



**LAUREA**  
AMMATTIKORKEAKOULU

*Uuden edellä*

# Pikajuoksijoiden taka- ja etureisien isometrisen voimasuhteen vaikutus takareisivammojen esiintymiseen ja sadan metrin tulokseen

Kansanaho, Eetu

2014 Laurea Otaniemi



Laurea-ammattikorkeakoulu  
Laurea Otaniemi

Pikajuoksijoiden taka- ja etureisien isometrisen voimasuhteen vaikutus takareisivammojen esiintymiseen ja sadan metrin juoksuaikaan

Eetu Kansanaho  
Fysioterapian koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Lokakuu, 2014

Eetu Kansanaho

**Pikajuoksijoiden taka- ja etureisien isometrisen voi-masuhteen vaikutus takareisivammojen esiintymiseen ja sadan metrin tulokseen**

Vuosi 2014

Sivumäärä 52

Pikajuoksijoiden takareisivammat ovat erittäin yleisiä. Useampi kuin joka toinen pikajuoksija kärsii yhden kauden aikana jonkinasteisesta takareiden vammasta. Myös muissa lajeissa, joissa juoksunopeudella on suuri merkitys, vammoja esiintyy usein. Lievimmillään vamma johtaa 1 - 2 viikon poissaoloon harjoittelusta ja kilpailusta, mutta pahimmillaan urheilu-ura loppuu takareisirepeämään.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää pikajuoksijoiden taka- ja etureisien isometrisen voimasuhteen vaikutusta vammojen esiintyvyyteen ja sadan metrin juoksunopeuteen. Toisena tavoitteena oli saada lisätietoa suomalaisten pikajuoksijoiden reisien voima-arvoista. Tutkimus oli luonteeltaan kahden vuoden prospektiivinen seurantatutkimus.

Tutkimukseen osallistui 21 suomalaista kansallisen tason nais- ja miespikajuoksijoita. Tutkimuksen alkaessa miesten (n=13) keski-ikä oli 24 ( $\pm$  5,4), pituus 181 ( $\pm$  5,9) cm, paino 78 ( $\pm$  8,1) kg, painoindeksi 24 ( $\pm$  2,0) ja rasvaprosentti 8 ( $\pm$  2,3). Naisten (n=8) vastaavat arvot olivat 20 ( $\pm$  2,1) vuotta, 171 ( $\pm$  3,4) cm, 62 ( $\pm$  3,1) kg, BMI 21 ( $\pm$  1,3) ja rasvaprosentti 17 ( $\pm$  2,9).

Tutkimuksessa selvitettiin polven ojentaja- ja koukistajalihasten maksimaaliset voima-arvot isometrisellä voimamittauksella. Näistä absoluuttisista arvoista laskettiin voimasuhteet eli taka-etureisisuhde. Mittaukset suoritettiin kevät-kesällä 2011 ja 2012. Tutkimuksen aikana pois pudonneita oli viisi (24 %), joista neljä oli naisia ja yksi mies.

Miehillä etureiden lihasvoima-arvot vaihtelivat 55 - 121 kilogramman välillä ja takareiden 31 - 76 kilogramman välillä. Naisilla reiden lihasten voimien hajonta oli selvästi vähäisempää, etureisien vaihdellessa 37 - 78 ja takareisien 29 - 51 kilogramman välillä. Taka-etureisisuhde eli takareiden voima suhteessa etureiden voimaan oli miehillä oikeassa jalassa 70 ( $\pm$  15,6) % ja vasemmassa 71 ( $\pm$  16,6) %. Naisilla suhteet olivat 67 ( $\pm$  14,4) % ja 68 ( $\pm$  14,1) %.

Seurannan aikana vain yhdellä miehellä vammautui takareisi. Naisilla ei takareisivammoja esiintynyt. Miesten heterogeenisestä taustasta johtuen voimasuhteen vaikutuksista vammaan ei voitu vetää johtopäätöksiä.

Taka-etureiden voimasuhteen vaikutus sadan metrin juoksunopeuteen oli naisilla tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ) sekä vasemmassa ( $p = 0,032$ ) että oikeassa jalassa ( $p = 0,016$ ). Miehillä tilastollista eroa ei löytynyt vasemmasta ( $p = 0,950$ ) eikä oikeasta ( $p = 0,854$ ) jalasta.

Naisipikajuoksijoiden takareisien vahvistaminen voi tämän tutkimuksen perusteella parantaa juoksunopeutta sadalla metrillä. Miehillä vastaavasta ei vielä ole näyttöä. Tästä tutkimuksesta ei voi vetää johtopäätöksiä isometristen voima-arvojen ja vammojen esiintymisen suhteen.

Asiasanat: pikajuoksu, taka- ja etureisilihakset, taka-etureiden voimasuhde, takareisivammat, juoksunopeus

Eetu Kansanaho

**Isometric hamstring-quadiceps strength ratio to injury prevalence and 100 meter outcome in sprinters**

Year	2014	Pages	52
------	------	-------	----

Hamstring injuries are common in sprinters. More than every second sprinter suffers from some kind of hamstring injury annually. In other sports where sprinting represents an important aspect, injury-rates are similar to pure sprinting. In case of slight injury, the absence from training is generally 1 - 2 weeks. Grave injury in hamstrings might lead to premature ending in sporting career.

The aim of this study was to investigate isometric hamstring-quadiceps strength ratio to injury prevalence and 100 meter speed in sprinters. The second aim was to gather more information about thigh-muscle strengths' of Finnish sprinters. The design of this study was a prospective cohort study which lasted for two years.

National-level male and female Finnish sprinters (N=21) participated in the study. When the study began, the average age of males (n=13) was 24 ( $\pm 5,4$ ), height 181 ( $\pm 5,9$ ) cm, weight 78 ( $\pm 8,1$ ) kg, BMI 24 ( $\pm 2,0$ ) and fat percentage 8 ( $\pm 2,3$ ). For females (n=8) the same values were 20 ( $\pm 2,1$ ) years, 171 ( $\pm 3,4$ ) cm, 62 ( $\pm 3,1$ ) kg, BMI 21 ( $\pm 1,3$ ) and fat percentage 17 ( $\pm 2,9$ ).

Maximal isometric knee flexor and extensor ratios were measured. From these absolute values strength-ratios were extracted for hamstring and quadiceps (H:Q-ratio). Measurements were carried out in the spring-summer in 2011 and 2012. The drop-out percentage in the second measurements was 24 (n=5), four of the dropouts were females and one was a male.

For males quadiceps' strength varied between 55 - 121 kilograms and hamstring 31 - 76 kilograms. For females thigh-muscle variance was distinctly less, for quadiceps between 37 - 78 and hamstrings between 29 - 51 kilograms. Hamstring-quadiceps (H:Q) ratio for males was 70 ( $\pm 15,6$ ) % in the right extremity and 71 ( $\pm 16,6$ ) % in the left. H:Q-ratios for females were 67 ( $\pm 14,4$ ) % and 68 ( $\pm 14,1$ ) %, respectively.

During the follow-up period after the measurements, only one male and none of the females had injured hamstring. Due to the heterogenic background of the males, conclusions cannot be made from a single injury.

H:Q-ratio in 100 meter running speed was statistically significant ( $p < 0,05$ ) on females in both left ( $p = 0,032$ ) and ( $p = 0,016$ ) right extremities. For males no significant difference was found in the left ( $p = 0,950$ ) nor right leg ( $p = 0,854$ ).

Female sprinters should strengthen their hamstring-muscles which might lead to faster 100 meter speed. For men there is yet no such evidence. Based on this study it cannot be concluded whether isometric H:Q-ratio is prominent in hamstring-injury prevalence.

**Keywords:** sprinting, hamstrings and quadiceps muscles, hamstring-quadiceps strength ratio, hamstring injuries, running speed

## Sisällys

1	Johdanto .....	6
2	Sadan metrin juoksusta .....	7
2.1	Telinelähtö ja kiihdytys .....	7
2.2	Maksiminopeus .....	8
2.3	Taka- ja etureisilihakset pikajuoksussa .....	10
3	Takareisivammoista .....	13
3.1	Takareisivammat nopeuslajien urheilijoilla .....	14
3.2	Takareisivammat pikajuoksijoilla .....	15
4	Voimantuotto ja -mittaus .....	16
4.1	Eksentrinen ja konsentrinen voima .....	17
4.2	Isometrinen voimamittaus .....	18
4.3	Isokineettinen voimamittaus .....	19
4.4	Taka-etureiden voimasuhteen merkitykseen vammojen esiintymiseen .....	19
5	Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet .....	22
6	Tutkimusmenetelmät .....	23
6.1	Tutkittavien rekrytointi .....	23
6.2	Mittausten kulku .....	23
6.3	Tilastolliset menetelmät .....	25
7	Tulokset .....	25
7.1	Tutkimuksen osallistujat .....	25
7.2	Lihasvoimat ja taka-etureiden voimasuhde .....	26
7.3	Taka-etureiden voimasuhde ja takareisivammat .....	29
7.4	Taka-etureiden voimasuhde ja 100 metrin juoksunopeus .....	29
8	Pohdinta .....	31
8.1	Tulokset .....	31
8.2	Mittauksista .....	31
8.3	Tutkimuksen toteutuksesta .....	32
8.4	Eettisyys .....	35
8.5	Vammojen ehkäisystä .....	36
8.6	Yhteenveto .....	39
	Lähteet .....	40
	Kuvat .....	45
	Kuviot .....	46
	Taulukot .....	47
	Liitteet .....	48

## 1 Johdanto

Juoksu on useassa urheilulajissa tärkeässä roolissa. Pikajuoksu vaikuttaakin monen lajin menestykseen epäsuorasti. Kelkkailulajeissa parempi kiihdytys takaa nopeamman alkuvauhdin ja pituushypyssä suurempi liikenopeus mahdollistaa pidemmälle ponnistamisen. Joukkuelajeissa nopeus helpottaa sijoittautumista kentälle ja pelivälineen tavoittelua.

Kuitenkaan maksimaalisen nopeuden vaiheeseen ei useiden lajien kilpailutilanteissa päästä, vaan räjähtävä nopeus ja suunnanmuutokseen vaadittava ketteryys ovat merkittävämmässä roolissa kuin maksimaalinen juoksunopeus. Vaikka maksimaalista liikenopeutta harvoin saavutetaan palloilulajeissa, ovat paremmat pikajuoksuominaisuudet omaavat urheilijat nopeampia myös kentällä pelitilanteessa. (Mendez-Villanueva, Buchheit, Simpson, Peltola & Bourdon 2011).

Pikajuoksukilpailuissa eli 400 metrillä ja tätä lyhyemmillä matkoilla juoksunopeudella on itseisarvo. Kaikilla pikamatkoilla, mutta etenkin sadan metrin kilpailussa, maksimaalinen juoksunopeus on tärkein yksittäinen lopputulokseen vaikuttava tekijä. Nopeuden kehittäminen onkin olennainen osa valmennusta pikajuoksua sisältävissä lajeissa kaiken ikäisillä urheilijoilla (Korhonen 2009; Seitz, Reyes, Tran, de Villarreal & Haff 2014).

Lihasvammat ovat merkittävä ongelma eri lajien urheilijoilla (Ristolainen 2012). Takareiden revähdykset ovat yleisin pikajuoksua sisältävissä lajeissa esiintyvä vamma. Paranemisaika lievästäkin vammasta tavanomaiseen harjoitteluun kestää muutaman viikon, ja vakavammissa vammoissa tauko urheilusta kestää vähintään kuukauden. Pisimmät poissaolot harjoitteluista ja kilpailuista saa aikaan uusiutuva vamma, joiden esiintyvyys on suuri, jopa neljännes kaikista vammoista. (Petersen & Renström 1988, 28 - 31; Prior, Guerin & Grimmer 2009; Opar, Williams & Shield 2012.) Vamma johtaa poissaoloihin harjoituksista tai kilpailuista, aiheuttaa ihmillistä kärsimystä ja tuottaa taloudellisia menetyksiä. Vakavat lihavammat voivat aiheuttaa pysyviä toiminnanhaittoja. Vaikea takareisivamma tai pitkittynyt paranemisaika voi johtaa urheilu-uran ennenaikaiseen päättymiseen.

Yhtenä takareisivammoja lisäävänä tekijänä kirjallisuudessa on ehdotettu taka- ja etureiden voimasuhteiden merkitystä. Takareisi on mittauksissa lähes aina heikompi kuin etureisi eli voimasuhde on tällöin alle yhden. On kuitenkin esitetty, että takareiden ollessa alle 60 prosenttia etureiden voimasta vammariski kohoaisi. (Yeung, Suen & Yeung 2009.) Tämä tutkimus pyrkii ensisijaisesti lisäämään tietämystä reisien voimasuhteiden vaikutuksesta takareisivammoihin.

Takareisi on aktiivisin lihas pikajuoksussa (Wiemann & Günter 1995; Jönhagen, Ericson, Németh & Eriksson 1996). Takareiden merkittävyyden vuoksi sillä voisi olettaa olevan vaikutusta juoksunopeuteen. Koska taka- ja etureisilihakset toimivat toistensa vastavaikuttajina, näiden lihasten voimasuhteen voi spekuloida olevan merkityksellistä pikajuoksussa. Voimasuhteen vaikutusta ei ole tähän mennessä tutkittu nopeuden näkökulmasta. Tutkimuksen toissijaisena tarkoituksena on selvittää taka-etureisien voimasuhteiden vaikutusta pikajuoksijoiden 100 metrin juoksunopeuteen.

Nykykaaiseen fysioterapiaan ja valmennukseen kuuluu oleellisena osana vammojen ennaltaehkäisy. Riskitekijöiden tunnistaminen ja niihin reagoiminen on tärkeää, mutta ymmärryksemme useista riskitekijöistä on vielä puutteellista. Tästä syystä prospektiivisille vammojen syntyä selvittäville tutkimuksille on tarvetta.

## 2 Sadan metrin juoksusta

Pikajuoksu on biomekaniikaltaan monimutkainen kokonaisuus. Siinä yhdistyvät reaktio, kiihdytys, maksimaalinen nopeus sekä hidastumisvaihe noin kuuden sekunnin jälkeen. Reaktioaika on aika, joka kuluu lähtölaukauksen alusta juoksijan suurentuneeseen voimantuottoon telineisiin nähden. Hyvällä sadan metrin juoksijalla reaktioaika on noin 110 - 130 millisekuntia, ja aikaa lyhentää optimaalinen asento sekä lihasten esijännitys lähtötelineissä. Kiihdytys koostuu telinelähdöstä ja sitä seuraavasta kasvavan nopeuden vaiheesta. Nopeus voi kasvaa niin pitkään, kuin henkilö tuottaa enemmän voimaa kuin on jarruttavien voimien summa. Kiihdytystä seuraa maksimaalisen nopeuden vaihe, joka kestää 10 - 30 metriä. Vauhti ei enää kasva, mutta ei vielä laskekaan, jolloin voimantuotto on neutraali jarruttaviin voimiin nähden. Tyypillisesti 6 - 7 sekunnin kohdalla alkaa väistämätön hidastuminen eli laskevan nopeuden vaihe ihmisen energia-aineenvaihdunnasta johtuen. Sadan metrin matkalla hidastuminen on vääjäämätöntä, ja jopa maailmanennätysjuoksussa on nopeus laskenut lopussa. (Mero, Komi, Gregor 1992; Kauranen & Nurkka 2010, 327 - 330.)

### 2.1 Telinelähtö ja kiihdytys

Pikajuoksun ensimmäinen vaihe, reaktioaika, on kestoltaan alle 0,2 sekuntia. Tästä huolimatta se jaetaan kirjallisuudessa vielä kahteen osaan: esimotoriseen ja motoriseen vaiheeseen. Esimotorinen vaihe on aika, joka koostuu lähtösignaalista lihaksen sähköisen aktivaation kasvuun. Motorinen vaihe on lihaksen sähköisen aktivaation noususta voimantuoton alkamisaikaan. Esimotorisen ja motorisen vaiheen yhteenlaskettu aika on reaktioaika. (Eikenberry ym. 2008; Kauranen & Nurkka 2010, 329, 331, 334). Reaktioaika ei saa Kansainvälisen yleisurheiluliiton (IAAF, International Association of Athletics Federations) tämän hetkisten sääntöjen

mukaan olla alle 100 millisekuntia. Mikäli reaktioaika on tätä lyhyempi, tuomitaan lähtö vilppilähdöksi ja urheilija tai viestijoukkue suljetaan kilpailusta. (IAAF 2013.)

Käytännön valmennuksen kannalta reaktioajan jakaminen motoriseen ja esimotoriseen aikaan on merkityksetöntä, mutta tutkimustiedon kannalta tärkeää. Reaktioajan tutkimuksen merkittävyys tuli esille 1980-luvun lopulla, jolloin vilppilähdön raja oli vielä 120 ms. Tutkimuksissa saatiin useilla pikajuoksijoilla reaktioajaksi 100 - 120 millisekuntia, jonka jälkeen IAAF muutti sääntöjään. (Mero ym. 1992.) Jopa 100 millisekunnin raja on sittemmin kyseenalaistettu, sillä osa tutkijoista pitää inhimillisesti mahdollisena vieläkin nopeampia reaktioita (Eikenberry ym. 2008).

Kiihdytys on kaksiosainen tapahtuma, jossa ensimmäinen vaihe on telineistä ponnistaminen. Tämä on teknisesti haastavaa, sillä ponnistuksen suunnalla ja voimalla on suuri merkitys optimaalisen juoksuasennon saamiselle. Lihaksen sähköisen aktiivisuuden kannalta tärkeimmät voimaa tuottavat lihakset ovat taka- ja etureisilihakset. Toiseksi merkittävimmissä roolissa ovat iso pakaralihas ja pohkeen kaksoiskantalihas. Telinelähdön jälkeisissä ensimmäisissä askeleissa kiihdytyksen aikana sekä askeltiheys että askelpituus ovat lyhimmillään. Tämän jälkeen askeltiheys ja -pituus nousevat melko tasaisesti, kunnes saavutetaan maksimaalisen nopeuden vaihe. Samalla kontaktiaika maassa lyhenee. Kiihdytysvaihe 100 metrin huippujuoksijoilla kestää tyypillisesti 30 - 50 metriä, kunnes saavutetaan maksimaalisen nopeuden vaihe. (Mero ym. 1992; Kauranen & Nurkka 2010, 330 - 332.)

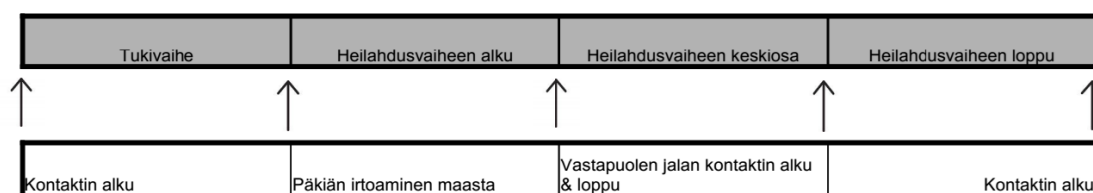
## 2.2 Maksiminopeus

Askeltiheys ja -pituus kasvavat tasaisesti juoksunopeuden noustessa noin seitsemään metriin sekunnissa saakka. Tätä suuremmilla nopeuksilla askelpituus kasvaa keskimäärin vain parikymmentä senttimetriä, mutta askeltiheys nousee samalla yli 50 prosenttia. Maksimaalisen nopeuden vaiheessa ja sitä lähestyttäessä askeltiheys on siis merkittävin muuttuja eritasoisten pikajuoksijoiden välillä. Askelpituus korreloi voimakkaasti henkilön pituuden ( $r = 0,59$ ) ja jalan pituuden ( $r = 0,70$ ) kanssa. (Mero ym. 1992; Kauranen & Nurkka 2010, 330 - 331.) Tämä voi osaltaan selittää viime vuosien muutoksen huipputasolla, jossa etenkin miespikajuoksijoiden keskipituus on kasvanut.

Juoksusykli koostuu kontaktivaiheesta ja heilahdusvaiheesta. Pikajuoksussa kontakti tapahtuu aina päkiällä. Kontaktivaiheessa toinen päkiöistä on maassa ja heilahdusvaiheessa toinen tai molemmat alaraajat ovat ilmassa. Kun molemmat jalat ovat heilahdusvaiheessa, on kyseessä pikajuoksun lentovaihe. Lentovaiheen aikana nopeus hidastuu ja kontaktivaiheen aikana kasvaa, vaikka keskinopeus pysyisi muuttumattomana. Tämä johtuu lentovaiheen aikaisesta il-

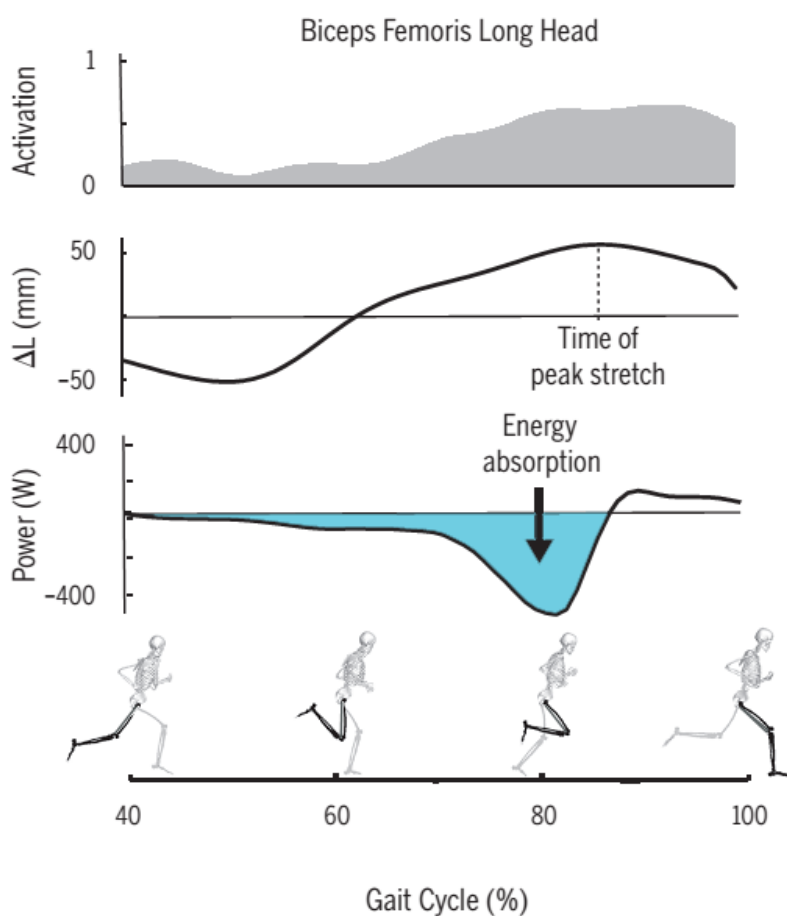


manvastustuksesta. Juoksusyklin osat on eritelty kuviossa 1. (Mero ym. 1992; Jönhagen ym. 1996.)



Kuvio 1. Juoksusyklin vaiheet. Muokattu lähteestä Jönhagen, Ericson, Németh & Eriksson 1996.

Maksimaalisen juoksun aikana kontaktiaika maassa on 80 - 100 millisekuntia. Suurin voimantuotto eli kontaktivoima on 10 - 40 millisekuntia kontaktin alkamisesta. Tästä syystä lihaksilla tulee olla suuri aktiivisuus jo ennen kontaktia, jotta voimantuotto kasvaa. Tätä esiaktiivisuutta kutsutaan kirjallisuudessa venytys-lyhentymissykliksi, ja se mahdollistaa suuremman voimantuoton. Tutkimukset ovatkin osoittaneet, että takareisilihasten aktiivisuus on suuri heilahdusvaiheen lopusta kontaktivaiheen loppuun saakka (kuva 1). Etureisilihaksista suoran reisilihaksen funktiona vaikuttaa olevan selvemmin lonkan koukistus kuin polven ojennus, sillä lihas on aktiivisena vain heilahdusvaiheen ajan jalan tullessa eteen. Ulommainen reisilihas sen sijaan on esiaktiivisena heilahdusvaiheen lopusta kontaktiajan loppupuolelle saakka. Vaikka aktiivisuus aika on samankaltainen takareiden kanssa, niin lihasaktiivisuus maakontaktin aikana on hyvin pieni verrattuna takareiden lihaksiin. Maksimaalisen juoksun vaiheessa etureisi tukee polvea ja estää sen liiallista koukistumista kontaktin alkuvaiheessa, mutta ei tuota juurikaan työntövoimaa. (Komi 1992, 169 - 173; Mero ym. 1992; Jönhagen ym. 1996; Kauranen & Nurkka 2010, 331 - 332; Huang ym. 2013.)

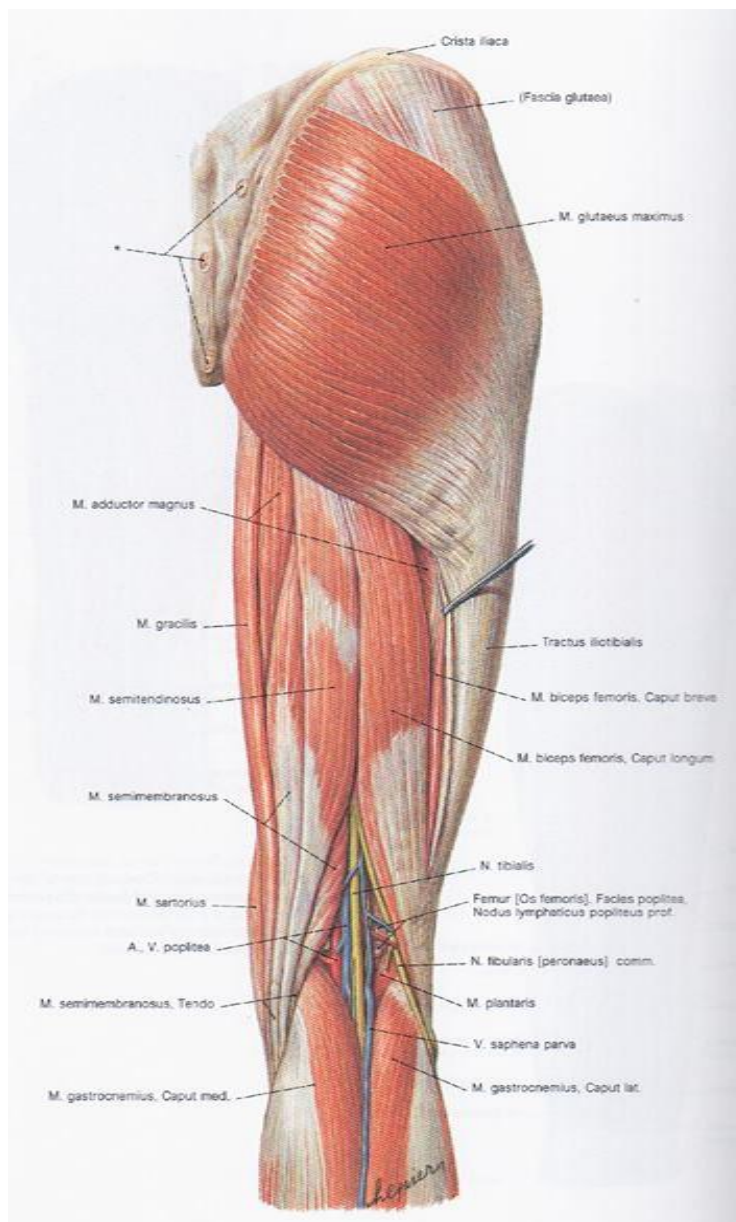


Kuva 1. Kaksipäisen reisilihaksen pitkän pään aktivaatio juoksusyklin heilahdusvaiheen aikana. Kuvasta näkyy, miten takareiden aktivaatio on korkea heilahdusvaiheen lopusta kontaktivaiheeseen saakka. Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov & Thelen 2010.

### 2.3 Taka- ja etureisilihakset pikajuoksussa

Reiden takaosan tärkeimmät lihakset pikajuoksussa ovat ns. hamstring-lihakset eli kolme lihasta, joita tässä artikkelissa kutsutaan yksinkertaisesti takareisilihaksiksi (kuva 2). Kaikki kolme lihasta lähtevät lonkkaluun alaosaan, istuinluusta (os ischium), ja kiinnittyvät polven yli. Kolmesta lihaksesta lateraalisin, kaksipäinen reisilihas (m. biceps femoris), kiinnittyy pohjeluun yläpäähän. Nimensä mukaisesti kaksipäisessä reisilihaksessa on kaksi osaa; pitkä pää (caput longum) on istuinluusta ja lyhyt pää (caput breve) reisiluun harjasta alkava osa. Pääty yhdistyvät ennen polvitaivetta yhdeksi lihasrungoksi. Reisiluun mediaaliosassa sijaitsevat päällekkäin puolijänteinen (m. semitendinosus) ja puolikalvoinen lihas (m. semimembranosus), jotka kiinnittyvät sääriluuhun. (Gray 1918, 478 - 480; Standring 2008, 2313 - 2414, 2432; Neumann 2010, 491 - 494.)

Takareiden lihakset, kaksipäisen reisilihaksen lyhyttä päätä lukuun ottamatta, toimivat polven koukistuksen lisäksi myös lonkan ojentajina kiinnittyessään lonkkaluun osan istuinluun kyhmyyn. Reiden sisäosan lihakset puolijänteinen ja puolikalvoinen lihas toimivat polvinivelen sisäkiertäjinä, kun kaksipäisen reisilihaksen molemmat päät avustavat polvinivelen ulkokierrossa. (Neumann 2010, 491 - 494; Malliaropoulos 2012.)

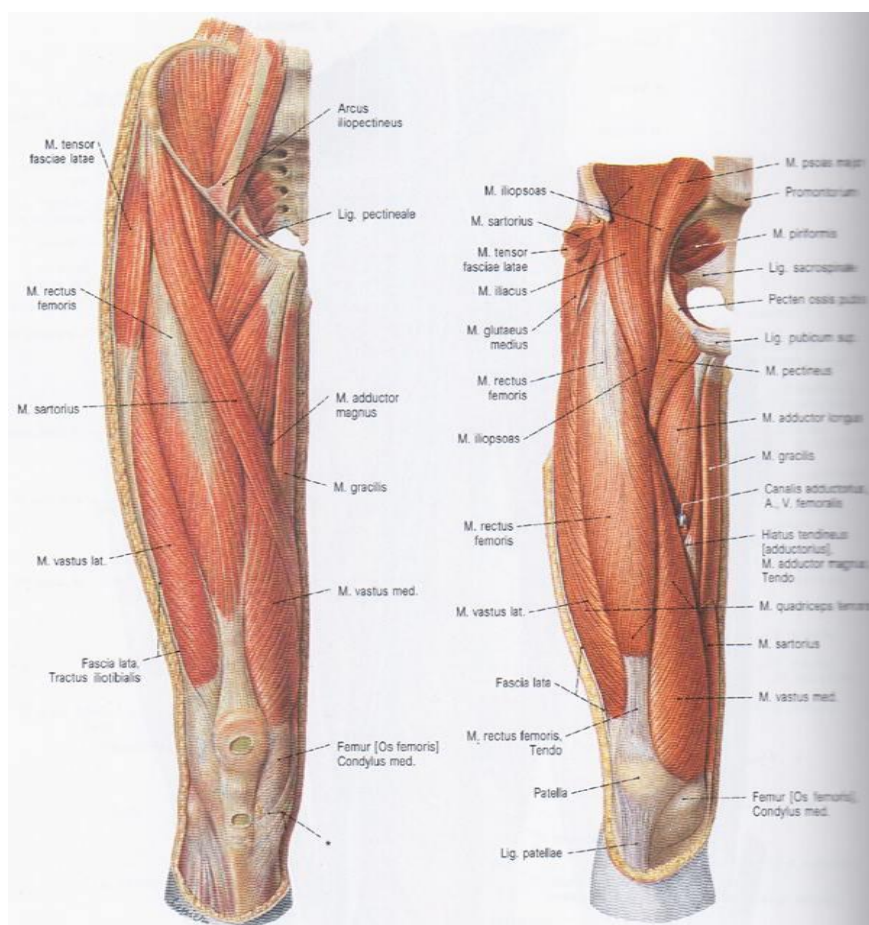


Kuva 2. Takareiden lihakset. Kaksipäinen reisilihas oikealla. Reiden sisäosassa kulkevat päälekkäin puolijänteinen ja -kalvoinen lihas. Sobotta 1989, 304.

Polvea koukistavat useat lihakset, mutta hamstring-lihaksia lukuun ottamatta niiden merkitys on voimantuotollisesti pieni. Kaksoiskantalihaksella (m. gastrocnemius) on tärkeä rooli nilkan ojentajana, mutta polven koukistukseen sen vaikutus on vähäisempi. Polvitaivelihaalla (m. popliteus) ja hoikalla kantalihaalla (m. plantaris) vaikutus polven koukistusvoimaan on ole-

maton. Muita heikkoja polvenkoukistajalihasia ovat räätälinlihas (m. sartorius) ja hoikkalihas (m. gracilis). (Gray 1918, 471 - 472, 484 - 488; Kauranen & Nurkka 2010, 332.) Tässä tutkimuksessa huomio on reiden takaosan hamstring-lihaksissa eli puolijänteisellä, -kalvoisella ja kaksipäisellä reisilihaksella sekä reiden etuosan nelipäisellä reisilihaksella.

Etäreiden merkittävin lihasryhmä on nelipäinen reisilihas (m. quadriceps femoris). Nelipäinen reisilihas (kuva 3) koostuu neljästä erillisestä lihaksesta, joista kolme toimii pelkästään polvinivelen ojentajina sekä polvilumpion stabilaattoreina ja yksi koukistaa lonkkaa polven ojennuksen lisäksi. Yhden nivelen ylittävät lihakset ovat sisempi, keskimmäinen ja ulompi reisilihas (m. vastus medialis, intermedius ja lateralis). Näiden lähtökohtana ovat reisiluun etupinnan eri osat ja kiinnityskohtana on sääriluun yläpinta polvilumpion yli kulkevan patella-ligamentin välityksellä. Suora reisilihas (m. rectus femoris) lähtee suoliluun etualakärjestä ja lonkkamaljan reunan yläosasta, ja se yhtyy samaan jänteeseen kolmen reisilihaksen kanssa kiinnittyen sääriluun yläosaan. (Gray 1918, 470 - 472; Standring 2008, 2313 - 2414, 2432; Neumann 2010, 539 - 541.)

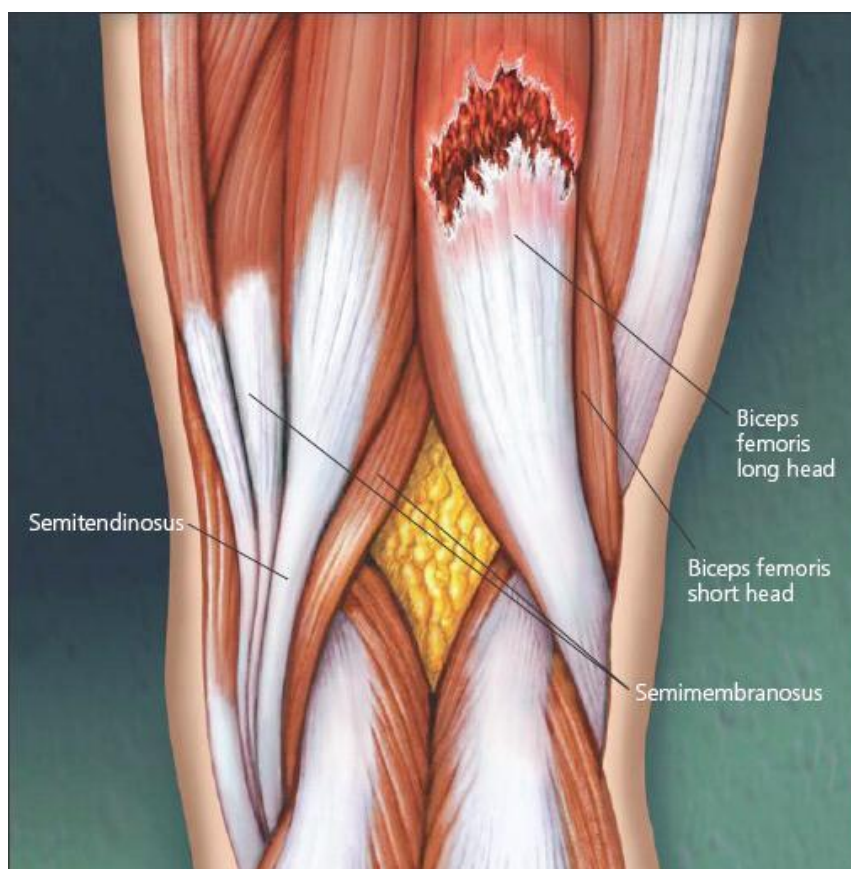


Kuva 3. Nelipäinen reisilihas. Vasemmassa kuvassa näkyvät ulompi reisilihas, suora reisilihas ja sisempi reisilihas. Suoran reisilihaksen alla kulkee keskimmäinen reisilihas. Lähde: Sobotta 1989, 296.

### 3 Takareisivammoista

Takareisivammat jaetaan kahteen päätyyppiin; kaksipäisen reisilihaksen distaaliosan ja puolikalvoisen tai puolikalvoisen lihaksen proksimaaliosan repeämään. Yleisin vammamekanismi on maksimaalisessa pikajuoksussa tapahtuva kaksipäisen reisilihaksen pitkän pään distaaliosan repeämä. Repeämä sijaitsee tyypillisesti noin 10 - 15 senttimetriä polvitaipetusta ylöspäin. Vamma syntyy takareiteen heilahdusvaiheen loppupuolella lonkan ollessa koukistuneena tai kontaktivaiheen alussa. Molemmista tapauksista takareiteen kohdistuu suuria eksentrisiä lihasvoimia. Heilahdusvaiheen loppupuolella takareidessä, ja etenkin kaksipäisessä reisilihaksessa, on venytys lonkan koukistuksesta ja reiden pienestä lähennyksestä johtuen. Samaan aikaan takareisi joutuu tekemään eksentristä työtä jarruttaen heilahtavaa jalkaa. Tämä venytyksessä tapahtuva, erittäin nopeaa lihastyötä vaativaa liike, altistaa takareisivammoille. Kontaktivaiheen alussa syntyvässä repeämässä takareiteen ei kohdistu venytystä, mutta eksentrisen voiman sijaan on niin suuri, ettei tahdonalaisessa konsentrisessä työssä välttämättä päästä yhtä suureen lihasaktiivisuuteen. Tällöin lihasvamman aiheuttaa liian suuri rasitus kaksipäiselle reisilihakselle. Näiden eksentrisestä työstä johtuvien lihasvammojen lisäksi toinen yleinen vammatyyppi takareidessä on venytysvamma. Tällöin voima on pienempi, mutta takareisi päätyy äärivenytykseen lonkan ollessa koukistuneena ja polven ojennettuna. Näitä vammoja esiintyy etenkin balettianssijoilla ja jalkapalloilijoilla saksipotkussa sekä arjessa liukastumisen yhteydessä. Vamma-alue on aivan istuinluun lähellä, tyypillisimmin puolikalvoisen lihaksen jännealueella. (Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov & Thelen 2010; Malliaropoulos 2012; Schmitt, Tim & McHugh 2012.)

Pikajuoksuvamma kaksipäisen reisilihaksen alueelle aiheuttaa aluksi suuremman akuutin toiminnanvaurion, mutta vaatii yleensä lyhyemmän kuntoutusajan kuin venytysvamma. Puolikalvoisen lihaksen proksimaaliosalle tulevat venytysvammat eivät aiheuta niin suurta kipua tai toiminnanvauriota. Ne kuitenkin palautuvat hitaammin ja saattavat vaivata hyvistä kuntoutuksesta huolimatta pitkään. (Brooks, Fuller, Kemp & Reddin 2006, Malliaropoulos 2012; Schmitt ym. 2012.) Tässä tutkimuksessa takareisirevähdyksellä tai -vammalla tarkoitetaan maksimaalisessa nopeusvoimantuotossa syntynyttä distaaliosan patologista tilaa, johon ei liity venytyskomponenttia (kuva 4).



Kuva 4. Kaksipäisen reisilihaksen pitkänpään distaaliosan repeämä. Tämä alue on yleisin pikajuoksussa esiintyvä pehmytkudosvamma. (Pescasio & Pedowitz 2008.)

### 3.1 Takareisivammat nopeuslajien urheilijoilla

Reisivammat ovat yleisiä nopeuslajien urheilijoilla (Yeung ym. 2009; Heiderscheit ym. 2010; Freckleton & Pizzari 2012; Askling, Tengvar & Thorstensson 2013; Kerkhoffs ym. 2013). Takareisirevähdykset ovat tyypillisiä etenkin pikajuoksussa, mutta niitä esiintyy muissakin yleisurheilulajeissa (Alonso ym. 2012; Dembowski, Westrick, Zylstra & Johnson 2013) sekä joukkuelajeissa kuten rugbyssa (Brooks, Fuller, Kemp & Reddin 2006), jalkapallossa (Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson & Gibson 2001; Woods ym. 2004; Ekstrand, Hägglund & Waldén 2011) ja amerikkalaisessa jalkapallossa (Elliott, Zarins, Powell & Kenyon 2011) sekä maahockeyssa (Watura & Harries 2011).

Takareisirevähdyksille altistaa maksimaalinen juoksunopeus sekä joukkuelajeissa suuri tilanopeus yhdistettynä äkilliseen suunnanvaihdokseen tai jarrutukseen (Orchard, Marsden, Lord & Garlick 1997; Fousekis, Tsepis, Poulmedis, Athanasopoulos & Vagenas 2011). Pikajuoksijoilla yleisimmin vammautuva lihas on kaksipäisen reisilihaksen pitkä pää. (Askling, Tengvar, Saartok & Thorstensson 2007.) Vammamekanismin tärkeimpänä syynä pidetään takareiden kuormittumista eniten maksimaalisen nopeuden vaiheessa (Jönhagen ym. 1996). Takareidet

koostuvat etenkin nopeista tyypin II lihassoluista. Nopean voimantuottokyvyn haittapuolena on pikainen väsyminen maksimaalisissa suorituksissa, joka voi osaltaan vaikuttaa vammojen yleisyyteen (Foreman ym. 2006).

Jalkapallossa yksi kolmasosa kaikista poissaolopäivistä on lihasvammojen aiheuttamaa, ja näistä poissaoloista 92 prosenttia on isojen alaraajalihasten ongelmia (Ekstrand ym. 2011). Englantilaisessa ammattilaisjalkapallossa takareisivammojen osuus oli 12 - 15 prosenttia kaikista vammoista. Joka kymmenes pelaaja saa tyypillisesti takareisivamman yhden kauden aikana. (Foreman ym. 2006.) Asklingin, Karlssonin ja Thorstenssonin (2003) mukaan 47 prosenttia kaikista lihasperäisistä vammoista jalkapalloilijoilla on takareisiongelmiä.

Australialaisen jalkapallon pelaajilla tehdyn tutkimuksen mukaan takareisivammat aiheuttivat eniten sairauspoissaoloja kentältä. Neljän seurantavuoden aikana takareisivamma oli lisäksi ainoa vammatyyppi, joka aiheutti yli 20 vuorokauden poissaolon kautta kohden. Uusiutumisen riski oli myös selvästi suurin, jopa 34 prosenttia. (Orchard & Seward 2002.) Aiemman vamman on osoitettu olevan suurin uutta vammaa ennustava tekijä, ja se kasvattaa vammariskiä jopa 100 - 500 prosenttia (Schmitt ym. 2012).

Rugbyn pelaajia käsittelevässä tutkimuksessa takareisivammoja on esiintynyt keskimäärin 0,27 jokaista tuhatta harjoitustuntia kohden. Otteluissa vammariski kasvoi takareisien kohdalla moninkertaiseksi ollen 5,6 pelattua tuhatta tuntia kohden. Keskimäärin vammaa seurasi 17 vuorokauden poissaolo kentältä. Uusista vammoista kuntoutuminen oli nopeampaa, sillä poissaolopäiviä tuli ”vain” 14. Sen sijaan uusiutuneet vammat aiheuttivat 25 päivän tauon. (Brooks ym. 2006.)

Tanskalaisessa tutkimuksessa jalkapalloilijoille saatiin samankaltaisia tuloksia kuin rugbyn pelaajille. Takareisivamman esiintyvyys vuodessa oli 12 prosenttia 374 henkilön otoksessa ja poissaolopäiviä vammasta johtuen kertyi keskimäärin 21. (Petersen, Thorborg, Nielsen & Hölmich 2010.) Vamma-alttius on ollut samaa luokkaa myös muissa tutkimuksissa, joissa takareisivammojen esiintyvyydeksi on saatu 12 - 16 prosenttia (Petersen & Hölmich 2005).

### 3.2 Takareisivammat pikajuoksijoilla

Pikajuoksijoilla vammoja esiintyy vielä enemmän kuin jalkapalloilijoilla: keskimäärin 0,6 vammaa yhden kauden aikana. Yeungin ym. (2009) tutkimuksessa yleisin vamma-alue oli takareisi, joka oli syynä 37 prosentissa vammoista. Sen jälkeen vammaherkimpiä alueita olivat lähentäjälihakset (23 prosenttia) ja etureidet (19 prosenttia). Kaikista vammoista 16 prosenttia oli uusiutuvia vammoja, ja näiden kuntoutuminen oli hitainta.



Kaksipäisen reisilihaksen pitkä pää oli Slavotinekin, Verrallin ja Fonin (2002) tutkimuksessa osallisena 87 prosentissa kaikista takareisivammoista. Se oli 70 prosentissa tapauksista ainoa tai selvästi eniten vammautunut lihas. Lihaksen lyhyt pää oli mukana vain 17 prosentissa vammoista, ja silloinkin pitkä pää oli dominantti vamma-alue. Puolijänteinen lihas oli toiseksi eniten revennyt alue, ollen mukana merkittävästi 30 prosentissa kaikista takareisivammoista. On ehdotettu, että kaksipäisen reisilihaksen vamma-alttiutta pikajuoksussa kasvattaisi sen lihasjännerakenteen suurempi venytys pikajuoksun heilahdusvaiheen lopussa verrattuna puolijänteiseen ja -kalvoiseen lihakseen (Heiderscheit ym. 2010).

Vammojen ehkäisyn kannalta riskitekijöiden tunnistaminen on tärkeää. Eniten vammoja näyttäisi tulevan harjoitus- tai kilpailukauden alussa ja etenkin kokemattomammille pikajuoksijoille (Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen & Bahr 2008). Ammattilaisurheilun huipullaakaan ei silti vältytä vammoilta. Daegun vuoden 2011 yleisurheilun MM-kisoissa rekisteröitiin 249 vammaa kilpailujen aikana, esiintymisalttiuden ollessa 7,4 prosenttia. Näistä yleisin vamma-alue oli takareisi, jossa todettiin yhteensä 58 (23,3 prosenttia kaikista vammoista) eriasteista venähdystä, kramppeja tai revähdyksiä. (Alonso ym. 2012.)

#### 4 Voimantuotto ja -mittaus

Lihassolujen supistuminen tuottaa voimaa. Tämä lihasvoima jaetaan kestovoimaksi, nopeusvoimaksi ja maksimivoimaksi, riippuen supistuvien lihassolujen määrästä ja jakaumasta. Lihassolut jaetaan tyyppin I- ja II-soluihin. Tyyppin I-solut ovat hitaammin supistuvia, mutta kestävämpiä ja tuottavat energian aerobisesti. Tyyppin II-solut tuottavat enemmän ja nopeammin voimaa, mutta väsyvät nopeammin. Energiantuotto niillä on pääosin ilman happea tuottavaa eli anaerobista. (Häkkinen 1990, 22 - 23; Kauranen 2014, 77 - 83.)

Kestovoimalla tarkoitetaan aerobisesti tuotettua pitkäkestoista voimaa. Pikajuoksussa voima tuotetaan lähes kokonaan anaerobisesti, eikä hyvä aerobinen suorituskyky nykytietämyksen mukaan paranna tulosta alle 60 sekunnin kestoisissa maksimaalisissa pyrähdyksissä. Maksimaalisen nopeuden kannalta hapenkäyttökyky ei ole merkitsevä ominaisuus, vaikka palautumisessa sillä lieneekin suurempi rooli. (Weyand ym. 1999.)

Kestovoimaa merkittävämpi tekijä pikajuoksun kannalta on nopea voimantuotto. Nopeusvoimassa tärkeintä ei ole taloudellisuus vaan suuri teho. Teho on työn ja siihen käytetyn ajan suhde. Ison kuorman liikuttaminen ei ole teholtaan suurta, jos siihen käytetty aika on pitkä. Hyvin pientä kuormaa liikuteltaessa nopeus on suuri, mutta teho ei silti ole maksimaalinen. Sen sijaan kohtalaista kuormaa siirrettäessä teho on usein korkein. Kestoltaan nopeusvoima on lyhyt, 1-10 sekuntia. Tämän jälkeen tehon tuotto ihmisellä laskee, koska suorittajina no-



peutta vaativassa suorituksessa ovat anaerobiset tyypin II lihassolut. (Häkkinen 1990, 202 - 203; Kauranen 2014, 170 - 173.)

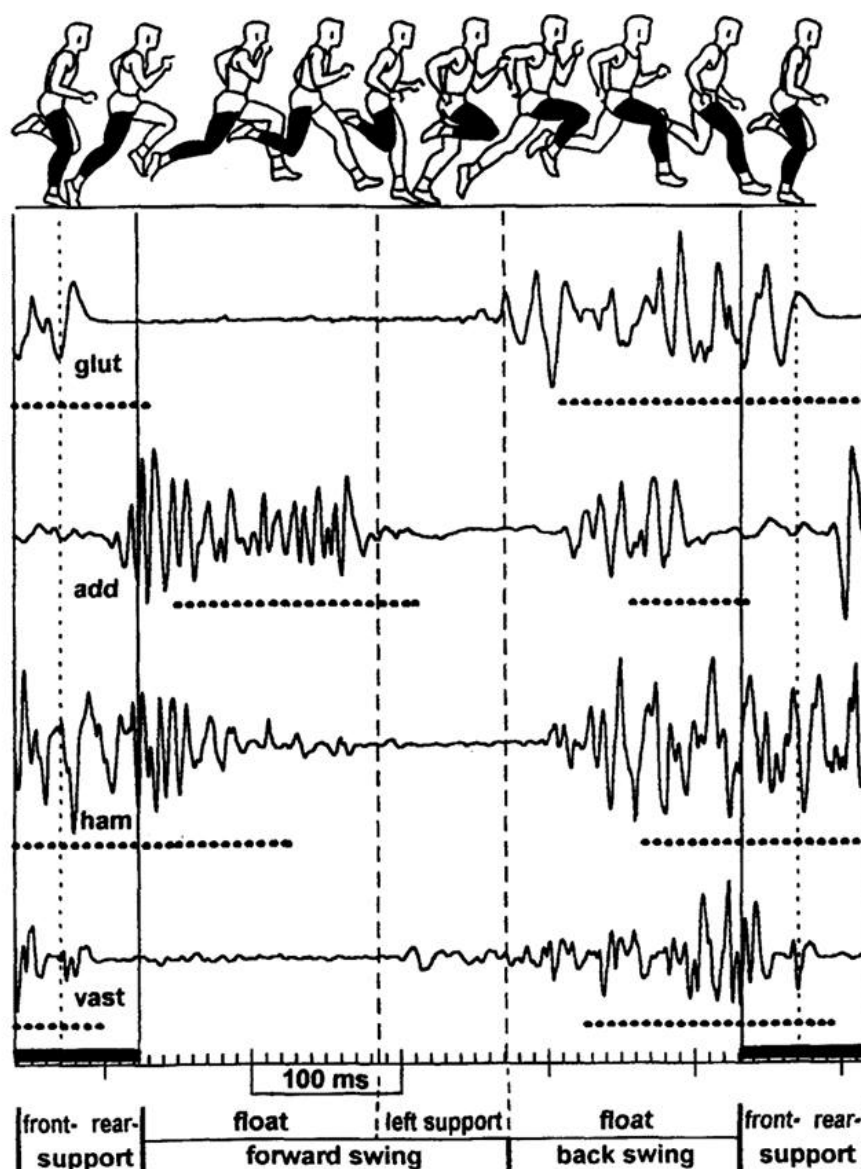
Kolmas ja viimeinen voiman laji on maksimivoima. Maksimivoimalla tarkoitetaan suurinta mahdollista voimantuottoa, johon henkilö kykenee. Mittayksikkönä käytetään yleensä newtonia (N) tai kilogrammaa (kg). Maksimivoimassa voimantuottoajalla ei yleensä ole merkitystä, mutta henkilö saavuttaa suurimman voimantuoton keskimäärin viimeistään viiden sekunnin kohdalla. (Häkkinen, Mäkelä & Mero 2004, 251 - 253; Kauranen & Nurkka 2010, 280 - 284)

Maksimivoima voi olla yksittäisen lihasryhmän eli yhden nivelen ylittävää voimaa kuten polven ojennuksessa. Maksimivoima voi olla myös useamman nivelen ylittävää liikettä, kuten jalkakyykyssä, jota kutsutaan moninivelliikkeeksi. Molemmissa yllämainituissa liikkeissä voimaa tuotetaan polvinivelen yli, mutta jalkakyykyssä se on vain yksi voimantuotollisesti merkittävistä rakenteista. Moninivelliikkeissä suorituksen kesto on tyypillisesti pidempi. Maksimivoima voidaan mitata molemmilla liikkeillä dynaamisesti, jolloin nivelen kulma muuttuu suorituksen aikana tai isometrisesti, jolloin nivelkulma pysyy vakiona koko suorituksen ajan. (Kauranen & Nurkka 2010, 276 - 279.)

#### 4.1 Eksentrisen ja konsentrisen voima

Dynaamisessa voimantuotossa nivelessä tapahtuu aina liikettä. Tämä liike voidaan jakaa eksentriseen ja konsentriseen lihassupistukseen. Konsentrisessä työssä lihas lyhenee ja voittaa ulkoisen vastuksen kuten painovoiman. Eksentrisessä työssä lihas sen sijaan pitenee aktiivisuudestaan huolimatta ulkoisen voiman tai vastavaikuttajalihaksen vaikutuksesta. Eksentrisessä supistuksessa lihas on vahvimmillaan, konsentrisessä heikoimmillaan ja isometrisessä näiden kahden ääripään väliltä. (Häkkinen 1990, 22 - 23.)

Pikajuoksussa voimantuotto on luonteeltaan dynaamista, jossa konsentrisen ja eksentrisen vuorottelevat (kuva 5). Takareisi tekee heilahdusvaiheen puolivälistä eteenpäin pääosin eksentristä työtä jarruttaen liiallista polven ojennusta ja lonkan koukistusta. Kontaktivaiheen alussa eksentrisen työ jatkuu, mutta vaihtuu loppua kohden konsentriseksi lonkan ojennuksen yhteydessä. Samalla nelipäisen reisilihaksen pisin osa eli suora reisilihas alkaa jarruttaa lonkan ojennusta. Heilahdusvaiheessa suora reisilihas toimii lonkan koukistajana, joka onkin lihaksen tärkein funktio pikajuoksussa. (Komi 1992, 169 - 174; Mero ym. 1992.)



Kuva 5. Takareiden heilahdusvaiheen ensimmäisen neljänneksen jälkeen aktiivisuus on pientä. Heilahdusvaiheen lopussa aktiivisuus kasvaa, jolloin lihastyö on eksentristä. Tätä seuraa kon-sentrinen lihastyö kontaktivaiheen lopussa. (Wiemann & Günter 1995).

#### 4.2 Isometrinen voimamittaus

Isometrinen voima on staattista eli näkyvää liikettä ei nivelissä tapahdu. Maksimaalisen voiman mittauksessa isometrisellä voimamittaustavalla on useita etuja. Se on turvallinen ja tarkka keino tietyn lihasryhmän mittaukseen tietyllä nivelkulmalla. Isometrinen voima on helposti ja luotettavasti toistettavaa, eikä se vaadi testaaajalta kalliita laitteita tai taitoja. Mikä tärkeintä, isometrinen maksimivoimatestaus on testattavalle turvallista. Voimantuoton mittaus on kuitenkin spesifistä, ja yksittäisellä testillä voidaan mitata vain tiettyä henkilön voimantuotto-ominaisuutta. Esimerkiksi hyvä polvenojennusvoima ei välttämättä kerro vielä kyykky-

tuloksesta, vaikka kyykyssä etureiden voima erittäin merkityksellistä onkin. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 138 - 140; Kauranen 2014, 231 - 234.)

Isometrisen voimamittauksen ongelma on voimantuoton staattinen tuotto. Pikajuoksussa ainoa staattinen voimantuottotila on telinelähdössä, sillä kaikkien kilpailijoiden tulee olla täysin liikkumatta valmiit-asennossa. Muutoin voimantuotto on koko suorituksen ajan dynaamista. Joukkuelajeista puuttuu tällainen keinotekoinen staattinen tila, ja kiihdytys tapahtuu useimmin pienestä liikkeestä. Onkin epäselvää, miten merkityksellistä on mitata staattista yhden nivelen voimantuottoa ja verrata sitä pikajuoksun kaltaiseen herkkää koordinaatiota ja maksimaalista nopeutta sisältävään suoritukseen. (Kauranen & Nurkka 2010, 281 - 282.)

#### 4.3 Isokineettinen voimamittaus

Isokineettinen voimamittaus on luonteeltaan dynaamista, jossa tietyllä kulmanopeudella mitataan tuotettua voimaa. Kulmanopeus on ennalta asetettu halutulle luvulle, eikä mitattava pysty siihen vaikuttamaan. Liikenopeuden pysyessä vakiona voidaan tutkia maksimivoiman ja voimasuhteiden muutosta erilaisilla nopeuksilla. Tyypillisesti kulmanopeudet, joita tutkimuksissa selvitetään, ovat 60° - 240 ° sekunnissa, mutta suurempienkin kulmanopeusarvojen vaikutuksia on tutkittu (Nosse 1982, Häkkinen 1990, 115 - 117; Ellenbecker, Roetert, Sueyoshi & Riewald 2007; Kauranen 2014, 235 - 239).

Isokineettisen voimamittauksen voisi olettaa sopivan voimatutkimuksiin isometrisiä paremmin dynaamisen voimantuoton vuoksi. Voimantuotto ei arkielämässä tai urheilusuurituksissa ole kuitenkaan vakionopeudella tapahtuvaa, vaan se koostuu erilaisista jarruttavien ja kiihtyvien liikkeiden summista. Lisäksi pikajuoksututkimuksiin isokineettinen mittaustapa ei ole juuri isometristä parempi, sillä räjähtävässä liikkeessä voi kulmanopeus olla jopa 700 - 800 astetta sekunnissa. Tällaiseen mittauskapasiteettiin eivät nykyiset mittalaitteet yllä. (Kauranen & Nurkka 2010, 284 - 288; Kauranen 2014, 235 - 237.)

Sekä isokineettisiä että isometrisiä mittauksia on käytetty aiemmissa vammoja selvittävissä tutkimuksissa (Coombs & Garbutt 2002; Schache, Crossley, Macindoe, Fahrner & Pandy 2011). Tässä tutkimuksessa keskitytään isometrisen maksimivoiman vaikutuksiin pikajuoksijoiden nopeudessa ja vammautumisriskissä.

#### 4.4 Taka-etureiden voimasuhteen merkitykset vammojen esiintymiseen

Taka- ja etureiden voimasuhteella tarkoitetaan molempien lihasten maksimaalista mitattua voimaa ja niiden suhdetta toisiinsa. Koska takareisi on lähes aina heikompi, on suhde tällöin alle yhden. (Hiemstra, Webber, MacDonald & Kriellaars 2004.) Tavanomainen reisien voi-

masuhde on noin 50 - 80 prosenttia. Toisin sanoen takareiden voima on 20 - 50 prosenttiyksiköä heikompi (Kong & Burns 2010). Myös vanhemmissa mittauksissa arvoiksi on takareidessä saatu 43 - 90 prosenttia etureiden voimasta (Nosse 1982).

Rosene, Fogarty & Mahaffey (2001) ovat esittäneet hypoteesin, että vamma-alttius voisi kasvaa, jos jalkojen keskinäinen ero tai voimasuhde reisissä olisi liian suuri. Urheilijoilla, joilla polven koukistusvoimien puoliero oli enemmän kuin 15 prosenttia, onkin ollut 2,6 kertaa suurempi riski venähdyksille ja revähdyksille heikomman takareiden alueella verrattuna urheilijoihin, joilla puoliero ei ollut (Alangari & Al-Hazzaa 2004). Pikajuoksijoilla on todettu myös kohonnutta vammariskiä takareiden ollessa liian heikko etureiteen nähden. Isokineettisessä laitteessa takareiden voiman oltua alle 60 prosenttia etureiden voimasta, oli vammariski suurentunut. (Yeung ym. 2009.)

Isokineettisen voimamittauksen tulos vaihtelee kuitenkin suuresti laitteeseen säädetyistä nopeudesta riippuen. Pienillä kulmanopeuksilla tulokset ovat lähes yhteneviä isometrisen voimamittauksen kanssa. Nopeuden kasvaessa voimantuottosuhte muuttuu selvästi. (Nosse 1982.) Kulmanopeutta ja polvikulmaa muuttamalla Hiemstran (2004) tutkimusryhmä on saanut taka-etureisisuhteeksi korkeimmillaan 1,42 ja pienimmillään lähellä nollaa olevia arvoja. Heidän tutkimuksessaan isokineettisen laitteen kulmanopeus oli 50° - 250° sekunnissa ja polvikulmaa vaihdeltiin välillä 5° - 95°. Pienillä polvikulmilla taka-etureisisuhde oli yli yksi eli takareisi kykeni suurempaan voimantuottoon kuin etureisi. Suurilla polvikulmilla takareiden voima heikkeni selvästi, jolloin voimasuhteessa lähestyttiin nollaa. Kuten aiemmin todettiin, maksimivoimamittaukset ovat spesifisiä niin mittaustavaltaan kuin nivelkulmiltaan.

Spesifisyydestään huolimatta voimasuhteella näyttäisi olevan selkeä merkitys takareisien vammojen syntyyn. Huippupikajuoksijoilla tehdyssä seurantatutkimuksessa (N=30) löydettiin yhteys voimaepätasapainon ja vammautumisen välillä. Kolmekymmentä japanilaista maailman tasolla menestynyttä sadan ja neljän sadan metrin juoksijaa mitattiin isokineettisellä laitteella ennen kauden alkua. Voima-arvot mitattiin kolmella eri kulmanopeudella: 60°/s, 180°/s ja 300°/s. Jo ennen takareiden vammaa vammautuneen ja terveen jalan polven koukistajalihasten eksentrisen ja lonkan ojentajalihasten konsentrisen voimasuhteen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero. Yllättäen vain hitaimman kulmanopeuden (60°/s) todettiin ennustavan vammaa. Sen sijaan suuremmilla kulmanopeuksilla ei tässä tutkimuksessa tilastollista merkitsevyyttä löytynyt, vaikka voisi olettaa, että suurempi kulmanopeus korreloisi paremmin maksimaalisen pikajuoksun kanssa. (Sugiura, Saito, Sakuraba, Sakuma & Suzuki 2008.) Isometriselle voimamittaustutkimukselle on edelleen paikkansa, kun huomioidaan, että isokineettisellä laitteella mitattaessa pienillä (60°/s) kulmanopeuksilla saadaan samankaltaisia voimasuhteita kuin isometrisessä työssä (Nosse 1982). Hongkongissa tehdyssä tutkimuksessa (Yeung ym. 2009) vammariskiä kohotti jopa 17-kertaiseksi taka-etureiden voimasuhteen ollessa

sa alle 0,60 isokineettisellä laitteella mitattuna 180°/s kulmanopeudella. Tässä tutkimuksessa 60°/s kulmanopeus ei osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi, mutta tutkimusprotokollan erilaisuus voi selittää tutkimustulosten eroa. Pikajuoksijat olivat kansallisen tason urheilijoita, toisin kuin Sugiuran tutkimusryhmässä (2008), jossa tutkittavien ennätysajat olivat selvästi nopeampia ja he olivat menestyneet kansainvälisesti paremmin.

Useat tutkijat ovat jo aiemmin ajatelleet takareisien suhteellisen heikkouden etureisiin nähden olevan yhteydessä reisivammojen syntyyn. On ehdotettu, että juoksun heilahdusvaiheen lopussa tapahtuvaan konsentriseen polvenojennukseen tarvittaisiin tarpeeksi suuri eksentri- nen vastavaikuttajavoima takareiden puolelta (Coombs & Garbutt 2002). Tätä käsitystä tukee Orchardin ym. (1997) tutkimus, jossa huono takareisi-etureisisuhde osoitti merkitsevästi vamma-alttiuden kasvun. Kuitenkaan kaikissa tutkimuksissa tätä ei ole pystytty toistamaan (Foreman ym. 2006). Cameronin, Adamsin ja Maherin tutkimuksessa (2003) liian vahvat etureidet osoittautuivat riskitekijäksi, mutta heikot takareidet eivät.

Vaikka voimasuhde etu- ja takareisien välillä näyttäisikin olevan merkityksellistä, on mahdollista että myös takareisien keskinäinen suhde vaikuttaisi vamma-alttiuteen. Australialaiset tutkijat selvittivät prospektiivisessa tapaustutkimuksessa takareisien keskinäisten voimien eroa. Voimat mitattiin kerran viikossa australialaisen jalkapallon pelaajalta otteluiden jälkeen. Takareisien voimaero oli suurimmillaan 1,2 prosenttia, eli takareidet olivat voimiltaan hyvin symmetriset. Alle viikko ennen vamman syntymistä voimaero kasvoi äkillisesti 10,2 prosenttiin. Tutkijat ehdottivat tällaista seurantaa etenkin aiemmista vammoista kärsineille urheilijoille. Voimamittaukset suoritettiin siten, että tavanomaisessa fysioterapia- tai valmennustyössä voidaan käyttää samankaltaista edullista ja yksinkertaista mittausprotokollaa. (Schache ym. 2011.)

Reisien voimantuottosuhte on riippuvainen polvikulmasta, jossa se on mitattu. Hyvin pienillä polvikulmilla voimasuhde kasvaa, sillä takareisi voi tällöin tuottaa suuren voima ja etureisi pienen. Suurilla kulmilla voimasuhde sen sijaan laskee. Koska voimia on mitattu erilaisilla polvikulmilla, ei yhteneviä tuloksia vammariskiin ole vielä saatu. Lisäksi voimien vertaamista isometrisellä ja isokineettisellä laitteella vaikeuttaa isokineettisten voimatutkimusten vaihtelevat kulmanopeudet. Näistä syistä useimpia tutkimustuloksia ei voida suoraan verrata näiden kahden mittaustavan välillä, vaikka pienellä kulmanopeudella voimasuhteet ovatkin hyvin lähellä isometrisen vastaavia.

Takareisirevähdyksen ennaltaehkäisy on ensisijaisen tärkeä osa valmennusta ja fysioterapiaa, koska vakavien takareisivammojen jälkeen jopa 47 prosenttia eri lajien urheilijoista on lopettanut uransa pitkittyneen kivun tai toiminnanhaitan vuoksi (Askling, Tengvar, Saartok & Thorstensson 2008). Vaikka taka- ja etureiden voimasuhteiden vaikutuksesta vamma-

alttiuteen on saatu alustavaa näyttöä, selvää konsensusta ei vielä tällä hetkellä voimasuhteen merkityksestä ole (Orchard ym. 1997; Foreman ym. 2006; Sugiura ym. 2008; Yeung ym. 2009).

## 5 Tutkimuksen tarkoitus ja tavoitteet

Fysioterapiassa toimintakyvyllä on keskeinen merkitys. Terapiatoiminnan tavoitteena on toimintakyvyn palauttaminen aiemmalle tasolle tai sen edistäminen lähtötilannetta paremmaksi. Usein tavoitteena on toimintakyvyn säilyttäminen ja ylläpitäminen. (Suomen Fysioterapeutit 2013.) Niin urheilussa kuin urheilun ulkopuolellakin ehkäisevä eli preventiivinen fysioterapia on merkityksellisintä. Vamma aiheuttaa aina inhimillistä kärsimystä ja hidastaa urheilijan kehitystä. Kuntoutus vaatii usein terapia- ja lääkärikäyntejä, mikä lisää urheilijan, yhteiskunnan tai näiden molempien kustannuksia. Vamma voi johtaa sairauspoissaoloihin työstä tai opiskelusta. Urheilijoiden kuntouttaminen vaatii lisäksi enemmän resursseja kuin ennaltaehkäisy (Krist, van Beijsterveldt, Backx & de Wit 2013). Palautuminen edes vammaa edeltävälle tasolle ei välttämättä onnistu, hyvästäkään terapiasta huolimatta. Tästä syystä vammojen syitä ja riskitekijöitä selvittäville tutkimuksille on tarvetta.

Takareiden työntövoimaa on vuosikymmeniä pidetty nopeuden kannalta tärkeimpänä tekijänä pikajuoksussa ja takareidet ovat myös aktiivisin lihasryhmä maksimaalisen nopeuden vaiheessa (Wiemann & Günter 1995). Takareisilihasten jälkeen suurin aktiivisuus on etureiden lihaksilla. Pakaran ja pohkeen suuret lihakset aktivoituvat selvästi vähemmän. (Mero ym. 1992.) Tästä syystä taka- ja etureisilihasten voimasuhteen vaikutus nopeuteen on tutkimusaiheena tärkeä. Taka-etureiden voimasuhteen vaikutusta juoksunopeuteen 100 metrillä ei ilmeisesti ole aiemmin selvitetty. Systemaattisen MEDLINE-tietokantahaun mukaan aihepiiristä ei tällä hetkellä ole saatavilla tutkittua tietoa.

### Tutkimuksen tavoitteet

1. Selvittää onko taka-etureiden voimasuhteella vaikutusta takareisivammojen esiintymiseen suomalaisilla kansallisen tason pikajuoksijoilla
2. Tutkia pikajuoksijoiden taka-etureiden voimasuhteiden vaikutusta juoksunopeuteen 100 metrillä.

Tutkimuksen keskeiset käsitteet ovat pikajuoksu, taka- ja etureisilihakset, taka-etureiden voimasuhde, takareisivammat ja juoksunopeus. Tutkimus on luonteeltaan kvantitatiivinen seurantatutkimus.

## 6 Tutkimusmenetelmät

### 6.1 Tutkittavien rekrytointi

Tutkimukseen rekrytoitiin suomalaisia kansallisen tason pikajuoksijoita. Rekrytointi tapahtui urheilukentillä harjoitusten yhteydessä, puhelimitse ja sosiaalisen median avulla. Urheilijoita tuli eri valmentajilta ja useista yleisurheiluseuroista. Tutkittavien tuli olla iältään 18 - 35 - vuotiaita tutkimuksen alkamisvuonna. Lisäksi heillä piti olla pikamatkalta vähintään Suomen Urheiluliiton asettama B-luokan raja suoritettuna. Tasoluokituksiin edellytetyt ajat on eritelty liitteessä 1. Lisäksi harjoittelun tuli olla edelleen aktiivista, ja mitattavien tuli pitää itseään kilpaurheilijoina.

Kevät-kesällä 2011 suoritettiin pikajuoksijoiden (N=21) ensimmäiset mittaukset. Noin vuoden kuluttua alkumittauksesta suoritettiin jatkomittaukset. Tutkittavilla oli oikeus kieltäytyä jatkomittauksista, ja osa jättikin tulematta jatkomittauksiin asuinpaikan vaihdon tai kilpaurheilun lopettamisen takia. Yhtä tutkittavaa ei tavoitettu useista yhteydenotoista huolimatta. Tutkimuksen jatko-osuuteen osallistui 12 miestä ja 4 naista.

### 6.2 Mittausten kulku

Mittausprotokolla oli kaikille sama, ja se on eritelty liitteessä 2. Ennen mittausten aloittamista tutkittaville kerrottiin tutkimuksen tavoite ja mittausprotokolla. He allekirjoittivat kirjallisen hyväksymisen ennen mittausten aloittamista (liite 3). Kaikki tutkimukseen osallistuneet olivat täysi-ikäisiä vuonna 2011. Yksi mitattavista täytti 18 vuotta vasta noin kuukausi ensimmäisen mittauksen jälkeen, joten hänen huoltajansa antoi kirjallisen luvan ennen mittauksia ja testihenkilö täytti hyväksymislomakkeen täysi-ikäisyyden saavutettuaan.

Hyväksymisen jälkeen suoritettiin 10 minuutin lämmittely Monark-kuntopyörällä. Tämän jälkeen mitattiin ensin pituus ja tämän jälkeen paino, rasvaprosentti sekä painoindeksi. Antropometristen ominaisuuksien, pituutta lukuun ottamatta, mittaukseen käytettiin Tanita BC-420MA bioimpedanssilaitetta.

Varsinainen voimamittaus suoritettiin HUR Leg extension/Curl -laitteella (kuva 6), johon oli kytketty dynamometri eli voimamittari. Voimamittarin arvot luettiin HUR Performance Recorder -laitteen avulla (kuva 7). Mitattavia opastettiin säätämään selkätuki ja polvikulma itselleen parhaimmalta tuntuvaksi. Tämän jälkeen reisi ja lantio tuettiin penkkiin voiden avulla. Näin voima saatiin suunnattua mahdollisimman tehokkaasti dynamometriin. Kädet pidettiin ristissä rinnan päällä, jotta yläraajojen voima ei vaikuttaisi tuloksiin. Mitattavat lihasryhmät olivat polven ojentajat ja koukistajat, isometrisesti yksi jalka kerrallaan. Mitattavilla oli mah-

dollisuus kolmeen suoritukseen mitattavaa lihasryhmää kohden. Yksittäisen suorituksen kesto oli maksimissaan viisi sekuntia, mutta kolmen sekunnin jälkeen tulos ei juuri kenelläkään enää parantunut. Dynamometri mittasi vain maksimivoimaa eikä voimantuottonopeutta. Palautusaika suoritusten välissä oli yksi minuutti.

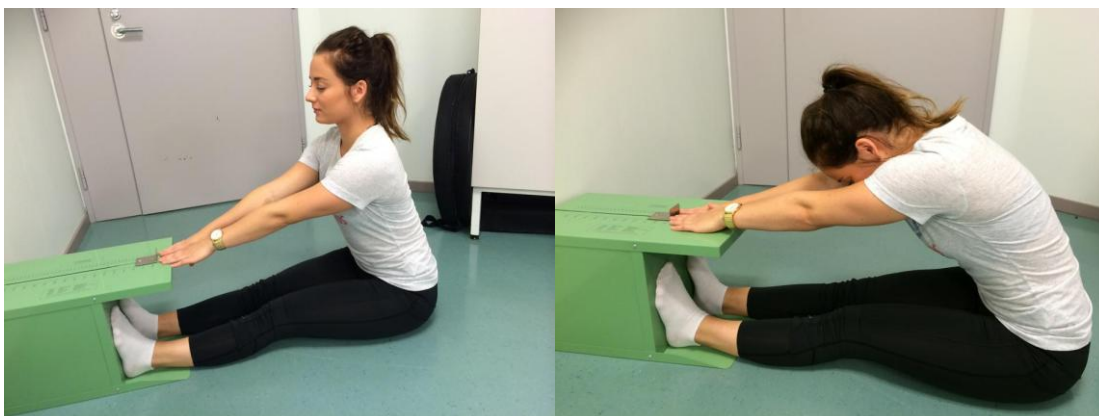


Kuva 6. Hur Research Line Leg Extension/Curl. Hur Labs Oy. Polven ojennus- ja koukistusvoiman harjoittamiseen sekä testaamiseen kehitetty tuote.

Kuva 7. HUR Performance Recorder. Hur Labs Oy. Isometriseen voimamittaukseen tarkoitettu mittalaite.

Voimamittausten jälkeen testattiin kehon yleistä liikkuvuutta eteentaivutus- eli sit-and-reach-testillä (kuvat 8 & 9.). Testi mittaa epäspesifisesti vartalon takaosan notkeutta. Eniten testissä korostuu takareiden ja alaselän liikkuvuus, mutta myös rintarangan, pakaroiden ja pohkeiden venyvyydellä on merkitystä. Testaus suoritetaan ilman kenkiä tarkoitukseen varattua mittauslaatikkoa käyttäen, johon on merkitty senttimetreit. Testattava työntää liikkuvaa muoviosaa eteenpäin, josta mittaaaja katsoo saavutetun liikkuvuuden senttimetreinä (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 181 - 183.) Eteentaivutustestin merkitystä on kritisoitu takareiden liikkuvuuden mittauksessa, sillä raajojen pituudet sekä selän liikkuvuus vaikuttavat tulokseen niin merkittävästi. (Kerkhoffs ym. 2013) Kehon yleistä liikkuvuutta mittaavana testinä se on kuitenkin validi, ja valittiin siitä syystä yhdeksi taustamuuttujaksi. Liikkuvuus haluttiin mitata vasta lopuksi, sillä lukuisten tutkimusten mukaan staattinen venyttely voi vähentää voimantuottoa (Ylinen 2010, 27 - 30). Liikkuvuustestin suorittaminen ennen voimamittauksia olisi näin ollen voinut vaikuttaa tuloksiin. Viitearvot on eritelty liitteessä 4.





Kuva 8. Eteentaivutustesti eli sit-and-reach -testi mittaa epäspesifisesti takareiden, pakaroiden ja lanneselän liikkuvuutta.

### 6.3 Tilastolliset menetelmät

Tulosten analysointi suoritettiin SPSS 21.0 -ohjelmalla. Muuttujille laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat (SD). Muuttujien normaalijakautuneisuutta testattiin Shapiro-Wilk -testillä. Aineiston käsittelyyn valittiin ei-parametrisiä testejä, sillä yhtä tutkimusmuuttujaa (rasvaprosentti) lukuun ottamatta, kaikkien tutkimusmuuttujien normaalijakautuneisuus hylättiin edellä mainitun testin perusteella. Riippuvuutta tarkasteltiin taka-etureisivoimasuhteiden ja 100 metrin juoksunopeuden välillä Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen avulla.

Tulosten tilastollisen merkitsevyyden raja-arvoina käytettiin  $P < 0,05$ .

## 7 Tulokset

### 7.1 Tutkimuksen osallistujat

Kolmetoista suomalaista miespikajuoksijaa ja kahdeksan naista mitattiin kevät-kesällä 2011 ja 2012. Osallistujat olivat 18 - 33 -vuotiaita, miehet keskimäärin naisia hieman vanhempia. American College of Sports Medicinen viitearvojen perusteella kaikki osallistujat olivat painoindexiltään normaalipainoisia (American College of Sports Medicine, ACSM 2010, 64). Rasvaprosentin keskiarvot olivat miehillä hieman alle erinomaisen tason ja naisillakin selvästi keskiarvoa paremmat. Rasvaprosentin viitearvot on eritelty liitteessä 4. Myös eteentaivutustestin keskiarvot olivat sekä miehillä että naisilla hyvällä tasolla (ACSM 2010, 100).

Tutkimuksen osallistujien taustamuuttujat mitattiin sekä ensimmäisissä että toisissa mittauksissa. Taulukossa 1 ilmoitetut muuttujat ovat ensimmäiseltä mittaukserralta. Taustatekijöiden lisäksi taulukossa on eritelty myös liikkuvuustestin tulos. Alku- ja loppumittauksen arvot, taustamuuttujien ja liikkuvuustestin osalta, eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

Viisi henkilöä kieltäytyi jatkotutkimuksesta tai heitä ei tavoitettu useista yrityksistä huolimatta loppumittauksiin. Poispudonneiden määräksi jatkotutkimuksessa tuli näin 24 prosenttia.

Taulukko 1. Tutkittavien taustamuuttujat.

Muuttujat	Miehet	Naiset
	n = 13 (keskiarvo $\pm$ SD)	n = 8 (keskiarvo $\pm$ SD)
Ikä	24 $\pm$ 5,4	20 $\pm$ 2,1
Pituus (cm)	181 $\pm$ 5,9	171 $\pm$ 3,4
Paino (kg)	78 $\pm$ 8,1	62 $\pm$ 3,1
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	24 $\pm$ 2,0	21 $\pm$ 1,3
Rasvaprosentti	8 $\pm$ 2,3	17 $\pm$ 2,9
Eteentaivutustesti (cm)	34 $\pm$ 11,2	38 $\pm$ 6,4

## 7.2 Lihasvoimat ja taka-etureiden voimasuhde

Isometrisissä lihasvoima-arvoissa ja taka-etureiden voimasuhteissa oli suuria yksilöllisiä eroja. Miehillä etureiden lihasvoima-arvot vaihtelivat 55 - 121 kilogramman välillä ja takareiden 31 - 76 kilogramman välillä. Naisilla reiden lihasten voimien vaihtelut olivat selvästi vähäisempiä, etureisien voima-arvojen vaihdella 37 - 78 ja takareisien 29 - 51 kilogramman välillä. Taulukkoihin 2 ja 3 on koottu nämä mittauksissa saadut absoluuttiset voima-arvot. Myös yksilöiden henkilökohtaiset mittaustulokset vaihtelivat suuresti vuoden 2011 ja 2012 välillä. Vaihtelusta esimerkkinä on kuvio 2., jossa on eritelty miesten yksittäisten osallistujien oikean jalan etureiden lihasvoimat eri vuosina. Taulukossa 4 on lasketut osallistujien lihasvoimien keskiarvot ja -hajonnat sekä taka-etureiden voimasuhteet.

Taulukko 2. Miesten voima-arvot ensimmäisissä ja toisissa mittauksissa. Ylhäällä oikean jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat. Alhaalla vasemman jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat.

Tutkitavan numero	1. mittaus	2. mittaus	Tutkitavan numero	1. mittaus	2. mittaus
	2011 n=13	2012 n=12		2011 n=13	2012 n=12
101	41,5	41,5	101	75,8	66,6
102	62,8	51,8	102	82,4	101,1
103	53,6	37,2	103	63,6	69,8
104	31,1	43,8	104	55,6	67,0
105	63,5	62,1	105	77,3	93,1
106	57,8	56,0	106	81,4	82,4
107	51,9	-	107	64,6	-
108	44,2	57,3	108	42,1	47,5
109	44,6	47,8	109	62,6	65,1
110	64,8	59,8	110	109,4	85,7
111	40,9	57,2	111	66,0	84,2
112	55,5	47,5	112	79,2	70,9
113	76,4	57,2	113	121,0	88,3

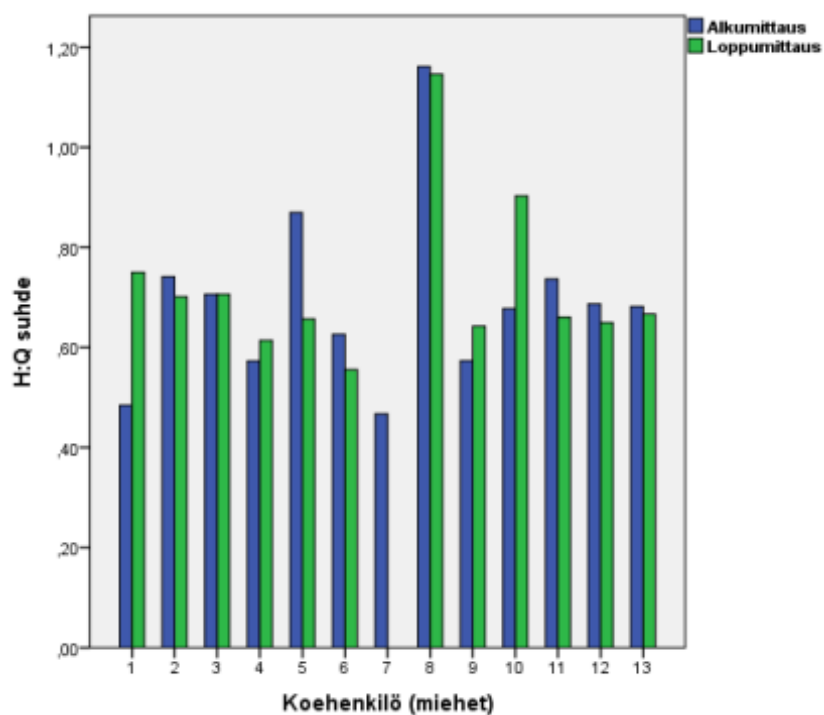
Tutkitavan numero	1. mittaus	2. mittaus	Tutkitavan numero	1. mittaus	2. mittaus
	2011 n=13	2012 n=12		2011 n=13	2012 n=12
101	44,0	46,2	101	90,8	61,6
102	63,9	61,7	102	86,1	88,0
103	49,3	48,0	103	69,8	67,9
104	33,3	39,9	104	58,2	64,9
105	63,1	64,2	105	72,6	97,8
106	55,3	50,3	106	88,3	90,5
107	48,7	-	107	104,3	-
108	51,1	54,8	108	44,0	47,8
109	41,8	46,8	109	72,9	72,9
110	73,2	69,0	110	108,1	76,5
111	52,8	56,3	111	71,7	85,2
112	53,7	51,5	112	78,1	79,2
113	65,4	61,0	113	95,9	91,5

Taulukko 3. Naisten voima-arvot ensimmäisissä ja toisissa mittauksissa. Ylhäällä oikean jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat. Alhaalla vasemman jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat.

Tutkittavan numero	1. mitta	2. mitta	Tutkittavan numero	1. mitta	2. mitta
	2011 n=8	2012 n=4		2011 n=8	2012 n=4
201	32,5	-	201	45,6	-
202	40,9	-	202	56,6	-
203	36,5	32,6	203	60,2	55,3
204	29,9	-	204	37,4	-
205	36,5	41,4	205	46,5	61,6
206	38,7	29,2	206	77,4	75,6
207	40,9	48,8	207	72,3	71,9
208	43,4	-	208	49,3	-

Tutkittavan numero	1. mitta	2. mitta	Tutkittavan numero	1. mitta	2. mitta
	2011 n=8	2012 n=4		2011 n=8	2012 n=4
201	36,5	-	201	52,2	-
202	46,7	-	202	64,2	-
203	37,6	33,5	203	60,2	58,3
204	31,1	-	204	45,0	-
205	41,2	50,7	205	42,8	65,6
206	38,7	33,9	206	69,0	67,2
207	39,8	46,5	207	72,3	78,5
208	46,0	-	208	51,8	-



Kuvio 2. Oikean jalan polven ojennuksen eli ekstension lihasvoimat miehillä ensimmäisellä ja toisella mittauksella.

Taulukko 4. Isometristen lihasvoima-arvojen ja taka-etureisi-suhteen keskiarvot ja keskihajonnat alaraajoittain.

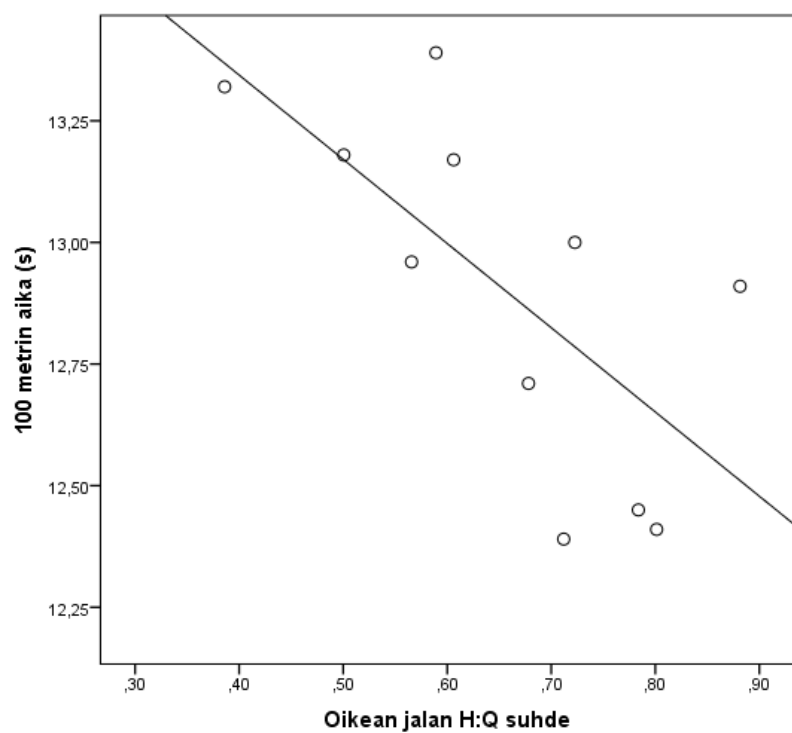
Muuttujat	Miehet	Naiset
	n = 13 (keskiarvo ± SD)	n = 8 (keskiarvo ± SD)
Takareisilihakset		
Oikea jalka	52 ± 10,3	38 ± 5,9
Vasen jalka	54 ± 9,6	40 ± 6,2
Etureisilihakset		
Oikea jalka	77 ± 18,2	58 ± 13,2
Vasen jalka	79 ± 16,2	61 ± 11,0
Taka-etureisisuhde (%)		
Oikea jalka	70 ± 15,6	67 ± 14,4
Vasen jalka	71 ± 16,6	68 ± 14,1

### 7.3 Taka-etureiden voimasuhde ja takareisivammat

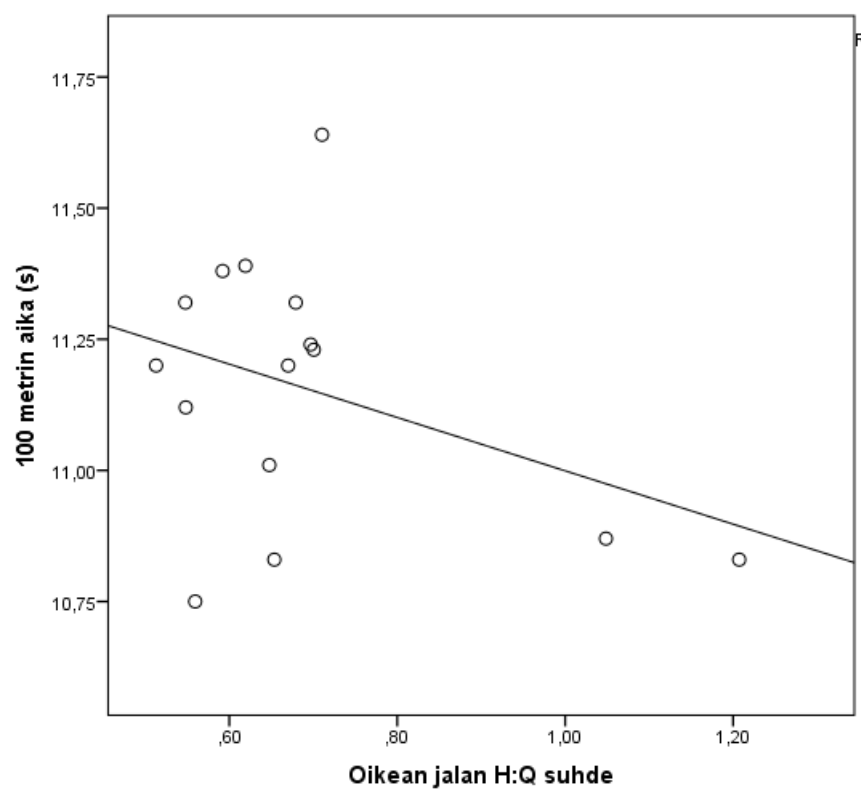
Ainoastaan yksi tutkimukseen osallistujista kärsi takareisivammasta tutkimuksen aikana. Tämän perusteella mitään merkitsevää yhteyttä taka-etureiden voimasuhteen ja takareisivammojen välillä onkin vaikea todistaa. Voidaan kuitenkin todeta, että vammautuneen koehenkilön molempien jalkojen taka-etureisisuhde oli täysin terveisiin koehenkilöihin verrattuna pienempi ja kaiken kaikkiaan tutkimusmittausten pienimpiä.

### 7.4 Taka-etureiden voimasuhde ja 100 metrin juoksunopeus

Tutkimuksessa löytyi tilastollisesti merkitsevä korrelaatio naisten molempien jalkojen taka-etureiden voimasuhteen ja 100 metrin juoksunopeuden välillä (vasen jalka  $p = 0,032$  ja oikea jalka  $p = 0,016$ ). 100 metrin juoksuaika oli sitä parempi, mitä suurempi taka-etureisisuhde koehenkilöllä oli. Miehillä taka-etureisisuhde ei korreloinut juoksunopeuden kanssa (vasen jalka  $p = 0,950$  ja oikea jalka  $p = 0,854$ ). Kuviossa 3. ja 4. on esitetty hajontakuvioiden avulla taka-etureiden suhdetta juoksuun käytetyn ajan kanssa.



Kuvio 3. Taka-etureiden voimasuhteen vaikutus 100 metrin juoksunopeuteen naisilla.



Kuvio 4. Taka-etureiden voimasuhteen vaikutus 100 metrin juoksunopeuteen miehillä.

## 8 Pohdinta

Fysioterapia on yhä enemmän yhteydessä terveyden edistämiseen, ei pelkästään oireiden tai jo syntyneiden vaivojen hoitoon. Samalla fysioterapian toiminta-alue on laajentunut. Pelkästä yhden lihaksen harjoittamisesta tai nivelen mobilisaatiosta ollaan siirtymässä kokonaisvaltaiseen terapiaan, joka vaatii taitoja niin liikuntalääketieteen kuin perinteisen fysioterapian alueilta. (Kolt 2003.)

### 8.1 Tulokset

Tämän tutkimuksen perusteella taka-etureisisuhteella on vaikutusta naisten sadan metrin tulokseen. Sen sijaan miehillä yhteyttä ei löytynyt. Miesten suuremmasta otannasta johtuen olisi olettanut, että johtopäätöksiä voitaisiin vetää. Miehet olivat kokonaisuudessaan erittäin heterogeeninen ryhmä, jossa iän lisäksi pituus, paino ja voima-arvot heittelivät laajalti. Sen sijaan naisilla ryhmä oli homogeenisempi, jolloin merkitseviä tekijöitä löytyy todennäköisemmin.

Vamma-alttiudesta ei tämän tutkimuksen perusteella voi vetää johtopäätöksiä. Naisilla ei takareisivammoja tutkimuksen aikana esiintynyt, ja miehilläkin vain yhdellä. Vaikka miehillä olisi ollut enemmänkin vammoja, ei merkitseviä tuloksia siitä huolimatta välttämättä olisi saatu.

### 8.2 Mittauksista

Mittaukset suoritettiin kaikille samalla tavalla ja samassa järjestyksessä. Mittauksia harjoitettiin ennen testien suorittamista tutkijasta riippuvan virhemarginaalin minimoimiseksi. Tutkijalla oli mittausprotokollalomake aina mukana, jotta ohjeistus, järjestys ja palautusaika olivat kaikille samat.

Tutkittavat vyötettiin reiden ojennus/koukistuslaitteeseen. Vyö oli kiinni sekä reiden että lantion ympärillä. Tällä varmistettiin, että kaikki voima siirtyi voimamittariin. Lisäksi estettiin tulosten vääristyminen, sillä ilman lantiotukea olisi mahdollista käyttää lonkan ojentajia avustamaan polven ojennusta. (Nosse 1982.)

Mitattavien vuoden välein saadut tulokset erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Muutama urheilija kertoi vähentäneensä voimaharjoittelua vuoden takaisesta, mikä selittäisi maksimaalisten voima-arvojen selvän laskun. Tulosten nousemisen osalla mitattavista selittää todennäköisesti voimaharjoittelun jatkuminen vuoden pidempään.

Rasvaprocentin mittauksessa sähköinen bioimpedanssilaitte on vertailukelpoinen perinteisten ihopoimiumittausten kanssa virhemarginaalin ollessa samaa luokkaa. Laite mittaa nesteen määrää kehossa. Tästä syystä kehon nestemäärään vaikuttavat tekijät voivat vääristää tuloksia. Ennen mittauksia tulisi olla syömättä vähintään neljä tuntia, eikä edellisenä päivänä saisi olla harrastanut hikoiluttavaa liikuntaa. Naisia ei tulisi mitata ennen kuukautisia tai niiden aikana mahdollisesti kerääntyneen nesteen vuoksi. (Fogelholm 2007, 48, 50; ACSM 2010, 71.) Rasvaprocentin ei katsottu olevan merkityksellistä tutkimuksen tulosten kannalta, jolloin näitä ohjeistuksia ei kuitenkaan edellytetty mitattavilta. Urheilijoiden paikalle saaminen oli ilman lisärajoituksiakin erittäin hankalaa. Lisäksi mittausten sovittaminen naisten kuukautiskierron mukaan olisi aiheuttanut vielä lisätyötä tai mahdollisesti vähentänyt tutkimushenkilöiden määrää.

### 8.3 Tutkimuksen toteutuksesta

Tämä oli tietääksemme ensimmäinen tutkimus, jossa mitattiin suomalaisten pikajuoksijoiden reisien voimasuhteita systemaattisesti. Näitä voimasuhteita pystyttiin myös vertaamaan juostuihin aikoihin ja mahdollisiin vammoihin. Tulevissa tutkimuksissa voidaan selvittää laajemmilla otannoilla ja isometrisellä tai -kineettisellä mittaustavalla voimien merkitystä juoksunopeuteen ja vamma-alttiuteen.

Tutkimuksen merkittävimäksi puutteeksi nousi joidenkin mitattavien kilpailemattomuus mitausvuosina. Täten voimasuhteita ei voitu verrata vammautumiseen tai juoksunopeuteen. Kilpailemattomuuteen vaikutti elämäntilanteen muutos, sillä moni tutkittavista sattui valitettavasti lopettamaan urheilu-uransa mittausten aikana tai pian sen jälkeen. Tämä oli valitettavaa tutkimuksen tulosten kannalta, sillä selkeitä merkitsevyksiä ei nyt saatu esille.

Naisten osalta tutkimuksen lopettaneiden määrä oli sekä määrällisesti että suhteellisesti suurempi, vaikka naisia oli tutkimuksen aloittaneissa vähemmän. Aiemmissakin juoksijoiden vammoja selvittävissä tutkimuksissa naisten osallistuminen on ollut miehiä vähäisempää ja keskeyttämismäärä suurempaa. (Yeung & Yeung 2001.) Selkeää syytä kyseiselle ilmiölle ei ole. Tutkijoilla on itsetutkiskelun paikka, sillä useat juoksua käsittelevät tutkimukset eri vuosikymmeniltä on nimenomaan tehty miehillä (Marti, Vader, Minder & Abelin 1988; Nummela, Mero, Stray-Gundersen & Rusko 1996; Sugiura ym. 2008). Yhtenä syynä miesten yleisempään tutkimuskohteena olemiseen aiemmissa juoksijoita käsittelevissä tutkimuksissa on naisten hormonitoiminta. Hormonikierto voi vaikuttaa suorituskkyyn etenkin kestävyysuorituksessa (Oosthuyse & Bosch 2010). Toisaalta teholajeissa ei ole havaittu suoritustehon muutosta kuukautiskierron eri vaiheissa (Tsampoukos, Peckham, James & Nevill 2010). Naisten juoksuvammoja on kuitenkin tutkittu sekä erikseen että miesten kanssa, mutta naisten osallistujamäärät ovat lähes poikkeuksetta noin kolmasosa miesten vastaavista (Hoeberigs 1992). Samankaltai-



siin suhdelukuihin päästiin tässäkin tutkimuksessa, vaikka tutkittavien kokonaismäärä oli pienempi.

Mittaukset suoritettiin kahdesti, noin vuoden välein kevät-kesällä 2011 ja 2012. Tämä oli käytännön syistä johtuvaa, sillä urheilijoiden aikataulujen ja harjoitusten yhteensovittaminen mittauksiin oli erittäin haastavaa. Mittaukset suoritettiin Laurea-ammattikorkeakoulun tiloissa Otaniemessä, jonne mitattavat saapuivat eri puolilta pääkaupunkiseutua. Tämä vaati järjestyksensä niin oppilaitoksen tilojen käytön kuin mitattavien ohjeistuksessa paikan löytämisen suhteen.

Optimaalisessa tilanteessa mittaukset olisi suoritettu neljä kertaa vuodessa; sekä ennen että jälkeen halli- ja ulkoratakauden. Nykyiset mittaukset korreloivat kuitenkin erinomaisesti kessäkauden tulosten kanssa, sillä molemmat testikerrat suoritettiin ennen kesän kilpailukautta tai sen aikana. Lisämittauksiin olisi voinut olla paremmat mahdollisuudet laajemmilla henkilöresursseilla. Tutkimuksen vaatima työpanos oli verrattain suuri, sillä pelkästään yhden kerran mittausjärjestelyt vaativat kymmeniä työtunteja ennen tulosten analysointia.

Alkuperäisenä ajatuksena oli saada aika-voimantuottokäyrä isometrisen maksimivoiman lisäksi. Tällöin voimantuoton nopeutta olisi voitu analysoida muun datan ohella. (Ahtiainen & Häkkinen 2007, 139.) Voimantuottokäyrästä olisi voitu havaita, kuinka nopeasti henkilö tuottaa maksimivoiman. Etenkin pikajuoksun kaltaisessa lajissa voimantuottoon käytetyllä ajalla on oletettavasti tärkeämpi rooli kuin absoluuttisella voima-arvolla. Spekuloiden voisi ajatella, että nopeampi juoksija saavuttaisi maksimivoimansa aiemmin kuin enemmän hitaita lihassoluja omaava henkilö. Valitettavasti käytetty ohjelma oli erittäin epäluotettava ja kaatui jokaisessa mittausyrityksessä. Tutkimuksessa maksimaaliseksi voimaksi tuli viiden sekunnin aikana suurin mitattu arvo. Voimantuottonopeuden selvittäminen taka-etuureisille isometrisissä supistuksissa jää tulevien tutkimuksien varaan.

Mitattavien otoskoko oli kohtuullinen, etenkin resurssit huomioon ottaen. Ottamalla yhteyttä useampiin valmentajiin, olisi tutkittavien määrää voitu laajentaa. Kuitenkin osa valmentajista, joihin otettiin yhteyttä, ei halunnut riskeerata urheilijoidensa harjoittelua tutkimuksen vuoksi. Vaikka isometrisen mittauksen merkitys ja turvallisuus selitettiin, ei se lisännyt valmentajien intoa lähettää urheilijoitaan paikalle. Kirjallinen muutaman sivun mittainen ”mainos” asiasta olisi voinut saada valmentajat myöteämielisemmäksi tutkimukselle. Kaksinkertaisella, esimerkiksi 40 hengen, otoksella tuloksien yleistettävyyys ja tilastollisten merkitsevyyksien esille saaminen olisi ollut parempi. Laajemmalla otannalla tutkimuksen keskeyttäneiden merkitys pienenesi.

Tutkimuksessa ei ollut mukana pelkästään sadan ja kahdensadan metrin juoksijoita, vaan myös aitureita ja 400 metrin juoksijoita. Tämä ei sinänsä ole negatiivinen asia, sillä tällä otoksella yleistettävyyys kaikkiin pikajuoksulajeihin on parempi. Näin heterogeenisessä ryhmässä on silti epätodennäköisempää löytää merkitseviä tuloksia. Osa jätti kilpailematta kaudella kokonaan, joten vertailukelpoisia tuloksiakaan ei tullut. Jatkotutkimuksissa voisi olla perusteltua rajata tutkittavat pääalajiltaan esimerkiksi lyhyeen ja pitkään pikamatkaan, kuten Sugiura tutkimusryhmineen (2008) teki jakaen tutkittavat 100 ja 400 metrin juoksijoihin.

Molemmilla mittauskerroilla harjoiteltiin laitteen käyttöä ennen varsinaisia mittauksia. Toisin kuin Kauppinen ja Koposen (2007) polven eturistiside-kuntoutujien opinnäytetyössä, tässä tutkimuksessa ei ollut mahdollisuuksia tehdä tutkittaville pelkkiä harjoituskäyntejä voimamittaukseen. Kuten aiemmin todettiin, urheilijoiden harjoitusohjelmaan ja elämäntilanteeseen oli vaikea saada edes yhtä mittausta sopimaan kerralla. Tämä jättää kuitenkin avoimen kysymyksen siitä, saivatko pikajuoksijat kaikkea irti mittauksissa. Isometrinen voima oli kuitenkin harjoitusmuotona useimmille täysin tuntematon. Voidaankin spekuloida, että viikkoa ennen tehty harjoitusmittaus olisi voinut tuottaa suuremmat absoluuttiset voima-arvot kuin nyt mitatut. Silti voimasuhde ei välttämättä olisi muuttunut kovinkaan paljon, joten tuloksia voidaan pitää tältä osin luotettavina.

Voimamittauksessa tutkittavat istuivat lonkka koukistuneena noin 90 asteen kulmassa. Kuitenkin Nossen (1982) mukaan polven ojentajalihasten isometrinen voima oli suurin, kun lonkkakulma oli ojennuksessa. Tämä asetti suoran reisilihaksen esivenytykseen. Polven koukistajien voima sen sijaan oli suurempi lonkan ollessa koukistuneena, jolloin kaksipäisen reisilihaksen pitkä pää ja puolijänteinen sekä puolikalvoinen lihas olivat pienessä esivenytyksessä. Tulos on anatomisesti ajatellen looginen, sillä takareiden polvea koukistavat lihakset kaksipäisen reisilihaksen lyhyttä päätä lukuun ottamatta toimivat myös lonkan ojentajina. Vastaavasti nelipäisen reisilihaksen suora reisilihas koukistaa lonkkaa ja ojentaa polvea. Kun lihas on valmiiksi lyhentynyt, on sen voimantuottokapasiteetti heikompi.

Polvikulma mittauksessa vaikuttaa oleellisesti voimantuottoon. HUR Leg extension/Curl -voimamittauslaitteessa lonkkakulma on vakioitu laitteeseen, kun voimaa mitataan isometrisesti. Polvikulma on osittain vakioitu, mutta nilkkatukea säätämällä on mahdollista asettaa säären vipuvarsi itselleen sopivimpaan asentoon. Jokainen mitattava sai kokeilla eri kulmia nilkkatuella ja valita itselleen mieluisimman. Kulman muunto varsinaisten mittaussuoritusten aikana onnistui myös, ja osa käyttikin tätä vaihtoehtoa. Dynamometri mittaa vain siihen kohdistuvaa voimaa, eikä ota huomioon vääntömomenttia eri kulmilla. Tästä syystä goniometrin eli kulmamitan avulla otettiin polvikulman aste ylös samoin kuin laitteen säädöt. Todellinen voima laskettiin näiden tietojen avulla HUR Performance Record -ohjelmalla mittausten jälkeen. Tuloksissa on huomioitu vain todelliset voima-arvot ja näistä lasketut voimasuhteet.

Nosse (1982) on esittänyt kritiikkiä useita vanhempia isometrisiä tutkimuksia kohtaan. Lonk-  
kakulman vaikutus mittaustuloksiin on oleellinen tekijä, mutta vielä tärkeämpää on pohtia  
isometrisen voiman merkitystä dynaamisen voimantuottoon. Staattisesti tuotetulla 3 - 5 se-  
kunnin maksimivoimalla on hyvin vähän yhteistä nopeaan liikkeeseen, jossa voimantuottoaika  
eli kontaktiaika maassa on vain sekunnin kymmenyksen luokkaa. Epäselvää onkin, kuinka pal-  
jon isometrisestä voimasta voidaan vetää johtopäätöksiä pikajuoksuun. Tämä tutkimus on silti  
osoittanut, että isometrisesti mitatun reisien voimasuhteen korrelaatio etenkin naisten sadan  
metrin aikaan on merkitsevä.

Toinen yleisesti käytetty voimamittaustapa, isokineettinen, ei sekään ole ongelmaton. Laite  
itsessään on kallis, eikä sovellu täten tavanomaiseen kliiniseen fysioterapia- tai valmennus-  
työhön. Vaikka voimantuotto on dynaamista, on liikenopeus laitteessa vakioitu. Sen siirtovai-  
kutukset pikajuoksuun - tai mihin tahansa päivittäiseen toimintoon - voidaan kyseenalaistaa.  
(Kauranen & Nurkka 2010, 282 - 285) Lisäksi isokineettisten voimamittausten tutkimusmenetelmät  
ovat Nossen (1982) mukaan hankalasti todennettavissa arkielämässä, sillä useimmissa tutki-  
muksissa maksimivoima on mitattu vain äärivenytyksessä, ei lihaksen optimaalisella voiman-  
tuottopituudella, jota esimerkiksi pikajuoksussa esiintyy. Nossen kritiikki, vaikka yli 30 vuo-  
den takaa, pätee edelleen hyvin useimpiin voimamittaustutkimuksiin.

Tutkimuksen suunnittelu oli osin puutteellista. Seurantatutkimus vaati työn suhteellisen aikai-  
sen aloittamisen, mikä johti siihen, että tutkimussuunnitelma ja teoriakehys jäivät aluksi pin-  
nallisiksi. Jo ennalta oli tiedossa, että työmäärän laajuus yhdelle hengelle on suurehko. Vasta  
tutkimuksen edetessä kuitenkin paljastui, kuinka suuresta työpanoksesta oli kysymys. Työ-  
määrä ja selkeän aikataulutuksen puute aiheutti työn viivästymisen. Tutkijan kokemattomuus  
oli yksi hidastumista aiheuttanut tekijä. Projektin myötä ymmärrys tutkimuksen tekemisestä  
kasvoi. Työ opetti kvantitatiivisen tutkimuksen luonteesta ja yleisesti tieteen tekemisestä.

#### 8.4 Eettisyys

Tutkittavilta edellytettiin täysi-ikäisyyttä mittausten suorituksen hetkellä. Yksi pikajuoksija  
halusi osallistua mittauksiin vielä ollessaan alaikäinen, mittausten ollessa keväällä ja alku-  
kesästä. Hänen vanhemmaltaan pyydettiin kirjallinen lupa tutkimuksen osallistumiseen ja  
noin kuukautta myöhemmin hän allekirjoitti itse tutkimuslomakkeen täytettyään 18 vuotta.  
Tutkittavilla oli mahdollisuus kieltäytyä milloin tahansa jatkomittauksesta tai keskeyttää jo  
aloitettu mittaus. Ennen alkulämmittelyä mitattaville kerrottiin tutkimuksen tarkoitus ja pyy-  
dettiin allekirjoittamaan tutkimuksen hyväksymislomake. Jo ennen paikalle saapumista urhei-  
lijoille oli kerrottu voimamittauksesta ja kehonkoostumuksen selvittämisestä. Hyväksymislo-  
make löytyy liitteestä 3.

Tutkimuksesta seurasi lievää haittaa muutamalle osallistujalle. Yhdellä kramppassi rintalihas reiden voimamittauksen yhteydessä huolimatta siitä, että kädet olivat ristissä rinnan päällä eikä ylävartalon voimaa voinut käyttää vääristämään tuloksia. Eräällä mitattavalla oli takareisi krampannut harjoituksissa kolme päivää aiemmin, jonka takia voimamittaus tuotti kipua. Aran lihaksen testaus keskeytettiin tähän. Tämän henkilön ensimmäistä mittaustulosta ei huomioitu tuloksissa. Viimeinen tutkittavien raporttoima haitta oli voimamittauksen jälkeen tehty jalkakyykkyharjoitus, jossa etureisi oli krampannut suorituksen aikana.

## 8.5 Vammojen ehkäisystä

Vakavien takareisirevähdyksien jälkeen lähes puolet eri lajien urheilijoista on joutunut lopettamaan uransa (Askling, Tengvar, Saartok & Thorstensson 2008). Takareisivammojen jälkeen voimat ovat heikentyneet ja takareisien liikkuvuus huonontunut, mikä voi edesauttaa uuden vamman syntyyn (Jönhagen, Németh & Eriksson 1994). Vammojen ennaltaehkäisy on tästä syystä erittäin tärkeää niin valmennuksessa kuin fysioterapiassakin. Venyttelystä ei ole havaittu olevan hyötyä vammojen ehkäisyssä (Askling, Karlsson & Thorstensson 2003; Arnason ym. 2008; Brooks ym. 2006; ). Kraemer & Knobloch (2009) ovat havainneet naisjalkapalloilijoilla vähemmän takareisivammoja tasapainoharjoittelun jälkeen. Tasapainoharjoittelun vaikutuksesta pikajuoksijoiden vamma-alttiuteen ei kuitenkaan ole tietoa.

Foremanin ym. (2006) tutkimuksessa epäiltiin, että yleinen jalkojen lihasten vahvistaminen voi jopa suurentaa vammariskiä, sillä monissa voimaliikkeissä etureidet ovat tärkein suorittava lihasryhmä. Tällöin etu- ja takareiden voimasuhde heikkenee, vaikka yleinen voimataso paranisikin. Kuitenkaan Sugiura ym. (2008) eivät eliittipikajuoksijoita käsittelevässä prospektiivisessä tutkimuksessaan saaneet mitään viitettä etureisien vaikutuksesta vamma-alttiuteen. Heidän 30 hengen otoksessaan polven koukistajien eksentrinen ja lonkan ojentajien konsentrisen voimaepätasapaino vammautuneen ja terveen jalan välillä oli yhteydessä kohonneeseen vammariskiin.

Useimmissa tutkimuksissa ei ole löydetty yhteyttä pikajuoksijoiden tai jalkapalloilijoiden vammojen ja lihaskireyden välillä (Arnason ym. 2008; Yeung ym. 2009). Rugbyn pelaajilla tehdyssä prospektiivisessä seurantatutkimuksessa havaittiin kuitenkin kohonnut vammariski takareiden huonomman liikkuvuuden seurauksena. Samassa tutkimuksessa myös ikä todettiin riskitekijäksi takareisirevähdyksille. Lisäksi sekä huonompi yleinen jalkojen liikkuvuus että vähemmän venyvä takareisi osoittautuivat itsenäiseksi vammaa ennustavaksi tekijäksi. (Watsford ym. 2010.)

Kolmessa laajassa tutkimuksessa (Askling ym. 2003; Brooks ym. 2006; Arnason ym. 2008) selvitettiin jalkapallon ja rugbyn pelaajien takareisivammojen esiintymistä ja niiden ehkäisyä eri koeryhmillä. Kontrolliryhmissä tehtiin tavanomaista voimaharjoittelua ja venyttelyä. Verrokiryhmien harjoitusohjelmiin lisättiin tämän lisäksi yksi eksentrisen voimaharjoitusliike. Tulokset olivat kaikissa yhtenevät: takareisien eksentrisen voimaharjoittelu vähensi selvästi takareisivammoja pikajuoksussa. Sen sijaan venyttely tai muu voimaharjoittelu ei vähentänyt vammoja. Lisäksi Brooks (2006) tutkimuksessa havaittiin rugbyn pelaajilla nopeampi palautuminen mahdollisesta vammasta, jos harjoituskaudella oli suoritettu eksentristä harjoitetta.

Asklingin ym. (2003) tutkimuksessa eksentrisenä harjoitteena käytettiin siihen erikseen suunniteltua laitetta, joten heidän käyttämäänsä protokollaa on mahdoton siirtää tavanomaiseen fysioterapia- tai valmennuskäytäntöön. Sen sijaan Brooks ym. (2006) ja Arnason ym. (2008) käyttivät tutkimuksissaan helposti toteutettavaa ja tuttua harjoitetta: kinnerjännettä. Englanninkielisessä kirjallisuudessa liikettä kutsutaan nimellä "nordic hamstring curl" tai "nordic hamstring exercise" (kuva 10, 11 & 12). Tässä harjoitteessa avustaja pitää nilkoista tai kanta-päistä kiinni, urheilijan laskeutuessa rauhallisesti niin alas kuin mahdollista. Kun henkilö ei pysty enää pudottautumaan hallitusti alas, päästä hän itsensä tipahtamaan alas rentouttaen samalla takareidet. Tämän jälkeen harjoittelija punnertaa itsensä käsien avulla ylös, ilman takareisien konsentrista liikettä.



Kuva 9. Kinnerjänne eli eksentrisen takareisiharjoite. Avustaja pitää kantapäistä kiinni ja suorittaja laskeutuu rauhallisesti alaspäin niin pitkälle kuin pystyy. Kun takareidet eivät jaksaa enää jarruttaa liikettä, tiputtaudutaan maahan käsien varaan. Sieltä yläraajojen avulla noudetaan takaisin alkuasentoon.

Yleinen tapa yleisurheilumaailmassa on tehdä sekä eksentrisen että konsentrisen suoritus samalla kertaa. Tällöin mennään ensin niin alas kuin mahdollista, ja sen jälkeen puristetaan takareisien voimalla takaisin ylös. Tämä on toimiva tapa harjoitella, mutta kokemukseräisesti on huomattu, että takareisi voi krampata siinä helposti etenkin aloittelijoilla. Arnasonin ym. (2008) tutkimuksessa, jossa tehtiin pelkkä eksentrisen osuus, tahdosta riippumatonta lihassuupistusta tai viivästynyttä lihaskipua (DOMS, delayed onset muscle soreness) ei ollut esiintynyt. Pelkän eksentrisen osuuden tekeminen on siis ainakin alussa suositeltavampaa nopeuslajien urheilijoille.

## 8.6 Yhteenveto

Tutkimuksen ensimmäisenä tavoitteena oli selvittää etu- ja takareisien voimasuhteiden vaikutusta takareiden vammojen esiintymiseen. Seurantajakson aikana yhdellä henkilöllä esiintyi takareisiperäinen lihasvamma. Vain yhden takareisivamman perusteella tästä tutkimuksesta ei voida vetää johtopäätöksiä voimasuhteen ja vammojen esiintymisen välillä.

Toinen tavoite oli tietävästi ensimmäisenä tutkimuksena selvittää reisien voimasuhteen vaikutusta juoksunopeuteen sadalla metrillä. Naisilla molempien jalkojen reisien voimasuhteen merkitys juoksunopeuteen oli tilastollisesti merkitsevä ( $p = 0,032$  ja  $p = 0,016$ ). Juoksunopeus oli sitä parempi, mitä vahvemmat takareidet olivat suhteessa etureisiin. Miesten juoksunopeuden ja voimien välillä ei tässä aineistossa löytynyt tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ( $p = 0,950$  ja  $p = 0,854$ ). Tutkimuksen pienestä otoskoosta johtuen lopullisia johtopäätöksiä ei voida vielä vetää, vaan lisää tutkimuksia tarvitaan isommalla otoskoolla varmentamaan löydökset voimasuhteiden vaikutuksesta juoksunopeuteen.

Takareisivamman ennustamiseksi ei ole tarjolla vielä varmoja keinoja (Yeung & Yeung 2001; Prior, Guerin & Grimmer 2009). Kinnerjänne on osoittautunut tutkimuksissa luotettavaksi ja helpoksi tavaksi pienentää pikajuoksijan vammariskiä (Arnason ym. 2008). Pikajuoksijan tai muuta nopeuslajia harrastavan on perusteltua pitää kinnerjänne tai sitä vastaava eksentrisen harjoite voimaharjoitteluohjelmassaan.

Tuoreessa meta-analyysissä todettiin jalkakyykkyvoiman korreloivan selvästi pikajuoksunopeuden kanssa. Kyykkytuloksen nouseminen yli 10 prosenttia kahden kuukauden harjoittelujakson aikana paransi juoksuaikaa 5 - 28 metrin matkalla 1,36 - 7,6 prosenttia. (Seitz ym. 2014). Myös Korhosen (2009) väitöskirjassa todettiin selvä nopeuden kehitys keski-ikäisillä ja tätä vanhemmilla pikajuoksijoilla voimaharjoittelun myötä.

Pikajuoksijan ja nopeuslajien urheilijan tulisi tehdä maksiminopeuden lisäksi voimaharjoittelua paremman juoksunopeuden saavuttamiseksi. Voimaharjoitteluliikkeistä eniten näyttöä on jalkakyykyn vaikutuksesta nopeuteen. Kyykyn ohella tulee harjoittaa takareisien voimaa. Takareisien eksentrisen voimaharjoittelu vähentää tutkitusti vammariskiä ja lyhentää mahdollisen vamman tullessa poissaoloaikaa harjoituksista. Lisäksi hyvä taka-etureisisuhde on merkitsevä tekijä naispikajuoksijoiden nopeuden kannalta.

Tekijällä ei ole taloudellisia intressejä, jotka voisivat vaikuttaa tulosten julkaisuun.

## Lähteet

- Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2007. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu 161. 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura, 125 - 188.
- Alangari, A. S. & Al-Hazzaa, H. M. 2004. Normal isometric and isokinetic peak torques of hamstring and quadriceps muscles in young adult Saudi males. *Neurosciences* 9 (3), 165 - 170.
- Alonso, J., Edouard, P., Fischetto, G., Adams, B., Depiesse, F. & Mountjoy, M. 2012. Determination of future prevention strategies in elite track and field: analysis of Daegu 2011 IAAF Championships injuries and illnesses surveillance. *British Journal of Sports Medicine* 46 (7), 505 - 514.
- ACSM, American College of Sports Medicine. 2010. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 8th edition. The United States of America: Lippincott Williams & Wilkins.
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L. & Bahr R. 2008. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18 (1), 40 - 48.
- Askling, C., Karlsson, J. & Thorstensson A. 2003. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 13 (4), 244 - 250.
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. 2007. Acute First-Time Hamstring Strains During High-Speed Running - A Longitudinal Study Including Clinical and Magnetic Resonance Imaging Findings. *The American Journal of Sports Medicine* 35 (2), 197 - 206.
- Askling, C. M., Tengvar, M., Saartok, T. & Thorstensson, A. 2008. Proximal Hamstring Strains of Stretching Type in Different Sports - Injury Situations, Clinical and Magnetic Resonance Imaging Characteristics, and Return to Sport. *The American Journal of Sports Medicine* 36 (9), 1799 - 1804.
- Askling, C. M., Tengvar, M. & Thorstensson, A. 2013. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine* 47 (15), 953 - 959.
- Brooks, J. H. M., Fuller, C. W., Kemp, S. P. T. & Reddin, D. B. 2006. Incidence, Risk, and Prevention of Hamstring Muscle Injuries in Professional Rugby Union. *The American Journal of Sports Medicine* 34 (8), 1297 - 1306.
- Cameron, M., Adams, R. & Maher, C. 2003. Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football. *Physical Therapy in Sport* 4 (4), 159 - 166.
- Coombs, R. & Garbutt, G. 2002. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *Journal of Sports Science and Medicine* 1 (3), 56 - 62.
- Dembowski, S. C., Westrick, R. B., Zylstra, E. & Johnson, M. R. 2013. Treatment of hamstring strain in a collegiate pole-vaulter integrating dry needling with an eccentric training program: a resident's case report. *International Journal of Sports Physical Therapy* 8 (3), 328 - 339.
- Eikenberry, A., McAuliffe, J., Welsh T.N., Zerpa, C., McPherson, M. & Newhouse, I. 2008. Starting with the "right" foot minimizes sprint start time. *Acta Psychologica* 127 (2), 495 - 500.



Ekstrand, J., Hägglund, M. & Waldén, M. 2011. Epidemiology of Muscle Injuries in Professional Football (Soccer). *The American Journal of Sports Medicine* 39 (6), 1226 - 1232.

Ellenbecker, T. S., Roetert, E. P., Sueyoshi, T. & Riewald, S. 2007. A descriptive profile of age-specific knee extension flexion strength in elite junior tennis players. *British Journal of Sports Medicine* 41 (11), 728 - 732.

Elliott, M. C. C. W., Zarins, B., Powell, J. W. & Kenyon, C. D. 2011. Hamstring Muscle Strains in Professional Football Players - A 10-Year Review. *The American Journal of Sports Medicine* 39 (4), 843 - 850.

Fogelholm, M. 2007. Antropometriset ja kehon koostumusta kuvaavat mittaukset. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu* 161. 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura, 45 - 50.

Foreman, T. K., Addy, T., Baker, S., Burns, J., Hill, N. & Madden, T. 2006. Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: A systematic review. *Physical Therapy in Sport* 7 (2), 101 - 109.

Fousekis, K., Tsepis, E., Poulmedis, P., Athanasopoulos, S. & Vagenas, G. 2011. Intrinsic risk factors of non-contact quadriceps and hamstring strains in soccer: a prospective study of 100 professional players. *British Journal of Sports Medicine* 45 (9), 709 - 714.

Freckleton, G. & Pizzari, T. 2012. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 47 (6), 351 - 358.

Gray, H. 1918. *Anatomy of the human body*. 20th ed. / thoroughly rev. and re-edited by Warren H. Lewis. The United States of America: Lea & Febiger.

Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A. & Gibson, M. 2001. The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine* 35 (1), 43 - 47.

Heiderscheit, B. C., Sherry, M. A., Silder, A., Chumanov, E. S. & Thelen, D. G. 2010. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 40 (2), 67 - 81.

Hiemstra, L. A., Webber, S., MacDonald, P. B. & Kriellaars, D. J. 2004. Hamstring and quadriceps strength balance in normal and hamstring anterior cruciate ligament-reconstructed subjects. *Clinical Journal of Sports Medicine* 14 (5), 274 - 280.

Hoeberigs, J. H. 1992. Factors related to the incidence of running injuries. A review. *Sports Medicine* 13 (6), 408 - 422.

Huang, L., Liu, Y., Wei, S., Li, L., Fu, W., Sun, Y. & Feng, Y. 2013. Segment-interaction and its relevance to the control of movement during sprinting. *Journal of Biomechanics* 46 (12), 2018 - 2023.

Häkkinen, K. 1990. *Voimaharjoittelun perusteet. Vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi*. Jyväskylä: Gummerus.

IAAF - International Association of Athletics Federations. 2013. *Competition Rules 2014 - 2015*. Monaco.

Jönhagen, S., Ericson, M. O., Németh, G. & Eriksson, E. 1996. Amplitude and timing of electromyographic activity during sprinting. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 6 (1), 15 - 21.

- Jönhagen, S., Németh, G. & Eriksson, E. 1994. Hamstring injuries in sprinters. The role of concentric and eccentric hamstring muscle strength and flexibility. *The American Journal of Sports Medicine* 22 (2), 262 - 266.
- Kauppinen, M.-P. & Koponen, J. 2007. Isometrisen ja konsentrisen maksimivoiman yhteys polven ekstensiossa ja fleksiossa. *Opinnäytetyö*. Espoo: Laurea-ammattikorkeakoulu.
- Kauranen, K. 2014. Lihas - rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 171. Tampere: Liikuntatieteellinen Seura.
- Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 166. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura.
- Kerkhoffs, G. M. M. J., van Es, N., Wieldraaijer, T., Sierevelt, I. N., Ekstrand, J. & van Dijk, C. N. 2013. Diagnosis and prognosis of acute hamstring injuries in athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 21 (2), 500 - 509.
- Kolt, G. 2003. The expanding role of professions working in the physical therapies. *Physical Therapy in Sport* 4 (4), 157 - 158.
- Komi, P. V. 1992. Stretch-Shortening Cycle. Teoksessa Komi, P. V. (toim.) *Strength and Power in Sport*. Great Britain: Blackwell Science, 169 - 179.
- Korhonen, M. T. 2009. Effects of Aging and Training on Sprint Performance, Muscle Structure and Contractile Function in Athletes. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 137.
- Krist, M. R., van Beijsterveldt, A. M., Backx, F.J. & de Wit G. A. 2013. Preventive exercises reduced injury-related costs among adult male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *Journal of Physiotherapy* 59 (1), 15 - 23.
- Kong, P. W. & Burns, S. F. 2010. Bilateral difference in hamstrings to quadriceps ratio in healthy males and females. *Physical Therapy in Sport* 11 (1), 12 - 17.
- Kraemer, R. & Knobloch, K. 2009. A soccer-specific balance training program for hamstring muscle and patellar and achilles tendon injuries: an intervention study in premier league female soccer. *The American Journal of Sports Medicine* 37 (7), 1384 - 1393.
- Malliaropoulos, N. G. 2012. Non contact Hamstring injuries in sports. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal* 2 (4), 309 - 311.
- Marti, B., Vader, J. P., Minder, C. E. & Abelin, T. 1988. On the epidemiology of running injuries. The 1984 Bern Grand-Prix study. *The American Journal of Sports Medicine* 16 (3), 285 - 294.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., Peltola, E. & Bourdon, P. 2011. Does on-field sprinting performance in young soccer players depend on how fast they can run or how fast they do run? *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (9), 2634 - 2638.
- Mero, A., Komi, P. V., Gregor, R. J. 1992. Biomechanics of sprint running. A review. *Sports Medicine* 13 (6), 376 - 392.
- Häkkinen, K., Mäkelä, J. & Mero, A. 2004. Voima. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. (toim.) *Urheiluvalmennus. Kuormitusfysiologiset, ravintofysiologiset, biomekaaniset ja valmennusopilliset perusteet*. Jyväskylä: VK-Kustannus, 251 - 292.
- Neumann, D. A. 2010. *Kinesiology of the Musculoskeletal System. Foundations for Rehabilitation*. The United States of America: Mosby.

Nosse, L. J. 1982. Assessment of Selected Reports on the Strength Relationship of the Knee Musculature. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 4 (2), 78 - 85.

Nummela, A., Mero, A., Stray-Gundersen, J. & Rusko, H. 1996. Important determinants of anaerobic running performance in male athletes and non-athletes. *International Journal of Sports Medicine* 17 (2), 91 - 96.

Oosthuysen, T. & Bosch, A. N. 2010. The effect of the menstrual cycle on exercise metabolism: implications for exercise performance in eumenorrhoeic women. *Sports Medicine* 40 (3), 207 - 227.

Opar, D. A., Williams, M. D. & Shield, A. J. 2012. Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Sports medicine* 42 (3), 209 - 226.

Orchard, J., Marsden, J., Lord, S. & Garlick, D. 1997. Preseason Hamstring Muscle Weakness Associated with Hamstring Muscle Injury in Australian Footballers. *The American Journal of Sports Medicine* 25 (1), 81 - 85.

Orchard, J. & Seward, H. 2002. Epidemiology of injuries in the Australian Football League, seasons 1997-2000. *British Journal of Sports Medicine* 36 (1), 39 - 44.

Pescasio, M. & Pedowitz, R. A. 2008. Clinical management of muscle strains and tears. Rheumatology network. Viitattu 1.8.2014.  
<http://www.rheumatologynetwork.com/articles/clinical-management-muscle-strains-and-tears>

Petersen, J. & Hölmich, P. 2005. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine* 39 (6), 319 - 323.

Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B. & Hölmich, P. 2010. Acute hamstring injuries in Danish elite football: A 12-month prospective registration study among 374 players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20 (4), 588 - 592.

Petersen, L. & Renström, P. 1988. Sports injuries. Their prevention and treatment. The United Kingdom: Martin Dunitz.

Prior, M., Guerin, M. & Grimmer, K. 2009. An Evidence-Based Approach to Hamstring Strain Injury - A Systematic Review of the Literature. *Sports Health* 1 (2), 154 - 164.

Ristolainen, L. 2012. Sports Injuries in Finnish Elite Cross-Country Skiers, Swimmers, Long-Distance Runners and Soccer Players. *Jyväskylän yliopisto. Invalidisäätiön julkaisusarja A* 32.

Rosene, J. M., Fogarty, T. D. & Mahaffey, B. L. 2001. Isokinetic hamstrings: Quadriceps ratios in intercollegiate athletes. *Journal of Athletic Training* 36 (4), 378 - 383.

Schache, A. G., Crossley, K. M., Macindoe, I. G., Fahrner, B.B. & Pandy, M. G. 2011. Can a clinical test of hamstring strength identify football players at risk of hamstring strain? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 19 (1), 38 - 41.

Schmitt, B., Tim, T. & McHugh, M. 2012. Hamstring injury rehabilitation and prevention of reinjury using lengthened state eccentric training: a new concept. *International Journal of Sports Physical Therapy* 7 (3), 333 - 341.

Seitz, L. B., Reyes, A., Tran, T. T., de Villarreal, E.S. & Haff, G. G. 2014. Increases in Lower-Body Strength Transfer Positively to Sprint Performance: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*. Hyväksytty julkaistavaksi. Viitattu 20.9.2014.  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25059334>

Slavotinek, J. P., Verrall, G. M. & Fon, G. T. 2002. Hamstring Injury in Athletes: Using MR Imaging Measurements to Compare Extent of Muscle Injury with Amount of Time Lost from Competition. *Musculoskeletal Imaging* 179 (6), 1621 - 1628.

Sobotta, J. 1989. *Atlas of Human Anatomy. Volume 2.* Edited by Staubesand, J. Germany: Urban & Schwarzenberg.

Standring, S. 2008. *Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice, Expert Consult - 40th Edition.* Spain: Churchill Livingstone Elsevier.

Sugiura, Y., Saito, T., Sakuraba, K., Sakuma, K. & Suzuki, E. 2008. Strength Deficits Identified With Concentric Action of the Hip Extensors and Eccentric Action of the Hamstrings Predispose to Hamstring Injury in Elite Sprinters. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38 (8), 457 - 464.

Suomen Fysioterapeutit. 2013. Fysioterapia ammattina. Viitattu 5.6.2014.  
[http://www.suomenfysioterapeutit.fi/index.php?option=com\\_content&view=article&id=64&Itemid=275](http://www.suomenfysioterapeutit.fi/index.php?option=com_content&view=article&id=64&Itemid=275)

Tsmpoukos, A., Peckham, E. A., James, R. & Nevill, M. E. 2010. Effect of menstrual cycle phase on sprinting performance. *European Journal of Applied Physiology* 109 (4), 659 - 667.

Watsford, M. L., Murphy, A. J., McLachlan, K. A., Bryant, A. L., Cameron, M. L., Crossley, K. M. & Makdissi, M. 2010. A Prospective Study of the Relationship Between Lower Body Stiffness and Hamstring Injury in Professional Australian Rules Footballers. *The American Journal of Sports Medicine* 38 (10), 2058-2064

Watura, C. & Harries, W. 2011. Biceps femoris tendon injuries sustained while playing hockey. *British Medical Journal Case Report* 2011.

Weyand, P. G., Lee, C. S., Martinez-Ruiz, R., Bundle, M. W., Bellizzi, M. J. & Wright, S. 1999. High-speed running performance is largely unaffected by hypoxic reductions in aerobic power. *Journal of Applied Physiology* June 86 (6), 2059 - 2064.

Wiemann, K. & Günter, T. 1995. Relative activity of hip and knee extensors in sprinting - implications for training. *New Studies in Athletics* 1 (10), 29 - 49.

Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A. & Hodson, A. 2004. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football—analysis of hamstring injuries. *British Journal of Sports Medicine* 38 (1), 36 - 41.

Yeung E. W. & Yeung S. S. 2001. A systematic review of interventions to prevent lower limb soft tissue running injuries. *British Journal of Sports Medicine* 35 (6), 383 - 389.

Yeung, S. S., Suen, A. M. Y. & Yeung, E. W. 2009. A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine* 43 (8), 589 - 594.

Ylinen, J. 2010. *Venytystekniikat: Lihas-jännesteemi. 2. uudistettu painos.* Muurame: Medi-rehabook.

## Kuvat

- Kuva 1. Kaksipäisen reisilihaksen pitkän pään aktivaatio juoksusyklin heilahdusvaiheen aikana. Kuvasta näkyy, miten takareiden aktivaatio on korkea heilahdusvaiheen lopusta kontaktivaiheeseen saakka. Heiderscheit, Sherry, Silder, Chumanov & Thelen 2010. .... 10
- Kuva 2. Takareiden lihakset. Kaksipäinen reisilihas oikealla. Reiden sisäosassa kulkevat päällekkäin puolijänteinen ja -kalvoinen lihas. Sobotta 1989, 304. .... 11
- Kuva 3. Nelipäinen reisilihas. Vasemmassa kuvassa näkyvät ulompi reisilihas, suora reisilihas ja sisempi reisilihas. Suoran reisilihaksen alla kulkee keskimmäinen reisilihas. Lähde: Sobotta 1989, 296. .... 12
- Kuva 4. Kaksipäisen reisilihaksen pitkänpään distaaliosan repeämä. Tämä alue on yleisin pikajuoksussa esiintyvä pehmytkudosvamma. (Pescasio & Pedowitz 2008.) ..... 14
- Kuva 5. Takareiden heilahdusvaiheen ensimmäisen neljänneksen jälkeen aktiivisuus on pientä. Heilahdusvaiheen lopussa aktiivisuus kasvaa, jolloin lihastyö on eksentristä. Tätä seuraa konsentrisen lihastyö kontaktivaiheen lopussa. (Wiemann & Günter 1995)..... 18
- Kuva 6. Hur Research Line Leg Extension/Curl. Hur Labs Oy. Polven ojennus- ja koukistusvoiman harjoittamiseen sekä testaamiseen kehitetty tuote. .... 24
- Kuva 7. HUR Performance Recorder. Hur Labs Oy. Isometriseen voimamittaukseen tarkoitettu mittalaite..... 24
- Kuva 8. Eteentaivutustesti eli sit-and-reach -testi mittaa epäspesifisesti takareiden, pakaroiden ja lanneselän liikkuvuutta. .... 25
- Kuva 9. Kinnerjänne eli eksentrisen takareisiharjoite. Avustaja pitää kantapäistä kiinni ja suorittaja laskeutuu rauhallisesti alaspäin niin pitkälle kuin pystyy. Kun takareidet eivät jaksakaan enää jarruttaa liikettä, tiputtaudutaan maahan käsien varaan. Sieltä yläraajojen avulla nousee takaisin alkiasentoon. .... 38

## Kuviot

Kuvio 1. Juoksusyklin vaiheet. Muokattu lähteestä Jönhagen, Ericson, Németh & Eriksson 1996. .... 9

Kuvio 2. Oikean jalan polven ojennuksen eli ekstension lihasvoimat miehillä ensimmäisellä ja toisella mittauksella. .... 28

Kuvio 3. Taka-etureiden voimasuhteen vaikutus 100 metrin juoksunopeuteen naisilla. .... 30

Kuvio 4. Taka-etureiden voimasuhteen vaikutus 100 metrin juoksunopeuteen miehillä. .. 30

## Taulukot

Taulukko 1. Tutkittavien taustamuuttujat. ....	26
--	----

Taulukko 2. Miesten voima-arvot ensimmäisissä ja toisissa mittauksissa. Ylhäällä oikean jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat. Alhaalla vasemman jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat. ....	27
--	----

Taulukko 3. Naisten voima-arvot ensimmäisissä ja toisissa mittauksissa. Ylhäällä oikean jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat. Alhaalla vasemman jalan takareiden (vas) ja etureiden voimat. ....	28
--	----

Taulukko 4. Isometristen lihasvoima-arvojen ja taka-etureisi-suhteen keskiarvot ja keskihajonnat alaraajoittain. ....	29
---	----

## Liitteet

Liite 1. SUL luokitteluvaatimukset .....	49
Liite 2. Mittausprotokolla .....	50
Liite 3. Tutkimuksen hyväksymislomake .....	51
Liite 4. Eteentaivutustestin ja rasvaprosenttien viitearvot .....	52



## Liite 1. SUL luokitteluvaatimukset

**LUOKITTELUVAATIMUKSET VUODELLE 2012 →**  
**Voimassa alkaen 1.1.2012**

<b>MIEHET</b>	<b>SM</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
100 m	10,20	10,55	10,95	11,40	11,80
200 m	20,55	21,60	22,25	23,30	24,40
400 m	45,60	48,00	49,60	52,20	55,50
800 m	1.45,80	1.50,75	1.54,50	2.01,00	2.09,00
1500 m	3.36,00	3.45,00	3.56,50	4.13,00	4.35,00
3000 m	7.50,00	8.15,00	8.35,00	9.30,00	10.15,00
5000 m	13.17,00	14.15,00	15.00,00	16.30,00	17.45,00
10000 m	27.50,00	30.00,00	32.10,00	34.40,00	37.00,00
Puolimaraton	1.01.20	1.06.30	1.11.30	1.17.00	1.22.00
Maraton	2.09.30	2.24.00	2.38.00	2.51.00	3.00.00
110 m aj	13,55	14,30	15,35	16,90	18,50
400 m aj	49,80	52,30	57,25	62,50	68,00
3000 m ej	8.27,00	9.03,00	9.45,00	10.40,00	11.35,00
Korkeus	226	212	198	180	165
Seiväs	555	535	465	360	320
Pituus	800	770	700	630	570
3-loikka	16.70	15.40	14.10	12.50	11.80
Kuula	19.70	18.00	15.60	12.75	11.00
Kiekko	62.75	57.00	47.00	39.00	32.00
Moukari	74.50	71.00	57.00	39.00	32.00
Keihäs	80.00	77.00	71.00	57.00	48.00
10-ottelu	7850	7250	6000	5000	4000
5000 m kävely	-	-	23.30,00	25.00,00	27.30,00
10000 m kävely	40.30,00	44.00,00	49.30,00	52.00,00	56.00,00
20 km kävely	1.21.30	1.30.00	1.42.00	1.50.00	2.00.00
30 km kävely	2.09.00	2.28.00	2.43.00	2.55.00	3.15.00
50 km kävely	3.53.00	4.10.00	4.45.00	5.10.00	5.30.00
<b>NAISET</b>	<b>SM</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
100 m	11,25	11,85	12,35	12,85	13,25
200 m	23,00	24,30	25,40	26,60	27,90
400 m	52,00	55,75	58,00	62,00	66,50
800 m	2.01,00	2.07,00	2.15,00	2.24,00	2.32,00
1500 m	4.07,00	4.25,00	4.42,00	5.10,00	5.40,00
3000 m	9.05,00	9.40,00	10.25,00	11.30,00	12.30,00
5000 m	15.20,00	16.50,00	18.20,00	20.00,00	21.30,00
10000 m	31.50,00	35.10,00	38.45,00	42.30,00	45.30,00
Puolimaraton	1.10.30	1.19.00	1.26.00	1.33.00	1.40.00
Maraton	2.28.00	2.52.00	3.12.00	3.30.00	3.45.00
100 m aj	13,00	13,75	14,75	16,80	18,50
400 m aj	56,60	60,60	66,20	73,50	82,00

## Liite 2. Mittausprotokolla

1. Tutkittavan ohjaus Labiin
2. Kerrotaan tutkimuksen tarkoituksesta ja kestosta sekä tietojen salassapidosta. Selitetään että tutkittavilla on mahdollisuus kieltäytyä jatkomittauksista.
3. Hyväksymislomakkeen allekirjoitus
4. Alkuverryttely 10 minuuttia kuntopyörällä. Merkataan tutkimuksen alkamisaika (Tässä vaiheessa on mahdollista kirjata ennätykset ylös)
5. Vaatteiden riisuminen
6. Mittaukset: Pituus - paino - rasvaprosentti - BMI
7. Vaatteiden pukeminen.
8. Reisimittaukseen ohjaaminen, tukien kiinnitys, nilkkatyynyn testaus ja säätö
9. Harjoitteluyritykset
10. Testien suoritusjärjestys: 3 \* oikea takareisi, 3 \* oikea etureisi, 3 \* vasen takareisi ja 3 \* vasen etureisi
11. Ohjeistus:

**Laita kädet rinnan päälle ristiin. Tarkoitus on puristaa viiden sekunnin ajan maksimaalisesti niin kovaa kuin mahdollista. Kun sanon "Valmiit - Nyt!", niin purista. Kannustan suorituksen aikana "Hyvä hyvä" tai "jaksaa jaksaa". Jokainen testi toistetaan kolme kertaa, minuutin palautuksella. Sen jälkeen vaihdetaan suoritettavaa lihasryhmää.**
12. Jokaisen suorituksen välillä minuutin palautus
13. **NOLLATAAN MITTARI JOKAISEN SUORITUKSEN JÄLKEEN**
14. Kun suoritukset on tehty, jalkojen ravistelu ja 2 min taukoa.
15. Kerrotaan jatkosta, tuloksista (Tanita) yms.
16. Ohjaus eteentaivutustestiin. Kerrotaan mitä mitataan.
17. Kaksi yritystä, ei harjoittelua. Ei "singahtamista", vaan tuloksessa täytyy pystyä pysähtymään.
18. Ennätysten kirjaaminen (jos ei suoritettu alkuverryttelyn aikana)

Mittaus päättynyt, merkitetään kellonaika.

## Liite 3. Tutkimuksen hyväksymislomake

Tutkimuksen hyväksymislomake  
Laurea-ammattikorkeakoulu

Tämä lomake on Eetu Kansanahon opinnäytetyöhön liittyvän tutkimuksen hyväksymislomake. Lomakkeen allekirjoittamalla ilmoitat ymmärtäneesi tutkimuksen tarkoituksen ja sen eettiset periaatteet sekä hyväksyt tietojen käytön opinnäytetyössä nimettömänä.

*Mitä ja keitä tutkitaan?*

Kansallisen tason pikajuoksijoita, jotka ovat tutkimuksen alkamisen ajankohtana iältään 18–35 vuotta.

*Mitä mitataan ja miksi?*

Urheilijoiden fyysisiä ominaisuuksia, tärkeimpänä reisilihasten suhteelliset voima-arvot. Tarkoituksena on selvittää, onko tietyillä ominaisuuksilla yhteyttä aikaan tai vamma-alttiuteen.

*Eettinen näkökulma*

Tutkimuksessa kerättävät henkilökohtaiset tiedot ovat vain tutkimuksen tekoon osallistuvien tiedossa. Opinnäytetyössä käytettäviä tietoja ei voida yhdistää tutkittavaan. Tutkittava saa automaattisesti tiedon kaikista omista arvoistaan ja tuloksistaan.

Olen ymmärtänyt tutkimuksen periaatteet ja osallistun siihen vapaaehtoisesti. Minulla on oikeus lopettaa ja kieltäytyä tutkimuksen jatkosta milloin vain.

---

Allekirjoitus

---

Nimenselvennys

---

Paikka

---

Aika

Tutkimuksen johtajan allekirjoitus

---

Eetu Kansanaho

---

---

Paikka

---

Aika

## Liite 4. Eteentaivutustestin ja rasvaprosenttien viitearvot

Eteentaivutustestin viitearvot, muokattu lähteestä ACSM 2010, 100.

	Ikä			
	18 - 25		26 - 35	
	M	N	M	N
Erinomainen	40	41	38	41
Erittäin hyvä	39	40	37	40
	34	37	33	36
Hyvä	33	36	32	35
	30	33	28	32
Kohtalainen	29	32	27	31
	25	28	23	27
Kehittämistä vaativa	24	27	22	26

Rasvaprosentin viitearvot, American College of Sports Medicine 2010, 71 - 72.

	Miehet		Naiset
	20 - 29	30 - 39	20 - 29
99	4,2	7	9,8
95	6,3	9,9	13,6
90 (erinomainen)	7,9	11,9	14,8
85	9,2	13,3	15,8
80	10,5	14,5	16,5
75	11,5	15,5	17,3
70 (keskiarvoa parempi)	12,7	16,5	18
65	13,9	17,4	18,7
60	14,8	18,2	19,4
55	15,8	19	20,1
50 (keskiarvo)	16,6	19,7	21
45	17,4	20,4	21,9
40	18,6	21,3	22,7
35	19,6	22,1	23,6
30 (alle keskiarvon)	20,6	23	24,5
25	21,9	23,9	25,9
20	23,1	24,9	27,1
15	24,6	26,2	28,9
10 (heikko)	26,3	27,8	31,4