



# Takareiden liikkuvuuden yhteys jalkapalloilijoiden juoksutekniikkaan ja nopeuteen

**Askeltiheys, askelpituus, lonkan fleksiokulma & viiden metrin aika juoksun alkukiihdytysvaiheessa**

Luukas Poutanen

Samuli Hietamäki

Opinnäytetyö, AMK

Marraskuu 2023

Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma (AMK)

**Poutanen Luukas & Hietamäki Samuli**

**Takareiden liikkuvuuden yhteys jalkapalloilijoiden juoksutekniikkaan ja nopeuteen. Askeltiheys, askelpituus, lonkan fleksiokulma & viiden metrin aika juoksun alkukiihdytysvaiheessa.**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Marraskuu 2023, 64 sivua

Terveys- ja hyvinvointialat, Fysioterapeutin tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Jalkapallo on maailman suosituin urheilulaji niin pelaaja- kuin katsojaluvuissa mitattuna. Jalkapallo on myös Suomen pelatuin urheilulaji. Tästä syystä osaavia valmentajia tarvitaan paljon. Jalkapallo vaatii pelaajalta fyysisesti hyvin paljon erilaisia ominaisuuksia, kuten nopeutta, voimaa, kestävyyttä ja liikkuvuutta useissa eri muodoissaan. Lajina jalkapallo on myös kehittynyt ja pelaajien täytyy olla yhä nopeampia, vahvempia ja kestävämpiä. Liikkuvuuden merkitystä ei aina muisteta korostaa muiden ominaisuuksien tapaan, mutta liikkuvuudella on suuri vaikutus pelaajien suorituskykyyn ja vammojen ennaltaehkäisyyn.

Tavoitteena oli selvittää suomalaisen jalkapallojoukkueen 16–20-vuotiaiden ikäluokkansa huippupelaajien tasolla olevien urheilijoiden takareiden liikkuvuuden yhteyttä nopeusominaisuuksiin. Tuloksia haettiin seuraavista ominaisuuksista viiden metrin nopeus, lonkan fleksiokulman suuruus, askelpituus ja askeltiheys. Lisäksi näitä parametreja vertailtiin myös keskenään ja tuloksia peilattiin aikaisempaan olemassa olevaan tutkimustietoon juoksun biomekaniikasta ja sen harjoittelusta. Tutkimukseen osallistui 11 koehenkilöä, jotka koostuivat Helsingin Jalkapalloklubin reservijoukkueen Klubi 04:n pelaajista. Heille suoritettiin takareiden aktiivinen liikkuvuustesti (Active Straight Leg Raise) osana muitakin liikkuvuustestejä, joiden tuloksia josta tarkasteltiin ensimmäistä viiden metrin kiihdytystä.

Tulosten mukaan aktiivisella takareiden liikkuvuudella ei ole yhteyttä mihinkään tutkittavista parametreista. Tulosten perusteella saimme selville, että askelpituudella ja lonkan fleksiokulmalla on merkittävää positiivista yhteyttä kaikilla ensimmäisillä askeleilla. Lisäksi tulosten perusteella voidaan todeta, että askelpituudella ja askeltiheydellä sekä lonkan fleksiokulmalla ja askeltiheydellä löydettiin negatiivinen yhteys. Suoraan viiden metrin nopeuteen korreloi ainoastaan askelpituus toisella askeleella. Voitaneen todeta, että juoksuharjoittelun tulee olla tärkeä osa joukkueiden harjoitteluarkea. Opinnäytetyötä voidaan hyödyntää osana suomalaisen jalkapallovalmennuksen kehittämistä.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Jalkapallo, takareiden liikkuvuus, kiihdytysnopeus, juoksutekniikka, askeltiheys, askelpituus, lonkan fleksiokulma

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Poutanen Luukas & Hietamäki Samuli**

**Correlation between hamstring flexibility and running technique of footballers. Step frequency, step length, hip flexion angle and 5-meter time in the first acceleration phase.**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, November 2023, 64 pages

Health and welfare. Bachelor's Degree in Physiotherapy. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Football is the most popular sport in the world in terms of both player and spectator numbers. It is also the most played sport in Finland, so a lot of competent coaches are needed. Football requires players to have a wide range of physical attributes, such as speed, strength, endurance, and mobility in various forms. The sport is evolving rapidly in a direction where players need to be faster, stronger, and more enduring. The significance of mobility is not usually emphasized in the same way as these other attributes, but it also has a significant impact on players' performance and injury prevention.

The goal was to investigate the relationship between hamstring flexibility and speed-related characteristics among top players in their age group (16-20 years) in Finland. The speed-related characteristics studied were five-meter speed, hip flexion angle, step length, and step frequency. In addition, these parameters were compared with each other, and the results were compared with previous research on running biomechanics and training. The study included 11 participants, consisting of players from Klubi 04 - the reserve team of HJK. An active hamstring flexibility test (Active Straight Leg Raise) was conducted on them as part of other mobility tests, the results of which our mandator HJK used in their own research. Subsequently, a 10-0-5 -change of direction test was conducted, focusing on the first five meters of acceleration.

According to the results, there is no correlation between active hamstring flexibility and any of the studied parameters. However, it was found that both stride length and hip flexion angle have a significant positive correlation with all the first steps. Additionally, there was a negative correlation between step length and step frequency, as well as between hip flexion angle and step frequency. Only step length on the second step correlated directly with the five-meter speed.

This thesis can be utilized as part of the development of Finnish football coaching, as running training should be an important part of teams' training routines.

### **Keywords/tags (subjects)**

Football, hamstring flexibility, acceleration speed, running technique, step frequency, step length, hip flexion angle

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Lajianalyysi</b> .....	<b>4</b>
2.1	Koordinaatio.....	5
2.2	Kestävyys.....	5
2.3	Nopeus .....	7
2.4	Voima .....	8
2.5	Liikkuvuus.....	9
<b>3</b>	<b>Lonkan alueen anatomia</b> .....	<b>11</b>
3.1	Alaraajojen lihakset.....	13
3.2	Hermotus.....	17
3.3	Lihäs-jännekompleksi.....	19
3.4	Lihaksen ja jänteen rakenne .....	19
<b>4</b>	<b>Juoksuanalyysi</b> .....	<b>20</b>
4.1	Juoksun biomekaniikka .....	21
4.2	Spurtin kiihdytysvaihe .....	23
4.3	Lonkanivelen toiminta juoksussa .....	24
<b>5</b>	<b>Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimusongelma</b> .....	<b>25</b>
<b>6</b>	<b>Tutkimuksen toteutus</b> .....	<b>26</b>
6.1	Tutkimusaineisto .....	26
6.2	Tutkimusasetelma .....	28
6.3	Tiedonkeruumenetelmät .....	29
6.3.1	Liikkuvuusmittaus .....	29
6.3.2	Nopeustesti.....	30
6.4	Tiedonkeruuohjelmisto .....	31
6.5	Aineiston analysointi .....	33
6.6	Eettiset näkökulmat .....	34
<b>7</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>36</b>
<b>8</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>46</b>
8.1	Johtopäätökset.....	47
8.2	Tulosten hyödyntäminen työelämässä .....	51
8.3	Tutkimuksen rajoitukset ja luotettavuus .....	52
8.4	Jatkotutkimusaiheita .....	53

<b>Lähteet</b> .....	<b>55</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>61</b>
Liite 1. Tutkimuslupa .....	61

## **Kuviot**

Kuvio 1. Lonkkanivelten ligamentit.....	13
Kuvio 2. Takareiden lihakset .....	14
Kuvio 3. Etureiden lihakset .....	15
Kuvio 4. Lähentäjälihakset .....	15
Kuvio 5. Juoksun vaiheet jaoteltuna kolmella tavalla. ....	21
Kuvio 6. 10–0–5 suunnanmuutostestin rata.....	30
Kuvio 7. Juoksun biomekaanisten muuttien vaikutus. ....	51

## **Taulukot**

Taulukko 1. Lonkan liikesuunnat.....	12
Taulukko 2. Lonkkanivelentä liikuttavat agonistit ja synergistit.....	17
Taulukko 3. Alaraajojen hermotus .....	18
Taulukko 4. Opinnäytetyön aikataulutaulukko .....	28
Taulukko 5. Testattavat muuttujat .....	32
Taulukko 6. Testattavien tulosten keskiarvo, minimiarvot, maksimiarvot sekä keskihajonta... 36	
Taulukko 7. Lonkan fleksiokulman (asteet) yhteys aktiivisen takareiden liikkuvuustestiin (ASLR)37	
Taulukko 8. Askelpituuden (m) yhteys takareiden aktiivisen liikkuvuuteen (ASLR) kiihdytyksessä .....	38
Taulukko 9. Askeltiheyden (Hz) yhteys takareiden aktiivisen liikkuvuuteen (ASLR) kiihdytyksessä .....	39
Taulukko 10. Aktiivisen takareiden liikkuvuuden yhteys viiden metrin nopeuteen .....	39
Taulukko 11. Askelpituuden (m) yhteys askeltiheyteen (Hz) kiihdytyksessä .....	40
Taulukko 12. Askelpituuden (m) yhteys lonkan fleksiokulmaan (asteet) kiihdytyksessä.....	41
Taulukko 13. Askelpituuden (m) yhteys viiden metrin nopeuteen (s) .....	42
Taulukko 14. Askeltiheyden (Hz) yhteys lonkan fleksiokulmaan (asteet) kiihdytyksessä .....	43
Taulukko 15. Lonkan fleksiokulman yhteys viiden metrin nopeuteen .....	44
Taulukko 16. Askeltiheyden yhteys viiden metrin nopeuteen .....	45
Taulukko 17. Merkittävimmät yhteydet .....	46

# 1 Johdanto

Jalkapallo on maailman suosituin ja kilpailluin urheilulaji. Jalkapallo on vaativa laji, jossa pienet erot ovat ratkaisevia huippu- ja peruspelaajien välillä. Fyysiset ominaisuudet ovat keskeisiä pelaajan suorituskyvyn kannalta. Maailman huipulle tähtäävän jalkapalloilijan on hallittava monia fyysisiä ominaisuuksia erittäin korkealla tasolla, kuten nopeus, kestävyys, voima, liikkuvuus, ketteryys, tasapaino ja koordinaatio. Erot huippu-urheilussa ovat marginaaliset, jolloin näennäisesti merkittömät yksityiskohdat voivat tehdä suuren eron.

Liikkuvuusharjoitukset ovat olennainen osa jalkapalloilijoiden valmistautumista harjoituksiin ja kilpailuihin, ja ne auttavat ennaltaehkäisemään loukkaantumisia ja edistämään palautumista. Vaikka liikkuvuuden suora vaikutus suorituskyykyyn on vielä kiistanalainen aihe, tämä opinnäytetyö keskittyy tutkimaan liikkuvuuden mahdollista vaikutusta jalkapalloilijoiden suorituskyykyyn.

Tutkimuksen aihe rajautuu takareiden aktiiviseen liikkuvuuteen ja tavoitteena on selvittää sen yhteys jalkapalloilijoiden juoksutekniikkaan ja nopeuteen. Tutkimuksessa keskitytään erityisesti viiden metrin nopeuteen, lonkan fleksiokulmaan heilahdusvaiheessa, askelpituuteen ja askeltiheyteen. Näitä muuttujia vertaillaan keskenään tilastollisen korrelaatioanalyysin avulla Jamovi-ohjelmistolla. Tuloksia verrataan myös aiempaan olemassa olevaan tutkimustietoon juoksun biomekaniikasta ja harjoittelusta. Tutkimus kattaa ainoastaan kiihdytysvaiheen viisi ensimmäistä askelta, ja sen tavoitteena on tuottaa uutta tietoa liikkuvuuden roolista nopeusharjoittelussa. Samankaltaista tutkimusta aiheesta ei ole aikaisemmin tehty, mikä tekee tästä tutkimuksesta arvokkaan lisän ymmärrykseen liikkuvuuden, juoksun biomekaniikan ja nopeuden yhteydestä jalkapallossa.

Hyvä juoksutekniikka tukee sekä nopeuden kehittymistä että loukkaantumisten ennaltaehkäisyä. Lonkan fleksion suuruuden ja askelpituuden on havaittu korreloivan juoksunopeuteen, mikä herättää kysymyksen takareisien liikkuvuuden vaikutuksesta näihin tekijöihin. Lisäksi askeltiheydellä on keskeinen rooli nopeuden kehittämisessä, joten se otettiin mukaan tutkimukseen.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Helsingin Jalkapalloklubi, joka pyysi meitä suorittamaan kuuden eri liikkuvuustestin paketin. Näitä testejä voidaan käyttää heidän omassa laajemmassa tutkimuksessaan. Valitsimme yhden liikkuvuustestin (aktiivinen suoran jalan nosto, Active Straight Leg

Raise) ja vertasimme sitä pelaajien 10–0–5-suunnanmuutostestin perusteella tehtyyn juoksuanalyysiin, joka toteutettiin Vuemotion-ohjelmiston avulla. Tämän opinnäytetyön tavoitteena on lisätä Suomessa toimivien jalkapallovalmentajien ymmärrystä juokсутekniikan merkityksestä osana monipuolista harjoittelua. Sen seurauksena on hyvä mahdollisuus parantaa jalkapalloilijoiden juokсутeknisiä ominaisuuksia, ja siten nopeutta, samalla kiinnittäen huomiota loukkaantumisten ehkäisyyn. Uskomme, että tällä tutkimuksella voi olla positiivinen vaikutus juoksulajien valmennukseen niin valmentajien kuin fysioterapeuttienkin näkökulmasta.

## 2 Lajianalyysi

Jalkapallossa pelaa vastakkain kaksi joukkuetta, joilla molemmilla on kentällä samanaikaisesti 10 kenttäpelaajaa ja yksi maalivahti. Ottelun kesto on yhteensä 90 minuuttia, joka jaetaan kahteen 45 minuutin mittaiseen osaan. Jaksojen välisen väliajan kesto on noin 15 minuuttia. Se joukkue, kumpi onnistuu tekemään enemmän maaleja, voittaa pelin.

Jalkapallo on nopeuskestävyysslaji, joka sisältää paljon kovatehoisia suorituksia 90 minuutin pelin aikana. Pelaajilla on oltava hyvät voima-, kestävyys- ja nopeusominaisuudet sekä riittävät liikkuvuustasot (Svensson & Drust 2005, 601). Lisäksi koordinaatiokyvyt on oltava poikkeuksellisen hyvät, mikäli tavoitellaan ammattilaisuutta. Fyysisten ominaisuuksien painotus vaihtelee hieman pelipaikan ja yksilön sekä joukkueen pelityylin mukaan. Kokonaisuus koostuu taktisista, teknisistä, fyysisistä ja psyykkisistä ominaisuuksista. Spurttien (yli 25,5 km/h) sekä kovatempoisten juoksujen (yli 19,8 km/h) määrä onkin usein hyvin pelipaikkariippuvaista. Onkin osoitettu, että laitapuolustajat sekä hyökkääjät juoksevat eniten spurtteja kokonaismatkastaan (Owen 2016, 26). Tarkasteltaessa pelien keskimääräistä kokonaismatkaa, pelaajat juoksevat kukin 9–14 kilometriä, joista eniten yleensä keskikenttäpelaajat ja laitapuolustajat (keskimäärin yli 11 km) (Metaxas 2021; Owen 2016, 26).

Jokaisella huippujalkapalloilijalla tai huippua tavoittelevalla pelaajalla on oltava hyvä taso jokaisessa motorisessa perusominaisuudessa, mikä tekee lajista poikkeavan moneen muuhun verrattuna. Lajin tämänhetkisen kehityskäyrän mukaan nopeuskestävyys- ja nopeusominaisuudet painottuvat yhä enemmän jalkapallon muuttuessa koko ajan suoraviivaisemmaksi, intensiivisemmäksi

ja nopeammaksi peliksi. Lajin kehitys indikoikin, että jo lähitulevaisuudessa puutteellisilla nopeusominaisuuksilla on yhä vaikeampi päästä huipulle, vaikka tekniset ja taktiset ominaisuudet olisivat todella hyvää tasoa. (Dodd & Newans 2018, 2–4.)

## 2.1 Koordinaatio

Hyvällä koordinaatiokyvyllä on valtava merkitys jalkapallossa. Pelaajien kyky liikuttaa omaa kehoa sekä pallon kanssa että ilman on usein ratkaisevin tekijä pelaajan taitotasoa määrittäessä. Jalkapalloilijan koordinaatio koostuu erityisesti useiden nivelten oikea-aikaisesta liikuttamisesta oikealla nopeudella sekä pallon hallitsemisesta havainnoiden samalla mitä kentällä tapahtuu (Tessitore, Perroni, Cortis, Meeusen, Lupo & Capranica 2011). Pelaajan on kyettävä tekemään oikeita päätöksiä hyvin lyhyessä ajassa halliten pallo samalla itsellään. Pallon hallitseminen voi tarkoittaa erilaisien syöttöjen vastaanottamista ja antamista, kuljettamista, laukomista tai monissa tapauksissa näiden yhdistämistä. Lehdon ja Vänntisen (2010, 20) mukaan Ranskan liigassa keskimääräinen juoksuvauhti pallon haltuunoton hetkellä oli 10,3 km/h ja pallon kuljettamisessa 12,9 km/h. Lisäksi huippuvauhti pallon kuljettamisessa oli 24,9 km/h, mikä alleviivaa lajin vaativuutta (Lehto & Vänntinen 2010, 20). Hyvää alaraajojen koordinaatiokykyä tarvitaan myös ilman palloa tehtävissä korkeatehoisissa suorituksissa, kuten spurteissa, hyppyissä ja suunnanmuutoksissa, joissa joudutaan reagoimaan mahdollisimman nopeasti ulkoiseen ärsykkeeseen, kuten palloon tai vastustajaan. Esimerkki tästä voisi olla yksi vastaan yksi -puolustustilanteet, joissa puolustajan on kyettävä seuraamaan hyökkääjän toimia mahdollisimman nopeasti.

## 2.2 Kestävyys

Kestävyys on jalkapallossa perusta sille, että pelaaja pystyy pelaamaan 90 minuuttia lähellä anaerobista kynnystä (80–90 % maksimisykkeestä) tehden paljon toistuvia korkeatehoisia suorituksia, kuten spurtteja, taklauksia, hyppyjä ja käännöksiä palautuen niistä nopeasti pelin aikana (Stolen 2012). Hyvät kestävyystasot auttavat palautumaan nopeammin myös pelien sekä harjoitusten jälkeen ja siten harjoittelemaan tehokkaammin.

Huippujalkapalloilija tarvitsee sekä vahvaa aerobista että anaerobista energiantuottokykyä. Aerobinen energiantuotto tarkoittaa suorituksia, joissa lihasten energianlähteenä hyödynnetään hap-



pea. Jalkapallossa aerobinen glykolyysi (hapen ja hiilihydraattien käyttäminen energiaksi) on erityisen tärkeä energiantuottotapa (Alghannam 2012). Koska jalkapallo-otteluissa suurin osa energiasta tuotetaan näin, erityisesti maksimaalisen aerobisen tehon sekä maksimaalinen hapenottokyvyyn (Vo2max) määrittäminen on tärkeää (Svensson 2005, 603). Vo2max tarkoittaa, kuinka paljon happea hengitys- ja verenkiertoelimistö pystyy enimmillään kuljettamaan työskenteleville lihaksille ja niiden kykyä käyttää happea maksimaalisessa rasituksessa (Kutinlahti 2021). Yleisimmin käytetään suhteellista hapenottokyvyn arvoa, jolloin se ilmoitetaan kehon painokiloa kohden. Maksimaalisessa hapenottokyvyssä on todettu merkittävä yhteys pelaajan tasoon nähden: mitä kovemmassa sarjassa pelataan, sitä parempi on Vo2max (Slimani, Bragazzi, Miarka & Znazen 2019). Ammattilaisjalkapalloilijan keskimääräinen Vo2max-arvo on 58–62 ml/kg/min (Bragazzi ym. 2019). Erään tutkimuksen mukaan jo 11 % kehitys Vo2max:ssa nostaa pelissä kuljettua kokonaismatkaa 20 %, lisää pallon kanssa vietettävää aikaa 23 % ja nostaa spurttien määrää peräti 100 % (Owen 2016, 52).

Anaerobinen energiantuotto tarkoittaa energiantuottoa ilman happea, jolloin energiaa tuotetaan alaktisesti tai laktisesti. Alaktinen energiantuotto tarkoittaa suorituksia, joissa lihaksistoon ei muodostu laktaattia. Tällöin energia saadaan välittömistä ATP- ja fosfokreatiinivarastoista. Alaktista energiantuottoa tarvitaan etenkin maksimaalisen nopeissa alle 10 sekuntia kestävässä suorituksissa, kun hapen avulla ei saada tarpeeksi nopeasti tarvittavaa määrää energiaa. (Owen 2016, 62.)

Jalkapallossa alaktinen energiantuotto määrittää suurta osaa fyysisestä suorituskyvystä, johtuen toistuvista kovatehoisista suorituksista. Owenin (2016, 23) mukaan pelaajat tekevät yhteensä 1000–1400 lyhytkestoista suoritusta pelin aikana tapahtuen 4–6 sekunnin välein, joista 220 on korkean intensiteetin suorituksia, kun taas Wisløffin, Castagnan, Helgerudin, Jonesin ja Hoffin (2004) mukaan 2–4 sekunnin kestoisen spurtityyppinen suoritus tapahtuu keskimäärin 90 sekunnin välein. Tämä tarkoittaa, että fosfokreatiinivarastojen on oltava tarpeeksi suuret ja niiden on palautettava nopeasti kovatehoisten suoritusten välillä, mihin vaikuttaa myös olennaisesti hapen tehokas käyttö energiankäyttö kovatehoisten suoritusten välillä (Morton 2008, 91). Tällaiset maksimaalisen intensiteetin suoritukset ovat usein ratkaisevassa asemassa jalkapallopelissä; se joukkue, joka pystyy suorittamaan asioita lyhyemmässä ajassa ja voittamaan sitä kautta enemmän yksittäisiä tilanteita, saa edun vastustajaan nähden. Vahva anaerobinen kapasiteetti ja teho on hy-

vin olennaista, jotta fosfokreatiinia voidaan jatkuvasti hyödyntää energian (ATP:n) lähteenä räjähtävissä suorituksissa, ja aikaisemmin mainitun vahvan aerobisen kapasiteetin avulla voidaan palautua nopeasti toistuvista toiminnoista koko 90 minuutin pelin ajan (Bekris, Mylonis, Gioldasis, Gissis & Kombodieta 2016, 627–528).

Laktisessa energiantuotossa (anaerobisessa glykolyysissä) energianlähteenä käytetään glukoosia. Glukoosi ottaa dominantin energiantuottovastuun, kun fosfokreatiinivarastot lähenevät loppuaan eli kymmenestä sekunnista minuutteihin kestävässä kovatehoisissa suorituksissa, jolloin happea ei ole tarpeeksi saatavilla energiaksi (Svensson ym. 2005, 610). Lopputuotteena muodostuu laktaattia ja vetyä, minkä seurauksena veri happanee merkittävästi ja ihmiskeho väsy nopeasti eikä enää jaksaa suoriutua yhtä kovalla intensiteetillä kuin suorituksen alussa (Hermansen 1981, 49). Jalkapallossa tämä energiantuottotapa on käynnissä usein toistuvissa, mutta lyhyissä pätkissä sen perusteella, että pelaajien veren laktaattiarvot ovat usein korkealla (jopa 12 mm/l) pelin aikana (Alghannam 2012).

## 2.3 Nopeus

Nopeuskomponentilla on alkanut olla yhä merkittävämpi rooli ammattilaisjalkapallossa viimeisten vuosikymmenten aikana, koska lajin luonne on muuttunut vuosi vuodelta intensiivisemmäksi ja nopeammaksi (Haugen, Tønnessen, Hisdal & Seiler 2014). Kyky suorittaa maksimaalisia kiihdytyksiä, spurtteja ja jarrutuksia koko 90-minuuttisen pelin aikana on hyvin olennaista jalkapalloilijalle. Korkean intensiteetin juoksujen määrän ja pelaajan tason välillä on vahva yhteys jo esipuberteettikäisistä lähtien; mitä korkeampi taso, sitä enemmän korkean intensiteetin suorituksia (Dodd 2018). Huippuammattilaiset suorittavat jopa lähes 30 % enemmän korkean intensiteetin juoksuja ja lähes 60 % enemmän maksimaalisia spurtteja kuin alemmalla tasolla pelaavat ammattilaiset (Owen 2016, 20).

Nopeus ei ole jalkapallossa vain lineaarista suoranopeutta, sillä pelissä tapahtuu jatkuvasti kovatehoisia suunnanmuutoksia. Suunnanmuutosnopeuteen liittyy usein nopea jarrutus ja lateraalisen voimantuoton komponentti ja erityisesti jalkapallossa nämä taidot yhdistyvät nopeaan päätöksentekoon eli reagointiin (Suorituskykyvalmentaja 2023). Owenin (2016, 23) mukaan yli 40 % pelissä tapahtuvista kovatehoisista suunnanmuutossuorituksista kestää alle 6 sekuntia ja suoritusten välisen palautusajan kesto on alle 6 sekuntia noin 50 % suorituskerroista. Kyky liikuttaa omaa kehoa

mahdollisimman nopeasti ja jatkuvasti suunnasta toiseen on jalkapallossa niin koordinatiivisten kykyjen, voiman, kestävyys kuin nopeusominaisuuksien yhteissumma.

## 2.4 Voima

Voima- ja tehontuotto-ominaisuudet ovat jalkapallossa yhtä tärkeitä kuin kestävyys ja nopeus. Maksimaalinen voimantuotto tarkoittaa suurinta voimaa, jota hermolihasjärjestelmä pystyy tuottamaan yhden maksimaalisen supistuksen aikana, kun taas teho on hermolihasjärjestelmän kykyä tuottaa mahdollisimman paljon voimaa lyhyessä ajassa. Maksimivoimalla on usein vahva yhteys suhteelliseen voimantuottoon (voimantuotto suhteessa omaan kehonpainoon) sekä tehontuottoon ja samalla liikenopeuteen, kuten kiihtyvyyteen, suunnanmuutosnopeuteen ja maksimaaliseen nopeuteen. (Stølen 2012.) Lisäksi hyvät maksimivoimatasot pienentävät merkittävästi loukkaantumisriskiä. Lehnardin ja muiden (1996, 116) mukaan progressiivisen koko kauden mittaisen maksimivoimaharjoittelun lisääminen harjoitteluun vähensi loukkaantumisia jopa 50 %.

Jalkapallossa suhteellisella voimantuottokyvyllä on suurin merkitys, sillä pelaajan on kyettävä liikuttamaan omaa kehoa mahdollisimman räjähtävästi, sulavasti ja taloudellisesti. Ulkopuolista massaa (vastustajaa) ei juurikaan siirrellä paitsi taklaus- ja pallonsuojaustilanteissa, mutta tällaisia tilanteita esiintyy pelin aikana paljon vähemmän verrattuna pelkkään oman kehon liikuttamiseen, joten siksi absoluuttinen maksimivoima (suurin voima, jota keho pystyy tuottamaan huolimatta kehon massasta) ei ole niin olennaista. Hyviä mittareita riittäviin suhteellisiin voimantuottotasoihin on esimerkiksi kahden jalan puolikykyssä 1,5 kertaa oma kehonpaino (jalat) ja penkkipunnerruksessa 0,8 kertaa oma kehonpaino (ylävartalo). (Stølen 2012.)

Juoksu itsessään on nopean kontaktiajan suorittamista, kun jalkaterä käy nopeasti maassa ja ponnahtaa sitten ilmaan (Donnelly, Kyriacou, Marsh, Ward, & Wren 2020, 17–18). Puhutaankin lihaskompleksin venymis-lyhenemissyklistä, mikä tarkoittaa lihaksen peräkkäistä venymistä ja supistumista, esimerkiksi juoksun lentovaiheessa takareisi venyy ja sen jälkeen maksimikosketus- ja ponnistusvaiheessa supistuu eli tekee konsentrista lihastyötä (Seiberl, Hahn, Fletcher & Siebert, 2023; Chumanov, Heiderscheit & Thelen 2007, 3555–3556).

Juoksussa keskivartalon voimantuotto on hyvin olennaista, jotta pystyasento pysyy optimaalisena ja jaloista tuotettu voima ei ”vuoda läpi” eli voima siirtyy ulospäin. Tämä tarkoittaa, sitä että mahdollisimman suuri osa tuotetusta voimasta saadaan hyödynnettyä kehon liikuttamiseen eli useimmiten juoksemiseen, hyppäämiseen tai suunnanmuutoksiin. Hyvät keskivartalon voimatasot tukevat myös ulkoisen voiman vastustamisessa esimerkiksi taklaus- ja nopeissa suunnanmuutostilanteissa. (Donnelly ym. 2020, 31.)

## 2.5 Liikkuvuus

Tarpeeksi hyvä liikkuvuus on myös tärkeä osa jalkapalloa, koska se parantaa liikkumisen taloudellisuutta ja ennaltaehkäisee vammoja. Donnellyn ja muiden (2020, 129) mukaan keskeisimpiä alueita ovat pakarat, takareidet ja etureidet. Tarpeeksi hyvä tarkoittaa sitä, että jalkapalloilijoiden ei tarvitse olla balettianssijoita, mutta heidän on pystyttävä juoksemiseen ja potkaisemiseen optimaalisella tavalla. Kyky päästä syvään kyykkyasentoon on hyvä osoitus riittävästä liikkuvuudesta (Donnelly ym. 2020, 129). Myös Arnasonin, Sigurdsonin ja Bahrin (2004, 14) mukaan lonkan alueen vammat olivat yleisempiä niillä pelaajilla, joilla lonkkaa liikuttavien lihasten liikkuvuus oli puutteellista, minkä lisäksi Wan, Li, Best, Liu, Li ja Yu (2021, 222–223) näkevät takareiden puutteellisen liikkuvuuden lisäävän loukkaantumiseriskiä.

Takareisien toiminta on juoksussa erityisen suuressa roolissa ei vain voiman, vaan myös liikkuvuuden kannalta. Lentovaiheen aikana takareisi alkaa pidentyä ja lentovaiheen lopussa se on pisimmillään, jolloin suurin osa takareisivammoista syntyy (Thelen ym. 2005; Chumanov ym. 2007, 3555–3556.) Chumanov ja muut (2007, 3559–3560) sekä DeVita ja muut (2007) korostavat, että mitä kovempaa juostaan, sitä suurempi on takareiden negatiivinen lihastyö eli lihas venyy samalla, kun voima- ja suuntavektorit ovat vastakkaiseen suuntaan. Juostessa tämä toistuu jatkuvasti, mikä voi aiheuttaa mikroaurioita takareiden lihaksiin ja altistaa vammoille (DeVita 2007). Takareisivammat ovatkin yleisin yksittäinen vammatyyppi jalkapallossa, sillä jopa 12 % kaikista vammoista kohdistuu sinne (Ribeiro-Alvares, Dornelles, Fritsch, Xavier de Lima-e-Silva, Medeiros, Severo-Silveira, Marques & Baroni 2018). Ribeiro-Alvarez ja muut (2018) korostavat, että takareisien puutteellinen liikkuvuus on yksi merkittävistä takareisivammojen riskitekijöistä.

Takareiden liikkuvuudella voi olla myös yhteys kiihdytysnopeuteen ja maksimaaliseen juoksunopeuteen. Raj, Hanlin & Elliot (2023) kertovat tutkimuksessaan, että takareisien liikkuvuuden kehittymisellä on suora yhteys ensimmäisen viiden metrin maksimaaliseen nopeuteen. Mendiguchia, Gonzalez De la Flor, Mendez-Villanueva, Morin, Edouard & Aranzau Garrues (2020, 1–6) ovat tutkineet asiaa hieman erilaisesta näkökulmasta; *anterioric pelvic tiltin* (APT) vaikutuksesta takareisien liikkuvuuteen. Heidän mukaansa APT vaikuttaakin negatiivisesti takareisien liikkuvuuteen. APT tarkoittaa lantion kallistumista eteenpäin, jolloin voidaan nähdä korostunutta lordoosia (notkoselkää) alaselässä. Tämä voi johtaa heikentyneeseen lonkan fleksioon, kun kaksipäinen reisilihas (*Biceps Femoris*) on valmiiksi hieman venyneessä asennossa. Kun tämän vie käytäntöön maksimaalisessa spurtissa, ei polvi pääse nousemaan yhtä paljon kuin lantion ollessa enemmän *posteriorisessa tiltissä*, jolloin askelpituus todennäköisesti kasvaisi ja takareisi pääsisi työskentelemään optimaalisesti isommalla liikelaajuudella. Tämä elementti on tärkeä osa juoksua, mutta kaippaa silti vielä lisätutkimusta vahvistaakseen APT:n, takareisien liikkuvuuden ja juoksunopeuden välistä yhteyttä. Toki myös itse *Biceps Femoris* -lihas voi olla jäykkä, vaikka korostunutta APT:tä ei olisikaan. (Raj ym. (2023; Mendiguchia ym. 2020, 1–6.)

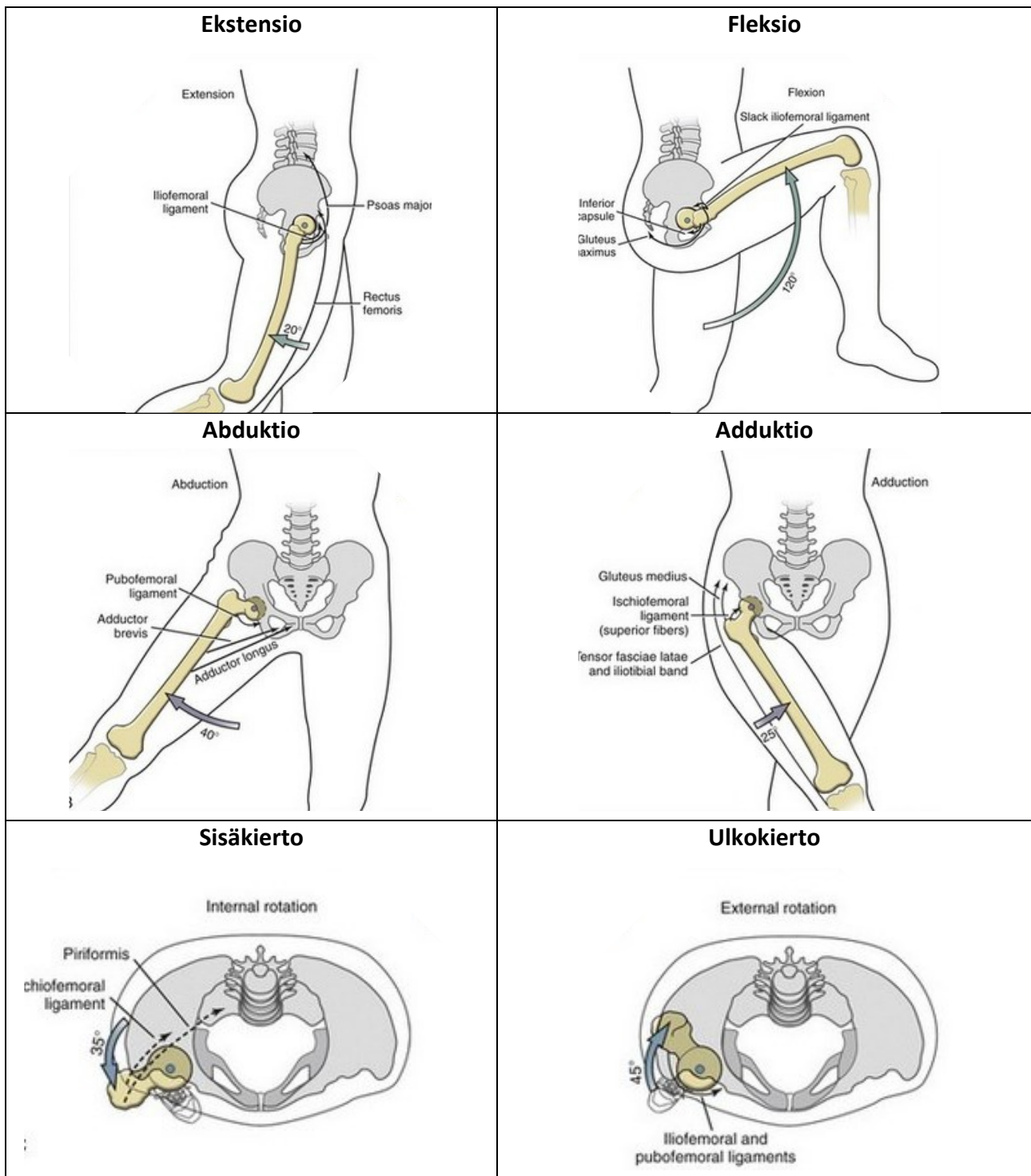
Nivelen liikerajoitus voi johtua joko nivelestä tai lihaksesta. Nivelen aiheuttama liikerajoitus on peräisin nivelen muodosta ja luiden yhteensopivuudesta sekä niveleltä ympäröivistä kapseliligamenttirakenteista. Lihaksissa voi ilmetä sekä passiivista että aktiivista kireyttä. Passiivinen lihaskireys riippuu lihaksen ja ympäröivän sidekudoksen rakenteellisista ominaisuuksista, kuten lihaksen viskoelastisista ominaisuuksista ja faskiasta, kun taas aktiivinen lihaskireys tuotetaan dynaamisella lihassupistuksella. Aktiivinen jänteisyys syntyy lihaksen neurorefleksiivisistä ominaisuuksista, erityisesti perifeerisen motorisen hermon hermotuksesta (alfamotorinen hermo) ja refleksiivisestä aktivaatiosta (gammamotorinen hermo). (Page 2012, 110–111.)

Nivelsiteiden vaikutus liikkuvuuteen on usein merkittävin, noin 47 %. Myös lihakset ja lihaskalvot aiheuttavat noin 40 % vastuksen venyvyyteen, kun taas jänteiden vaikutus on noin 10 %. Näiden lisäksi liikkuvuutta voivat heikentää nivelpussi, arpikudos, sairaudet ja vammat, hermostollinen suojaus tai psyykkiset tekijät. (Seppänen ym. 2010, 108.)

### 3 Lonkan alueen anatomia

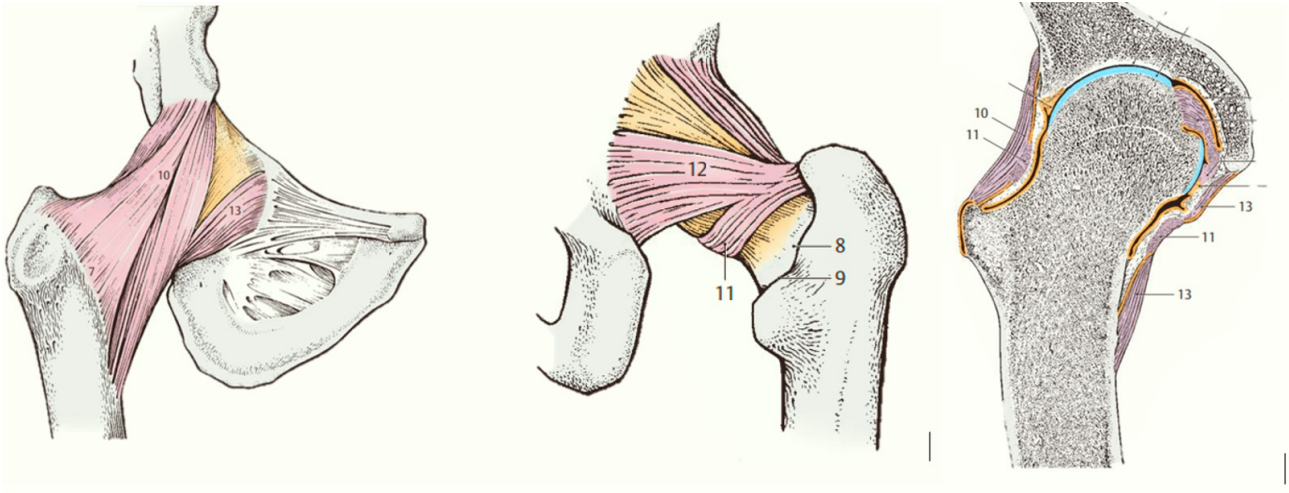
Ihmisen lantio koostuu kahdesta lonkkaluusta (os. coxae) sekä ristiluusta (os. sacrum). Lonkkaluu voidaan jakaa kolmeen erilliseen osaan, joita kutsutaan suoliluuksi (os. ilium), häpyluuksi (os. pubis) ja istuinluuksi (os. ischium). Lonkkaluun kolme osaa muodostavat yhdessä lonkkamaljan (acetabulum), johon reisiluun (os. femur) pää (caput femur) kiinnittyy. Lonkkanivel (art. coxae) on pallonivel, jolloin sen liikesuuntia ovat fleksio, ekstensio, abduktio, adduktio, mediaalirotaatio, lateraalirotaatio ja circumductio (Taulukko 1). (Tortora & Grabowski 2003, 226–227, 262.) Lonkkanivelen liikesuuntien astekulmat ovat yksilöllisiä. Mageen (2014, 698) mukaan lonkkanivelen aktiivinen liikelaajuus (active range of motion, AROM) on fleksio suuntaan 110–120°, ekstensio 10–15°, adduktio 30°, abduktio 30–50°, mediaalirotaatio 30–40° ja lateraalirotaatio 40–60°.

Taulukko 1. Lonkan liikesuunnat (Mukailtu Neuman 2002, 403)



Reisiluun pää (Caput femur) on pallomainen reisiluun osa, joka kiinnittyy acetabulumiin kuuden ligamentin (nivelside) avulla, joista viisi on ekstrakapsulaarisia ja yksi intrakapsulaarinen ligamentti (Kuvio 1). Ekstrakapsulaarisilla ligamenteilla tarkoitetaan nivelen ulkopuolisia ligamentteja ja niistä tärkeimmät ovat iliofemoral ligamentti (10), ischiofemoraalinen ligamentti (12), pubofemoral liga-

mentti (13) ja zona orbicularis ligamentti (11). Intrakapsulaariligamentti sijaitsee täysin nivelkapselin sisällä ja sitä kutsutaan ligamentum capitis femorikseksi. Nivelsiteiden tehtävä on vahvistaa niveltä sekä estää liiallinen liikelaajuus nivelessä. (Platzer 2015, 198–201.)

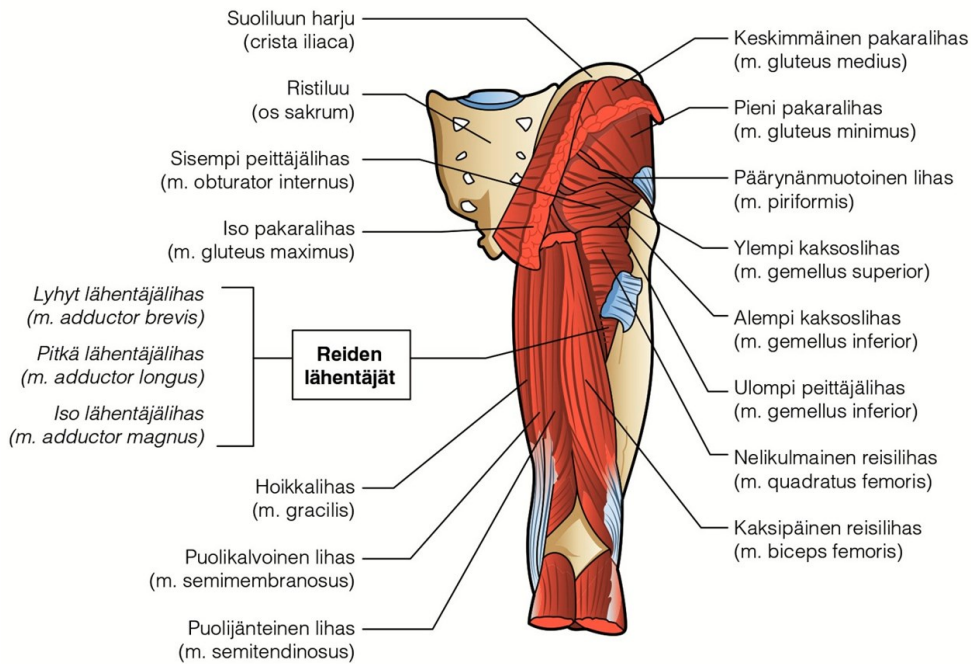


Kuvio 1. Lonkkanivelten ligamentit (Platzer 2015 199, 201)

### 3.1 Alaraajojen lihakset

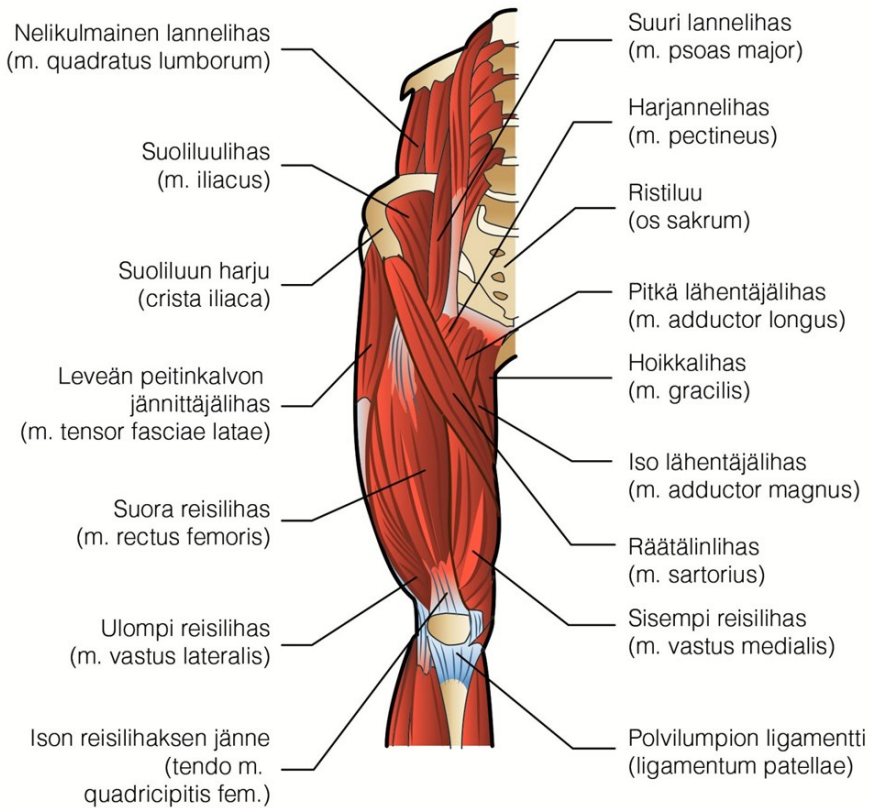
Takareiden lihaksisto hamstring lihakset koostuvat kolmesta erillisestä lihaksesta, jotka ovat kaksipäinen reisilihas (m. biceps femoris), puolikalvoinen lihas (m. semimembranosus) ja puolijänteinen lihas (m. semitendinosus) (Kuvio 2). Biceps femoris jaetaan vielä kahteen erilliseen osaan lihaksen pitkään (caput longum) sekä lyhyeen (caput brevis) päähän. Biceps femoriksen molempien päiden kiinnityskohtana (insertio) on pohjeluun pää (caput fibulae), kun taas lihasten lähtökohdat (origo) ovat eri kohdissa. Biceps femoriksen pitkän pään origo on istuinkyhmyssä (tuber ischiadicum) ja lyhyen pään origo on lateraalisessa reisiluun harjussa (labium laterale linea aspera). Semimembranosuksen ja semitendinosuksen lihasten origot ja insertiot ovat samat. Origona tuber ischiadicum ja insertiona polven mediaalipuolella sijaitseva hanhenjalkaa muistuttava rakenne (pes anserius). Hamstring lihasten tehtävät (funktio) ovat lonkan ekstensio, lateraalirotaatio, adduktio, polvinivelen (art. genu) fleksio sekä säären lateraalirotaatio. Biceps femoriksen funktioihin kuuluvat lonkkanivelen ekstensio, polven fleksio, femurin lateraalirotaatio ja säären lateraalirotaatio. Semimembranosuksen ja semitendinosuksen funktioita on lonkan ekstensio, polven fleksio ja säären mediaali rotaatio, lisäksi semitendinosus osallistuu lonkkanivelen adduktioon. (Platzer 2015, 244–247, 250–253.)



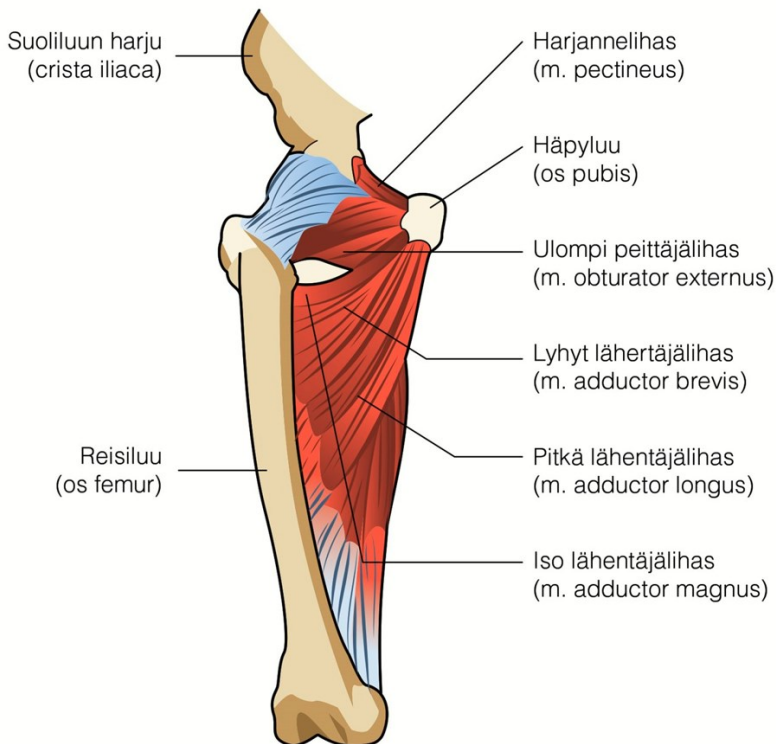


Kuvio 2. Takareiden lihakset (Urheiluvammojen ehkäisy ja hoito, 2021 492)

Muita lonkkaniveltä liikuttavia lihaksia ovat adduktorilihakset (Kuvio 4), etureidenlihakset (m. quadriceps) ja pakaran lihakset. Adduktorilihakset sijaitsevat reiden sisäosassa ja niihin kuuluvat harjannelihas (m. pectineus), reiden lyhyt lähentäjä (m. adductor brevis), reiden pitkä lähentäjä (m. adductor longus), reiden iso lähentäjä (m. adductor magnus) ja hoikkalihas (m. gracilis). Adductor lihasten funktioita ovat femurin adduktio, fleksio, mediaalirotaatio sekä polven fleksio. (Platzer 2015, 244–247, 250–253.) Reiden etuosassa sijaitsee quadriceps-lihakset (Kuvio 3), joihin kuuluvat suora reisilihas (m. rectus femoris), keskimäinen reisilihas (m. vastus intermedius), sisempi reisilihas (m. vastus medialis) ja ulompi reisilihas (m. vastus lateralis). Reiden etuosassa sijaitsee myös räätälihas (m. sartorius). Pakaran lonkkaa liikuttaviin lihaksiin kuuluvat iso pakaralihas (m. gluteus maximus), keskimäinen pakaralihas (m. gluteus medius), pieni pakaralihas (m. gluteus medius). (Platzer 2015, 236–245, 248–249.)



Kuvio 3. Etureiden lihakset (Urheiluvammojen ehkäisy ja hoito, 2021 492)



Kuvio 4. Lähentäjälihakset (Urheiluvammojen ehkäisy ja hoito, 2021 492)

Nivelen liike on usein monen erillisen lihaksen yhteistoimintaa, eikä yksittäisen lihaksen supistuminen välttämättä aiheuta vielä nivelessä liikettä. Suurin osa lihaksista voidaan jakaa nivelien liikesuuntien mukaan vaikuttajalihaksiin (agonisti), vastavaikuttajalihaksiin (antagonisti) ja myötävaikuttajalihaksiin (synergisti). Agonisti- ja antagonistilihasten pari toimii niin, että antagonisti- ja agonistilihakset sijaitsevat eri puolilla niveltä ja niiden yhtäaikainen samalla voimalla tuotettu supistus ei saa aikaan liikettä nivelessä. Agonistilihaksen supistuessa ja antagonistilihaksen venyessä nivelessä tapahtuu liikettä agonistilihaksen funktion suuntaan. Esimerkiksi polven koukistuessa takareiden lihakset toimivat agonistina ja etureiden lihakset antagonistina. Nivelen liikelaajuuden eri osissa agonisti- ja antagonistilihakset saattavat muuttua liikettä tuottavien lihasten vaihtuessa. Spesifin liikkeen tuottamiseen vaaditaan niin agonistilihaksen supistumista, antagonistin venymistä sekä synergistilihasten tukea. Synergistilihasten tehtävänä on tukea niveliä liikkeen aikana, jotta haluttu liikesuunta pystytään tuottamaan. Esimerkiksi sormien koukistuksessa ranteen ekstensoreiden tulee aktivoitua synergiassa, jotta ainoastaan sormet liikkuvat, eikä ranne saa aikaan fleksiota. (Tortora ym. 2003, 313.) Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2) alaraajojen liikesuuntien antagonisti- ja synergistilihakset.

Taulukko 2. Lonkkanivelentä liikuttavat agonistit ja synergistit (Mukailtu Kauranen 2013, 186–187; Tortora & Grabowski 2003, 364-370)

Lonkkanivel	Lihäs / Toiminta
<b>Ekstensio</b>	<b>Agonisti:</b> m. gluteus maximus, m. gluteus medius  <b>Synergisti:</b> m. adductor magnus, m. biceps femoris (caput longum), m. semi-membranosus, m. semitendinosus
<b>Fleksio</b>	<b>Agonisti:</b> m. psoas major, m. psoas minor, m. sartorius  <b>Synergisti:</b> m. adductor brevis, m. adductor longus, m. gluteus medius, m. gracilis, m. pectineus, m. rectus femoris, m. tensor fasciae latae
<b>Adduktio</b>	<b>Agonisti:</b> m. adductor brevis, m. adductor longus, m. adductor magnus, m. gracilis, m. pectineus,  <b>Synergisti:</b> m. biceps femoris (pitkääpää, caput longum), m. gluteus maximus, m. obturatorius externus, m. quadratus femoris
<b>Abduktio</b>	<b>Agonisti:</b> m. gluteus medius, m. gluteus minimus, m. tensor fascia latae  <b>Synergisti:</b> m. gluteus maximus, m. piriformis, m. rectus femoris, m. sartorius
<b>Mediaalirotaatio</b>	<b>Agonisti:</b> m. gluteus medius, m. minimus  <b>Synergisti:</b> m. adductor brevis, m. adductor longus, m. adductor magnus, m. gracilis, m. pectineus, m. tensor fascia latae
<b>Lateraalirotaatio</b>	<b>Agonisti:</b> m. gemellus superior, m. gemellus inferior, m. obturatorius externus, m. obturatorius internus, m. piriformis, m. quadratus femoris  <b>Synergisti:</b> m. biceps femoris (pitkääpää, caput longum), m. gluteus maximus, m. gluteus medius, m. gluteus minimus, m. sartorius

### 3.2 Hermotus

Ihmisen alaraajojen hermotus lähteen selkäytimestä nikamien L1-S5 väleistä. Selkäytimestä lähtevät hermojuuret muodostavat punoksia, joita pitkin hermot kulkeutuvat periferiaan eli kehon raajoihin. Lonkkanivelen ja lannerangan hermopunoksia kutsutaan lanneristipunokseksi (plexus lumbosacralis), joka jakautuu kahteen erilliseen punokseen lannepunos (plexus lumbalis) ja ristipunos (plexus sacralis). Plexus lumbaloksen juuret lähtevät nikamien L1-L5 välistä, kun taas plexus sacraloksen juuren lähtevät nikamaväleistä L4-S5. Lonkkanivelen liikkeen kannalta oleellisemmat hermot plexus lumbalikselta ovat reisihermo (N. femoralis), peittyneen aukon hermo (N. obturator), plexus sacralisesta alempi pakarahermo (n. gluteus inferior), ylempi pakarahermo (n. gluteus superior), piriformishermo (n. piriformis) sekä iskiashermo (n. sciatic). Iskiashermo jakautuu kahteen

erilliseen hermoon, jotka ovat säärihermo (n. tibialis) ja yhteinen pohjehermo (n. peroneus communis). (Tortora ym. 2003, 434–435, 442–445.) Alla olevassa taulukossa hermojen hermottavat lihakset (Taulukko 3).

Taulukko 3. Alaraajojen hermotus (Mukailtu Kauranen 2013, 187; Tortora & Grabowski 2003, 434-435, 442-445)

<b>Hermo</b>	<b>Hermotettavat lihakset</b>
Nervous Femoralis	M. psoas major M. psoas minor M. iliacus M. rectus femoris M. vastus lateralis M. vastus medialis M. vastus intermedius
Nervous Obturator	M. adductor magnus M. adductor brevis M. adductor longus M. pectineus M. gracilis M. obturatorius externus M. obturatorius internus
Nervous Gluteus inferior	M. gluteus maximus
Nervous Gluteus superior	M. gluteus medius M. gluteus minimus M. tensor fascia latae
Nervous Piriformis	M. piriformis
Nervous Sciatic:	
Nervous Tibialis:	M. adductor magnus M. popliteus M. tibialis posterior M. biceps femoris (caput longum) M. semimembranosus M. semitendinosus
Nervous Peroneus communis:	M. biceps femoris (caput breve)

### 3.3 Lihas-jännekompleksi

Lihäs-jännekompleksi muodostuu supistuvista sekä elastisista komponenteista. Lihas kiinnittyy luumun jänteen kautta ja tätä osuutta kutsutaan supistuvaksi komponentiksi, joka säätelee nivelen liikkettä. Elastisia komponentteja on peräkkäiset elastiset komponentit (series elastic components) sekä rinnakkaiset elastiset komponentit (parallel elastic components). Elastiset komponentit muodostuvat lihaskalvoista, sidekudoskalvoista, jänneestä ja lihaksesta. Elastisten komponenttien tehtävä on mahdollistaa kompleksin elastisuus ja venyvyys, suojella lihaskudosta, vähentää lihakseen kohdistuvaa venytystä ja välittää supistuvien kudoksien tuottamaan voimaa muihin rakenteisiin. Lihas-jännekompleksin elastiset komponentit voidaan jakaa rinnakkaisiin- ja peräkkäisiin komponentteihin. Rinnakkaiset komponentit koostuvat lihaskalvoista, jotka ovat endomysium, perimysium ja epimysium. Peräkkäiset elastiset komponentit ovat jänne, lihaksen supistuva osa, joka mahdollistaa myös lihaksen venymisen. (Kauranen 2014, 49–50; Neumann 2002, 44–45.)

### 3.4 Lihaksen ja jänteen rakenne

Ihmisen lihaksistolla on monia tehtäviä, jotka ovat välttämättömiä kehon toiminnalle. Tehtäviä ovat liikkeen tuottaminen, pystyasennon ylläpitäminen, aineiden siirtäminen kehossa ja lämmön tuottaminen. Lihaksilla on monia eri ominaisuuksia mitä muilla kudostyypeillä ei ole. Lihaksella on kyky vastaanottaa tiettyjä sähköisiä ärsykyitä ja kyky johtaa aktiopotentiaalia (hermoimpulssi) ja muuttaa se supistuksen myötä liikkeeksi. Supistumisen lisäksi lihas kykenee venymään, rentoutumaan ja ylläpitämään matalaa lihäs-jännitystä (tonus). (Kauranen 2014, 39.)

Lihaksen kyky supistua ja ylläpitää tonusta (lihäs-jänneys) mahdollistaa pystyasennon ylläpitämisen. Lihaksella on kolme erilaista lihastyötapaa konsentrisen, eksentrisen ja isometrisen. Konsentrisessä lihastyötavassa lihas supistuu, mikä saa aikaan nivelen liikkeen lihaksen liikesuunnan mukaisesti. Isometrisessä lihastyössä lihaksen pituus ei muutu vaan pysyy samana. Eksentrisellä lihastyötavalla tarkoitetaan tilannetta, jossa lihaksella pyritään jarruttamaan liikettä hallitusti lihäs-jännekompleksin pidentyessä. (Kauranen & Nurkka 2010, 116–117.)

Lihaksen rakenne koostuu lihassyistä eli lihassoluista, jotka muodostuvat lihassäikeistä (myofibrilli). Lihasykimpuista muodostuu lihaskunto, joka kiinnittyy molemmista päistään jänteen (tendon) tai kalvojänneen (aponeurosis) kautta luuhun. Lihaksien ympärillä ja lihaksen sisällä on monta

erillistä peitinkalvoa (fascia), joiden tehtävä on eristää ja suojata muita elimiä, tuottaa liikettä, suojata lihaksia, varastoida rasvaa, aistia liikettä ja tukea hermoja, verisuonia ja lymfasuonia. Päällimmäisenä peitinkalvona on pinnallinen faskia (fascia superficialis), joka erottaa lihakset ihosta. Syväfaskia (fascia profunda) peittää lihaksia ja jänteitä sekä muodostaa epäsäännöllisen sidekudoksen, joka sitoo saman funktion omaavia lihaksia yhteen. Kolme syvintä kalvoa sijaitsee syvän faskian sisällä ja päällimmäinen niistä peittää lihasrunгон ja on nimeltään lihaskalvo (epimysium). Seuraava on sidekudoskalvo (perimysium), joka peittää lihassykimpun. Lihassykimpun koko vaihtelee lihaskohtaisesti n.10–100 lihassyhyyn. Syvin kerros on ohutsidekudoskalvo (endomysium), joka peittää yksittäisen lihassyyn. Epimysium, perimysium ja endomysium ovat kaikki yhteydessä lihaksesta kiinnittyviin kudoksiin kuten jänteeseen tai aponeuroosiin. (Tortora ym. 2003 274–275.)

Lihäs tarvitsee jänteen kiinnittyäkseen luuhun sekä muihin kudoksiin. Jännetyypit voidaan jakaa kahteen erilaiseen tyyppiin. Yleisempi niistä on jänne (tendon) ja toinen on aponeuroosi (aponeurosis). Jänteen tehtävänä on välittää lihaksesta tuotettu voima luuhun, tuottaa liikettä, suojata niveliä ja antaa venyvyyttä lihasjännekompleksille. Jänne on lihakseen verrattuna venymättömämpi kudostyyppi, mutta vetolujuudeltaan vahvempi. Jänteen vetolujuutta on mahdollista kehittää harjoittelun myötä. Jänteen kyky venyä lihassupistuksen aikana on ainoastaan 2 % ja sen ylittävissä tapauksissa jänne repeää 3–5 % välillä. (Kauranen 2021, 45.)

## 4 Juoksuanalyysi

Jalkapalloilijalla ensimmäisten kiihdyttävien askeleiden merkitys on hyvin suuri, koska lyhyitä kiihdytyksiä tapahtuu pelissä todella paljon verrattuna maksimaalista juoksunopeutta vaativiin suorituksiin. Jalkapalloilijan juoksu-tyyli eroaa pikajuoksijasta esimerkiksi matalammalla painopisteellä, pienemmällä heilahdusvaiheen polven fleksiolla ja matalammalla polven nostolla heilahdusvaiheessa. Jalkapalloilija toteuttaa hyvin monenlaisia juoksu-tyylejä eri suuntiin pelin aikana. Lineaarisia ja maksimaalisia spurttuja tulee suhteellisen vähän verrattuna juoksuihin, joissa toistuvat reaktiiviset suunnanmuutokset ovat pääosassa. (Cronin & Hansen 2005, 349.) Tässä kappaleessa keskitymme kuitenkin pelkästään lineaarisen juoksun biomekaniikkaan ja erityisesti kiihdytysvaiheeseen.

## 4.1 Juoksun biomekaniikka

Juoksu on ihmisen nopein tapa edetä itsenäisesti eteenpäin. Juoksu ja kävely eroavat siten toisistaan, että kävelyn vaiheissa jompikumpi jaloista on maakontaktissa, kun taas juoksussa molemmat jalat ovat samanaikaisesti lentovaiheessa, jolloin kävelyn kaksoistukivaihe häviää. Jokaisen juoksijan optimaalinen juokсутekniikka on yksilöllinen. Juokсутekniikka on riippuvainen juoksijan anatomisista rakenteista ja mittasuhteista. (Sandström & Ahonen 2011, 331.)

Juoksun jakaminen erillisiin vaiheisiin helpottaa juoksun analysointia ja mittaamista. Juoksun vaiheet voidaan eri lähteiden mukaan jakaa useammalla eri tavalla. Joskin peruseriaatteet syklin jakamisessa ovat yleensä samat. Juoksu sykli jaetaan kahteen päävaiheeseen, joita ovat kuormitusvaihe ja lentovaihe. Sykli voidaan myös jakaa muihin pienempiin osiin jakotavasta riippuen. Alla esimerkki (Kuvio 5) juoksun vaiheiden jakamisesta neljään vaiheeseen. (Novacheck 1998, 78–79; Sandström ja Ahonen 2011, 331–335.)

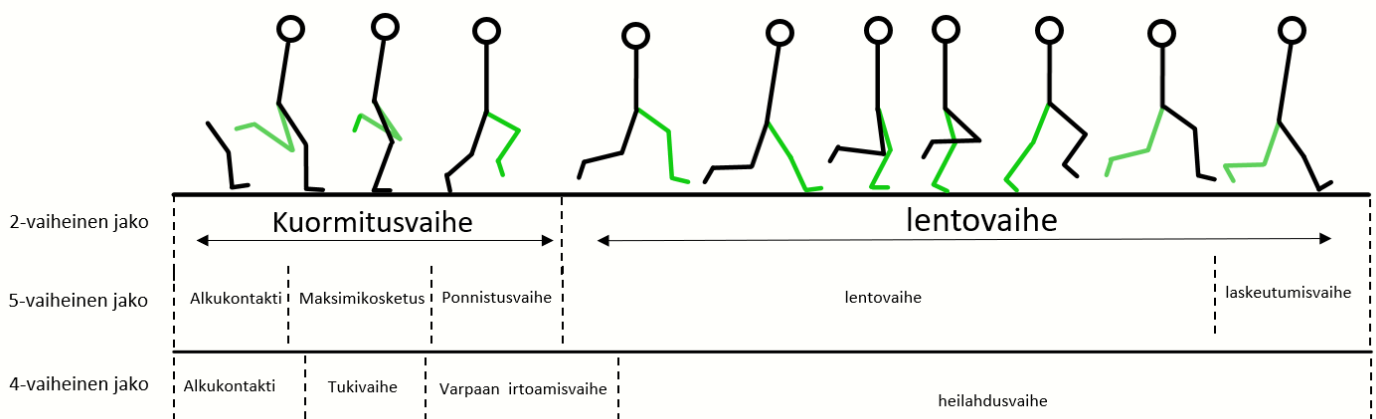
-**Kuormitusvaihe:** kuormitusvaihe jaetaan jalan kontakti- ja maksimikosketusvaiheeseen. Kuormitusvaiheessa jalka saa alkukontaktin ja jatkaa siitä maksimikuormitusvaiheeseen, jossa jalka absorboi suurimman voiman nopeuden ylläpitämiseen.

-**Ponnistusvaihe:** ponnistusvaiheessa kineettiseen ketjuun kertynyt elastinen voima purkautuu ja liike kiihtyy eteenpäin.

-**Lentovaihe:** lentovaihe muodostaa askelpituuden ja silloin molemmat jalat ovat irti maasta. Heilahdusvaiheessa ojentunut jalka heilahtaa eteenpäin toisen jalan ollessa ponnistusvaiheessa.

-**Laskeutumisvaihe:** laskeutumisvaiheessa jalka on valmiina ottamaan alkukontaktin kehon massakeskipisteen alapuolella.

(Sandström ja Ahonen 2011, 331–335.) (Kuvio 5)



Kuvio 5. Juoksun vaiheet jaoteltuna kolmella tavalla (mukailtu Novacheck 1998, 78–79; Sandström ym. 2011, 333–335).



Novacheck (1998, 78–79) jakaa juoksun neljään erilliseen vaiheeseen, jotka ovat alkukontakti (Initial contact), tukivaihe (stance phase reversal), varpaan irtoamisvaihe (toe off) ja heilahdusvaihe (swing phase reversal). Novacheckin mukaan sykli alkaa alkukontaktivaiheesta ja myös päättyy siihen. Novacheckin syklissä alkukontakti on se hetki, kun jalka osuu maahan ja siitä jatkuu tukivaihe, joka kestää varpaan irtoamisvaiheeseen asti. Varpaan irtoamisvaiheen jälkeen alkaa heilahdusvaihe, joka taas päättyy alkukontaktiin. (Novacheck 1998, 78–79.) Juoksun eri vaiheissa vartalon tulee absorboida ja generoida nopeutta. Juoksunopeuden generointi tapahtuu keskikohdalla, josta vauhdin tulisi kiihtyä varpaan irtoamisvaiheen kautta heilahdusvaiheen alkuun asti. Tukivaiheen sekä varpaan irtoamisvaiheen aikana tuotettu voima ja nopeus tulee absorboida heilahdusvaiheen jarruttamisessa sekä alkukontaktin iskuvaiheessa, jotta nopeus juoksussa voi kasvaa. (Novacheck 1998, 78–79; Sandström ym. 2011, 333–335.)

Kun halutaan saavuttaa mahdollisimman suuri nopeus, tulee juoksijan pyrkiä tuottamaan juoksusyklin tukivaihe nopeasti. Juoksun tukivaiheen kesto vaihtelee perusjuoksijan 40 prosentista eliittitason juoksijan 20 prosenttiin. Kehittyneillä juoksijoilla tukivaiheiden kesto juoksusyklin aikana on pienempi ja heilahdusvaihe suurempi. (Novacheck 1998, 79; Levangia, Norkin & Lewek 2019, 501–502.)

Askelpituuden (step length) ja askeltiheyden (step frequency) suhde toisiinsa määrittää juoksunopeuden. Askelpituuden ja askeltiheyden suhde määrittyy juoksijan anatomisten ominaisuuksien mukaan. Ominaisuuksien tulee olla sopusuhtainen omaan tekniikkaan. Askelpituus lasketaan tässä tutkimuksessa siitä hetkestä, kun varvas irtoaa maasta päättyen toisen jalan osuessa maahan. Askeltiheys tarkoittaa sitä, kuinka monta askelta otetaan sekunnissa (Telles, Lewis & Arellano 2020, 56). Kunz ja Kaufmann (1981, 179) vertailivat tutkimuksessaan maailman eliittiluokan sprinttereitä ja kymmenottelijoita ja totesivat, että mitä nopeammasta juoksijasta on kyse, sitä pidempi on askelpituus sekä suurempi askeltiheys. Toisaalta askeleet eivät saa olla myöskään liian pitkiä, sillä ylipitkät askeleet vaikuttavat negatiivisesti askeltiheyteen ja siten hidastavat vauhtia. (Kunz & Kaufman. 1981, 179.)

Telles ja muut (2020, 56) jatkavat, että askeltiheys kasvaa ja kontaktiaika pienenee, mikäli juoksija pystyy tuottamaan voimaa maahan optimaalisella tavalla. Kun juoksijalla on tunne, että jalalla saa ”työnnettyä maata”, kun tullaan heilahdusvaiheesta alkukontaktivaiheen kautta tukivaiheeseen,

voimantuotto on useimmiten optimaalista. Tällöin lihas-jännekompleksin venymisrefleksi aktivoituu, mistä seuraa luonnollinen jalan etuyläviistoon vienti. (Telles ym. 2020, 56.)

Lockie, Murphy, Schultz, Jeffriess ja Callaghan (2013, 2502) tukevat Kunzin ja muiden (1981) näkemystä; mitä nopeammasta juoksijasta on kyse, sitä pidempi on askelpituus ja lentovaihe sekä pienempi kontaktiaika. Askelpituuden kasvaessa täysvauhtisessa juoksussa vauhti voi kiihtyä ainoastaan tiettyyn pituuteen asti. Heilahtavan jalan laskeutumisvaiheessa on oleellista, että jalka asettuu lähelle kehon massakeskipistettä, jotta nopeus voidaan ylläpitää. Jalan kontaktivaiheen ollessa liian edessä massakeskipisteeseen verrattuna juoksun nopeus alkaa hidastumaan sekä kontaktiaika kasvaa. (Kunz ym. 1981, 179; Sandström ym. 2011, 331–332.) Telles ja muut (2020, 44–46) yhtyvät näkemykseen: kehon massakeskipisteen eteen laskeutuva jalka lisää jarrutusvoimaa ja heikentää liikevoimaa (momentum), kun taas liian taakse jäävä jalka laskeutumisvaiheessa lyhentää käytettävissä olevaa aikaa tuottaa optimaalisesti voimaa.

## 4.2 Spurtin kiihdytysvaihe

Kiihdyttäminen on teoriassa mahdollisimman pitkän matkan saavuttamista pienimmässä mahdollisessa ajassa. Jos ajatellaan sadan metrin maksimaalista spurttia, kiihdytysvaihe kestää huippusprintterillä keskimäärin 64 % ajasta (Telles ym. 2020, 68). Haugenin ja muiden (2014, 433) mukaan jalkapallo-ottelussa yli 90 % spurteista on alle 20 metriä pitkiä, joten voidaan todeta, että kiihdytysnopeudella on jalkapalloilijalle suurempi merkitys kuin maksimaalisella juoksunopeudella. Maksimaalinen nopeus on hyvin tärkeää, sillä niillä kerroilla, kun pelaaja joutuu tekemään yli 20 metrin maksimaalisen spurtin, on kyse todennäköisesti hyvin merkittävästä yksittäisestä suorituksesta. Voidaan todeta, että juoksutekniikka vaikuttaa olennaisesti maksimaaliseen juoksunopeuteen ja kiihdytyksen nopeuteen (Folland, Allen, Black, Handsaker & Forrester 2017, 1419–1420).

Hyvä juoksutekniikka tukee optimaalista energiantuottoa maksimaalisessa kiihdytyksessä eli kykyä tuottaa mahdollisimman paljon voimaa lyhyimmässä mahdollisessa ajassa. Esimerkiksi pelaaja X, jolla on voimantuotto-ominaisuuksien puolesta potentiaalia juosta nopeammin kuin pelaaja Y, todennäköisesti häviää Y:lle reaktiivisen alle 20 metrin kiihdytyskilpailun, mikäli pelaaja Y:llä on parempi reaktioaika ja starttitekniikka (Stuzik ym. 2016.)

Kun kiihdytysvaihetta verrataan maksiminopeusvaiheeseen, on kiihdytyksessä askeleen kontaktivaiheen kesto pidempi, askeltiheys pienempi ja askelpituus lyhyempi. Lisäksi voimantuottosuunta on enemmän vertikaalinen kuin täydessä vauhdissa, koska lähdössä pitää voittaa painovoima, joka vetää kehon massaa alaspäin sekä kehon liikkeen muutoksen vastahakoisvoima (inertia). Askel askeleelta kontaktivaiheen kesto lyhenee ja askeltiheys sekä askelpituus kasvavat. Hyvänä esimerkkinä voidaan käyttää ihmistä, joka työntää autoa: ensimmäiset askeleet ovat hyvin lyhyitä ja kontaktiaika pitkä, ja niihin vaaditaan enemmän voimaa kuin vauhdin ylläpitämiseen. Lisäksi voimaa tuotetaan alas ja taaksepäin. Kun auto kiihtyy, on vauhtia helpompi ylläpitää liikevoiman (momentum) kasvaessa ja voima suuntautuu enemmän horisontaalisesti. (Telles 2020, 54–86.)

Kiihdytyksen ensimmäinen askel tulisi tehdä vartalon ollessa noin 45 asteen kulmassa. Koko vartalon tulisi olla samassa linjassa taaimmaisen jalan kantapäätä takaraivoon, jotta tuotettu voima ei ”vuoda läpi”. Lonkka pitäisi pystyä ojentamaan täysin ja nilkkojen oltava 90 asteessa ja pään pysyä koko ajan vartalon linjassa. Maakontaktissa jalan tulisi olla kehon massakeskipisteen alla, niin kuin edellisessä kappaleessa kuvailimme ja kantapään ei tulisi osua maahan ollenkaan vaan paino olisi päkiöillä tai jalkaterän keskiosalla. (Telles 2020, 71–82.)

On hyvä muistaa, että nopeusominaisuuksia tulee kehittää hyvin monipuolisesti ja juoksuteknika-kaharjoittelu on vain niiden yksi osa-alue. Nopeuteen vaikuttaa juoksuteknikan lisäksi myös jalkojen voimatasot, lihas-jännekompleksin jäykkyys (stiffness) ja sen kimmoisuusominaisuudet sekä nivelen liikkuvuusominaisuudet. Nämä ominaisuudet vaikuttavat usein myös toisiinsa sekä juoksuteknikkaan. Esimerkiksi pelaaja, joka omaa hyvät suhteelliset maksimivoimatasot jaloissa, todennäköisesti pystyy myös tuottamaan paljon voimaa myös alustaa vasten juoksussa, mikä nopeuttaa kontaktiaikaa, joka taas useimmiten johtaa nopeampaan juoksuun. (Lockie ym. 2013.)

### **4.3 Lonkkanivelen toiminta juoksussa**

Lonkkanivelen pääliikesuunnat juoksussa ovat fleksio ja ekstensio, joita tuotetaan lonkasta, polvesta, nilkasta ja jalkaterästä. Juoksijan optimaalisten liikelaajuuksien löytäminen on todella yksilöllistä ja siihen vaikuttavat anatomiset ominaisuudet, juoksuteknikka ja juoksijan vauhti. Juoksija nopeuden kasvaessa osa nivelten liikelaajuuksista sekä iskuvaiheen ja tukivaiheen absorboitava voima kasvaa (ground reaction force). (Levangia ym. 2019, 478, 501–502; Sandström ym. 2011,

333–335.) Lonkan riittävän liikkuvuuden saavuttaminen on tärkeä ominaisuus juoksun kiihdytyksessä, mikä vaikuttaa myös pitemmän matkan juoksuun. Lockien ja muiden (2013) mukaan kenttälajien urheilijoilla ensimmäisen viiden metrin kiihdytys on kriittisessä roolissa nopean vauhdin saavuttamiseksi. Heidän mukaansa kiihdytyksessä on oleellista tuottaa riittävän pitkää askelväliä, jotta maksinopeus saadaan muodostettua aikaisemmin. (Lockie ym. 2013.)

Struzik, Konieczny, Stawarz, Grzesik, Winiarski ja Rokita (2016, 3, 7) osoittavat tutkimuksessaan lonkan fleksiokulmalla ja kymmenen metrin juoksuajalla olevan selkeä yhteys. Tutkimuksessa Stuzik ja muut (2016, 3, 7) nostavat myös esille liiallisen lonkan fleksiokulman juoksussa, joka mahdollisesti korreloi negatiivisesti juoksuaikaan. Lonkan liikkuvuuden yhteydestä juoksun nopeuteen on tehty erilaisia tutkimuksia, joiden tulokset ovat vaihtelevia. Juoksijoiden yksilöllisten erojen vuoksi on vaikeaa määrittää selkeitä raja-arvoja nivelkulmien osalta, joita juoksussa tulisi tuottaa.

## 5 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimusongelma

Tutkimuksessamme haettiin vastauksia ensisijaisesti takareiden aktiivisen liikkuvuuden yhteyteen juoksun kiihdytysvaiheen aikana tuotettuun lonkan heilahdusvaiheen koukistuskulmaan, askelpituuteen, askeltiheyteen ja viiden metrin nopeuteen. Lisäksi tutkimme kaikkien parametrien keskinäisiä yhteyksiä.

Päättökysymyksiä on siis neljä:

1. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä lonkan koukistuskulmaan?
2. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä askelpituuteen?
3. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä askeltiheyteen?
4. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä viiden metrin nopeuteen?

Muut tutkimuskysymykset (eivät liity takareiden liikkuvuuteen vaan muiden muuttujien keskinäisiin yhteyksiin):

5. Onko askelpituudella yhteyttä askeltiheyteen?
6. Onko askelpituudella yhteyttä lonkan fleksiokulmaan?
7. Onko askelpituudella yhteyttä viiden metrin nopeuteen?
8. Onko lonkan fleksiokulmalla yhteyttä askeltiheyteen?
9. Onko lonkan fleksiokulmalla yhteyttä viiden metrin nopeuteen?
10. Onko askeltiheydellä yhteyttä viiden metrin nopeuteen?

Askelpituus  $\times$  askeltiheys = nopeus. Tämä kaava on hyvä ymmärtää ennen kuin syventyy tämän tutkimuksen aiheeseen tarkemmin. Yhtenä tavoitteenamme on vahvistaa, onko polven noston korkeudella eli lonkan fleksion suuruudella merkitystä juoksun askelpituuteen. Lonkan fleksiokulmalla on aiemmissa tutkimuksissa todettu olevan yhteys juoksun aikana tuotettuun askelpituuteen. Yksinkertaistetusti voisi sanoa, että mitä suurempi lonkan fleksiokulma (polven korkeus suhteessa vertikaalilinjaan), sitä pidempi askel. Kun yleisesti tiedetään, että askelpituus korreloi positiivisesti juoksunopeuteen (askeltiheyden ollessa tarpeeksi suuri), haluamme selvittää, vaikuttaako takareiden liikkuvuus ensinnäkin lonkan fleksion suuruuteen ja toisekseen askelpituuteen sekä -tiheyteen.

Käänteisesti voidaan ajatella, että lonkan puutteellinen fleksio vaikuttaa juoksun aikana tuotettuihin nivelkulmiin negatiivisesti. Hypoteettisesti ajateltuna lonkan puutteellisen liikkuvuuden myötä juoksun biomekaniikka ja nivelkulmat eivät ole optimaalisia, mikä hyvin todennäköisesti korreloi juoksun askelpituuteen, askeltiheyteen, taloudellisuuteen sekä sitä kautta nopeuteen. Syitä vajaan fleksiokulmaan voi olla monia, mutta tässä tutkimuksessa keskitymme aktiivisen takareiden liikkuvuuden vaikutuksiin kiihdytyksessä.

HJK:n mukaan muullakaan suomalaisilla jalkapalloseuroilla ei ole tutkimustietoa nivelten liikkuvuuden vaikutuksesta juoksutekniikkaan, joten HJK halusi teettää oman tutkimuksen kyseisestä aiheesta. Hieman samantyyppisistä aiheista on tehty aikaisemmin joitain samansuuntaisia tutkimuksia, mutta emme ole löytäneet mitään yksiselitteistä tulosta takareiden liikkuvuuden ja juoksuteknisten osa-alueiden yhteyksistä. Tutkimuksen tulosten perusteella HJK:n valmentajat saavat tärkeää tietoa pelaajien juoksuominaisuuksista ja takareiden liikkuvuuden vaikutuksesta juoksuun, mikä mahdollistaa harjoittelun soveltamisen tulosten antamaan suuntaan.

## **6 Tutkimuksen toteutus**

### **6.1 Tutkimusaineisto**

Tutkimusaineiston perusjoukkona toimi HJK:n Klubi 04 -joukkueen pelaajat. Joukkue on HJK:n reservijoukkue, joka pelaa miesten Kakkosta (Suomen kolmanneksi korkein sarjataso). Pelaajat ovat ikäistensä kansallista kärkeä ja suurimmalla osalla on kokemusta myös kansainvälisistä peleistä

Suomen poikamaajoukkueissa. Osallistujien ikähaarukka oli 17–20-vuotta, joten otos on homogeeninen. Määrällisesti tutkittavia pelaajia oli 11, joista kymmenen teki juokсутestin kahdesti samalla testikerralla. Yksi pelaaja teki testin varotoimena vain kerran lievien vaivojen vuoksi (ei kuitenkaan vaikutusta maksimaaliseen suorittamiseen), joten aineiston otanta on täten 21. Koska 17–20-vuotiaiden jalkapalloilijoiden perusjoukko on suuri, ei tätä tutkimusta voida yleistää perusjoukkoon pienen otoskoon vuoksi.

Aineiston ja tuottaminen ja suunnittelu tehtiin yhdessä toimeksiantajan kanssa heidän tarpeidensa mukaan. Me saimme kuitenkin päättää, mistä näkökulmasta lähdimme tekemään opinnäytetyötämme laajan tutkimusdatan pohjalta.

Taulukko 4. Opinnäytetyön aikataulutaulukko

Kuukaudet	Helmi- kuu	Maalis- kuu	Huhti- kuu	Touko- kuu	Kesä- kuu	Heinä- kuu	Elokuu	Syyskuu	Loka- kuu	Marras- kuu
Opinnäytetyön aloitus "ajatushautomo"	■									
Opinnäytetyön aloituspalaveri	■									
Opinnäytetyö suunnitelma	■	■								
Liikkuvuustestien suunnittelu		■								
Liikkuvuustestien toteutus		■								
Juoksutestien toteutus			■							
Aineistonkeruu			■	■	■					
Aineiston kirjoittaminen				■	■	■	■	■		
Data-analyysi							■	■	■	
Pohdinta								■	■	■
Opinnäytetyön viimeistely									■	■
Tulosten esittäminen toimeksiantajalle										■

## 6.2 Tutkimusasetelma

Tämän opinnäytetyön tutkimuksessa on käytetty määrällistä eli kvantitatiivista tutkimusta. Toteutimme yhden mittauskerran sekä liikkuvuudelle että nopeudelle eli meillä ei ollut seuranta-asetelmaa. Yhden mittauskerran tulokset riittivät meille hyvin, sillä saimme kaiken tarvittavan datan goniometrin ja VueMotion-ohjelmiston avulla. Määrälliseen tutkimukseen päädyimme, koska pe-laajien välisiä muuttujia mitataan numeraalisesti mitta-asteikoin ja mittareiden dataa on suuri määrä.

Määrällisessä eli kvantitatiivisessa tutkimusmenetelmässä tutkittavaa tietoa tarkastellaan numeerisesti eri arvojen välillä. Tutkittavia arvoja ja niiden ominaisuuksia kuvataan kvantitatiivisessa tutkimuksessa numeroilla. Määrällisellä tutkimuksella voidaan vastata kysymyksiin, *kuinka paljon*, *kuinka moni* ja *kuinka usein*. Tutkimuksen tavoitteena on selittää numeeriset tiedot sanallisesti sekä kuvailla, miten asiat liittyvät tai eroavat toisistaan. Erilaisten arvojen mittaaminen tapahtuu mittareiden avulla. Mittari on väline, jolla muuttujat voidaan muuntaa määrälliseen muotoon. Aineistoa voidaan kerätä tutkimuksessa joko kyselylomakkeella, systemaattisella havainnoinnilla tai vaihtoehtoisesti valmiiden tilastojen ja rekisterien hyödyntämisellä. Tutkimuksen perusjoukko on kohdejoukko, jolle halutaan tehdä päätelmiä. Kokonaistutkimusmenetelmässä kaikki havaintoyksiköt mitataan. (Vilkka 2007, 13–14, 17–18, 52.)

### **6.3 Tiedonkeruumenetelmät**

Tutkimuksen tiedonkeruumenetelminä toimivat liikkuvuusmittaus ja nopeustestit. Testit suoritettiin Helsingissä HJK:n Bolt Areenalla. Aloitimme testiprotokollan suunnittelun yhdessä HJK:n suorituskyyky-yksikön pelaajakehityspäällikön kanssa, joka myös toimi ohjaajanamme.

#### **6.3.1 Liikkuvuusmittaus**

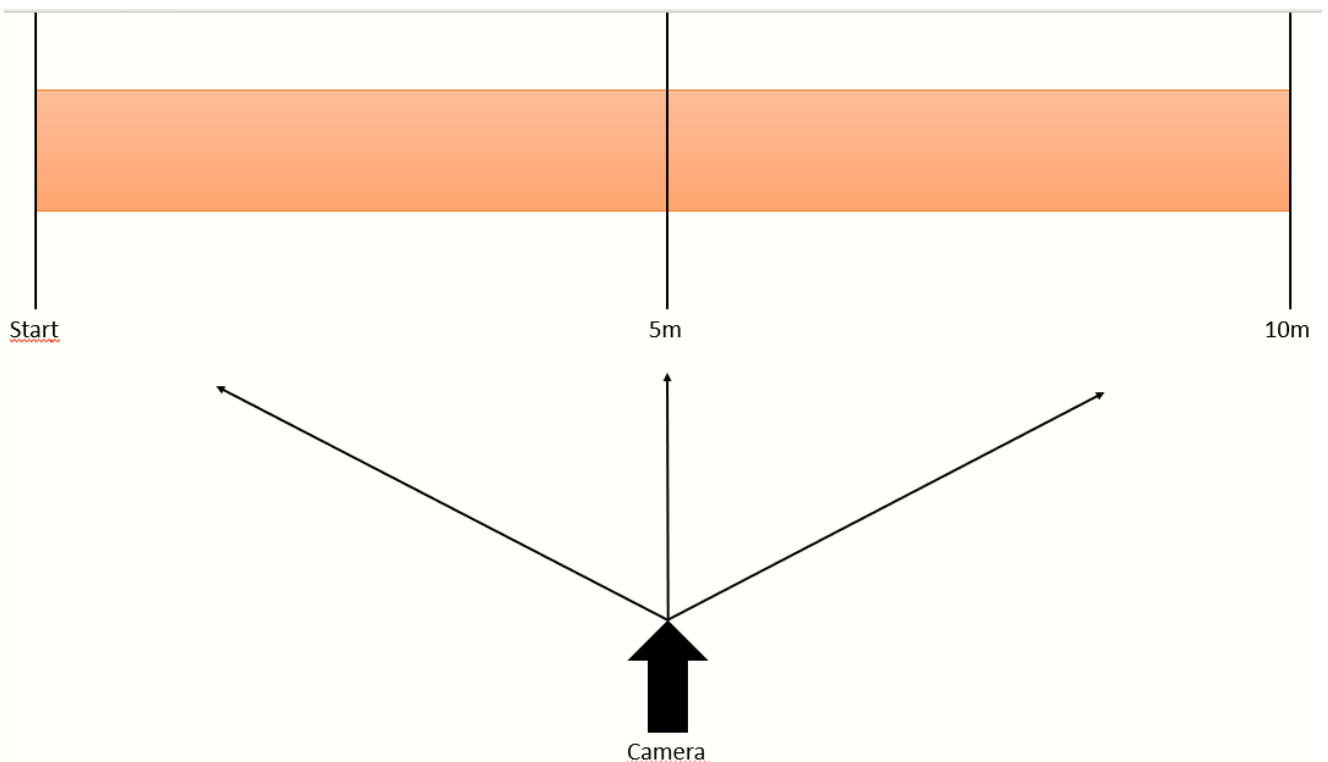
Testasimme takareiden aktiivisen liikkuvuuden Active Straight Leg (ASLR) -testillä. Ennen testiä kävimme urheilijan kanssa läpi koko testiprotokollan ja esittelimme kaikki testit. Liikkuvuustestin ennakko-ohjeessa urheilijoita kehoitettiin tekemään huolellinen alkulämmittely ennen testisuoritusta, mistä urheilijat vastasivat itsenäisesti.

Testissä tutkittava henkilö asettui selinmakuulle ja häntä pyydettiin tuottamaan maksimaalinen fleksio lonkkanivelestä polven ollessa suorana. Ennen liikkeen suorittamista palpoimme tutkittavalta reisiluun pään (trochanter major), johon goniometrin keskipiste asetettiin. Goniometrin distaalinen piste oli reisiluun lateraalinen epicondyli. Kun pelaaja vei lonkan maksimaaliseen fleksioon, täytyi toisen jalan ja koko selkärangan pysyä alaselkää myöden kiinni alustassa. Testi toistettiin kolme kertaa molemmille jaloille ja tuloksista laskettiin keskiarvo. Mikäli jokin kolmesta tuloksesta poikkesi yli 10 % kahden muun tuloksen keskiarvosta, poistettiin se laskuista kokonaan, jolloin keskiarvo otettiin kahdesta jäljelle jääneestä tuloksesta. Näin pystyimme poissulkemaan mahdolliset virhearviot mahdollisimman hyvin.



### 6.3.2 Nopeustesti

Nopeustestinä toimi 10–0–5 suunnanmuutostesti (kuvio 6), jossa pelaaja juoksee ensin kymmenen metriä lineaarisesti, kääntyy sitten 180 astetta ja juoksee vastakkaiseen suuntaan viisi metriä. Kyseinen testi mittaa ennen kaikkea suunnanmuutosnopeutta, mutta meidän tutkimuksessamme olennaista oli viisi ensimmäistä askelta. Täten suljimme suunnanmuutosvaiheen kokonaan pois mukaan lukien kaikki suunnanmuutokseen valmistavat askeleet. Viiden ensimmäisen askeleen jälkeen valmistautuminen suunnanmuutokseen alkoi selkeästi näkymään datassa, joten siksi päädyimme tarkastelemaan vain alkukiihdytystä. Tämän suunnanmuutostestin ensimmäiset askeleet eivät todennäköisesti juurikaan eroa pitkän maksimaalisen lineaarisen spurtin kiihdytysvaiheesta. Kyseinen suunnanmuutostesti oli seuralle tärkeä, joten siksi testiksi valikoitui juuri 10–0–5.



Kuvio 6. 10–0–5 suunnanmuutostestin rata



Testi teetettiin jalkapallokentällä tekonurmialustalla. Testattavat pelaajat olivat itse vastuussa huolellisesta alkulämmittelystä. Testattavat pelaajat huolehtivat itsenäisesti lämmittelystä ja kehon valmistamisesta täysvauhtiseen kiihdytykseen. Riittävät lämmittelyt valmistivat pelaajat maksimaalisella intensiteetillä tehtävään testiin. Testiprotokolla selitettiin pelaajille juuri ennen testiä


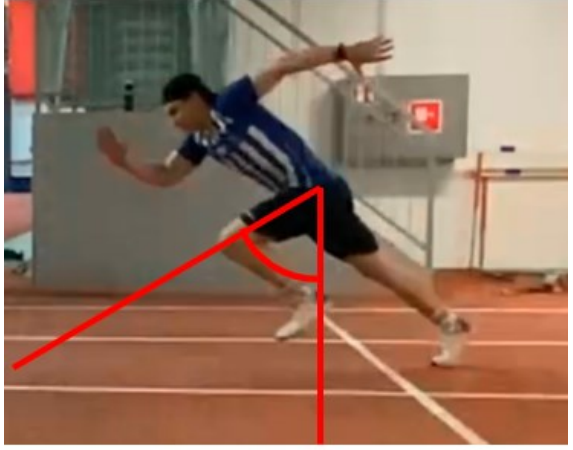
ja jokainen sai suorittaa testin kaksi kertaa. Pelaaja sai aloittaa molemmat suorituskerrat haluamansa jalka edellä, mutta käännös tuli tehdä eri jaloilla suoritusten välillä. Esimerkiksi ensimmäisen juoksun käännös tehtiin vasemmalla ja toisen oikealla. Näillä ei kuitenkaan ollut meidän testidatassamme minkäänlaista väliä. Suoritusten välillä oli noin 10–15 minuuttia per pelaaja, jotta molemmat suoritukset voitiin tehdä täysin tuoreilla jaloilla. Testin kaikki suoritukset otettiin huomioon tutkimuksessamme.

## 6.4 Tiedonkeruuohjelmisto

Tutkimustulokset kerättiin *VueMotion*-ohjelmistolla. Se analysoi puhelimen kameralla otettua videokuva, josta se kerää automaattisesti tärkeimmät yksityiskohdat kuva- ja datamuotoon (VueMotion 2023). Se keräsi 10–0–5-testistä todella suuren määrän dataa, josta käytimme tutkimuksessamme vain murto-osaa. Parametrit, joita käytimme tutkimuksessamme, on listattu alla olevaan taulukkoon (Taulukko 5). VueMotion-ohjelmisto keräsi datan valmiiksi Exceliin, josta syötimme haluamamme tiedot *Jamovi*-ohjelmistoon, joka on kehitetty statistiikan luomiseen. Jamovilla saimme selville eri parametrien väliset yhteydet, jotka löytyvät kappaleesta *Tulokset*.

Taulukko 5. Testattavat muuttujat

Testattava ominaisuus	Yksikkö
<p>Takareisien aktiivinen liikkuvuus (ASLR) = ASLR-testin tulos on saatu mittaamalla aktiivinen takareiden nosto, mittaus kohtina on käytetty polven malleolia ja lonkan trochanter majoria.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Asteet</b></p> 
<p>Askelpituus = Askelpituudella tarkoitetaan askeltenvälistä metrimäärää.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Metri (m)</b></p> 
<p>Jatkuu seuraavalla sivulle</p>	

Jatkuu edelliseltä sivulta	
<p>Askeltiheys = Askeltiheys mitataan hertseinä (Hz), joka tarkoittaa askeleiden määrää yhden sekunnin aikana.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Hertsi (Hz)</b></p> 
<p>Lonkan fleksiokulma = lonkan fleksiokulmalla tarkoitetaan kulmaa polven lateraalisen epicondylin ja vertikaalisen viivan välillä</p>	<p style="text-align: center;"><b>Asteet</b></p> 

## 6.5 Aineiston analysointi

P-arvo kertoo tilastollisesta merkitsevyydestä ja se osoittaa, poikkeako takareiden liikkuvuustulokset tutkittavien parametrien nollahypoteesista. Opinnäytetyön tilastollisen merkitsevyyden rajana pidetään  $p < 0,05$ . Pearsonin korrelaatiokerroin (r-arvo) puolestaan kertoo, onko kahden eri muuttujan välillä korrelaatiota positiivisesti tai negatiivisesti. Asteikko on -1 ja +1 välillä, jolloin arvo -1 tarkoittaa täydellistä negatiivista ja +1 täydellistä positiivista korrelaatiota, kun taas mitä lähempänä tulos on nollaa, sitä vähemmän on korrelaatiota. R-arvon ollessa positiivinen molemmat muuttujan arvot kasvavat, kun taas arvon ollessa negatiivinen toisen muuttujan pienentyessä toinen kasvaa. *Tulokset*-kappaleessa tilastollisesti merkitseviä muuttujia on kolmea eri luokkaa, luokkia ovat melkein merkitsevä korrelaatio \* ( $0,01 < p \leq 0,05 / 5 \%$ ), merkitsevä korrelaatio \*\* ( $0,001 < p \leq 0,01 / 1 \%$ ) ja erittäin merkitsevä korrelaatio \*\*\* ( $p \leq 0,001 / 0,1 \%$ ). (Tähtinen, Laakkonen & Broberg 2011, 140–142; Heikkilä 2008, 203–204).

## 6.6 Eettiset näkökulmat

Yleisesti tutkimusta valmistellessa tutkittavilta kerätään suostumus tutkimukseen osallistumiseen saatekirjeen yhteydessä, jossa kerrotaan, mitä tutkimuksessa aiotaan tehdä ja miksi. Tutkimuksen kannalta osallistujilta tulee kerätä ja raportoida ainoastaan tutkimukseen oleellisesti liittyviä asioita. (Vilka 2007, 167). Tutkittavalla on aina oikeus kieltäytyä tai jättää tutkimus kesken. Yleensä jos tutkittavalla on riittävät tiedot tutkimuksen sisällöstä, kieltäytymisiä ei tule. (Vilka 2007, 202). Alaikäisten tutkittavien osalta laki edellyttää huoltajien allekirjoittamaan suostumusta tutkimukseen osallistumisesta. Lapsen osalta katsotaan, että hänellä ei välttämättä ole kompetenssia tehdä täydellistä suostumusta tutkimukseen, jolloin tutkimusluvassa tulee olla lapsen oma sekä huoltajan suostumus. (Kuula 2011).

Keräsimme ennen tutkimusta jokaiselta osallistujalta tai heidän huoltajaltaan suostumuksen tutkimukseen osallistumiseen (liite 1). Tutkimussuostumuksen saatteena tutkittaville informoidaan tutkimuksen sisällöstä, aiheesta, tekijöistä ja muista yksityiskohdista. Ennen varsinaista tutkimusta pidimme vielä suullisen saatekeskustelun jokaisen osallistujan kanssa, jossa kävimme läpi tutkimuksen kulun ja kerroimme, että tutkittava voi kieltäytyä tutkimuksesta tai keskeyttää sen missä vaiheessa tahansa.

Tutkimukseen osallistuvat henkilöt tulisi aina anonymisoida tutkimuksen kirjallisissa tuotoksissa. Anonymisoinnilla tarkoitetaan tutkittavien henkilötunnisteiden poistamista tai niiden muuttamista tunnistamattomaan muotoon (Vilka 2007, 90). Aineiston anonymisointia määrittää kaksi erillistä lakia (Henkilötietolaki 1999/523 ja Laki viranomaisten toiminnan julkisuudesta 1999/621) (Vilka 2007, 95). Henkilötietolailla tutkimuksessa tarkoitetaan tutkittavilta kerättyjen tietojen suojaa. Tutkimuksessa kerättyjä tietoja tulee käyttää, arkistoida ja hävittää asianmukaisesti. Tutkittavilla henkilöillä tulee aina olla tieto, mitä heistä tutkitaan ja millaisia henkilötietoja heistä kerätään. Tutkittavalla on aina oikeus tietää, mitä tietoja heistä kerätään ja mahdollisuus nähdä ne. Tutkimuksen luotettavuudesta puhuttaessa se ei tarkoita tutkimuksen sisällön luottamuksellisuutta vaan sitä, että tutkijat pitäytyvät sovituissa asioissa sekä lupauksissa. (Kuula 2011).

Meidän tutkimuksessamme henkilötiedoissa ei ilmene arkaluontoisia asioita vain ainoastaan pe-laajan nimi ja itse tutkimuksen tulokset liikkuvuudesta. Tutkimuksessa olemme numeroineet jokai-

sen pelaajan, jolloin heistä kerrotaan lukijoille ainoastaan numerotunnisteen avulla, jolloin henkilön tunnistaminen ei ole mahdollista. Tutkimuksen tuloksia säilytämme salasanoin suojatussa kansiossa JAMK:n Office 365 -pilvipalvelussa, johon kukaan muu ei ole pääsyä kuin tutkimuksen tekijöillä. Tutkimuksen valmistuessa varmistamme, että poistamme kaiken henkilöiden nimillä olevan datan.

Hyvään sekä eettisesti oikeaan tieteelliseen tapaan kuuluu merkitä lähteiden käyttö asianmukaisesti. Toisen henkilön tiedon kunnioittaminen on oleellinen asia hyvässä tieteellisessä tavassa. Töissä tulee selkeästi tuoda esille oma sekä lähteisiin viittaava teksti. Lähteisiin viitattaessa alkuperäisen lähteen tietoa ei saa vähätellä tai vääristää. (Kuula 2011.) Luotettavan tiedon keräämisessä tutkijoiden tulee tehdä huolellista työtä ja sekä hallita ja harjoitella mahdollisten testien tuottaminen luotettavasti (Vilka 2007, 101). Toteutamme tutkimuksessamme asianmukaista lähteiden käyttöä emmekä käytä kenenkään valmista tekstiä omalla nimellämme.

## 7 Tulokset

Tässä kappaleessa olemme esittäneet muuttujien arvojen välisiä yhteyksiä eri parametreilla. Taulukot esitetään samassa järjestyksessä kuin kappaleessa 5 *Opinnäytetyön tarkoitus, tavoitteet ja tutkimusongelma* esitetyt tutkimuskysymykset. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 6) on esitetty tutkimustulosten muuttujien keskiarvot, pienin ja suurin arvo sekä keskihajonta.

Taulukko 6. Testattavien tulosten keskiarvo, minimiarvot, maksimiarvot sekä keskihajonta

Muuttujat	n	Keskiarvo (minimi-maksimi)	Keskihajonta
Aika sekunteina (Juoksu nopeus ensimmäiselle 5-metrille)	21	3,51 (3,33–3,72)	0,11
Takareiden aktiivinen liikkuvuus (ASLR, asteina mitattuna)	21	76,69 (72–98)	6,94
<b>Askelpituus (m) viidellä ensimmäisellä askelella</b>			
Askelpituus start – Ensimmäinen askel	21	1,10 (0,49–1,48)	0,27
Ensimmäinen askel – Toinen askel	21	1,06 (0,72–1,34)	0,17
Toinen askel – Kolmas askel	21	1,17 (0,97–1,39)	0,11
Kolmas askel – Neljäs askel	21	1,33 (1,04–1,52)	0,13
Neljäs askel – Viides askel	21	1,54 (1,28–2,03)	0,21
<b>Askeltiheys (Ilmoitettu hertseinä)</b>			
Askeltiheys start – Ensimmäinen askel	21	3,38 (2,86–4)	0,38
Ensimmäinen askel – Toinen askel	21	4,46 (3,7–5,56)	0,45
Toinen askel – Kolmas askel	21	4,46 (4–5,56)	0,35
Kolmas askel – Neljäs askel	21	4,38 (3,7–4,55)	0,41
Neljäs askel – Viides askel	21	4,43 (3,57–5)	0,43
<b>Lonkkakulma (asteina)</b>			
Lonkkakulma start – Ensimmäinen askel	21	40,04 (21,34–55,77)	9,62
Jatkuu seuraavalla sivulla			

Jatkuu edelliseltä sivulta			
Ensimmäinen askel – Toinen askel	21	46,73 (30,93–54,34)	7,24
Toinen askel – Kolmas askel	21	49,44 (36,31–63,84)	6,12
Kolmas askel – Neljäs askel	21	55,57 (45,57–65,08)	5,64
Neljäs askel – Viides askel	21	56,89 (46,45–69,75)	6,99

Takareiden aktiivisella liikkuvuudella ei tulosten mukaan ole yhteyttä lonkasta tuotettuun heilahdusvaiheen fleksiokulmaan, paitsi neljännen askeleen kohdalla. Neljännen askeleen tulosta ( $r=0.534^*$ ) voidaan pitää melkein merkitsevänä korrelaationa. Tämän tuloksen perusteella pidemmän askeleen tuottaminen vaatii laajempaa takareiden liikkuvuutta, mutta ensimmäisten kolmen askeleen kohdalla tämä ei päde. Alla oleva taulukko (Taulukko 7) todentaa tarkemmat tulokset jokaisella askeleella.

Taulukko 7. Lonkan fleksiokulman (asteet) yhteys aktiivisen takareiden liikkuvuustestiin (ASLR)

Muuttujat (Takareiden aktiivisen liikkuvuuden yhteys lonkasta tuotettuun fleksiokulmaan viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	-0.056
	p-arvo	0.809
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	0.027
	p-arvo	0,907
Toinen askel – Kolmas askel	r	0.285
	p-arvo	0.210
Kolmas askel – Neljäs askel	r	0.309
	p-arvo	0.173
Neljäs askel – Viides askel	r	<b>0.534*</b>
	p-arvo	<b>0.013*</b>

Huomio \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$   
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä



Takareiden aktiivisella liikkuvuudella ei ole yhteyttä askelpituuteen viidellä ensimmäisellä askeleella. Alla oleva taulukko (Taulukko 8) todentaa tarkemmat tulokset jokaisella askeleella.

Taulukko 8. Askelpituuden (m) yhteys takareiden aktiivisen liikkuvuuteen (ASLR) kiihdytyksessä

Muuttuja (Takareiden aktiivisen liikkuvuuden yhteys askelpituuteen viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	-0.025
	p-arvo	0.914
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	0.004
	p-arvo	0.987
Toinen askel – Kolmas askel	r	-0.038
	p-arvo	0.870
Kolmas askel – Neljäs askel	r	0.149
	p-arvo	0.519
Neljäs askel – Viides askel	r	0.193
	p-arvo	0.403

Huomio \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001  
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä

Takareiden aktiivisella liikkuvuudella ei ole yhteyttä askeltiheyteen viidellä ensimmäisellä askeleella. Alla oleva taulukko (Taulukko 9) todentaa tarkemmat tulokset jokaisella askeleella.

Taulukko 9. Askeltiheyden (Hz) yhteys takareiden aktiivisen liikkuvuuteen (ASLR) kiihdytyksessä

Muuttuja (Takareiden aktiivisen liikkuvuuden yhteys askeltiheyteen viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	-0.251
	p-arvo	0.272
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	-0.224
	p-arvo	0.329
Toinen askel – Kolmas askel	r	0.120
	p-arvo	0.603
Kolmas askel – Neljäs askel	r	0.029
	p-arvo	0.902
Neljäs askel – Viides askel	r	-0.071
	p-arvo	0.759

Huomio \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001  
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä

Aktiivisella takareiden liikkuvuudella ei löydy suoraa yhteyttä viiden metrin nopeuteen. Alla oleva taulukko (Taulukko 10) todentaa tarkemmat tulokset.

Taulukko 10. Aktiivisen takareiden liikkuvuuden yhteys viiden metrin nopeuteen

Muuttuja (Takareiden aktiivisen liikkuvuuden yhteys viiden metrin aikaan ASLR-testin tulos laskettu keskiarvona molemmista jaloista)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Viidesaskel	r	0.109
	p-arvo	0.640

Huomio \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001  
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä

Askelpituuden ja askeltiheyden merkittävä negatiivinen yhteys havaitaan neljännellä askeleella ( $r=0,805^{***}$ ). Käytännössä tämä tarkoittaa, että mitä pidempi askel, sitä harvempi se on neljännellä askeleella. Alla oleva taulukko (Taulukko 11) todentaa tarkemmat tulokset jokaisella askeleella.

Taulukko 11. Askelpituuden (m) yhteys askeltiheyteen (Hz) kiihdytyksessä

Muuttuja (Askelpituuden yhteys askeltiheyteen viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	Lonkan askeltiheys (Hz)
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	0.140
	p-arvo	0.544
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	-0.295
	p-arvo	0.194
Toinen askel – Kolmas askel	r	-0.175
	p-arvo	0.447
Kolmas askel – Neljäs askel	r	-0.407
	p-arvo	0.067
Neljäs askel – Viides askel	r	<b>-0.805<sup>***</sup></b>
	p-arvo	<b>&lt; .001</b>

Huomio \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$   
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä

Lonkan fleksiokulman tuottamisella on selkeä positiivinen yhteys askelpituuteen jokaisella askeleella kiihdytyksessä. Merkittävimmät yhteydet havaittiin ensimmäisellä ( $r=0,891^{***}$ ), toisella ( $r=0,669^{***}$ ) ja kolmannella ( $r=0,665^{**}$ ) askeleella. Alla oleva taulukko (Taulukko 12) todentaa tarkemmat tulokset jokaisella askeleella.

Taulukko 12. Askelpituuden (m) yhteys lonkan fleksiokulmaan (asteet) kiihdytyksessä

Muuttuja (Askelpituuden yhteys lonkasta tuotettuun fleksiokulmaan viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	<b>0.514*</b>
	p-arvo	<b>0.017</b>
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	<b>0.891***</b>
	p-arvo	<b>&lt; .001</b>
Toinen askel – Kolmas askel	r	<b>0.669***</b>
	p-arvo	<b>&lt;.001</b>
Kolmas askel – Neljäs askel	r	<b>0.665**</b>
	p-arvo	<b>0.001</b>
Neljäs askel – Viides askel	r	<b>0.576*</b>
	p-arvo	<b>0.006</b>

Huomio \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$   
Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
N=11 juoksijoiden määrä  
n=21 suoritusten määrä

Askelpituudella on yhteys viiden metrin juoksuaikaan toisella ja neljännellä askeleella. Tämä tarkoittaa siis käytännössä sitä, että mitä pidemmän askeleen toisella ja neljännellä askeleella ottaa, sitä paremman ajan ensimmäisellä viidellä metrillä saavuttaa. Muita yhteyksiä viiden metrin ajan osalta ei ilmennyt. Alla oleva taulukko (Taulukko 13) todentaa tarkemmat tulokset jokaisella askeleella.

Taulukko 13. Askelpituuden (m) yhteys viiden metrin nopeuteen (s)

Muuttuja (Askelpituuden yhteys viiden metrin nopeuteen viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	<b>P-arvo</b>	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	0.367
	p-arvo	0.102
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	-0.145
	p-arvo	0.530
Toinen askel – Kolmas askel	<b>r</b>	<b>-0.564**</b>
	p-arvo	<b>0.008</b>
Kolmas askel – Neljäs askel	r	-0.163
	p-arvo	0.479
Neljäs askel – Viides askel	<b>r</b>	<b>-0.436*</b>
	p-arvo	<b>0.048</b>

Huomio \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001  
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä

Askeltiheydellä ja kiihdytyksen aikana tuotetulla lonkan fleksiokulmalla on negatiivinen yhteys kolmannella ( $r=0,465^*$ ) ja neljännellä askeleella ( $r=0,599^{**}$ ). Tämä tarkoittaa näillä askeleilla, että mitä isompi lonkan fleksiokulma, sitä harvempi askeltiheys. Alla oleva taulukko (Taulukko 14) todentaa tarkemmat tulokset jokaisella askeleella.

Taulukko 14. Askeltiheyden (Hz) yhteys lonkan fleksiokulmaan (asteet) kiihdytyksessä

Muuttuja (Askeltiheyden yhteys lonkan fleksiokulmaan viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	0.387
	p-arvo	0.083
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	-0.294
	p-arvo	0.196
Toinen askel – Kolmas askel	r	0.157
	p-arvo	0.498
Kolmas askel – Neljäs askel	r	<b>-0.465*</b>
	p-arvo	<b>0.034</b>
Neljäs askel – Viides askel	r	<b>-0.599**</b>
	p-arvo	<b>0.004</b>

Huomio \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$   
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä

Lonkan fleksiokulmalla ei löydy suoraa yhteyttä viiden metrin nopeuteen. Alla oleva taulukko (taulukko 15) todentaa tarkemmat tulokset.

Taulukko 15. Lonkan fleksiokulman yhteys viiden metrin nopeuteen

Muuttuja (Lonkasta tuotetun fleksiokulman yhteys viiden metrin nopeuteen viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	-0.194
	p-arvo	0.400
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	0.043
	p-arvo	0.855
Toinen askel – Kolmas askel	r	-0.092
	p-arvo	0.692
Kolmas askel – Neljäs askel	r	-0.053
	p-arvo	0.821
Neljäs askel – Viides askel	r	-0.258
	p-arvo	0.258

Huomio \* p < .05. \*\* p < .01. \*\*\* p < .001  
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä

Askeltiheydellä ei löydy suoraa yhteyttä viiden metrin nopeuteen. Alla oleva taulukko (Taulukko 16) todentaa tarkemmat tulokset.

Taulukko 16. Askeltiheyden yhteys viiden metrin nopeuteen

Muuttuja (Askeltiheyden yhteys viiden metrin nopeuteen viidellä ensimmäisellä askeleella)	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
	P-arvo	
Starttiaskel – Ensimmäinen askel	r	-0.205
	p-arvo	0.373
Ensimmäinen askel – Toinen askel	r	0.140
	p-arvo	0.545
Toinen askel – Kolmas askel	r	-0.029
	p-arvo	0.900
Kolmas askel – Neljäs askel	r	-0.334
	p-arvo	0.139
Neljäs askel – Viides askel	r	0.247
	p-arvo	0.280

Huomio \* p < .05. \*\* p < .01. \*\*\* p < .001  
 Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu  
 N=11 juoksijoiden määrä  
 n=21 suoritusten määrä



Olemme poimineet tutkimuksessa ilmenneet merkittävimmät yhteydet alla olevaan taulukkoon (Taulukko 17) askeljärjestyksessä.

Taulukko 17. Merkittävimmät yhteydet

Muuttuja (muuttuja 1 / muuttuja 2)	Askel	Pearsonin korrelaatiokerroin (r)	
		r	P-arvo
Askelpituus / Lonkan fleksiokulma	0	r	0.514*
		p-arvo	0.017
Askelpituus / Lonkan fleksiokulma	1	r	<b>0.891***</b>
		p-arvo	<b>&lt;.001</b>
Askelpituus / Aika ensimmäinen 5-metriä	2	r	<b>-0.564**</b>
		p-arvo	<b>0.008</b>
Askelpituus / Lonkan fleksiokulma	2	r	<b>0.669***</b>
		p-arvo	<b>&lt;.001</b>
Askelpituus / Lonkan fleksiokulma	3	r	<b>0.665**</b>
		p-arvo	<b>0.001</b>
Lonkan fleksiokulma / Askeltiheys	3	r	-0.465*
		p-arvo	0.034
Lonkan fleksiokulma / Askeltiheys	4	r	<b>-0.599**</b>
		p-arvo	<b>0.004</b>
Askelpituus / Aika ensimmäinen 5-metriä	4	r	-0.436*
		p-arvo	0.048
Askelpituus / Lonkan fleksiokulma	4	r	0.576*
		p-arvo	0.006
Lonkan fleksiokulma / ASLR	4	r	0.534*
		p-arvo	0.013*
Askelpituus / askeltiheys	4	r	<b>-0.805***</b>
		p-arvo	<b>&lt;.001</b>

Huomio \* p < .05, \*\* p < .01, \*\*\* p < .001

Merkitsevät korrelaatiot lihavoitu

N=11 juoksijoiden määrä

n=21 suoritusten määrä

Askeleet 0 = start, 1 = ensimmäinen, 2 = toinen, 3 = kolmas, 4 = neljäs

## 8 Pohdinta

Tutkimuksen tavoitteena oli hakea vastauksia takareiden aktiivisen liikkuvuuden yhteyteen juoksun teknisiin ominaisuuksiin kiihdytysvaiheen ensimmäisillä viidellä askeleella. Opinnäytetyössä

teetettiin HJK:n reservijoukkueen Klubi 04-joukkueen pelaajille liikkuvuus- ja nopeustestit, joiden tutkimustuloksia käytimme työssämme. Tutkimus toteutettiin HJK:n suorituskyky-yksikön pelaaja-kehityspäällikön kanssa, joka toimi myös opinnäytetyön ohjaajana. Opinnäytetyössä pyrittiin keräämään aivan uudenlaista tietoa liikkuvuuden merkityksestä juoksun kiihdytysvaiheessa, jota voidaan hyödyntää valmentajien fyysisen valmennuksen tietotaidon kehittämässä ja valmennuksen suuntaamisessa.

Tutkimukseen määritellyt tutkimuskysymykset olivat:

Päätutkimuskysymykset:

1. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä lonkan koukistuskulmaan?
2. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä askelpituuteen?
3. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä askeltiheyteen?
4. Onko takareiden aktiivisella liikkuvuudella yhteyttä viiden metrin nopeuteen?

Muut tutkimuskysymykset:

5. Onko askelpituudella yhteyttä askeltiheyteen?
6. Onko askelpituudella yhteyttä lonkan fleksiokulmaan?
7. Onko askelpituudella yhteyttä viiden metrin nopeuteen?
8. Onko lonkan fleksiokulmalla yhteyttä askeltiheyteen?
9. Onko lonkan fleksiokulmalla yhteyttä viiden metrin nopeuteen?
10. Onko askeltiheydellä yhteyttä viiden metrin nopeuteen?

## 8.1 Johtopäätökset

Tutkimuksemme pääaiheena oli takareiden aktiivisen liikkuvuuden yhteys juoksutekniikkaan ja nopeuteen. Takareiden aktiivisen liikkuvuuden ainoa yhteys ilmeni lonkan fleksiokulmassa kiihdytyksen neljännellä askeleella. Tuloksen perusteella voimme todeta, että takareiden liikkuvuuden tulos ei vaikuta merkittävästi lonkan fleksiokulman tuottoon kiihdytysvaiheessa ainakaan tällä pienellä otoskoollla. Takareiden ASLR-testin yhteyttä askelpituuteen ja askeltiheyteen sekä kiihdytysnopeuteen ei havaittu ollenkaan millään viidestä askeleesta (starttiaskel, 1. askel, 2. askel, 3. askel ja 4. askel). Näin ollen voidaan päätellä, että takareiden aktiivisella liikkuvuudella ei ole selkeää yhteyttä juoksun biomekaniikkaan ainakaan näiden muuttujien välillä.

ASLR-testin tulosten perusteella ei voida kuitenkaan päätellä, miten alhaisempi liikkuvuustulos vaikuttaisi lonkan fleksiokulmantuottoon, askelpituuteen tai askeltiheyteen kiihdytyksessä. Tutkittavien henkilöiden ollessa urheilijoita isoja rajoitteita liikkuvuudessa ei ilmennyt (pienin tulos 72 astetta), jolloin selkeästi rajoittuneen liikkuvuuden vaikutusta ei voitu selvittää tutkimuksessa.

Tutkittavan ryhmän ollessa satunnaisesti valittuja ihmisiä voisi erot olla suurempia, mutta niitä ei ole relevanttia tällöin verrata urheilijoihin. ASLR-testin tulosten perusteella takareiden liikkuvuusharjoittelua ei ole olennaista painottaa jalkapalloilijoiden nopeusharjoittelussa, koska siitä ei näytä olevan merkittävää hyötyä kiihdytysnopeudessa. Mikäli kuitenkin liikkuvuustulos olisi merkittävästi heikompi kuin 70 astetta, saattaisi tilanne olla toinen. Emme silti voi yleistää niidenkään jalkapalloilijoiden liikkuvuusharjoittelun merkitystä nopeuden kehittämisessä, joiden ASLR-tulos olisi sama kuin tässä tutkimuksessa (72–98 astetta), kun otoskoko on näin pieni. Mahdollisesti isommalla tutkimusjoukolla tulokset voisivat poiketa tästä tutkimuksesta.

Askelpituudella, lonkan fleksiokulmalla ja askeltiheydellä oli merkittäviä keskinäisiä yhteyksiä. Askelpituudella sekä askeltiheydellä havaittiin negatiivinen yhteys neljännellä askeleella. Askelvälin kasvaessa tiheys pienenee eli askel harvenee ja askelpituuden pienentyessä tiheys kasvaa. Tutkimuksemme tulokset ovat linjassa monien muiden tutkimustulosten kanssa, sillä askelpituutta ja askeltiheyttä yhdessä voidaan pitää merkittävimpinä muuttujina optimaalisessa kiihdytyksessä. Esimerkiksi Mattes, Wolff & Alizaded (2021) tutkimustulokset ovat linjassa tämän opinnäytetyön kanssa; askelpituuden kasvaessa askeltiheys pienenee ja nopeus paranee.

Monet muut tutkimukset taas osoittavat, että sekä suuremmalla askeltiheydellä että pidemmällä askelpituudella on yhteys sekä toisiinsa että kiihdytysnopeuteen, mikä alleviivaa näiden molempien elementtien tärkeyttä (Standing & Maulder 2017; Murphy, Lockie & Coutts 2003; Lockie, Murphy, Knight & Janse de Jonge 2011). Lockie ja muut (2013) taas osoittavat pelkän askelpituuden olevan merkittävä tekijä kiihdytyksessä, kun taas tiheydellä ei vaikuta olevan mitään vaikutusta juoksunopeuteen. Hieman ristiriitaiset tutkimukset aiheesta johtuvat todennäköisesti juoksijoiden yksilöllisistä kehon mittasuhteista, koordinaatiivisista kyvyistä, voimatasoista sekä omista juoksutottumuksista (Murphy ym. 2003). Joka tapauksessa selkeä konsensus on se, että askelpituutta on hyvä pyrkiä kasvattamaan siten, että askeltiheys pysyy silti vähintään samana tai askelpituuden ollessa jo huomattavan pitkä, keskittyä askeltiheyden kasvattamiseen jo olemassa olevalla askelpituudella.

Lonkan fleksiokulmassa ja askelpituudessa löytyi tutkimuksen selkeimmät yhteydet jokaisella askeleella. Tulosten perusteella mitä isompaa fleksiokulmaa lonkasta voidaan tuottaa, sitä pidempi askelpituus on kiihdytyksessä kaikilla viidellä askeleella. Riittävän askelpituuden ollessa tärkeimpiä tekijöitä maksimaalisessa spurtissa, voidaan tämän tuloksen perusteella todeta lonkan fleksiokulmallakin olevan merkitystä, vaikka lonkan fleksiokulma ei suoraan korreloinutkaan viiden metrin nopeuteen. Lonkan fleksiokulman kasvu pidentää askelta ja askelpituuden kasvu puolestaan nopeuttaa viiden metrin kiihdytysaikaa. Lonkan fleksiokulman rajoittavaa tekijää ei meidän liikkuvuustestistämme löytynyt, joten sitä olisi hyvä tutkia erilaisella liikkuvuus- tai voimantuottotestillä.

Tutkimuksen perusteella ei voida määritellä optimaalista nivelkulmaan lonkalle, sillä Struzik ja muut (2016, 3, 7) osoittivat tutkimuksessaan, että myös liiallinen fleksiokulma voi vaikuttaa negatiivisesti kiihdytykseen. Voidaan siis pidemminkin todeta, että yleisesti suurempi lonkan fleksiokulma nopeuttaa juoksua, mutta on jokaisesta yksilöstä kiinni, milloin astekulma alkaa olemaan liian suuri ja alkaakin hidastamaan kiihdytystä.

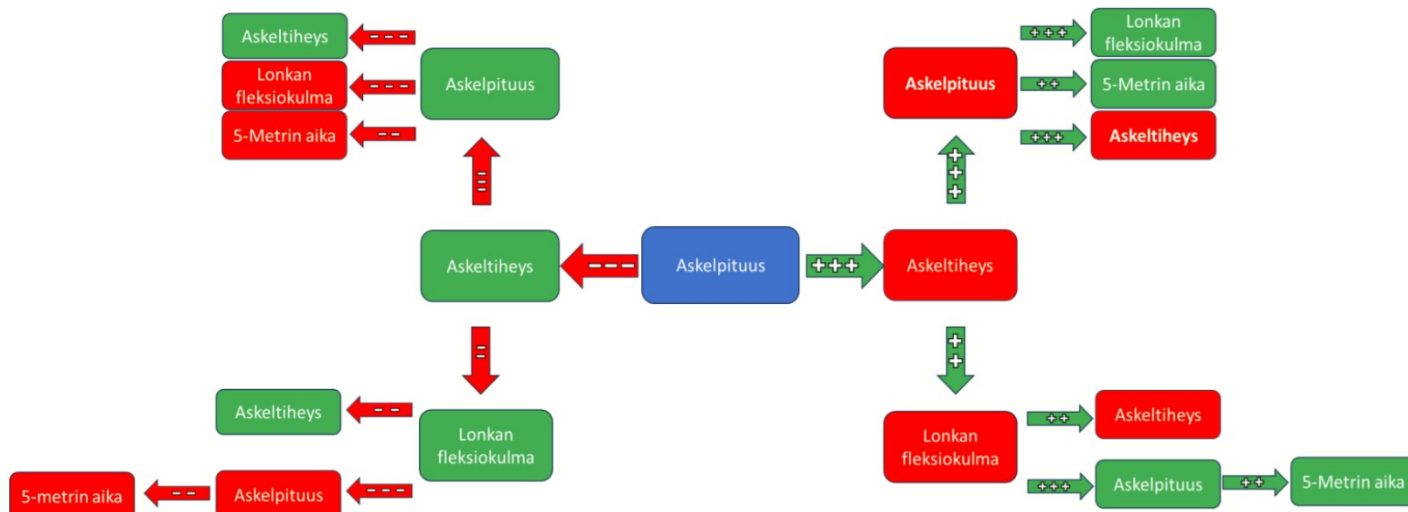
Aikaan verrattuna tuloksista nousi esille askelpituuden ja ensimmäisen viiden metrin kiihdytysajan yhteys askeleilla kaksi ja neljä; mitä isompaa askelpituutta näillä askeleilla tuotettiin, sitä parempi oli aika. Maćkała, Fostiak ja Kowalski (2015) esittivät tutkimuksessaan vastaavan tuloksen askelpituuden ja ajan yhteydestä 10-metrin sekä 30-metrin matkalta. On vaikea sanoa, miksi juuri nämä askeleet korreloivat kiihdytysnopeuden kanssa, mutta vaikuttaa siltä, että askelpituutta yksilöllisesti sopivalla tavalla kasvattamalla voidaan saada kehitystä aikaan kiihdytysnopeudessa.

Lonkan fleksiokulman, askeltiheyden ja askelpituuden keskinäisten yhteyksien perusteella voidaan todeta, että isompaa fleksiokulmaa sekä harvempaa askelta tuottaessa askelpituus on isompi (toki vain tietyillä yksittäisillä askeleilla). Kun askelpituus korreloi vahvasti nopeampaan aikaan, voidaan todeta, että näillä kaikilla parametreilla vaikuttaa olevan ainakin jonkinlainen positiivinen vaikutus kiihdytykseen joko suorasti tai epäsuorasti. Kun liitetään tämä informaatio aiempaan tutkimusdataan, voidaan todeta, että harva askeltiheys tuskin on kuitenkaan hyvä asia maksimaalisessa kiihdytyksessä. Askeltiheyden negatiivinen yhteys askelpituuteen on toisaalta hyvin loogista, sillä kun ajatellaan pitkää askelta, ei siitä saa helposti yhtä tiheää kuin todella lyhyestä askeleesta. Siksi näistä tuloksista ei kannata vetää johtopäätöstä, jossa harvempi askel olisi parempi kuin tiheä.

Koska askelpituus korreloi toisella ja neljännellä askeleella suoraan viiden metrin nopeuden kanssa ja askeltiheys taas ei, voidaan ainakin tämän pienen otoskoon perusteella todeta askelpituuden olevan enemmän määrittävä tekijä kuin askeltiheys kiihdytyksen ensimmäisillä askeleilla. Kun taas palautamme mieleen kaavan  $askelpituus \times askeltiheys = nopeus$ , voidaan todeta, että pitkiä askeleita ottaneilla askeleita tihentämällä saataisiin vielä kovempia viiden metrin aikoja, mikäli askelpituus ei sen seurauksena putoa. Tällä tutkimusjoukolla askeltiheys pieneni, kun askelpituus kasvoi, joten kyseisillä pelaajilla yleistrendi näyttäisi olevan, että askeltiheyttä lisäämällä voitaisiin saada sekin korreloimaan suoraan nopeuden kanssa.

Juoksun biomekaniikka on monimutkainen kompleksi, jonka yksiselitteinen avaaminen on hankalaa. Jokaisen yksittäisen muuttujan kasvu tai pienentyminen vaikuttaa johonkin muuhun osa-alueeseen. Alla olevassa kuviossa (Kuvio 7) olemme pyrkineet esittämään juoksun biomekaniikan muuttujien vaikutusta toisiinsa. Kaavio on karkea malli muuttujien vaikutuksista, joista on mahdollisuus saada käsitys siitä, mitkä muuttujat voivat vaikuttaa toisiinsa.

Taulukkoa luetaan siten, että keskipisteen oikealla puolella olevat vihreät nuolet kasvattavat nuolen edessä olevia arvoja ja vasemmalla puolella olevat punaiset nuolet pienentävät edessä olevaa arvoa. Jokaisesta laatikosta lähtevän nuolen väri merkkää, mitä nuolesta lähtevällä muuttujalla tapahtuu. Laatikosta lähtevä vihreä nuoli kasvattaa arvoa ja punainen nuoli pienentää arvoa. Nuolen kärjestä seuraava laatikko kertoo, mitä edellisen laatikon arvon kasvattaminen tai pienentäminen tekee kyseiselle arvolle. Laatikon ollessa vihreä edellisen arvon muutos vaikuttaa positiivisesti, ja jos laatikko on punainen, edellisen arvon muutos vaikuttaa negatiivisesti kyseiseen arvoon. Lisäksi nuolen sisällä olevien plussien tai miinusten määrä kertoo, kuinka merkitsevää yhteydestä on kyse. Kaksi merkkiä tarkoittaa merkitsevää korrelaatiota vähintään yhdellä askeleella ja kolme merkintää erittäin merkitsevää korrelaatiota. Emme ota kuviossa huomioon, kuinka monella askeleella yhteyksiä ilmeni, vaan esimerkiksi yksikin erittäin merkitsevä korrelaatio riittää kolmeen plus- tai miinusmerkintään.



Kuvio 7. Juoksun biomekaanisten muuttien vaikutus.

## 8.2 Tulosten hyödyntäminen työelämässä

Valmentajan tulisi ymmärtää juoksun biomekaniikan perusteet ja soveltaa niitä harjoittelussa. Jos pohditaan harjoittelun täydellistä individualisointia ja optimointia, yksilöllisten erojen myötä joukkueellinen pelaaja ei tulisi kokonaan harjoitella täsmälleen samoilla metodeilla tai juosta samalla biomekaniikalla. Juoksun tekniseen suorittamiseen on olemassa teoreettiset raja-arvot, joita tulisi tavoitella, mutta on hyvä ymmärtää, että jokainen yksilö on erilainen, joten käytännössä sellaisten määrittäminen on hyvin vaikeaa. Esimerkiksi 190 cm pituinen jalkapalloilija eroaa 160 cm pitkän pelaajan askelpituudesta ja -tiheydestä, vaikka olisivat yhtä nopeita 10-metrin kiihdytyksessä. Myös kahden 190 cm pituisen pelaajan reisiluut ovat mahdollisesti eripituiset, mikä vaikuttaa jo suoraan juoksun yksilölliseen biomekaniikkaan.

Mikäli harjoittelussa on mahdollista saada dataa, on hyvä pohtia, mitä ominaisuutta muuttamalla pelaajasta voidaan saada nopeampi. Esimerkiksi suuren askeltiheyden omaava urheilija ei voi loputtomiin kasvattaa sitä, vaan silloin tulee pohtia askeleen pidentämistä mahdollisesti askeltiheyden kustannuksella, jos sitä kautta nopeutta on mahdollisuus kasvattaa. Toisaalta pitkän askelvälin omaava pelaaja voi hyötyä tiheyttä kasvattavasta harjoittelusta, mitä kautta nopeus voi kasvaa ja myös suunnanmuutoskyky kehittyä. On myös hyvä tiedostaa, että nopeusominaisuuksien kehittäminen pitää sisällään juoksun tekniikkaharjoitteiden lisäksi monipuolista koordinaatio-, kimmois- ja voimaharjoittelua.

Kuten jo aiemmin todettua, jalkapallossa ei missään nimessä juosta pelkästään lineaarisia maksimaalisia pyrähdyksiä, vaan erilaisia juoksu-tyylejä joudutaan toteuttamaan monin eri tavoin pelin aikana. Pelaajan tulee reagoida erilaisiin tilanteisiin sekä ilman palloa että pallon kanssa monen pituisilla matkoilla niin etuperin, takaperin kuin sivuttainkin ja useimmiten eri suuntia sekä nopeuksia yhdistäen. Nopeusharjoittelussa tulisikin keskittyä kaikkiin jalkapallossa esiintyviin juoksu-tyyleihin eri suuntiin ja matkoihin.

Kaiken kaikkiaan juoksuvalmennuksen täydellinen yksilöllistäminen on käytännössä mahdotonta oikeastaan jokaisessa suomalaisessa jalkapalloseurassa. Vaatisi moninkertaisen määrän valmentajia ja ennen kaikkea suuren määrän kalliita investointeja, jotta yksilöiden pieniin nyansseihin tarttuminen onnistuisi edes useiden silmäparien, saati sitten datan pohjalta. Tällä hetkellä on keskityttävä siihen, mikä on realistisesti mahdollista eli valmentajien yleisen tietotaidon tukeminen, jotta on yhä laajemmin mahdollista opettaa pelaajille tässä opinnäytetyössä läpikäymämme juoksun biomekaniikan yleisiä peruspilareita isona osana joukkueiden harjoitteluarkea.

### **8.3 Tutkimuksen rajoitukset ja luotettavuus**

Juoksijoiden yksilöllisten erojen vuoksi tutkimustulokset eivät täysin selitä tutkimuskysymyksiä, mutta antavat kuitenkin tietoa liikkuvuuden vaikutuksista juoksun biomekaniikkaan. Juoksun yksilölliset vaihtelut muodostuvat juoksijan anatomiasta, voimakapasiteetista, koordinaatiosta, tekniikasta ja kimmoisuudesta. Esimerkiksi juoksijalla voi olla riittävät liikkuvuusominaisuudet takareisissä, mutta puutteelliset voimantuotto-ominaisuudet lonkankoukistajissa, jolloin lonkan fleksion tuottaminen juoksussa voi olla vajavaista. Riittämätön voimantuotto ja pienentynyt lonkan fleksio-kulma juostessa taas voi heijastua pienentyneeseen askelpituuteen.

Juoksijoiden mittasuhteita ei mitattu, jolloin niiden vaikutusta ei voida ottaa huomioon tutkimuksessa. Juoksijan raajojen pituus vaikuttaa oleellisesti juoksun biomekaniikkaan. Juoksijat, joilla on pitkä reisiluu, joutuvat käyttämään lonkka- sekä nilkkaniveltä eri tavalla kuin juoksija, joka omaa pitkä sääriluun ja lyhyen reisiluun. Juoksijoiden ja yksilölliset erot korostuvat askelpituuden ja askeltiheydessä selkeästi, koska lyhyillä raajoilla juoksijan on mahdollista tuottaa tiheämpää askelta kuin pitkällä raajoilla ja vastaavasti pitemmillä raajoilla on helpompi kasvattaa askelpituutta.

Tutkimuksen otoskoko oli lopulta melko pieni (11 pelaajaa), vaikka joukkueessa pelaa noin 25 pelaajaa. Olisimme tutkineet mielellämme koko joukkuetta, jolloin olisimme saaneet tuloksista luotettavampia. Meistä riippumattomista syistä suuri osa pelaajista ei pystynyt osallistumaan tutkimukseemme. Otoksoon ollessa pieni, emme voi yleistää tutkimuksen tuloksia, sillä suuremmalla tutkimusjoukolla tulokset voisivat olla toisenlaisia.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa oleellisesti liikkuvuustestiin perehtyminen ja sen harjoittelu. Työtä tehdessämme valmistauduimme testeihin hyvin ja pyrimme poissulkemaan kaikki virhemarginaalit liikkuvuusmittauksen yhteydessä. Haastavin osuus liikkuvuusmittauksen yhteydessä oli oikeiden anatomisten maamerkkien löytäminen (trochanter major / lateraalinen epicondyl). Testiä tehdessä palpoiminen piti suorittaa huolella ja pyrkiä merkkamaan mittauskohdat selkeästi. Mittauskohdan merkkaminen ihoon oli haastavaa, koska nivelen eri asennoissa iho liikkui mukana. Selkeiden merkkien ja reisiluun linjan piirtäminen lisäsi mittauksen luotettavuutta.

Tutkimuksen luotettavuuden eli reliabiliteetin varmistamiseksi kuvailimme opinnäytetyössämme testien suoritusten vaiheet selkeästi ja pyrimme poissulkemaan mittauksia vääristävät tekijät. Tutkimus on mahdollista toistaa luotettavalla tavalla, kun noudatetaan samanlaisia mittausmenetelmiä.

Kokonaisuudessaan opinnäytetyön tekeminen oli haastavaa, sillä aikaisempaa tutkimustietoa täsmälleen samasta aiheesta ei juurikaan ollut. Se olikin yksi tärkeimmistä syistä, miksi lähdimme pureutumaan juuri tähän aiheeseen. Tiedonhaussa auttoi kuitenkin laaja tutkimustieto etenkin juoksun biomekaniikasta, josta pystyimme keräämään paljon olennaista informaatiota ja taustatietoa. Mielestämme opinnäytetyö onnistui kokonaisuudessaan hyvin, sillä vaikka päätutkimusaiheidemme tulokset olivatkin negatiivisia, saimme koottua laajan tietopaketin juoksun kiihdytysvaiheen olennaisimmista elementeistä.

## **8.4 Jatkotutkimusaiheita**

Pienin takareiden liikkuvuustulos oli 72 astetta, joten olisi mielenkiintoista tutkia vielä selkeämmin rajoittuneen takareiden liikkuvuustuloksia näihin muuttujiin ja myös, muuttuvatko tulokset takareiden liikkuvuuden kehittyessä. Tämän lisäksi takareiden aktiivisen liikkuvuuden testaamisella esi-



merkiksi Jurdan-testin avulla voitaisiin mahdollisesti saada erilaisia tuloksia. Jurdan-testi on ilmeisesti melko uusi tapa testata takareiden ja vastakkaisten lonkankoukistajien liikkuvuuden suhdetta, joten siitä ei löydy vielä tutkimustietoa ainakaan meidän tietämämme mukaan. Testinä Jurdan on juoksun kinematiikkaa ajatellen spesifimpi kuin ASLR, joten tulokset voisivat poiketa merkittävästi tämän tutkimuksen tuloksista.

Tulevia tutkimusaiheita tähän kontekstiin liittyen voisi olla myös tässä tutkimuksessa käytettyjen parametrien liittäminen alkukiihdytysvaiheesta seuraaviin askeleisiin sekä maksimaaliseen juoksupopeuteen. Liikkuvuustuloksia voisi verrata myös muihin nopeutta tukeviin ominaisuuksiin. Esimerkiksi maksimivoimaa voitaisiin testata yhden toiston maksimilla kyykyn tai lantionnoston eri nivelkulmilla. Mikäli haluaisi tutkia vain takareiden toimintaa näissä liikkeissä, voisi takareiteen asettaa EMG-mittarin, joka mittaa lihaksen aktiivisuutta. Takareiden voimantuottokyvyn voisi myös eristää esimerkiksi polven koukistuksen voimatestillä. Nopeusvoimaa taas voisi testata esimerkiksi kontaktimaton avulla, jolla pystyy mittaamaan kontaktiajan pituutta hyppyissä tai juoksussa. Lisäksi olisi mielenkiintoista tutkia lisää, mikä on optimaalisin askelpituus suhteutettuna kehon mittasuhteisiin spurtin eri vaiheissa.

## Lähteet

Alghannam, A.F. 2012. Metabolic Limitations of Performance and Fatigue in Football. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3, 2, 65-73. National Library of Medicine. Viitattu 31.5.2023.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3426724/>

Arnason, A., Sigurdson, S. & Bahr, R. 2004. Risk Factors for Injuries in Football. *The American Journal of Sports Medicine*, 32, 1. Sage Journals. Viitattu 12.6.2023. [https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546503258912?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:cross-ref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546503258912?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:cross-ref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)

[https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546503258912?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori:rid:cross-ref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub%20%20pubmed](https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0363546503258912?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori:rid:cross-ref.org&rfr_dat=cr_pub%20%20pubmed)

Bekris, E., Mylonis, L., Gioldasis, A., Gissis, I. & Kombodietta N. 2016. Aerobic and anaerobic capacity of professional soccer players in annual macrocycle. *Journal of Physical Education and Sport*, 16, 83, 527–533. ResearchGate. Viitattu 2.8.2023. <https://www.researchgate.net/publication/305444359>

<https://www.researchgate.net/publication/305444359> Aerobic and anaerobic capacity of professional soccer players in annual macrocycle

Chumanov, E., Heiderscheit, B. & Thelen, D. 2007. The effect of speed and influence of individual muscles on hamstring mechanics during the swing phase of sprinting. *Journal of Biomechanics*, 40, 16, 3555-3562. ScienceDirect. Viitattu 13.6.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929007002606?via%3Dihub>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929007002606?via%3Dihub>

Cronin, J.B. & Hansen, K.T. 2005. Strength and Power Predictors of Sports Speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 2, 349-357. Viitattu 1.6.2023. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15903374/>

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15903374/>

Darryl, T., Chumanov, E., Hoerth, D., Best, T., Swanson, S., Li, L., Young, M. & Heiderscheit, B. 2005. Hamstring Muscle Kinematics during Treadmill Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37, 1, 108-114. American College of Sports Medicine. Viitattu 13.6.2023. [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2005/01000/Hamstring\\_Muscle\\_Kinematics\\_during\\_Treadmill.18.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2005/01000/Hamstring_Muscle_Kinematics_during_Treadmill.18.aspx)

[https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2005/01000/Hamstring\\_Muscle\\_Kinematics\\_during\\_Treadmill.18.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2005/01000/Hamstring_Muscle_Kinematics_during_Treadmill.18.aspx)

DeVita, P., Helseth, J. & Hortobagyi, T. 2007. Muscles do more positive than negative work in human locomotion. *Journal of Experimental Biology*, 210, 19, 2261-3373. National Library of Medicine. Viitattu 13.6.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2577758/>

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2577758/>

Dodd, K.D. & Newans, T.J. 2018. Talent Identification for Soccer: Physiological Aspects. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 31, 10, 1073-1078. Viitattu 1.6.2023. [https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(18\)30027-6/fulltext](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(18)30027-6/fulltext)

[https://www.jsams.org/article/S1440-2440\(18\)30027-6/fulltext](https://www.jsams.org/article/S1440-2440(18)30027-6/fulltext)

Donnelly, J., Kyriacou, Y., Marsh, J., Ward, S. & Wren, B. 2020, 17-129. *Football Fitness Bible. MatchFit Conditioning.*

Folland, J., Allen, S., Black, M., Handsaker, J. & Forrester, S. 2017. Running Technique is an Important Component of Running Economy and Performance. *Medicine and Science in Sports and*

Exercise, 49, 7, 1412-1423. Viitattu 20.11.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5473370/>

Haugen, T.A., Tønnessen, E., Hisdal, J. & Seiler, S. 2014, 433. The Role and Development of Sprinting Speed in Soccer. International Journal of Sports Physiology and Performance, 9, 432–441. Viitattu 25.8.2023. <https://journals.humankinetics.com/view/journals/ijspp/9/3/article-p432.xml>

Hermansen, L. 1981. Muscular Fatigue During Maximal Exercise of Short Duration. Medicine Sport, 13, 45-52. Institute of Muscle Physiology Work Research Institutes, Oslo, Norway. Viitattu 31.5.2023. <https://karger.com/books/book/1004/chapter-abstract/5618654/Muscular-Fatigue-During-Maximal-Exercise-of-Short?redirectedFrom=fulltext>

Juoksunopeuden kehittäminen fysiikkaharjoittelulla – osa 1. 2023. Suorituskykyvalmentaja. Julkaistu 14.11.2019. Muokattu 31.1.2023. Viitattu 2.6.2023. <https://www.suorituskykyvalmentaja.fi/tietopankki/juoksunopeus-osa1/>

Kauranen, K. 2017. Fysioterapeutin käsikirja. 1. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kauranen, K. 2014. Lihäs: Rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura.

Kauranen, K., Müller, E., Saastamoinen, N. & Sinivuori, E. 2021. Fysioterapeutin käsikirja. 4. p. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura.

Kunz H. & Kaufmann D. 1981. Biomechanical analysis of sprinting: decathletes versus champions. Laboratorium fur Biomechanik, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich. Viitattu 7.6.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1858761/pdf/brjmed00255-0031.pdf>

Kutinlahti, E. 2021. Maksimaalinen hapenottokyky kestävyyskunnan mittarina. Duodecim Terveyskirjasto. Viitattu 18.5.2023. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01038>

Kuula, A. 2011. Tutkimusetiikka: aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys. Tampere: Vastapaino. Viitattu.20.5.2023. <https://www.ellibslibrary.com/reader/9789517685139>

Lehnard, R.A., Lehnard, H.R., Young, R. & Butterfield, S.A. 1996. Monitoring Injuries on a College Soccer Team: The Effect of Strength Training. 1996. Journal of Strength and Conditioning Research, 10, 2, 115–119. National Strength & Conditioning Association. Viitattu 2.6.2023. <https://paulogen-til.com/pdf/Monitoring%20injuries%20on%20a%20college%20soccer%20team-the%20effect%20of%20strength%20training.pdf>

Lehto, H. & Vänttinen, T. 2010. Jalkapallon lajiansalyysi – fysiologia ja tekniset suoritukset. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU, Jyväskylä. Viitattu 2.8.2023. [https://kihuenergia.kihu.fi/tuostiedostot/julkinen/2010\\_leh\\_jalkapallo\\_sel21\\_46656.pdf](https://kihuenergia.kihu.fi/tuostiedostot/julkinen/2010_leh_jalkapallo_sel21_46656.pdf)

Levangie, P., Norkin, C. & Lewek, M. 2019. Joint structure and function: A comprehensive analysis. Sixth edition. Philadelphia: F. A. Davis Company.

Lockie, R., Murphy, A., Knight, T. & Janse de Jonge, X. 2011. Factors That Differentiate Acceleration Ability in Field Sport Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (10), 2704-2714. Viitattu 8.9.2023. [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/10000/Factors\\_That\\_Differentiate\\_Acceleration\\_Ability\\_in.9.aspx?casa\\_token=xVP-V\\_zcaz0AAAAA:O4OgUnp0GCjaffBS6JJyKn\\_Z33S9zOknmlqlvtiLih0VUpUG1XCWvtp4pR1bbzNVSEx3KWhPFa167PnQnVbnxE279BQA#O3-9-3](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/10000/Factors_That_Differentiate_Acceleration_Ability_in.9.aspx?casa_token=xVP-V_zcaz0AAAAA:O4OgUnp0GCjaffBS6JJyKn_Z33S9zOknmlqlvtiLih0VUpUG1XCWvtp4pR1bbzNVSEx3KWhPFa167PnQnVbnxE279BQA#O3-9-3)

Lockie, R., Murphy, A., Schultz, A., Jeffriess, M. & Callaghan, S. 2013. Influence of Sprint Acceleration Stance Kinetics on Velocity and Step Kinematics in Field Sport Athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. Viitattu 6.6.2023. [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/09000/Influence\\_of\\_Sprint\\_Acceleration\\_Stance\\_Kinetics.18.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2013/09000/Influence_of_Sprint_Acceleration_Stance_Kinetics.18.aspx)

Maćkała, K., Fostiak, M. & Kowalski, K. 2015. Selected Determinants of Acceleration in the 100m Sprint. University School of Physical Education in Wrocław, Department of Track and Field, Paderewskiego, Wrocław, Poland. Viitattu.11.9.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4415826/>

Mattes, K., Wolff, S. & Alizaded, S. 2021. Kinematic Stride Characteristics of Maximal Sprint Running of Elite Sprinters – Verification of the “Swing-Pull Technique”. *Journal of Human Kinetics*, 77, 15-24. Viitattu 8.9.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8008308/>

Mendiguchia, J. Gonzalez De la Flor, A., Mendez-Villanueva, A., Morin, J-B., Edouard, P. & Aranzau Garrues, M. 2020. Trainin- induced changes in anterior pelvic tilt: potential implications for hamstring strain injuries management. *Journal of Sports Sciences*, 39, 7, 760-767. Taylor & Francis Online. Viitattu 13.6.2023. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2020.1845439?journalCode=rjsp20>

Metaxas, T. 2021. Match Running Performance of Elite Soccer Players:  $\dot{V}O_2$ max and Players Position Influences. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35, 1, 162–168. Viitattu 24.5.2023. [https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2021/01000/Match\\_Running\\_Performance\\_of\\_Elite\\_Soccer\\_Players\\_.23.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/Fulltext/2021/01000/Match_Running_Performance_of_Elite_Soccer_Players_.23.aspx)

Moore, K. & Dalley, A. 1999. Clinically oriented anatomy. 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins.

Morton, A. 2008. Exercise Physiology. *Pediatric Respiratory Medicine*, 2, 89-99. ScienceDirect. Viitattu 18.10.2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323040488500128?via%3Dihub>

Murphy, A., Lockie, R. & Coutts, A. 2003. Kinematic Determinants of Early Acceleration in Field Sport Athletes. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2 (4), 144-150. Viitattu 8.9.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3963247/>

Neumann, D. 2002. *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation*. St. Louis. Mosby.

Novacheck, T. 1998. The biomechanics of running. ScienceDirect. Viitattu 1.6.2023. [https://doi.org/10.1016/S0966-6362\(97\)00038-6](https://doi.org/10.1016/S0966-6362(97)00038-6)

Owen, A. & Dellal, A. *Football Conditioning: A Modern Scientific Approach*. 2016. Soccertutor.com Limited.

Page, P. 2012. Current Concepts in Muscle Stretching for Exercise and Rehabilitation. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 7, 1, 109–119. Viitattu 4.10.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3273886/>

Pasanen, K., Haapasalo, H., Halén, P. & Parkkari, J. 2021. *Urheiluvammojen ehkäisy, hoito ja kuntoutus*. VK-kustannus. Lahti. Viitattu 4.7.2023. <https://vk-kustannus-fi.ezproxy.jamk.fi:2443/tuote/urheiluvammojen-ehkaisy-hoito-ja-kuntoutus-e-kirja/>

Pasanen, K., Haapasalo, H., Halén, P. & Parkkari, J. & Aho, J. 2021. *Urheiluvammojen ehkäisy, hoito ja kuntoutus*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Platzer, W. 2015. *Color atlas of human anatomy Volume 1, Locomotor system*. 7. p. Saksa. Thieme.

Raj, T., Hamlin, M. & Elliot, C. 2023. Hamstring flexibility and sprint speed in female rugby players after a 12-week yoga training. *Journal of Physical Education and Sports Studies*, 15(1), 1-18. Viitattu 9.8.2023. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2402421>

Ribeiro-Alvares, J.B., Dornelles, M.P., Fritsch, C.G., Xavier de Lima-e-Silva, F., Medeiros, T.M., Severo-Silveira, L., Marques, V.B. & Baroni, B.M. 2018. Prevalence of Hamstring Strain Injury Risk Factors in Professional and Under-20 Male Football (Soccer) Players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29, 3, 339-345. Viitattu 30.8.2023. <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/29/3/article-p339.xml>

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. *Liikkuva ihminen: Aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka*. Lahti: VK-Kustannus.

Seiberl, W., Hahn, D., Fletcher, J.R. & Siebert, T. 2023. The Stretch-shortening Cycle of Active Muscle-tendon Complex: What, Why and How It Increases Muscle Performance? *Frontiers*. Viitattu 2.6.2023. <https://www.frontiersin.org/research-topics/10437/the-stretch-shortening-cycle-of-active-muscle-and-muscle-tendon-complex-what-why-and-how-it-increases-muscle-performance>

Slimani, M., Znazen, H., Miarka, B. & Bragazzi, N.L. Maximum Oxygen Uptake of Male Soccer Players According to their Competitive Level, Playing Position and Age Group: Implication from a Network Meta-Analysis. *Journal of Human Kinetics*, 66, 233–245. Viitattu 10.6.2023.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6458571/>

Standing, R. & Maulder, S. 2017. The Biomechanics of Standing Start and Initial Acceleration: Reliability of the Key Determining Kinematics. Centre for Sport Science and Human Performance, Waikato Institute of Technology, Hamilton, New Zealand. Viitattu 8.9.2023.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5358026/>

Struzik, A., Konieczny, G., Stawarz, M., Grzesik, K., Winiarski, S. & Rokita, A. 2016. Relationship between Lower Limb Angular Kinematic Variables and the Effectiveness of Sprinting during the Acceleration Phase. *Applied Bionics and Biomechanics*. Viitattu 6.6.2023.

<https://www.hindawi.com/journals/abb/2016/7480709/>

Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C. & Wisløff, U. 2012. Physiology of Soccer. *Sports Med*, 35,6, 501–536 (2005). *Sports Medicine*. SpringerLink. Viitattu 31.5.2023. <https://link.springer.com/article/10.2165/00007256-200535060-00004#citeas>

Svensson, M. & Drust, B. 2005. Testing Soccer Players. *Journal of Sports Sciences*, 23, 6, 601-618. National Library of Medicine. Viitattu 31.5.2023. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16195009/>

Telles, T., Lewis, C. & Arellano, C.J. 2020. *The Science of Speed: The Art of the Sprint*. 2<sup>nd</sup> Edition. Winnipeg Dimensions Sports, LLC. United States of America.

Tessitore, A., Perroni, F., Cortis, C., Meeusen, R., Lupo, C. & Capranica, L. 2011. Coordination of soccer players during preseason training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 3059-3069. Viitattu 17.10.2023. [https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/11000/coordination\\_of\\_soccer\\_players\\_during\\_preseason.18.aspx](https://journals.lww.com/nsca-jscr/fulltext/2011/11000/coordination_of_soccer_players_during_preseason.18.aspx)

Tortora, G. & Grabowski, S. 2003. *Principles of anatomy and physiology*. 10. p. New York: John Wiley & Sons.

Vuemotion. 2023. Viitattu 25.9.2023. <https://www.vuemotion.ai/home>

Wan, X., Li, S., Best, T.M., Liu, H., Li, H. & Yu, B. 2021. Effects of flexibility and strength training on peak hamstring musculotendinous strains during sprinting. *Journal of Sport and Health Science*, 10, 222-229. ScienceDirect. Viitattu 13.6.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7987790/pdf/main.pdf>

Wisløff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. 2004. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 3, 285-288. National Library of Medicine. Viitattu 31.5.2023. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1724821/pdf/v038p00285.pdf>

Ylinen, J. 2010. Venytystekniikat manuaaliseen terapiaan ja urheilijoiden lihashuoltoon: Lihas-jännesysteemi. Muurame: Medirehabook.

# Liitteet

## Liite 1. Tutkimuslupa

### Suostumus tutkimukseen osallistumisesta

Pyydämme lupaa (huollettavasi) osallistumiseen klinisiin liikkuvuustesteihin. Tuloksista kootaan fysioterapeuttitutkinnon opinnäytetyö, joka valmistuu syksyllä 2023.

Opinnäytetyön aihe: Kliinisten liikkuvuustestien korrelaatio jalkapalloilijoiden juoksutekniikkaan.

Suoritettavat testit:

- Straight leg raise (takareidet)
- Straight leg raise sivulle (takareiden sisäosa)
- Jurdan (takareidet + lonkankoukistajat + etureidet)
- Knee to wall (pohkeet)
- Lonkan aktiivinen ulko- ja sisäkierto istuen (lonkan kiertäjät)

Testitulosten tallennus ja säilytys:

Kaikkia liikkuvuustesteistä sekä myös erillisistä Vuemotion-juoksuanalyysistä saatuja tietoja käytetään opinnäytetyössä nimettöminä (numerokodeina, kuten pelaaja 001, pelaaja 002 jne.) ja ne tallentuvat vain JAMK:n tietojärjestelmään, johon pääsee ainoastaan JAMK:N opiskelijan ja henkilökunnan tunnuksilla. Testeistä saadut nimettömät tiedot jaetaan opinnäytetyön tekovaiheessa vain opinnäytetyön ohjaajille. Nämä tiedot poistetaan opinnäytetyön valmistuttua (syksyn 2023 aikana). Osallistuja voi halutessaan keskeyttää osallistumisen tutkimukseen.

Testien toteuttavat Jyväskylän ammattikorkeakoulun fysioterapeuttiohjaajat

Samuli Hietämäki, sähköposti: [AA3851@jamk.fi](mailto:AA3851@jamk.fi)

Luukas Poutanen, sähköposti: [AA4044@jamk.fi](mailto:AA4044@jamk.fi)

Yhteyshenkilö:

Niklas Virtanen, sähköposti

Annan suostumukseni (huollettavani) testeihin osallistumisesta ja että testitulosten tietoja käytetään nimettöminä Jyväskylän Ammattikorkeakoulun opiskelijoiden Samuli Hietämäen ja Luukas Poutasen fysioterapeutti tutkinnon opinnäytetyöhön.

Kyllä  Ei

Pelaajalla on voimassa oleva tapaturmavakuutus.

Kyllä  Ei

Allekirjoitettuja dokumentteja jää yksi kappale pelaajalle / huoltajalle ja yksi kappale opinnäytetyön tekijöille.

\_\_\_\_\_  
Huoltajan allekirjoitus (mikäli pelaaja alle 18v)

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Pelaajan allekirjoitus

\_\_\_\_\_  
Nimenselvennys

\_\_\_\_\_  
Samuli Hietämäki

\_\_\_\_\_  
Luukas Poutanen