	87
10	M	28	180	81

## 8 MITTAUSTEN SUUNNITTELU

Mittausten suunnittelu pohjautui koemittauksissa saatuihin havaintoihin. Koemittausten perusteella mittausten lopullinen toteutus, aikataulutus ja siihen tarvittavat välineet täsmentyivät.

### 8.1 Tutkimusasetelma

Naprapatian koulutusohjelman luentotilaisuudessa rekrytoinnin yhteydessä jaettiin tutkittaville koehenkilöille lyhyt tiedote tutkimustilanteen kulusta ja vaatimuksista. Tutkittavat koehenkilöt ohjeistettiin saapumaan testauspaikalle levänneinä ennalta sovittoon aikaan. Koehenkilöt olivat valmistautuneet suorittamaan testaukset alusvaatteissa tai tutkimukseen soveltuvissa urheiluvaatteissa. Oikeanlainen vaatetus helpotti elektrodien kiinnittämisessä sekä harjoitusliikkeiden oikean suoritustekniikan kontrolloinnissa. Mittaukset päätettiin suorittaa paljain jaloin, näin pois suljimme jalkineiden mahdollisen vaikuttavuuden mittaustuloksiin. Tutkittavien koehenkilöiden testit suunniteltiin siten, että kaikilla olisi sama lähtöasetelma testauksiin lähettäessä. Vakioitavia asioita olivat siis aika, paikka, vaatetus, menetelmät sekä tutkijat.

### 8.2 Koehenkilöiden ohjeistus

Tämän tutkimuksen mittauksiin osallistuneiden koehenkilöiden ohjeistus suoritettiin etukäteen suullisesti rekrytointitilaisuudessa ja kirjallisesti sähköpostitse, ks. Tutkittavien tiedote -liite.

### 8.3 Mittausten luotettavuuden varmistaminen

Tässä tutkimuksessa mittausten luotettavuus huomioitiin suorittamalla mittaukset jo ennestään maailmanlaajuisesti paljon käytetyllä pinta-EMG-mittarilla. Mahdollisten virheiden välttämiseksi mittausten suunnittelu ja valmistelu tehtiin huolella. Validiteetin kannalta pidettiin huolta siitä, että tutkijat perehtyivät huolellisesti mittalaitteisiin ja suorittivat ennestään koemittaukset. Mittaustilanteessa koehenkilöiden testit suunniteltiin toteutettaviksi vakioiduin menetelmin aina saman kaavan mukaan samojen tutkijoiden toimesta.

Kokeellisessa tutkimuksessa validiteetilla tarkoitetaan sitä, että tutkimuksen tulee mitata asioita, mitä oli tarkoituskin selvittää. Tutkimuksen validiutta on vaikea selvittää jälkikäteen, huolellinen suunnittelu ja tarkoin harkittu tiedonkeruu ovat siis avainasemassa sen varmistuksessa. (Heikkilä 2010, 29,30.) Kokeellisessa tutkimuksessa koetulosten luotettavuus on päätavoite. Validiteetin uhkien kontrolloimiseksi on siis kehitetty koeasetelma ja sitä seuraava analyysimenetelmä. (Metsämuuronen 2005, 12.)

Mittarin muuttuminen mittaustilanteessa voi olla validiteetin uhkana kokeellisessa tutkimuksessa. Mittavälineen kalibroinnin muuttuminen, havainnoijien pisteytyskeeman muuttuminen tai mittarin muuttuminen ylipäänsä toiseksi vaikuttaa olennaisesti lopputulemaan. (Metsämuuronen 2005, 13.)

Reliabiliteetilla eli luotettavuudella tarkoitetaan tutkimuksen tulosten tarkkuutta. Saadut tulokset eivät saa olla sattumanvaraisia. Kohderyhmän ei tule myöskään olla vino, vaan otoksen tulee edustaa koko tutkittavaa perusjoukkoa luotettavien tulosten saamiseksi. (Heikkilä 2010, 30, 31.)

### 8.4 Mittausprotokolla

Varmistetaan, että koehenkilöllä on tutkimustilaan tullessa oikeanlainen vaatetus. Suoritetaan antropometriset mittaukset (paino ja pituus). Päätetään etukäteen tietty navigointitekniikka elektrodien oikeaan asetteluun. Etukäteen karvoista ajeltu iho puhdistetaan ja karhennetaan hienolla hiekkapaperilla impedanssin vähentämiseksi. Elektrodien asettaminen. Odotetaan vähintään kolme minuuttia, jotta impedanssi ta-

saantuu. Tämän ajan voi käyttää lihasten lämmittelyyn, jotta aineenvaihdunta kiihtyisi ja välttyttäisiin lihasvenähdyksiltä. Lämmittelyä tarvitaan myös maksimaalisen voimatason ulossaamiseksi. (Kauranen & Nurkka 2010, 282). Seuraavaksi tutkijat selostavat mittauksen kulun. Sitten varmistetaan, että johdot ja elektrodit ovat hyvin kiinni. Tarkastetaan signaalimonitorista, että lihaksen aktivoituessa näyttöön tulee EMG-piikkejä. Tämän jälkeen suoritettiin EMG-mittaukset, joiden jälkeen poistettiin elektrodit ja annettiin loppupalaute.

#### 8.4.1 MVIC

Mittauksien normalisointia tarvitaan, jotta lihasten emg-aktiivisuutta pystyttäisiin vertaamaan eri testikerroilla ja eri testihenkilöillä. Yleisin tapa luoda referenssi-taso on maksimaalisella tahdonalaisella isometrisellä supistuksella (MVIC, maximal voluntary isometric contraction). Testitulosten toistettavuuteen perustuva MVIC suositellaan suoritettavaksi vähintään kolme kertaa. (Boettcher, Ginn & Cathers 2008.) Lihasväsymyksen välttämiseksi suoritusten välissä tulisi olla vähintään kaksi minuuttia aikaa palautua, minkä aikana tällaisessa suorituksessa käytettävät lihaksen ATP- ja kreatiiniinifosfaattivarastot palautuvat noin 85 prosenttisesti (Mathiassen, Winkel & Hagg 1995; Kauranen & Nurkka 2010, 283). Maksimaalisen jännitystason saavuttaminen vie lihakselta noin 1,5–2,0 sekuntia eikä elimistö jaksa pitää yllä näin korkeaa suoritustasoa kovin pitkään, joten suoritukset ovat ajallisesti yleensä hyvin lyhyitä alle 5 sekuntia (Kauranen & Nurkka 2010, 144). Harjoitteissa vähintään 60 %:n aktiivisuustaso MVIC:stä vaaditaan perusvoimaharjoitteluun eli perusvoiman kehittämiseen (Marshall & Desai 2010). Fry 2004 tutkimuksessaan osoitti, että maksimaalinen lihashypertrofian kehittäminen tapahtuu 80–95 % kuormilla 1 RM:stä.

Koehenkilöiltä mitattiin maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto ennen varsinaisia harjoitusliikkeitä. Gluteus maximus -lihaksen sekä hamstring-lihasten isometrisissä maksimivoimatesteissä nivelkulmat vakioitiin vipuvarsigoniometrillä. MVIC-testi aloitettiin harjoittelusuorituksilla, joissa koehenkilölle ohjattiin oikeanlainen suoritustapa. Voimantuoton tuli asteittain kasvaa kohti maksimaalista suoritusta, jotta ei tapahtuisi nykäisevää liikettä. Koehenkilö valmistautui testiin komennolla “valmiina” ja viiden sekunnin mittainen maksimaalinen isometrinen supistus aloitettiin komennolla “paina”. Komento “seis” ilmaisi mittauksen päättymisen.

MVIC-testaus vakioitiin siten, että mittaukset aloitettiin joka kerta m. gluteus maximuksesta ensin oikea jalka sitten vasen, tämän jälkeen m. biceps femoris vasemmalta



ja oikealta, sitten m. semitendinosus vasemmalta ja oikealta. Siirtymäaikaa liikkeiden välillä oli kolme minuuttia.

#### 8.4.2 Harjoitusliikkeet

Tutkittavat harjoitusliikkeet mitattiin MVIC-testien jälkeen. Harjoitusliikkeiden järjestyks ja suorittaminen selostettiin koehenkilöille ennen mittausta. Jokaista harjoitusliikettä tehtiin muutama toisto ennen mittausta: näin varmistettiin, että koehenkilö ymmärsi oikeanlaisen suoritustavan. Tarvittaessa mittauksen aikana tutkija ohjasi koehenkilöä oikeanlaiseen suoritustekniikkaan verbaalisesti. Koehenkilö komennettiin valmiusasentoon komennolla ”valmiina” ja mittaus käynnistettiin komennolla ”suorita”. Jokaista harjoitusliikettä suoritettiin viisi toistoa rauhalliseen tahtiin mittauksen aikana. Komennolla ”seis” lopetettiin mittaus. Mittausten aikana ei kannustettu koehenkilöä. Eri harjoitusliikkeiden välillä siirtymäaikaa oli noin kolme minuuttia, jotta voimatasot palautuisivat.

#### 8.4.3 Kontrolli-MVIC

Varsinaisten harjoitusliikkeiden jälkeen lopuksi mitattiin vielä kontrolli-MVIC, jonka avulla pystyttiin varmistamaan, että johdot ja elektrodit ovat pysyneet kiinni koko testin ajan.

### 9 MITTAUSTEN TOTEUTUS

#### 9.1 EMG-mittaukset

Mittaukset suoritettiin kuvassa 6 näkyvällä 8-kanavaisella ME6000 MT-M6T8 EMG-laitteella (Mega Elektroniikka Oy, Kuopio, Suomi). EMG-mittauksissa käytettiin 1000 Hz:n näytteenottotaajuutta. EMG-taajuuskaistat olivat 15–500 Hz. Mittaussignaalin parhaimman mahdollisen laadun varmistamiseksi kytkettiin kaapelivahvistimet kanavakohtaisesti oikeisiin liittimiin ME6000-laitteessa. EMG-signaali tallentui tietokoneelle MegaWin-ohjelmistoon (Mega Elektroniikka Oy, Kuopio, Suomi) myöhempää analyysiä varten.

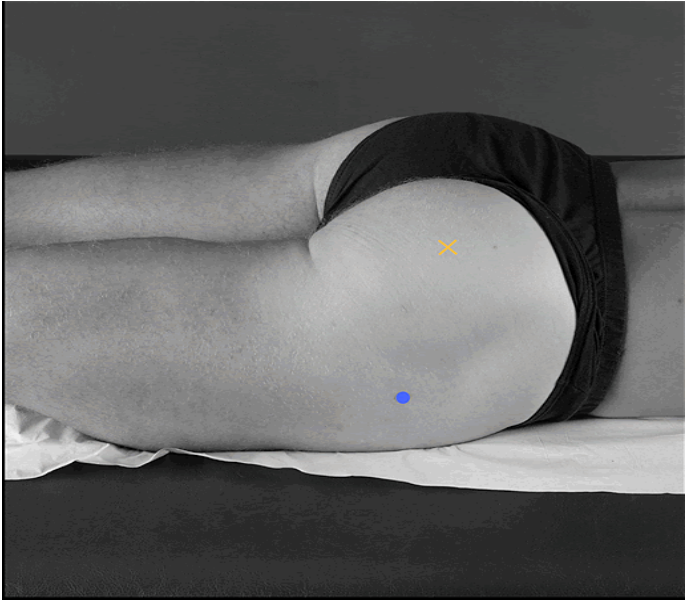


Kuva 6. EMG-mittauslaitteisto

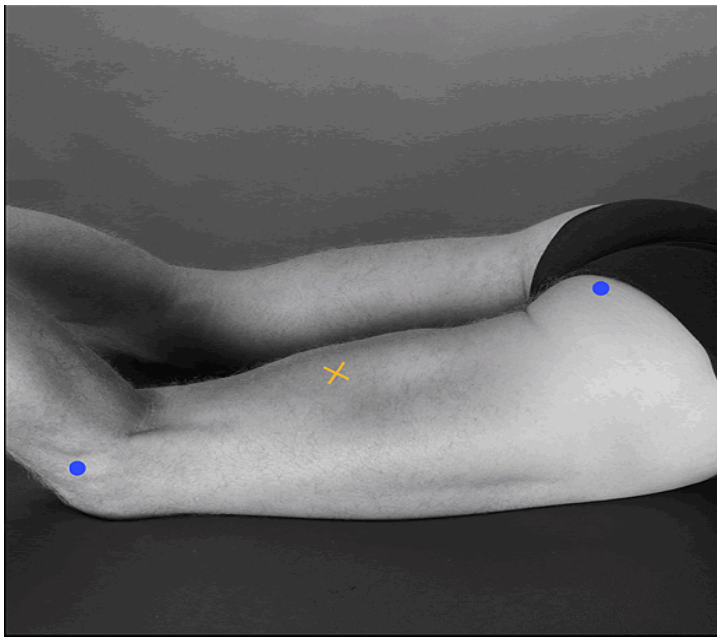
Elektrodeina käytettiin kertakäyttöisiä pyöreänmallisia hopea/hopeakloridi-pintaelektrodeja (Ambu White sensor type M-00-S). "Crosstalkin" eli kohinan vähentämiseksi asetimme elektrodit lihassyiden suuntaisesti (ks. Basmajian & De Luca 1985, 61–64). Iho puhdistettiin ja desinfioitiin sekä karhennettiin hienorakeisen santapaperin avulla, jotta ihon impedanssi eli vastus väheni oleellisesti noin 5–10 kilo-ohmiin. Ihokarvat ajettiin tarpeen vaatiessa. Seniamin ohjeistuksen mukaisesti elektrodit aseteltiin 20 mm etäisyydelle toisistaan. Refenssielektrodit kiinnitettiin luisille alueille (caput fibulae, throchanter major). Elektrodien kiinnittämiseen käytimme teippiä varmistaaksemme niiden paikallaan pysymisen. Elektrodijohdot asetettiin testattavan koehenkilön vaatteiden alle ja teipattiin tarvittaessa ihoon kiinni ylimääräisen liikkumisen ehkäisemiseksi.

#### 9.1.1 Elektrodien sijainnit ja asettelu

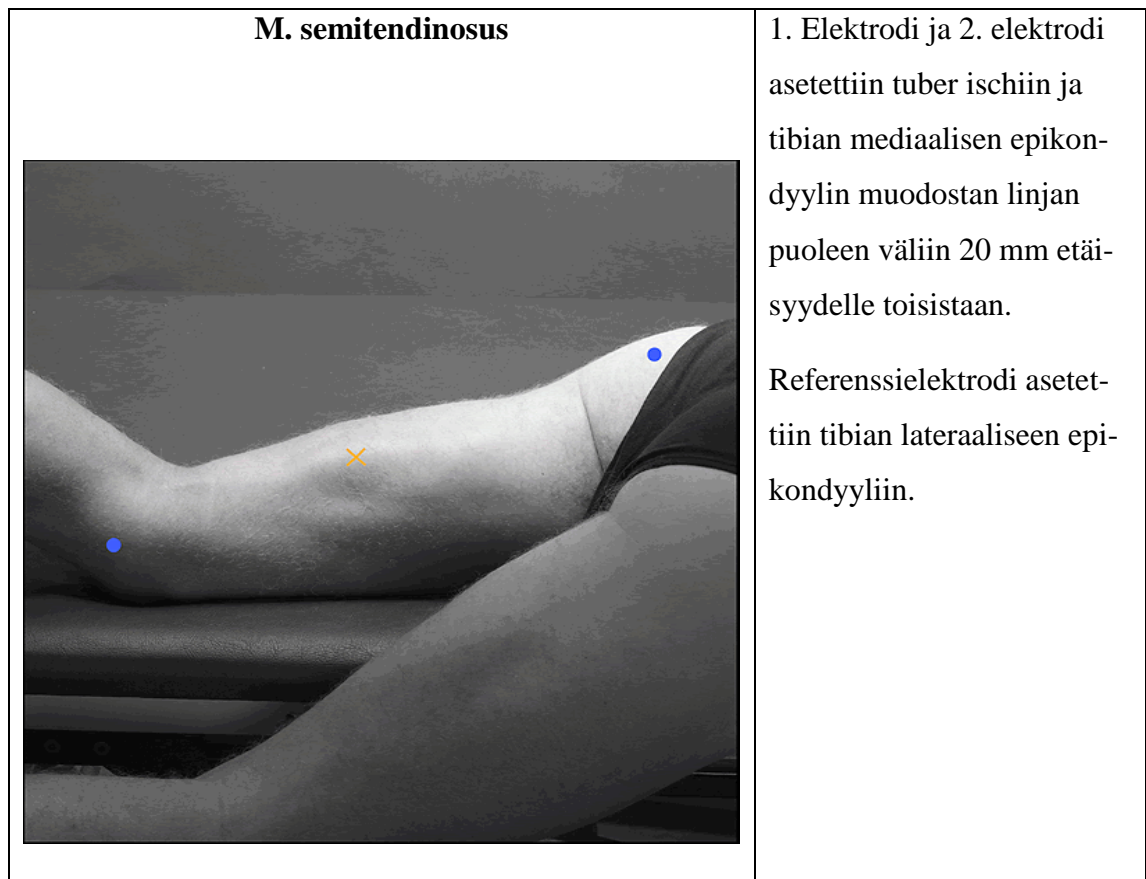
EMG-mittausten elektrodien sijainnit ja asettelu määritettiin Seniamin ohjeistuksen mukaan. Tutkimukseen valittiin seuraavat lihakset: m. gluteus maximus, m. biceps femoris, m. semitendinosus. M. semimembranosus lihasta ei voitu pinta-EMG:llä mitata, mutta se toimii synergistinä silloin kun m. biceps femoris ja m. semitendinosus lihakset ovat aktiivisina. Elektrodien sijainnit esitetään seniamin mukaan. (seniam 2014)

<b>M. gluteus maximus</b>	
	<p>1. Elektrodi asetettiin pakaran korkeimpaan kohtaan os sacrumin ja trochanter majorin puoleen väliin.</p> <p>2. Elektrodi asetettiin 20 mm mediaalisesti 1. elektrodista.</p> <p>Referenssielektrodi asetettiin trochanter majoriin.</p>

Kuva 7. Elektrodien sijainnit. M.gluteus maximus (seniam 2014)

<b>M. biceps femoris</b>	
	<p>1. Elektrodi ja 2. elektrodi asetettiin tuber ischiin ja tibian lateraalisen epikondyylin muodostan linjan puoleen väliin 20 mm etäisyydelle toisistaan.</p> <p>Referenssielektrodi asetettiin tibian lateraaliseen epikondyyliin.</p>

Kuva 8. Elektrodien sijainnit. M. biceps femoris (seniam 2014)



Kuva 9. Elektrodien sijainnit. M. semitendinosus (seniam 2014)

### 9.1.2 MVIC

Mittasimme MVIC-testit mahdollisimman samankaltaisilla nivelkulmilla, joita esiintyy myös harjoitusliikkeissä. **M. gluteus maximus** mitattiin potilaan maattessa vatsallaan hoitopöydällä. Lonkkakulma vakioitiin neutraaliin asentoon eli reisi oli pöydän pinnan suuntaisesti ja polvikulma vakioitiin 90 asteen fleksioon vipuvarsigonimetrillä. Tutkija fiksoi testattavan jalan artikulaatioremmillä hoitopöytään kiinni, jonka lisäksi tutkija painoi takareidestä polvinivelen yläpuolelta sekä painoi kantapäätä pöytään kiinni. (Kuva 10.). Tutkittavan suorittama työ oli maksimaalinen lonkan ojennus, eli hän pyrki työntämään raajaansa irti hoitopöydästä artikulaatioremmien ja tutkijan vastustuksessa nivelen liikettä.



Kuva 10. M. Gluteus maximus MVIC-mittausasento

**M. biceps femoris**, **m. semitendinosus** ja **m. semimembranosus** mitattiin myös tutkittavan ollessa vatsamakuulla hoitopöydällä. Lihaksilla on sama funktio, joten ne pystyttiin mittaamaan samalla kertaa. Lonkka oli neutraalissa kulmassa ja polvi asetettiin 90 asteen fleksioon vipuvarsigoniometrillä. Tutkittava otti käsillään hoitopöydän päästä kiinni ja tutkija otti testattavan jalan kantapäästä nilkkanivelen takaosasta kiinni. (Kuva 11.) Tutkittavan suorittama työ oli maksimaalinen polven koukistus tutkijan vastustaessa liikettä.



Kuva 11. M. Biceps femoris MVIC-mittausasento

### 9.1.3 Harjoitusliikkeet

Unilateraaliset harjoitusliikkeet suoritettiin testauksissa ensimmäisenä.

#### **Harjoitusliike 1.** Penkille nousu, kädet lantiolla (kuva 12).

Testattava henkilö seiso ryhdikkäässä asennossa sivuttain Reebok step-laudun vieressä kovalla staattisella alustalla. Harjoitusliikkeen alussa testattavan toinen jalka oli valmiiksi nostettuna step-laudun päälle, polvikulma vakioitiin vipuvarsigoniometrillä 90 asteen fleksiokulmaan. Ennen harjoitusliikkeen suorittamista asetettiin teippi vakioimaan heilahtavan jalan liikettä, jotta liike aloitettaisiin aina samasta asennosta ja kohdasta. Harjoittelusuorituksen aikana toinen jalka tuotiin jo valmiiksi penkillä olleen jalan viereen, minkä jälkeen astuttiin alas penkiltä sama jalka edellä. Harjoitusliike suoritettiin siten, että tukijalka oli koko liikkeen ajan step-laudun päällä. Selän ja lantion asentoon kiinnitettiin myös huomiota, tutkittavaa kehoitettiin pitämään näiden neutraali asento koko suorituksen ajan. Mittauksen aikana tutkija ohjasi tarvittaessa tutkittavaa verbaalisesti hyvän ja oikeanlaisen suorituksen onnistumiseksi.



Kuva 12. Harjoitusliikkeen 1 mittausasento

#### **Harjoitusliike 2.** Hamstring-slider (kuva 13).

Testattava henkilö oli selinmakuulla ylävartalo Airexin trenimatolla. Molempien jalkapohjien alle oli aseteltu kitkaa vähentävät ”sliderit” alaraajojen ollessa hartioden levyisessä asennossa oikean jalan polvikulma vakioituna 90 asteen fleksiokulmaan vipuvarsigoniometrillä ja vasen oli suorana. Molemmat yläraajat olivat suorina vartalon sivuilla tukeutuen alustaan kämmenpohjat alaspäin. Harjoitusliikkeen alussa testattava nosti lantion irti alustasta lantion ja rangan pysyessä neutraalissa asennossa. Tämän

jälkeen harjoittelusuorituksen aikana testattava koukisti suoran jalan polven 90 asteen fleksioon samanaikaisesti suoristaen toisen jalkansa. Toistot laskettiin alkuasennossa suorana olleen jalan eli vasemman jalan koukistuksista. Lonkka pysyi kuitenkin ojentuneena ja lantio irti alustasta koko suorituksen ajan. Ääriasennossa käytyään testattava toi kantapäitä hallitusti kohti vartaloa aina noin 90 asteen polven fleksiokulmaan asti.



Kuva 13. Harjoitusliikkeen 2 mittausasento

### **Harjoitusliike 3.** Hamstring curl Redcord (kuva 14.)

Testattava henkilö oli selinmakuulla Airexin treenimatolla molemmat kantapäät omassa Redcord-hihnassa. Redcord-köysien korkeus vakioitiin koukkuselinmakuu asennossa niin, että hihnan pää oli testattavan henkilön polvilumpion kohdalla. Polvikulma oli vakioitu 90 asteen fleksiokulmaan vipuvarsigoniometrillä. Molemmat yläraajat olivat vakioitu samalla tavalla kuin edellisessä harjoitusliikkeessä. Harjoitusliikkeen alussa testattava henkilö nosti lantion irti alustasta painamalla kantapäitä kohti hihnoja, jolloin ranka ja lonkat olivat neutraalissa asennossa ja polvet kokonaan ojentuneina. Tämän jälkeen liikettä suorittaessa testattava henkilö koukisti polvia eli veti kantapäitä kohti pakarointa pudottamatta lantion asentoa, jonka jälkeen palasi hitaasti lähtöasentoon.



Kuva 14. Harjoitusliikkeen 3 mittausasento

#### **Harjoitusliike 4.** Hamstring curl Redcord joustoköydellä

Testattavan lähtöasento ja suoritus oli sama kuin liikkeessä 3. Poikkeuksena oli, että Redcord-köyteen oli lisätty joustoköysi, joka lisäsi liikkeen epävakautta tehden siitä haasteellisemman.

#### **Harjoitusliike 5.** Nordic hamstring curl (kuva 15).

Testaaja asetti testattavan henkilön polviasentoon Airexin trenimatolle ja fiksoi hänen nilkkansa. Harjoittelusuorituksen lähtöasento/suoritusasento vakioitiin niin, että testattavan lonkat olivat ojentuneina siten, että vartalo pysyi suorassa linjassa polvista olkapäihin. Testattava ohjeistettiin kaatumaan eteenpäin ja käyttämään takareiden lihaksistoa kontrolloimaan laskeutumista niin pitkälle kuin mahdollista, minkä jälkeen testattava otti itsensä käsillä vastaan ennen alustalle tuloa. Heti tämän jälkeen testattava työnsi itsensä rauhallisesti takaisin lähtöasentoon käyttämättä takareiden lihaksistoa konsentrisesti hyödykseen eksentrisen laskeutumisvaiheen jälkeen.



Kuva 15. Harjoitusliikkeen 5 mittausasento



## 9.2 Eettiset kysymykset

Tutkimuksen tekoon liittyi monia eettisiä kysymyksiä, jotka tutkijat ottivat huomioon. Tutkijoiden tuli välttää epärehellisyyttä tutkimuksen kaikissa vaiheissa. Lisäksi tutkijoiden tuli kunnioittaa tutkittavien itsemääräämisoikeutta ja ihmisarvoa. Eettisesti hyvän ja laadukkaan tutkimuksen tulee noudattaa hyvää tieteellistä käytäntöä. Ihmisten itsemääräämisoikeutta pyrittiin kunnioittamaan antamalla tutkittaville mahdollisuus päättää, haluavatko he osallistua tutkimukseen. (Hirsjärvi ym. 2009, 23–27.)

Tutkittaville jaettiin rekrytointipäivänä tietolomake tutkimuksen sisällöstä ja vaatimuksista. Tietolomakkeessa kerrottiin tutkimustilanteen vaatimasta vaatetuksesta, jotta tutkittavat pystyivät etukäteen vaihtamaan sopivat vaatteet ylleen. Koehenkilöiden intymiteettisuojausta huolehdittiin suorittamalla mittaukset suljetussa tilassa ja tietojen kirjaamisen yhteydessä henkilötiedot anonymisoitiin. Tutkimuspäivänä tutkittava allekirjoitti tutkimukseen osallistumisesta suostumuslomakkeen, jossa maininta tutkimukseen osallistuvan mahdollisuudesta keskeyttää tutkimus missä vaiheessa tahansa ilman mitään erinäistä syytä.

## 10 AINEISTON ANALYYSI

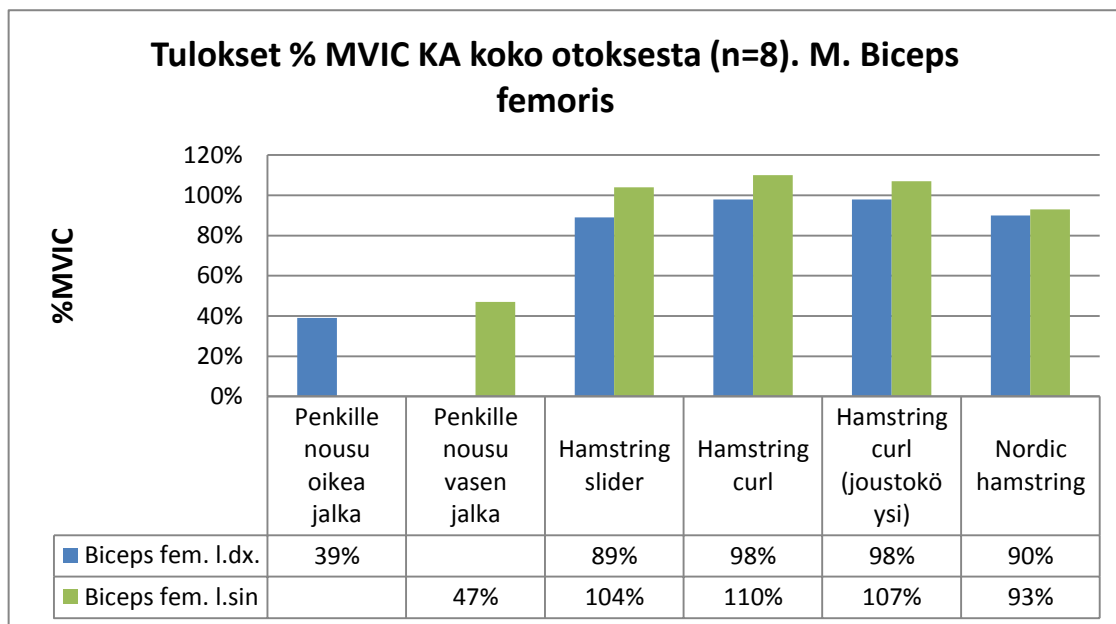
Raaka EMG-data RMS-keskiarvoistettiin MegaWin-ohjelmistolla MVIC mittauksissa kahden sekunnin aikaväliltä suorituksen maksimaaliselta alueelta ja harjoitusliikkeissä aikaikkuna valittiin ensimmäisestä liikesuorituksesta lähtien aina viimeiseen liikesuoritukseen asti. Tulokset siirrettiin Microsoft Exceliin. MVIC-arvoista ja harjoitusliikkeiden mikrovolti-arvoista ( $\mu\text{V}$ ) otettiin paras tulos jokaiselta koehenkilöltä. Tulokset normalisoitiin prosentuaalista MVIC:tä vastaaviksi. Kaikista tuloksista laskettiin keskiarvot (KA). Keskiarvo saadaan jakamalla havaintoarvojen summa havaintojen lukumäärällä. (Heikkilä 2010, 83.) Muuttujat sijoitettiin taulukkomuotoon SPSS 22-ohjelman avulla, josta aineisto sai lopullisen, tilastollisesti käsiteltävän muotonsa. Sukupuolten ja eri harjoitusliikkeiden välisiä eroja verrattiin toisiinsa Mannin Whitneyyn U-testiä käyttäen. Mannin Whitneyyn U-testiä käytetään, kun halutaan vertailla kahden ryhmän keskiarvoja toisiinsa nähden. Tässä tutkimuksessa mittauksen ollessa järjestyksasteikollinen, otokseen ollessa hyvin pieni ja tarkasteltavien muuttujien jakaumaa perusjoukossa ei tunnettu, oli luotettavaa tehdä kahden keskiarvon vertailu Mannin Whitneyyn U-testillä. (Metsämuuronen 2006, 530–534.) Tilastollisen merkitsevyyden

rajaksi asetettiin  $p < 0,05$  (Heikkilä 2010, 194). Havaintoaineistosta tehtiin päätelmiä tilastollisen tulosten analysoinnin perusteella ja edelleen tuloksista tehtiin johtopäätöksiä (Hirsjärvi ym. 1998, 137).

## 11 TULOKSET

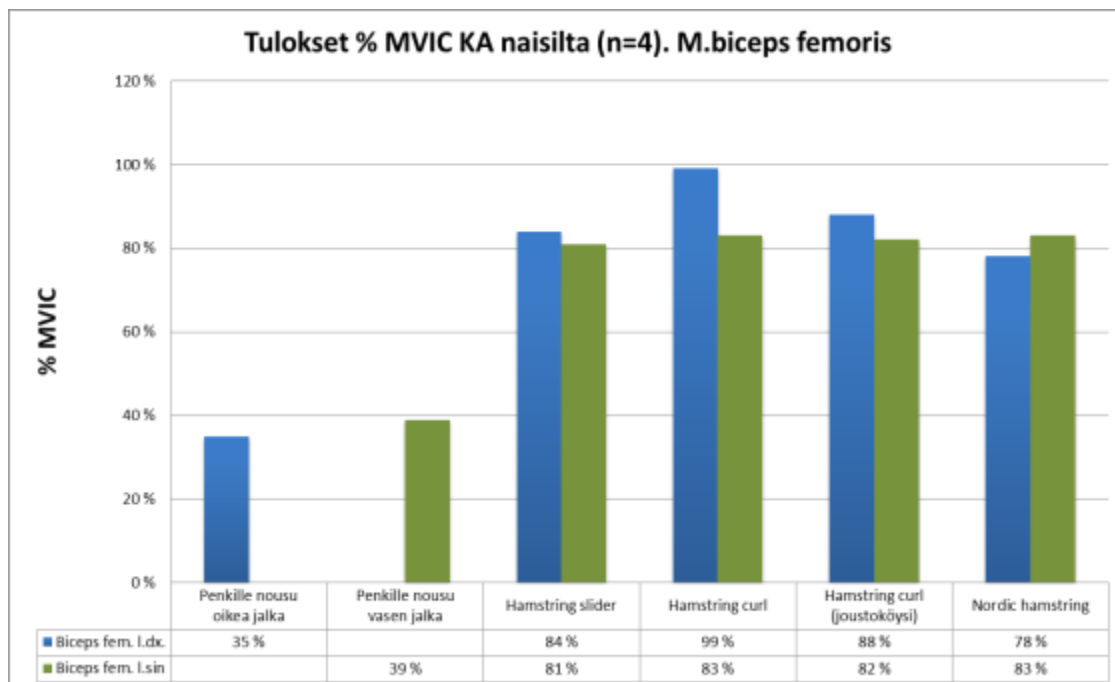
### 11.1 M. Biceps femoris -lihaksen aktivoituminen lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa

Tuloksia tarkasteltaessa vasemman ja oikean m. biceps femoris -lihaksen aktivoituminen oli suurinta hamstring curl -liikkeessä Red Cordilla tehtynä. Biceps femoris -lihasten aktiivisuudet jäivät penkille nousu -harjoitteessa alle perusvoimaharjoitteluun vaaditun 60 % MVIC-tason. Muissa lonkan ekstensiota tuottavissa harjoitusliikkeissä päästiin sekä perusvoimaharjoitteluun (60 % MVIC) että lihashypertrofiaan (80 % MVIC) vaadittuun tasoon. Koko otoksen (N=8) tulokset esitetään kuvassa 16 m. biceps femoris -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC) lonkan ekstensiota tuottavissa harjoitusliikkeissä.



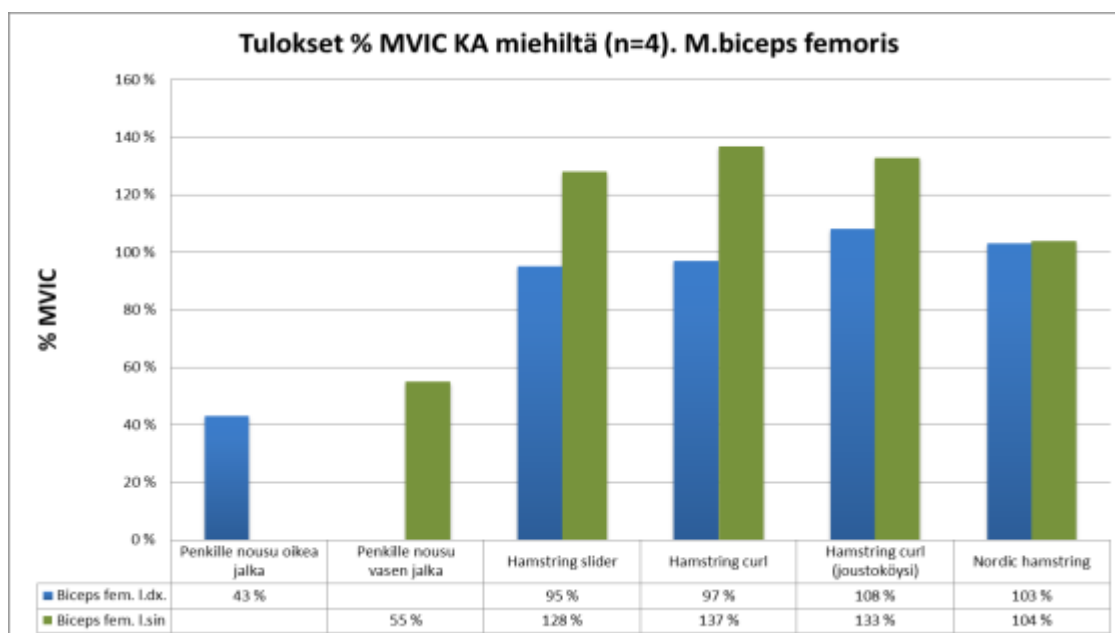
Kuva 16. Tulokset % MVIC KA koko otoksesta (N=8). M. biceps femoris

Kuvassa 17 esitetään naisilta (n=4) harjoitusliikkeissä mitatut biceps femoris -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC).



Kuva 17. Tulokset % MVIC KA naisilta(n=4). M. biceps femoris

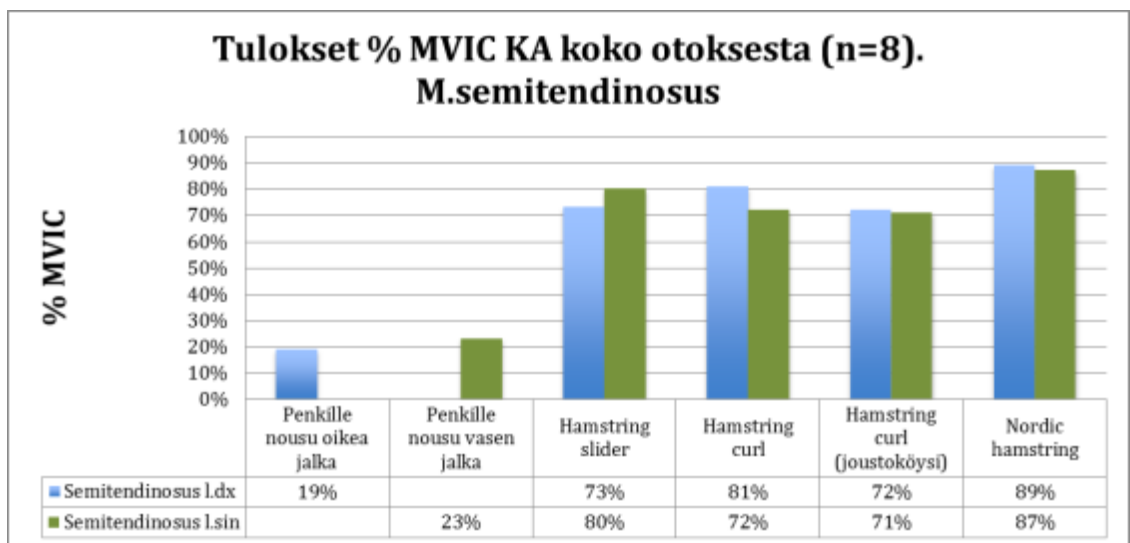
Kuvassa 18 esitetään miehiltä (n=4) harjoitusliikkeissä mitatut biceps femoris -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC).



Kuva 18. Tulokset % MVIC KA miehiltä(n=4). M. biceps femoris

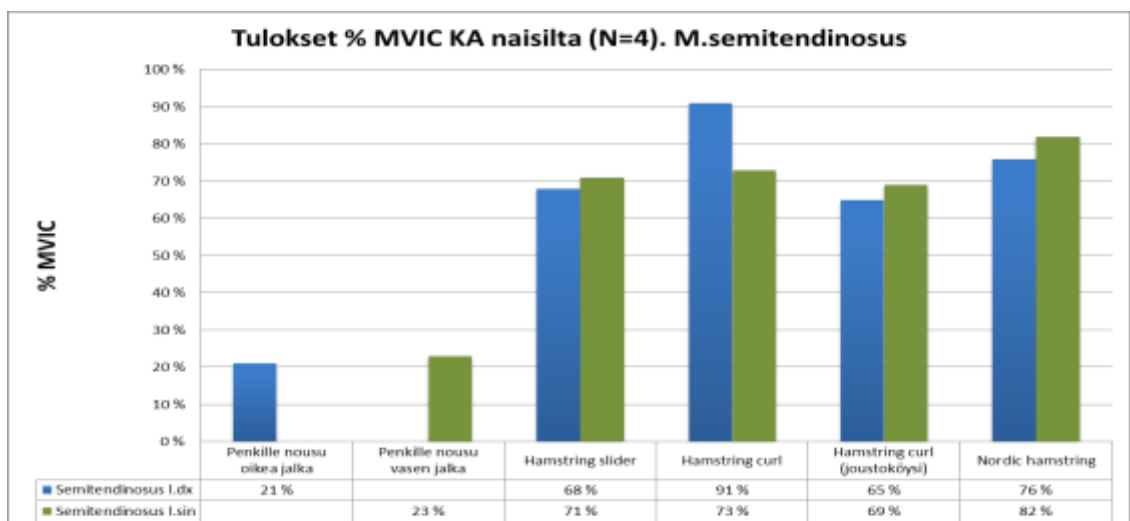
## 11.2 M. Semitendinosus -lihaksen aktivoituminen lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa

Vasemman ja oikean m. semitendinosus -lihaksen suurimmat aktiivisuudet mitattiin nordic hamstring -harjoitusliikkeessä. Kyseiset aktiivisuustasot ylittivät lihahypertrofiaan vaaditun rajan (80 % MVIC). Samoin kuin m. biceps femoris, m. semitendinosus -lihasten aktivoituminen oli pienintä penkille nousu -harjoitteessa. Muissa harjoitteissa aktiivisuustasot olivat perusvoimaharjoittelun luokkaa (60 % MVIC). Koko otoksen (N=8) tulokset esitetään kuvassa 19 m.semitendinosus -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC) lonkan ekstensiota tuottavissa harjoitusliikkeissä.



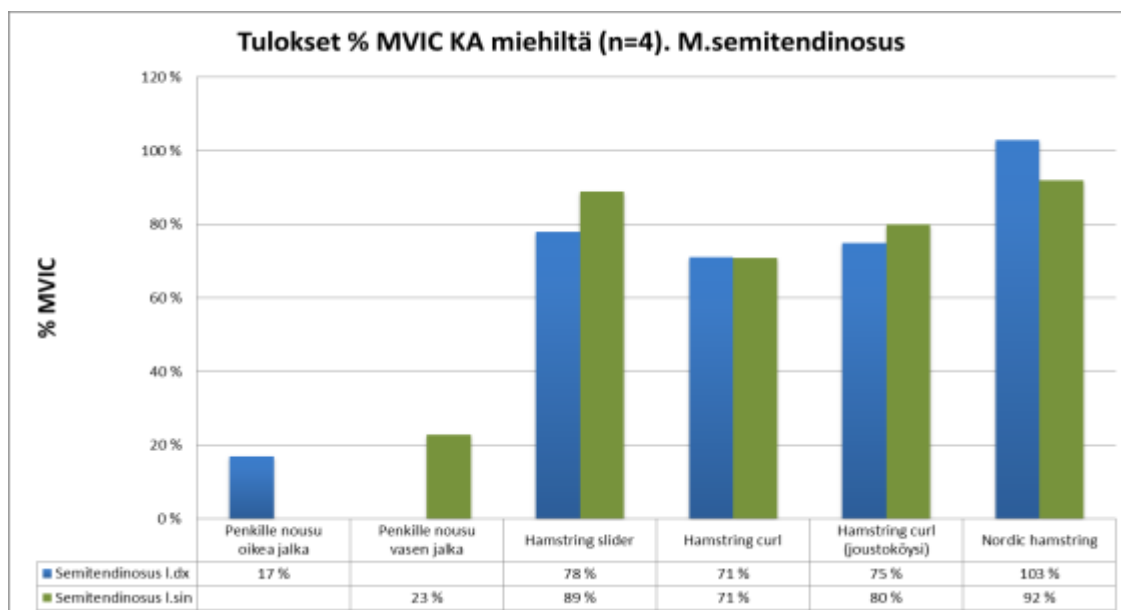
Kuva 19. Tulokset % MVIC KA koko otoksesta (n=8). M. semitendinosus

Kuvassa 20 esitetään naisilta (n=4) harjoitusliikkeissä mitatut semitendinosus -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC).



Kuva 20. Tulokset % MVIC KA naisilta(n=4). M. semitendinosus.

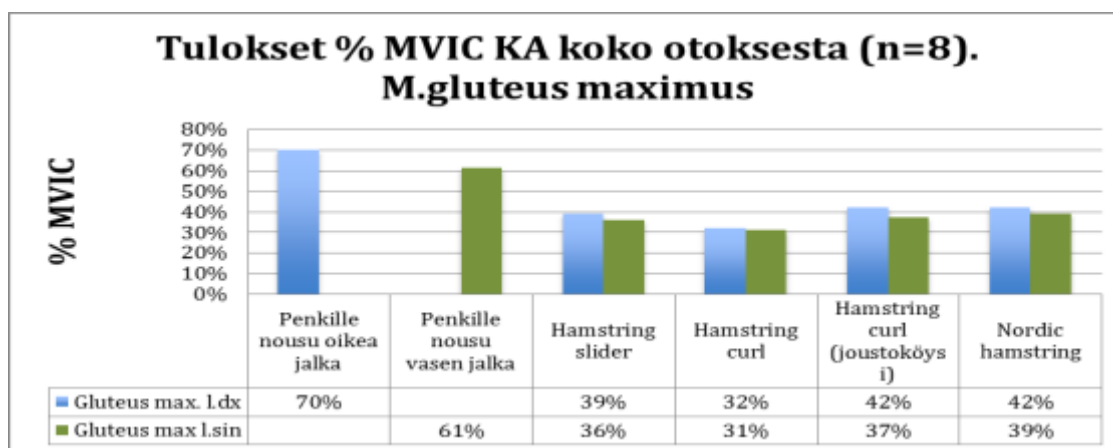
Kuvassa 21 esitetään miehiltä (n=4) harjoitusliikkeissä mitatut semitendinosus -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC).



Kuva 21 Tulokset % MVIC KA miehiltä (n=4). M. semitendinosus

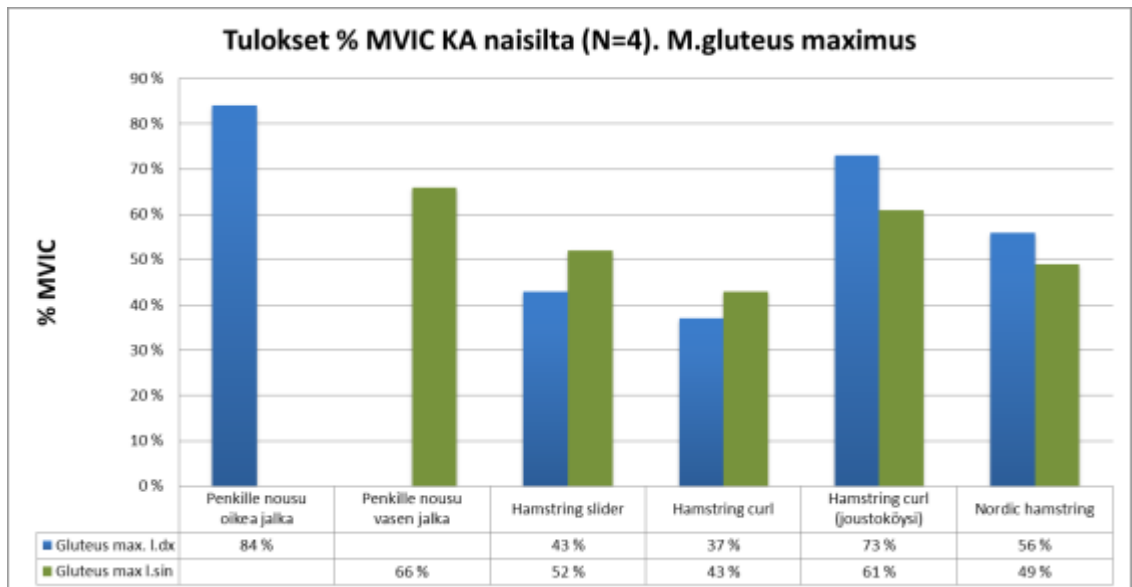
### 11.3 M. Gluteus maximus -lihaksen aktivoituminen lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa

Vasemman ja oikean m.gluteus maximus -lihasten aktivoituminen oli suurinta unilateraalisissa penkille nousu -harjoitteissa, joissa tarkasteltiin vain ponnistavan jalan osuutta lihaksen aktivoitumisessa. Penkille nousu -harjoitteissa m. gluteus maximus -lihasten aktiivisuudet saavuttivat perusvoimaharjoitteluun vaaditun 60 % MVIC-tason. Kuvassa 22 esitetään koko otoksesta (N=8) harjoitusliikkeissä mitatut gluteus maximus -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (%MVIC).



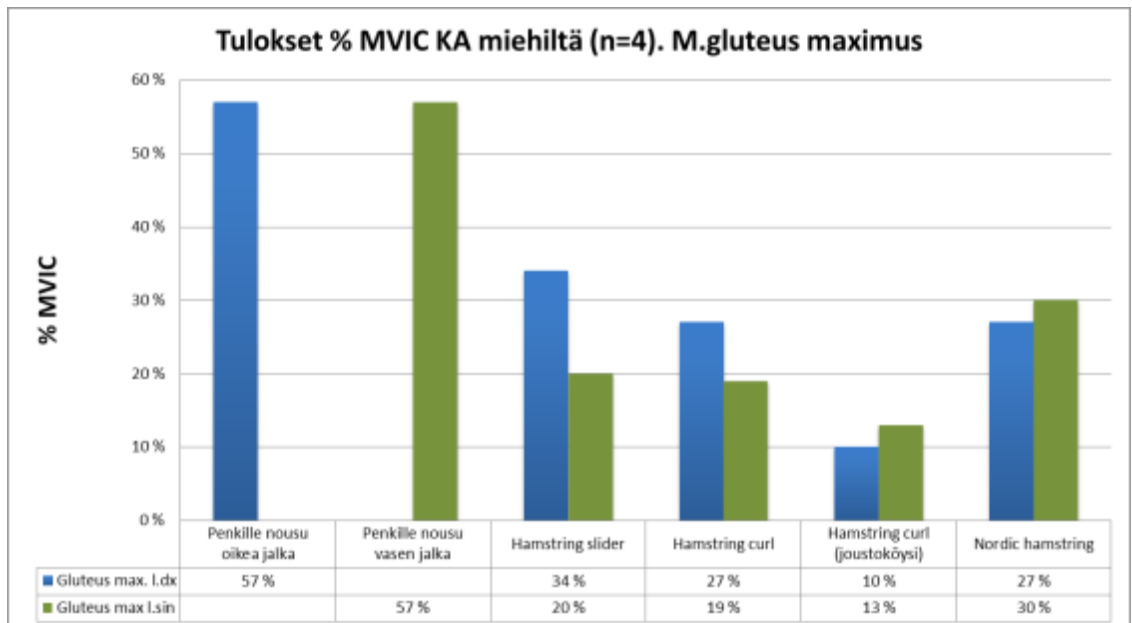
Kuva 22. Tulokset % MVIC KA koko otoksesta (N=8). M. gluteus maximus

Kuvassa 23 esitetään naisilta (n=4) harjoitusliikkeissä mitatut gluteus maximus -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC).



Kuva 23. Tulokset % MVIC KA naisilta (n=4). M. gluteus maximus

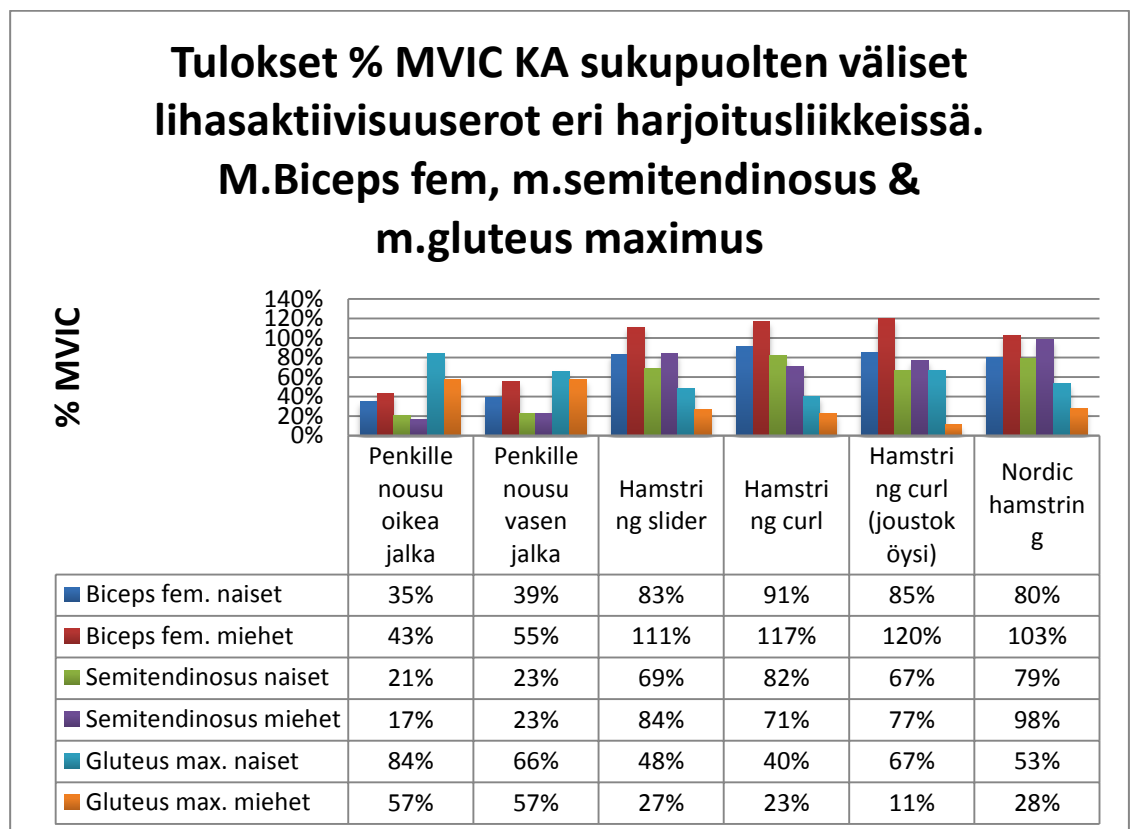
Kuvassa 24 esitetään miehiltä (n=4) harjoitusliikkeissä mitatut gluteus maximus -lihasten aktiivisuudet prosentteina maksimista (% MVIC).



Kuva 24. Tulokset % MVIC KA miehiltä (n=4). M. semitendinosus

## 11.4 Lihasten aktiivisuustasot sukupuolten välillä lonkan ekstensio-suunnan eri harjoitteissa

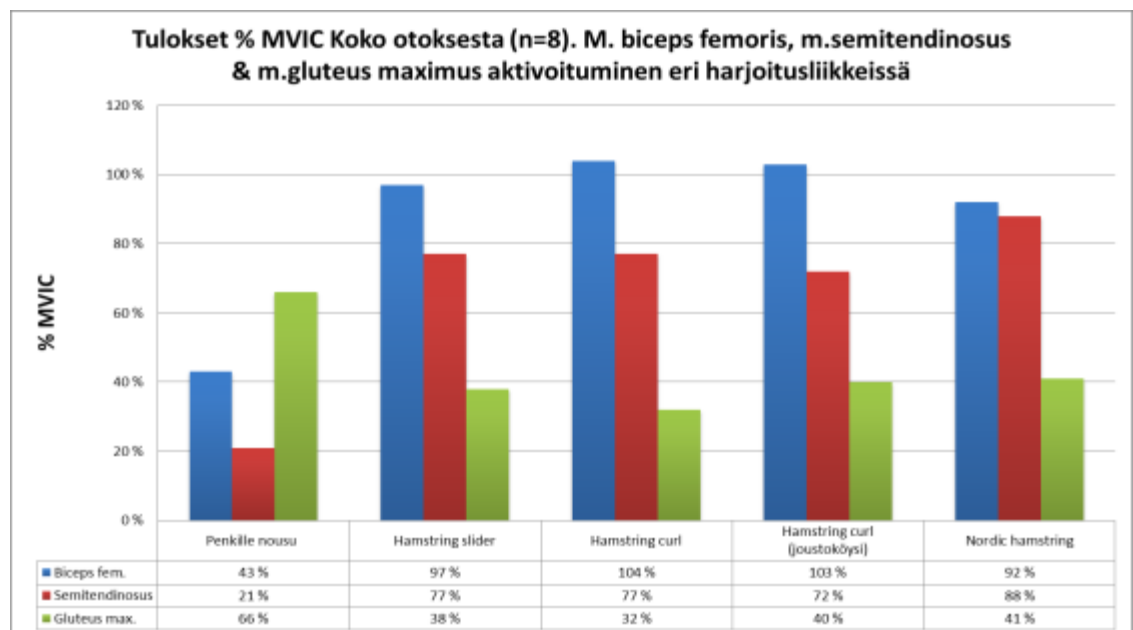
Gluteus maximus -lihas aktivoitui poikkeuksetta joka liikkeessä naisilla paremmin kuin miehillä. Joustoköydellä tehdyssä harjoitteessa ( $p=0,021$ ) saatiin tilastollisesti merkitsevä ero m. gluteus maximuksen aktiivisuustasoissa miesten ja naisten välillä. Penkille nousu -harjoitteessa ( $p=0,059$ ) havaittiin suuntaa antava ero m. gluteus maximus -lihaksen käytössä. Miehillä biceps femorii -lihaksen aktiivisuustasot olivat korkeammat jokaisessa harjoitteessa kuin naisilla. Hamstring slider ( $p=0,083$ ) ja joustoköydellä tehdyssä hamstring curl -liikkeessä ( $p=0,083$ ) havaittiin suuntaa antava ero m.biceps femoris-lihaksen aktivoitumisessa miesten ja naisten välillä. Nordic hamstring-, hamstring slider- ja joustoköydellä tehty Red Cord hamstring curl -liikkeissä miehillä semitendinosus-lihas aktivoitui korkeammin kuin naisilla, mutta ilman joustoköyttä tehdyssä hamstring curl -liikkeessä ja penkille nousussa naisten semitendinosus-lihaksen aktiivisuus oli lievästi korkeampi. M. semitendinosus -lihasten aktiivisuustasoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja sukupuolten välillä 5 %:n merkitsevyystasolla. Kuvassa 25 esitetään miesten ja naisten (N=8) väliset lihasaktiivisuuserot eri harjoitusliikkeissä prosentteina maksimista (% MVIC).



Kuva 25. Tulokset % MVIC KA sukupuolten (N=8) väliset lihasaktiivisuusero eri harjoitusliikkeissä

### 11.5 Lihasten aktiivisuustasojen erot lonkan ekstensiota tuottavien harjoitteiden välillä

M. Biceps femoris -lihasten aktivoituminen oli suurinta kaikissa muissa harjoitusliikkeissä lukuun ottamatta penkille nousu -harjoitetta, jossa suurimman aktiivisuustason saavutti m. gluteus maximus -lihaksen. Verrattaessa penkille nousu -harjoitetta muihin tutkimuksessa käytettyihin harjoitteisiin havaittiin m. gluteus maximus-lihaksen aktiivisuudessa tilastollisesti merkitsevä ero ( $p=0,012-0,046$ ). M. semitendinosus -lihaksen aktivaatio oli suurinta nordic hamstring -liikkeessä. Verrattaessa hamstring sliderilla nordic hamstringilla ja Red cordilla tehtyjä hamstring curl -liikkeitä ei lihasten aktiivisuustasoissa havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ( $p:n$  ollessa  $>0,1$ ). Kuvassa 26 esitetään koko otoksesta ( $N=8$ ) lihasten aktiivisuustasot eri harjoitusliikkeissä.



Kuva 26. Tulokset % MVIC KA koko otoksesta ( $N=8$ ) eri harjoitusliikkeissä. M. Biceps femoris, m. semitendinosus & m. gluteus maximus



## 12 POHDINTA

### 12.1 Tulosten tarkastelu

Tämän tutkimuksen päätuloksena oli se, että hamstring-lihakset aktivoituivat parhaiten Redcordilla suoritetuissa hamstring-koukistuksissa. Joustoköyden kanssa tehdyt koukistukset aiheuttivat samantasoisia aktiivisuuksia hamstring-lihaksiin kuin ilman joustoköyttä tehdyt koukistukset. Hamstring-lihaksista biceps femorii-lihakset aktivoituivat suuremmin kuin semitendinosus-lihas. Redcord -harjoitteiden jälkeen korkeimmat aktiivisuustasot saatiin aikaan hamstring slider -liike. Samalla tavalla kuin Redcord -liikkeissä biceps femorii -lihakset aktivoituivat paremmin kuin semitendinosus-lihas. Nordic-hamstring -liikkeessä hamstring-lihakset aktivoituivat kolmanneksi parhaiten. Liikkeessä erityistä oli vielä se, että toisin kuin Redcordilla suoritetuissa koukistuksissa ja hamstring slider -liikkeessä, semitendinosus-lihakset aktivoituivat suuremmin kuin biceps femorii -lihakset. Nordic hamstringissä jalkaterät olivat vakioituna siten, että jalkaterä tai sääri ei päässyt rotatoitumaan, toisin kuin hamstring sliderissa ja Redcord -liikkeissä. Näin ollen polven koukistuessa luonnollisesti tapahtuvaa säären ulkorotatoitumista ei päässyt tapahtumaan nordic hamstring -liikkeessä ja semitendinosus-lihas aktivoitui korkeammin kuin muissa isoiloituissa polvenkoukistusliikkeissä. Ennen mittauksia hypotesimme oli, että Nordic hamstring -harjoite aktivoisi parhaiten hamstring-lihaksia, mutta mittaustilanteessa huomasi, että monet luovuttivat harjoitteen kanssa nopeasti liikkeen raskauden takia. Redcordilla ja hamstring sliderilla suoritettu polven koukistus ei sitten taas tuottanut ongelmia ja liike saatiin helpommin vietyä loppuun asti.

Suurin ero liikkeiden välillä, etenkin hamstring-lihasten ja gluteus maximuksen aktiivisuustasojen välillä tapahtui verrattaessa penkille nousua muihin liikkeisiin. Penkille nousussa polven koukistus ei ole niin isoiloitu vaan lihasten suurin työ oli ojentaa lonkka. Tästä syystä gluteus maximus aktivoitui parhaiten penkille nousussa ja hamstring-lihakset vähiten.

Harjoitteiden aikaansaaman EMG-aktiivisuustasojen vertaaminen MVIC-arvoihin on hieman kysynalaista, koska osa testattavista ei osannut suorittaa MVIC-mittausliikkeitä. Gluteus maximus-lihaksen arvot jäivät pieniksi, koska testausasennossa gluteus maximus-lihas oli valmiiksi jo melkein ääriasennossaan, koska lonkka oli neutraalissa. Gluteus maximuksen aktiivisuus olisi ollut luultavasti suurempi, jos lonkka olisi ollut hieman flexiossa MVIC-mittauksissa, esimerkiksi testaus olisi voitu

suorittaa pöydän jalkopäässä siten, että testattava makaisi vatsallaan pöydän päällä, mutta jalat olisivat maassa lonkan ollessa 45 asteen flexiossa. Hamstring-lihasten MVIC-mittaus oli myös kyseenalainen: lonkan ekstensiota ei huomioitu sekä vastuksena toimi tutkijan käsi, jonka vastus saattoi vaihdella. Gluteus maximus -lihaksen MVIC-mittauksissa tutkittava jalka myös sidottiin pöytään kiinni, jotta vastus pysyisi samana. Paremmassa hamstring-lihaksen MVIC-mittausasennossa huomioitaisiin myös lonkan extensio viemällä lonkkaa flexioon ja suorittaessa sekä koukistettaisiin polvea että ojennettaisiin lonkkaan. MVIC-aktiivisuustasot jäivät edellä mainitun syyn takia mataliksi ja harjoitteiden aikana saadut aktiivisuustasot olivat välillä jopa huomattavasti korkeampia. Tästä syystä EMG-tulosten tulkintaan on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tuloksia ei voitu verrata aikaisempiin tutkimuksiin, koska Red-cordilla ja hamstring slider -liikkeellä tehtyjä tutkimuksia ei aikaisemmin ole tehty. Aktiivisuustasoissa esiintynyt vaihtelu oli niin suurta, ettei voitu olettaa tietyn harjoitteen aiheuttavan tietyn suuruista kuormitusta mihinkään yksittäiseen lihakseen.

## 12.2 Luotettavuuden arviointi

Kaikissa tieteellisissä tutkimuksissa pyritään välttämään virheiden syntymistä, mutta silti tulosten luotettavuus ja pätevyys vaihtelevat. Tästä syystä jokaisessa tutkimuksessa pyritään arvioimaan tutkimustulosten luotettavuutta. (Hirsjärvi ym. 2009, 231.) Tutkimusta ei voi pitää kattavana tutkimusjoukon ollessa 8. Tutkimustuloksista jouduttiin sulkemaan pois kahden tutkittavan henkilön tulokset, koska heidän MVIC-tasot olivat moninkertaisesti pienempiä kuin harjoitteiden aikaansaamat lihasaktiivisuus tulokset, joten MVIC-testaus todennäköisesti epäonnistui heillä. Kyseisten testattavien tulokset olisivat todennäköisesti väärentäneet mittaustuloksia. Testattaviin kuului yksi nainen ja yksi mies, joten ryhmäkoot pysyivät samoina (n=4), mikä mahdollistaa sukupuolten välisten mittaustulosten vertailun. Boren, Conrey ja Robinson (2011) havaitsivat tutkimuksessaan myös samanlaisia tuloksia, jossa kahden eri harjoitteen lihasaktiivisuus tulokset olivat korkeampia kuin MVIC-tasot. Kyseiset tutkijat arvelivat, että suuret lihasaktiivisuus tulokset kahdessa eri harjoitteessa johtuivat siitä, että testattavat koehenkilöt eivät olleet tarpeeksi motivoituneita suorittamaan MVIC-testiä verbaalisesta kannustuksesta huolimatta. Toiseksi syyksi epäiltiin testattavan koehenkilön kyvyttömyyttä panostaa täysillä MVIC-testaukseen.

Kokeellisessa tutkimuksessa koetulosten luotettavuus on päätavoite. Validiteetin uhkien kontrolloimiseksi oli siis kehitetty koeasetelma ja sitä seuraava analyysimenetelmä, joita tarkasti seurasimme koko tutkimuksen ajan. (Metsämuuronen 2005, 12). Tutkimuksen validiutta on vaikea selvittää jälkikäteen, huolellinen suunnittelu ja tarkoin harkittu tiedonkeruu olivat siis avainasemassa sen varmistuksessa (Heikkilä 2010, 29, 30.) Tutkimuksen validiutta lisää osaltaan se, että tutkimukseen osallistui kaksi tutkijaa, jotka toimivat aineiston kerääjinä ja analysoivat sekä tulkitsivat tuloksia yhdessä. Tällöin puhutaan tutkijatriangulaatiosta. (Hirsjärvi ym. 2009, 233.)

Mittaukset suoritettiin tutkijoiden valvonnassa eikä näin ollen vääriä harjoitusliikkeiden suoritustekniikoita tai muita väärinkäsityksiä päässyt mittaustilanteessa tapahtumaan. Liikkeistä ainoastaan Nordic hamstring -liikkeen vakiointi oli poikkeava, koska testattavat tekivät liikkeen vain niin pitkälle kuin jaksoivat. Penkille nousussa testattavat saattoivat ”huijata” käyttämällä maassa olevaa jalkaa ponnistukseen näin ollen pienentäen suorittavan jalan työtä. Tutkijat kyllä huomauttivat asiasta ja valvoivat, että testattavat suorittivat liikkeen oikeanlaisesti. Mittaukset valmisteltiin huolellisesti ja ennen varsinaisia mittauksia suoritettiin kaksi koemittausta, joissa pyrittiin huomioimaan ja korjaamaan mahdollisia epäluotettavuustekijöitä.

Mittauksissa käytetyt liikkeet olivat toisille testattaville tutumpia kuin toisille. Tämä saattoi vaikuttaa tutkittaviin siten, etteivät he välttämättä onnistuneet samantasoisesti suorittamaan harjoitusliikkeitä.

Mittaustilanteet olivat koehenkilöillä identtiset yhtä lukuun ottamatta, jolloin mittaushuoneeseen tuli toinen ohjaajista seuraamaan hetkeksi tilannetta. Testattava piti juuri taukoa, joten suorittaminen ei todennäköisesti häiriintynyt.

Tutkimuksessa käytetty mittari oli ennestään tunnettu ja tiedettiin, mitä arvoja siitä saadaan. Näin ollen mittari oli etukäteen testattu eikä tutkijoiden tarvinnut esitellä sitä. Mittarin käytön epävarmuus useista harjoittelukerroista huolimatta vähensi tutkimuksen luotettavuutta. Laitteen toiminnan kanssa oli aluksi ongelmia, koska harjoiteltaessa laitteen käyttöä tutkijat eivät saaneet minkäänlaisia tuloksia. Tutkijat pohtivat pitkään, mistä laitteen toimimattomuus johtui. Aiheesta kyseltiin laitteen valmistajalta ja ohjaajilta, mutta ei saatu selkeää vastausta. Lopulta selvisi, että toimimattomuus johtui käytettyjen elektrodien geelipatjojen kuivuudesta, joten sähkö ei päässyt kulkeutumaan testattavan iholta mittauslaitteeseen. Tutkijat perehtyivät mittauslaitteeseen useaan otteeseen itsenäisesti, mutta varmuutta laitteen käyttöön olisi tuonut laitteenkäytön osaava ohjaaja, joka olisi pystynyt kädestä pitäen opettamaan laitteen käytön.

Myös elektrodien asettelu opeteltiin kuvista katsomalla ja kirjallisten ohjeiden mukaan, mikä saattaa laskea luotettavuutta, mutta tutkija käytti samaa navigointitekniikkaa elektrodien asetteluun joka kerta, mikä toisaalta lisää luotettavuutta. Tutkimukseen epäluotettavuutta toi myös pintaelektrodien käyttö semitendinosus-lihaksen kanssa, sillä semimembranosus-lihas sijaitsee suoraan sen alla ja elektrodit saattavat ottaa häiriötä kyseisestä lihaksesta, eli tapahtuu ns. cross-talk-ilmio.

## 13 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen johtopäätöksinä todetaan, että Redcordilla suoritettujen polven koukistukset aktivoivat mahdollisesti hamstring-lihaksia paremmin kuin Nordic hamstring -liike. Tämän pilottitutkimuksen perusteella ei kuitenkaan voida tehdä varmoja johtopäätöksiä edellä mainitusta asiasta, koska tutkittavien määrä oli niin pieni.

Redcordin liikkeistä olisi saanut vielä raskaamman suorittamalla lonkan ojennuksen liikkeen loppuun, joka olisi todennäköisesti aktivoinut vielä paremmin kaikkia tutkittavia lihaksia, koska lonkan ojennus on niiden yhteinen tehtävä. Tästä olisi myös hyvä tehdä jatkotutkimusta. Toinen seikka, joka jäi mietityttämään, olivat harjoitteiden nivelkulmat, jolloin aktiivisuuspiikki tapahtui, esimerkiksi juuri Nordic hamstring -liikkeessä kiinnostaisi tietää, kuinka paljon vakioitu nivelkulma vaikuttaisi mittaustuloksiin, koska mittauksissamme jokainen testattava vei liikkeen niin pitkälle kuin vaan jaksoi.

## LÄHTEET

- Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2007. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa: Keskinen, K., Häkkinen, K. & Kallinen, M. Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 161 – 2.uudistettu painos – Helsinki. Tampere: Tammerpaino Oy, s.125.
- Alaranta, H., Pohjolainen, T., Salminen, J. & Viikari-Juntura, E. 2003. Fysiatria. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Asklings, C. 2008. Hamstring muscle strain. Karolinska institutet. Stockholm, s.3.
- Asklings, C., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. 2007. Acute first-time hamstring strains during slow-speed stretching. Clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *The American Journal of Sports Medicine*, s. 1716.
- Asklings, C., Karlsson, J. & Thorstensson, A. 2003. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports* 2003: 13, s. 244–250.
- Arnason, A., Andersen, T., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr, R. 2007. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 2007, s. 1.
- Basmajian, J. V. & De Luca, C. J. 1985. *Muscles alive: Their Functions Revealed by Electromyography*. 5.painos. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Blanc, Y. & Dimanico, U. 2010. Electrode Placement in Surface Electromyography (sEMG) “Minimal Crosstalk Area” (MCA). *The Open Rehabilitation Journal*, 2010, 3. s. 110–126.
- Boettcher, C., Ginn, K. & Cathers, I. 2008. Standard maximum isometric voluntary contraction tests for normalizing shoulder muscle EMG. *Discipline of Biomedical Science. Faculty of Medicine. The University of Sydney. Australia.*

- Boren, K., Conrey, C. & Robinson, K. 2011. Electromyographic analysis of gluteus medius and gluteus maximus during rehabilitation exercises. *International Journal of sports physical therapy*, Volume 6, number 3, September 2011, s. 206–223.
- Brockett, C., Morgan, D. & Proske, U. 2001. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, s. 783–790.
- Brukner, P. & Khan, K. 2012. *Brukner & Khan's Clinical Sports Medicine*. Fourth edition. Australia. McGraw-Hill Companies.
- Clark, R., Bryant, A., Culgan, J. & Hartley, B. 2005. Physical Therapy in Sport. The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport (PHYS THER SPORT)*, 2005 May; 6 (2), s. 67–73.
- Delavier, F. 2009. *Lihaskuntoharjoittelun perusteet*. Kolmas painos. Ranska: Vkkustannus, s. 96.
- Dugan, S. & Bhat, K. 2005. Biomechanics and analysis of running gait. *Physical Medicine Rehabilitation Clinic North America* 16, s. 603–621.
- Fry, C. 2004. The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sport Medicine*, August 2004, volume 34, s. 663–679.
- Haikonen, K. & Lounamaa, A. 2010. Suomalaiset tapaturmien uhreina 2009, kansallisen uhritutkimuksen tuloksia. Terveystieteiden tutkimuskeskus (THL), Ra- portti 13/2010. 77 sivua. Helsinki. Saatavissa: <http://www.thl.fi/thl-client/pdfs/509a0a2b-aa80-452f-9642-8d2581848f55> [viitattu 11.12.2012].
- Heikkilä, T. 2010. *Tilastollinen tutkimus*. 7. - 8. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara P. 2004. *Tutki ja kirjoita*. 10. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2002. *Tilastolliset menetelmät*. 1. painos.

Huber, F. & Wells C. 2006. Therapeutic Exercise. Treatment Planning for Progression. St. Louis: Elsevier Inc.

Johansen, G. 2012. Sling Exercise Therapy (SET) for children with impaired motor coordination - achieving distal control through proximal stability - a pilot study. University of Agder. Faculty of Health and Sport Sciences.

Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikka liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellinen seura. Helsinki.

Kraemer, W. & Häkkinen, K. 2002. Strength Training for Sport. Blackwell Science, s. 31.

Kolt, G. & Snyder-Mackler, L. 2003. Physical therapies in sport and exercise. Churchill Livingstone. Elsevier Science Limited.

Lempainen, L. 2009 Surgical treatment of hamstring injuries and disorders: The clinical spectrum from chronic tendinopathy to complete rupture. Turun yliopisto, s. 15.

Lee, D. 2004. The Pelvic Girdle: An Approach to the Examination and Treatment of the Lumbopelvic-hip Region. Third Edition. New York: Churchill Livingstone.

Lippincott, W. & Lippincott, W. 2007. Practical Orthopaedic Sports Medicine & Arthroscopy. First Edition. Philadelphia.

Lyttle, A., Wilson, G. & Ostrowski K. 1996. Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometric training. J Strength Cond Res 10, s. 173–179.

Malliaropoulos, N., Mendiguchia, J., Pehlivanidis, H., Papadopoulou, S., Valle, X., Malliaras, P. & Maffulli, P. 2012. Hamstring exercises for track and field athletes: injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention: Br J Sports Med 2012, 46, s. 846–851.

Mann, R. A. 1982. Biomechanics in running. In: Mack R (ed), American Academy of Orthopaedic Surgeon's Symposium on the Foot and Leg in Running Sports, pp 1-19. St.Louis: C.V. Mosby.

Marshall, P. & Desai, L. 2010. Electromyographic analysis of upper body, lower body, and abdominal muscles during advanced Swiss ball exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 2010, 24(6) s. 1537–1545.

Mathiassen, S., Winkel, J. & Hagg, G. 1995. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - A review. *J Electromyografi. Kinesiol.* 5(4), s. 197–226.

Mjølsnes, R., Arnason, A., Østhagen, T., Raastad, T. & Bahr, R. 2004. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2004 Oct;14(5):311-7.

Metsämuuronen, J. 2005. Kokeellisen tutkimuksen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Metsämuuronen, J. 2006. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Vaajakoski.

Niemenlehto, P-H. 2004. Tahdonalaisen lihasaktiiviteetin havaitseminen EMG- signaalista neuroverkon avulla. Pro gradu -tutkielma. Tietojenkäsittelytieteiden laitos. Tampereen yliopisto.

Niensted, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2008. Ihmisen fysiologia ja anatomia. WSOY. Helsinki, s. 146–147.

Parkkari, J., Kannus, P., Kujala, U., Palvanen, M. & Järvinen M. 2003. Liikuntavammat ja niiden ehkäisy. *Suomen lääkärilehti* 2003, 58(1), s. 71.

Phillips, B. & D'orso, M. 1999. *Body for Life*. HarperCollins Publishers, s. 163.

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen- aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. VK-kustannus. Lahti, s. 350.



Sash, L. 1981. Medical problems in association football. *Practitioner* 225, s. 1047.

Seniam. 2014. Elektrodiin asetelut Seniamin internetsivuilla. Saatavissa: <http://www.seniam.org> [viitattu 2.4.2014].

Silder, A. 2010. Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation and Injury Prevention: *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, volume 40, number 2, s. 67.

Sobotta-tietokanta. 2009. Lihasten anatomia Sobotan internetsivuilla. Saatavissa: <http://www.sobotta.com> [viitattu 2.4.2014].

Standring, S. 2008. *Gray's Anatomy*. 40. painos. Spain: Elsevier Churchill Livingstone.

Snijders, C., Vleeming, A. & Stoeckart, R. 1993. Transfer of lumbosacral load to iliac bones and legs. 1: Biomechanics of self-bracing of the sacroiliac joints and its significance for treatment and exercise. *Clinical Biomechanics* Vol. 8, No. 6, s. 285–294.

Stray Pedersen, J., Magnussen, R., Kuffe, E. & Seiler, S. 2006. Sling exercise training improves balance, kicking velocity and torso stabilization strength in elite soccer players. Faculty of health and sport. Agder university college, Kristiansand, Norway.

Konrad, P. 2005. *The ABC of EMG – A practical introduction to kinesiological electromyography*. Version 1.0.

Vilkka, H. 2007. *Tutki ja mittaa*. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Vleeming, A., Pool-Goudzwaard, A., Stoeckart, R., van Wingerden, J. & Snijders, C. 1995. The posterior layer of the thoracolumbar fascia: its function in load transfer from spine to legs. *Spine* Vol. 20, No. 7, s. 753–758.

Winch, M. 2004. *Strength Training For Athletes*. Ramsbury. The Crowood Press.

Worrell, T. & Perrin, D. 1992. Hamstring muscle injury: The role of strength, flexibility, warm-up, and fatigue. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 16, 12-18. Saatavissa: [http://libres.uncg.edu/ir/uncg/f/D\\_Perrin\\_Hamstring\\_1992.pdf](http://libres.uncg.edu/ir/uncg/f/D_Perrin_Hamstring_1992.pdf) [viitattu 2.4.2013].

## **TUTKITTAVAN TIEDOTE**

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kokeellisesti vaikuttaako eri lonkan ekstensiosuunnan harjoitusmenetelmät eri tavalla lihasten EMG-aktiivisuuteen. Tutkimuksen otantaan valitaan viisi miestä ja viisi naista harkinnanvaraisesti.

### **Sisäänottokriteerit:**

- Perusterve
- 20 – 35 vuotias
- Säännöllisesti liikuntaa harrastava (väh. 2-3 krt/viikko)

### **Poissulkukriteerit:**

- Ei kilpaurheilija
- Ei aikaisempia takareiden vammoja, koska ne saattaisivat vaikuttaa tutkimustuloksiin epäsuotuisasti
- Ei flunssa- eikä kuumetauteja

### **Mittaustilanteen vaatimukset:**

- Mittaukset tullaan suorittamaan yhdellä kertaa
- Kesto noin kaksi tuntia
- Ihokarvat tulee olla ajeltuna pakaralan ja takareiden alueelta, jotta ihon impedanssi olisi mahdollisimman alhainen eli sähkön läpäisevyys olisi mahdollisimman suuri
- Testauspaikalle tullaan levänneenä ennalta sovittuun aikaan. Täten kaikilla on sama lähtöasetelma
- Mittaukset suoritetaan alusvaatteissa tai mittaukseen soveltuviissa urheiluvaatteissa, koska elektrodit tullaan kiinnittämään ihoon takareiden- ja pakaralihasten kohdalle
- Mittaukset suoritetaan paljain jaloin, näin pois suljemme jalkineiden mahdollisen vaikuttavuuden mittaustuloksiin

**Mittaustilanteen kulku:**

- Koehenkilön saapuessa varmistetaan, että vaatetus on sopiva
- Suoritetaan antropometriset mittaukset (pituus ja paino)
- Etukäteen ihokarvoista ajeltu iho puhdistetaan ja karhennetaan hiekkapaperilla, jotta ihon impedanssi eli vastus pienenee
- Asetetaan elektrodit
- Koehenkilö lämmittelee noin viiden minuutin ajan
- Tutkijat selostavat mittausliikkeet
- Emg-mittaukset
- Elektrodien poisto
- Loppupalaute

## SANASTO

abduktio	loitonnus
adduktio	lähennys
anteorinen, ventraalinen	etummainen, vatsanpuoleinen
aponeuroosi	kalvojänne
bursa	limapussi
bipolaarinen	kaksinapainen
caput fibulae	pohjeluun pää
condylus lateralis tibiae	sääriluun ulompi nivelnasta
coccyx (os)	häntäluu
ekstensio	ojennus
elektromyografia, EMG	lihaksen sähköisen aktiivisuuden tutkimusmuoto
distaalinen	kauempana oleva
dorsaalinen, posteorinen	selänpuoleinen, takimmainen
fascia latae	leveä peitinkalvo
fascia thoracolumbalis	lanneselkäkalvo
fleksio	koukistus
femur	reisiluu
goniometri	kulmamittari
hamstring (eng.)	reiden takaosan lihakset
hypertrofia	lihaskasvu
ilium	suoliluu
impedanssi	sähkön läpäisevyys
insertio	kiinnityskohta
instabiili (vastakohta stabiili)	epävakaa
kaudaalinen, inferiorinen	”hännän suuntainen”, alempi
kraniaalinen, superiorinen	”pään suuntainen”, ylempi
kondyyli	nivelnasta
lateraalinen	ulkosivulla oleva
lig., ligamentum, ligamentti	nivelside
lig. sacrotuberale	ristiluu–istuinkyhmyside
lig. collaterale laterale, LCL	polven ulompi sivuside
lig. collaterale mediale, MCL	polven sisempi sivuside
linea asperae femoris	reisiluun harju
m., musculus, mm., musculii	lihas, lihakset
m. adductor magnus	iso lähentäjälihas
m. biceps femori	kaksipäinen reisilihas
m. gastrocnemius	kaksipäinen pohjelihas
m. gluteus maximus	iso pakaralihas
m. gluteus medius	keskimmäinen pakaralihas
m. gluteus minimus	pieni pakaralihas
m. gracilis	hoikkalihas
m. erector spinae	selän ojentajalihas

m. tensor fascia latae	leveän peitinkalvon jännittäjälihas
m. piriformis	päärynän muotoinen lihas
m. quadriceps femoris	nelipäinen reisilihas
m. sartorius	rääätälilihas
m. semimembranosus	puolikalvoinen lihas
m. semitendinosus	puolijänteinen lihas
m. vastus lateralis	ulomainen reisilihas
mediaalinen	sisäsivulla oleva
monopolaarinen	yksinäpainen
myofaskia	lihaskalvo
n., nervus	hermo
n. ischiadicus	lonkkahermo
n. peroneus communis	yhteinen pohjehermo
n. tibialis	säärihermo
origo	lähtökohta
processus spinosus	okahaarake
proksimaalinen	lähempänä oleva (vastakohta distaalinen)
rotaatio	kierto
sacrum (os)	ristiluu
synergisti	avustava lihas
tibia	sääriluu
trochanter major	iso sarvennoinen
tuberositas glutea femoris	reisiluun pakarakyhmy
tuber ischii	istuinkyhmy
tractus iliotalialis	suoliluu-sääriside