

Jukka Sinisalo

# EMG-housut jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksien mittaamisen apuvälineenä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointiteknologia

Opinnäytetyö

15.11.2016

<p>Tekijä(t) Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Jukka Sinisalo EMG-housut jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksien mittaamisen apuvälineenä</p> <p>41 sivua + 2 liitettä 15.11.2016</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (AMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Hyvinvointiteknologia</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	
<p>Ohjaaja(t)</p>	<p>Metropolia Yliopettaja Mikael Soini Metropolia Lehtori Pekka Anttila Myontec Oy CEO Janne Pylväs</p>
<p>Opinnäytetyön aiheena oli selvittää, miten lihasaktiivisuutta mittaavia EMG (elektromyografia) -housuja voitaisiin käyttää jalkapalloilijoiden harjoittelun tukena. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksia mittaavien testituloksien muutoksia kilpailukauden aikana sekä tarkastella, miten testisuoritusten aikana mitattu isojen reisilihasten sähköinen aktiivisuus on yhteydessä näihin testituloksiin. Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös pelaajien omien tuntemuksien yhteyttä tutkimuksessa käytettyihin nopeusominaisuuksia mittaavien testien tuloksiin sekä lihasaktiivisuuteen.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Myontec Oy:n kanssa, jonka kehittämiä Mbody EMG -housuja käytettiin tutkimuksessa lihasaktiivisuuden mittaamiseen. Muita yhteistyöyrityksiä olivat HIFK Fotbollin edustusjoukkue, jonka neljä pelaajaa muodostivat tutkimukseen osallistuneen kohderyhmän sekä Suunta Performance Oy, jolta saatiin käyttöön testituloksien mittaamiseen käytettävä laitteisto.</p> <p>Tutkimuksen aikana kohderyhmä suoritti kilpailukaudella neljä kertaa maksimaalisen kymmenen metrin juoksun sekä maksimaalisen esikevennyshypyn. Suoritusten aikana pelaajat käyttivät Myontec Oy:n Mbody EMG -housuja. Testisuoritusten tulokset mitattiin MuscleLab -mittauslaitteistolla. Pelaajien omia tuntemuksia tarkasteltiin ennen suorituksia tehdyllä kyselyllä, joka kehitettiin tätä tutkimusta varten.</p> <p>Tutkimuksessa havaittiin, että kymmenen metrin juoksutestin tulokset yleisesti heikkenivät kilpailukauden edetessä, mutta esikevennyshypyn tulokset pysyivät pääasiassa ennallaan. Esikevennyshyppytestin tulosten ja suorituksen aikaisen lihasaktiivisuuden välillä havaittiin olevan jonkinlaista positiivista riippuvuutta, kun taas kymmenen metrin juoksun ja sen aikana mitatun lihasaktiivisuuden välillä ei löydetty juurikaan riippuvuutta.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksista saadaan arvokasta tietoa jalkapalloilijoiden lihasaktiivisuuden käyttäytymisestä maksimaalisten juoksu- ja hyppysuoritusten aikana. Opinnäytetyön tuloksia voidaan hyödyntää aiheeseen liittyvän jatkotutkimuksen teossa sekä mahdollisten uusien testausprotokollien suunnittelussa jalkapalloilijoille.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>Elektromyografia, EMG, lihasaktiivisuus, nopeusominaisuudet, jalkapallo</p>

Author(s) Title	Jukka Sinisalo EMG-shorts - tool for measuring speed abilities of soccer player
Number of Pages Date	41 pages + 2 appendices 15 November 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Health Informatics
Specialisation option	
Instructor(s)	Mikael Soini, Principal Lecturer Pekka Anttila, Lecturer Janne Pylväs, CEO
<p>The subject of this thesis was to explore the use of EMG (electromyography) shorts to measure muscle activity to support the training of soccer players. The purpose of this study was to investigate the changes in the test results measuring the speed abilities of soccer players during the competition period and to examine the link between these test results and the electrical activity measured from quadriceps and hamstrings during the test performance. The thesis also examined how the players' own feelings correlate with the test results regarding their speed abilities.</p> <p>This thesis was carried out in cooperation with Myontec Ltd, which has developed the Mbody EMG shorts used in the study to measure muscle activity. Other partner companies were HIFK football club with four players participating in the research and thus forming the target group, and Suunta Performance Ltd, which provided the equipment used for measuring.</p> <p>During the study, the target group performed a maximal ten-meter sprint and maximal counter movement jump four times during their competitive season. The players wore the Myontec EMG shorts during their performance. The performances were measured using MuscleLab's measurement equipment. The players' own feelings were measured with a questionnaire developed specifically for this study.</p> <p>The study found that the results of the ten-meter running test results generally weakened during the season, but the results of the counter movement jump remained mainly at the same level. Some positive correlation was found between the results of the counter movement jump and muscle activity, however any correlation between the results of the ten-meter sprint and muscle activity was not found.</p> <p>The results of this thesis provide valuable information about the muscle activity of soccer players during maximal run and jump performance. The results of the thesis can be used to guide further research on the subject, and in particular, they can provide ideas for designing new testing protocols for soccer players.</p>	
Keywords	Electromyography, EMG, muscle activity, speed abilities, soccer

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Urheilija-analyysi - Jalkapallo	3
2.1	Kestävyysominaisuudet	3
2.2	Nopeusominaisuudet	4
2.3	Voimaominaisuudet	5
3	Lihasten toiminta	6
3.1	Lihaskudostyypit	6
3.2	Luustolihasrakenteen rakenne	7
3.3	Lihaksen supistuminen	8
3.4	Tutkimuksessa tarkasteltavat lihakset	10
4	Elektromyografia	11
4.1	Lihaksen sähköinen toiminta	12
4.2	EMG-signaali	13
4.3	EMG-signaalin mittaaminen	14
5	Yritysyhteistyö	15
5.1	Myontec Oy	15
5.2	Suunta Performance Oy	15
5.3	HIFK Fotboll	16
6	Tutkimus	16
6.1	Kohderyhmä	17
6.2	Tutkimuksessa käytetyt laitteet	17
6.3	Mittausmenetelmät	19
6.4	Tulosten tarkastelu	21
6.4.1	EMG-datan analysointi	21
6.4.2	Pearsonin korrelaatiokerroin	24
7	Tulokset	24

7.1	Testituloksien muutokset kauden edetessä	24
7.2	Lihaskäyttötestisuoritusten aikana	26
7.3	Lihaskäyttötestisuorituksen yhteys testituloksiin	28
7.4	Etu- ja takareiden lihaskäyttötestisuorituksen välinen jakauma	32
7.5	Pelaajien omat tuntemukset	34
8	Johtopäätökset ja pohdinta	35
	Lähteet	39
	Liitteet	
	Liite 1. Palautuneisuuskysely	
	Liite 2. Testien tulokset	

## Lyhenteet

AnT	Anaerobinen kynnys (Anaerobic threshold).
LT	Laktaattikynnys (Lactate threshold).
VO <sub>2max</sub>	Maksimaalinen hapenotto-kyky, joka kertoo verenkiertoelimistön kyvystä kuljettaa happea.
EMG	Elektromyografia eli lihassähkökäyrä.
EKH	Esikevennyshyppy.
EMG <sub>sum</sub>	Kokonaislihasaktiivisuus.
EMG <sub>Quads</sub>	Etäreiden lihasaktiivisuus.
EMG <sub>Hams</sub>	Takareiden lihasaktiivisuus.
DSU	Datan synkronointiyksikkö (Data Synchronization Unit).
IR	Infrapunasäteily (Infrared).
RF	Radiotaajuus (Radio Frequency).

## 1 Johdanto

Urheilijoiden ja kuntoilijoiden fyysisiä ominaisuuksia voidaan mitata nykyisin hyvin monipuolisesti erilaisilla mittauslaitteilla. Ihmiset ovat yleisesti entistä kiinnostuneempia oman kehonsa toiminnasta sekä liikunnan ja urheilun vaikutuksesta omaan terveyteen ja hyvinvointiin. Jatkuvasti kasvavilla ja kehittyvillä markkinoilla on tarjolla lukuisia erilaisia älylaitteita, sensoreita sisältäviä vaatteita, testaus- ja mittauslaitteistoja sekä lukematon määrä erilaisia terveyteen ja hyvinvointiin liittyviä sovelluksia. Vuonna 2016 tehdyn raportin mukaan päälle puettavan teknologian markkinoiden ennustetaan kasvavan seuraavan kymmenen vuoden aikana tämän hetkisestä 30 miljardista dollarista 150 miljardiin dollariin vuoteen 2026 mennessä [1].

Mahdollisuudet oman kehon toimintojen seuraamiseen ovat tänä päivänä valtavat ja ne kasvavat koko ajan. Teknologian jatkuva kehitys ja sen yhdistyminen osaksi fysiologian ja hyvinvoinnin eri alueita, mahdollistaa sellaisten mittausten ja testausten tekemisen kenttäolosuhteissa, jotka olivat aikaisemmin mahdollisia ainoastaan laboratorio-olosuhteissa. Tavoitteellisesti harjoittelevalle urheilijalle on usein välttämätöntä seurata oman suorituskykynsä kehitystä, harjoittelun vaikutuksia omaan kehoon sekä harjoittelun ja palautumisen oikeanlaista suhdetta päästäkseen huipulle. Omien tavoitteiden ja päämäärien tavoittelussa uusin teknologia antaa hyvän apuvälineen urheilijoille ja valmentajille harjoitteluvaikutusten optimoimiseen. Lajista riippumatta kaikkein korkeimmalla tasolla kilpailtaessa erot ovat usein erittäin pieniä.

Ei ole kuitenkaan tarkoituksenmukaista kerätä mahdollisimman suurta määrää dataa kehon toiminnoista, vaan järkevää olisi poimia markkinoilla olevasta valikoimasta juuri omaan tarkoitukseen sopivat laitteet ja sovellukset. Oman kehon toimintojen seuraamisen tarkoitusta olisikin aina syytä miettiä tarkasti ja pohtia, minkälaista lisäarvoa mittaamisella voidaan tuoda tukemaan päivittäistä harjoittelua. Joukkue- ja yksilöurheilijat tarkkailevat tänä päivänä hyvin paljon erityisesti sydämen sykettä. Sykkeen seuraaminen onkin ollut jo pitkään monipuolinen ja hyödyllinen tapa mitata harjoittelun kuormitusta sekä palautumista. Sen sijaan lihaksien toimintaa ei vielä kovin paljoa tarkkailla. Lihaksien toiminnan tarkempi tutkiminen ja seuraaminen harjoitusten aikana antaisi hyödyllistä lisätietoa esimerkiksi urheilijoiden lihastasapainosta, suoritustekniikasta sekä auttaisi mahdollisten loukkaantumisten ennaltaehkäisemisessä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksien muutoksia kilpailukauden aikana ja tutkia, millä tavalla lihasaktivaatiota mittaavaa älyvaateteknologiaa voisi hyödyntää erityisesti jalkapalloilijoiden nopeusharjoittelun tukena. Opinnäytetyön aihe valikoitui henkilökohtaisten mielenkiinnon kohteiden sekä oman jalkapallotaustan perusteella. Kuuluin itse opinnäytetyön tekemisen aikana HIFK Fotbollin edustusjoukkueeseen, jonka pelaajista tutkimuksen kohderyhmä muodostui.

Tutkimuksessa tarkastellaan isojen reisilihasten sähköistä aktiivisuutta maksimaalisen kymmenen metrin juoksun sekä esikevennyshypyn aikana. Lihasten sähköinen aktivaatio mitataan Myontec Oy:n kehittämällä Mbody EMG -housuilla. Tutkimuksen lähtökohtana on selvittää, miten HIFK Fotbollin edustusjoukkueen pelaajien nopeustestien tulokset muuttuvat kilpailukauden edetessä sekä miten isojen reisilihasten sähköinen aktiivisuus on yhteydessä tutkimuksessa tehtyjen nopeusominaisuuksia mittaavien testien tuloksiin. Yhtenä tavoitteena on myös tarkastella pelaajien omien tuntemuksien yhteyttä lihasaktivaatioon sekä nopeusominaisuuksia mittaavien testien tuloksiin. Opinnäytetyön perimmäisenä tarkoituksena on löytää yhteistyöyrittäjille uusia ideoita EMG-housujen käyttöön jalkapalloilijoiden harjoittelun apuvälineenä.



## 2 Urheilija-analyysi - Jalkapallo

Jalkapallo on yksi maailman suosituimpia urheilulajeja, jota harrastavat miehet ja naiset iästä riippumatta ympäri maailmaa lukuisilla eri sarjatasoilla. Yksittäinen jalkapallo-ottelu sisältää paljon erilaisia fyysisiä suorituksia kuten esimerkiksi kiihdytyksiä, jarrutuksia, käännöksiä, hyppäämistä ja potkaisemista [2]. Pelaajilta vaaditaankin monenlaisia suorituskykyyn liittyviä ominaisuuksia, joita saadaan kehitettyä hyvin suunnitellulla monipuolisella harjoittelulla.

Huipputasolla pärjätäkseen jalkapalloilijalta vaaditaankin monimutkainen yhdistelmä teknisiä ja taktisia taitoja, monipuolisia fyysisiä ominaisuuksia sekä vahvaa henkistä suorituskykyä suoriutuakseen korkealla tasolla. Kaikkien edellä mainittujen taitojen ja fyysisten ominaisuuksien ei kuitenkaan tarvitse aina olla huippuluokkaa vaan riittää, että muutama edellä mainituista ominaisuuksista ovat poikkeuksellisen hyviä ja muut ominaisuudet riittävän korkealla tasolla [2]. Huipputason jalkapallojoukkueeseen vaaditaankin yhdistelmä monipuolista osaamista, joten menestyvässä joukkueessa tulisi olla erityyppisiä pelaajia, joilta vaaditaan eri pelipaikkoihin liittyvää erityisosaamista [3].

### 2.1 Kestävyysominaisuudet

Yksi jalkapalloilijan tärkeimpiä fyysisiä ominaisuuksia on riittävän hyvä kestävyys. Ilkka Vuoren (2010) ym. Liikuntalääketiede -kirjassa kestävyys määritellään elimistön kykyä vastustaa väsymystä fyysisen suorituksen aikana. Kestävyyteen vaikuttavia tekijöitä ovat erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakyky, lihasten aineenvaihdunta sekä hermo-lihasjärjestelmän toiminta. Kestävyysharjoittelulla pyritäänkin parantamaan urheilijan hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa sekä kehittämään lihasten aerobista aineenvaihduntaa. [4.]

Jalkapalloilijat liikkuvat keskimäärin 10-11 kilometriä ottelua kohden, ja pelaajan liikuttu kokonaismatka on riippuvainen pelaajan pelipaikasta. Henri Lehdon ja Tomi Väänttisen vuonna 2010 kokoaman kirjallisuuskatsauksen mukaan keskikenttäpelaajat liikkuvat ottelun aikana eniten ja keskuspuolustajat vähiten. Jalkapalloilijoiden liikkumista otteluiden aikana on tutkittu suhteellisen paljon, eikä kokonaismatka ole juurikaan muuttunut viimeisten vuosikymmenten aikana. [5.]

Yleisimmin jalkapalloilijoiden kestävyyttä arvioidaan joko anaerobisen kynnyksen (AnT) toisin sanoen laktaattikynnyksen (LT) tai maksimaalisen hapenottokyvyn ( $VO_{2max}$ ) avulla. Huippujoukkueissa kestävyystestejä tehdään säännöllisesti kauden aikana, erityisesti harjoituskaudella. Testien tarkoituksena on varmistaa, että pelaajien kestävyysominaisuudet ovat riittävän korkealla tasolla kilpailukaudelle lähdettäessä. [6.]

Jalkapalloilijan keskimääräinen työntensiteetti ottelun aikana on hieman anaerobisen kynnyksen alapuolella sykkeen ollessa noin 85 % maksimisykkeestä. Ottelun aikana pelaajien syketasot nousevat hetkellisesti lähelle maksimisykettä ja laskevat harvoin alle 65 %:n maksimisykkeestä. Pelaajien hapenkulutusta ottelun aikana ei ole juurikaan mitattu, mutta arvioituna sykkeen ja kehon lämpötilan mukaan keskimääräinen hapenkulutus ottelun aikana olisi noin 70 % maksimaalisesta hapenottokyvystä [7]. Anaerobisen kynnyksen on havaittu olevan jalkapalloilijoilla noin 90 % maksimisykkeestä ja vastaavasti noin 78 % maksimaalisesta hapenottokyvystä. [5; 8.]

Jalkapalloilijoilta vaaditaan siis kykyä toimia pitkiä aikoja lähellä anaerobista kynnystä, jolloin vereen syntyvän laktaatin tuotto ja poisto ovat vielä tasapainossa. Anaerobisen kynnyksen ylittävistä korkean intensiteetin suorituksista on pystyttävä palautumaan nopeasti aerobiselle sykealueelle [9]. Näin ollen pelaajien liikuttua kokonaismatkaa ei ole tarkoituksen mukaista kasvattaa vaan keskittyä kykyyn liikkua tarvittaessa korkealla intensiteetillä [5].

## 2.2 Nopeusominaisuudet

Jalkapallo-ottelun aikana pelaajat liikkuvat suhteellisen vähän korkealla intensiteetillä ottelun kokonaisaikaan nähden. Nämä korkean intensiteetin kiihdytykset ja spurtit ovat kuitenkin erittäin ratkaisevassa asemassa ottelun lopputuloksen kannalta. Vuonna 2001 tehdyn tutkimuksen mukaan huippujalkapalloilijat liikkuvat ottelun aikana korkealla intensiteetillä 9,0 %, josta vain 0,6 % oli maksimaalisia kiihdytyksiä. [10.]

Tutkimusten mukaan 96 % ottelun aikana tehtävistä kiihdytyksistä on pituudeltaan alle 30 metriä ja näistä 49 % lyhempiä kuin 10 metriä [2]. Ottelun aikana syntyy lukuisia tilanteita, joissa pelaajalta vaaditaan ennakoitua, nopeaa reagointia sekä kykyä tuottaa voimaa nopeasti liikkeelle lähdettäessä. Vuonna 2001 ranskalaisille jalkapallon pelaajille tehdyssä tutkimuksessa havaittiin, että huippupelaajat olivat alemman sarjatason

pelaajia nopeampia 10 metrin matkalla, mutta eivät välttämättä enää 30 metrin matkalla. [5; 11.] Näin ollen lajinomaisissa nopeustesteissä ja niiden tuloksia vertailtaessa olisi syytä kiinnittää huomiota erityisesti 10 metrin aikaan. Huipputasolla olisikin syytä tarkkailla ja testata jalkapallonpelaajien nopeusominaisuuksia sekä harjoituskaudella mutta myös kilpailukauden edetessä. Harjoittelun suunnittelussa valmentajien tulisi huomioida, että nopeusominaisuudet eivät pääsisi heikentymään kilpailukauden aikana.

### 2.3 Voimaominaisuudet

Jalkapallon pelaamiseen tarvitaan monipuolista voimantuottoa, ja jokaisen voiman osa-alueen harjoittelu oikeassa suhteessa on erittäin tärkeää. Lihaksen voimantuotto-ominaisuudet voidaan jakaa pääasiassa kolmeen ryhmään, jotka ovat maksimivoima, nopeusvoima sekä kestovoima [4].

Alaraajojen lihaksista erityisesti etureisi eli nelipäinen reisilihas (lat. *Musculus quadriceps femoris*), takareisi eli kaksipäinen reisilihas (lat. *Musculus biceps femoris*) jota kutsutaan myös hamstring-lihakseksi sekä pohjelihas (lat. *Musculus triceps surae*) ovat suuressa roolissa tarkasteltaessa etenkin jalkapalloilijoiden voimantuotto-ominaisuuksia. Alaraajojen lihasten on tuotettava otteluiden ja harjoitusten aikana voimaa monenlaisissa tilanteissa kuten esimerkiksi hypyissä, potkuissa, taklauksissa, suunnanmuutoksissa ja juoksemisessa pallon kanssa tai ilman palloa. Voimaa tarvitaan sekä kiihdytyksissä että jarrutuksissa. Keskivartalon voimantuotto-ominaisuuksia tarvitaan asentojen ylläpitämiseen ja kontaktien vastaanottamiseen. Keskivartalon lihakset toimivat myös tukilihasina alaraajojen dynaamisille liikkeille. Ylävartalon lihaksia jalkapalloilija tarvitsee mm. kaksinkamppailutilanteissa. [5.]

Jalkapalloilijan voimaharjoittelun päällimmäisenä tarkoituksena ei ole kasvattaa mahdollisimman suurta lihasmassaa vaan tarkoituksena on saada lihaksiin riittävän korkea voimataso ja oikeassa suhteessa oleva lihastasapaino. Oikeanlaisella voimaharjoittelulla ja sen avulla saadulla lihastasapainolla voidaan paremmin ennaltaehkäistä mahdollisia loukkaantumisia. [5.]

### 3 Lihasten toiminta

Lihakset muodostavat ihmisillä noin 40-50 prosenttia kehon kokonaispainosta. Jalkapalloilijoilla tämä suhdeluku voi olla hieman suurempi. Lihaksilla on ihmiselle elintärkeitä tehtäviä ja niiden avulla voidaan esimerkiksi liikuttaa kehoa sekä tukea vartalon asentoja. Lihakset osallistuvat tämän lisäksi myös ruoansulatuskanavan ja muiden putkimaisten rakenteiden aaltomaisen liikkeen tuottamiseen, vatsaontelon elimien suojaamiseen sekä verenvirtauksen säätelyyn. [12 s. 98; 13.]

Tässä opinnäytetyössä perehdytään tarkemmin juoksun ja hyppäämisen aikana käytettäviin alaraajojen lihaksiin. Tutkimuksessa tarkastellaan erityisesti etu- ja takareisien lihaksia sekä niiden sähköistä toimintaa maksimaalisen kymmenen metrin juoksun ja esikevennyshypyn aikana.

#### 3.1 Lihaskudostyypit

Lihakset voidaan jakaa kolmeen eri lihaskudostyyppiin, jotka ovat luustolihakset, sileät lihakset sekä sydänlihas. Tahdonalaisesti toimivien luustolihasien pääasiallisena tehtävänä on kontrolloida kehon liikkeitä ja ylläpitää kehon erilaisia asentoja. Luustolihakset toimivat pääasiassa kahden tai useamman luun välisinä liikuttajina tai tukijoina. Luustolihas kiinnittyy yleensä molemmista päistä luuhun lujalla sidekudoksella eli jänteellä. Osa kehossa olevista luustolihasista voi kiinnittyä myös ihoon tai sisäelimiin. [12 s. 98-100.]

Toisin kuin luustolihas sileälihaksen toiminta ei ole tahdonalaisesti säädeltävissä. Sileää lihasta on ihmisillä erityisesti sisäelimien, suoliston ja verisuonten seinämissä. Sen tehtävinä on esimerkiksi supistaa ja laajentaa verisuonia sekä osallistua ruoansulatuskanavan toimintaan. [12 s. 106.]

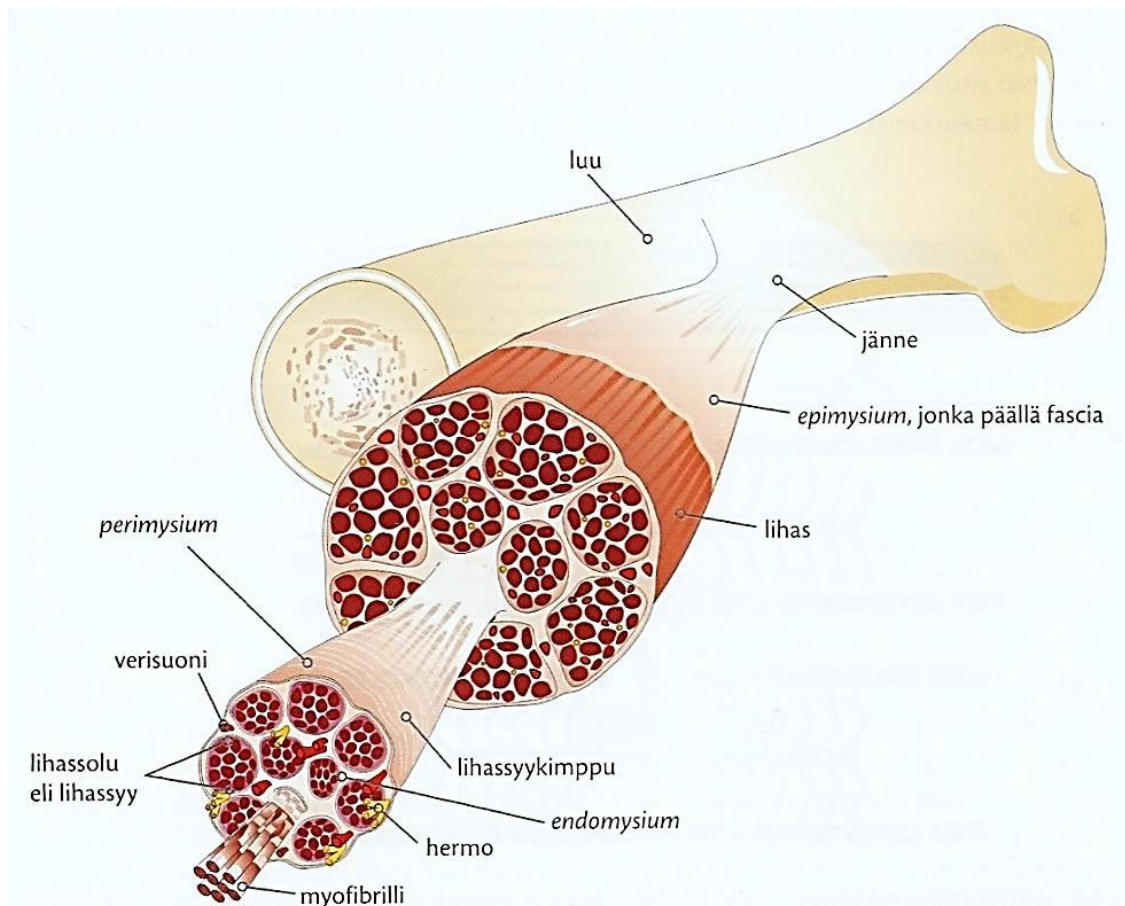
Kolmantena lihastyypinä ihmisillä on sydänlihas, jota nimensä mukaisesti on vain sydämessä. Sydänlihaksella on sekä luustolihasen että sileälihaksen ominaisuuksia ja sen toimintaan perustuu koko sydämen sähköinen- ja pumppaustoiminta. [12 s. 108.]

### 3.2 Luustolihaksen rakenne

Luustolihakset jaetaan toimintansa ja sijaintinsa perusteella loitontajiin ja lähentäjiin, koukistajiin ja ojentajiin sekä kiertäjälihaksiin. Saman nivelen ympärillä toimivia lihaspareja kutsutaan vastavaikuttajapareiksi. Näissä lihaspareissa vaikuttajalihas eli agonistilihas supistuu, ja vastavaikuttajalihas eli antagonistilihas relaxoituu. [14.]

Luustolihakset rakentuvat lihassoluista eli lihassyistä. Lihassyit ovat tavallisesti muutaman senttimetrin mittaisia, mutta joissain lihaksissa voi olla jopa 30 senttimetrin pituisiakin lihassyitä. Jokaista lihassyitä ympäröi solukalvo eli sarkolemma, jota ympäröi ohut sidekudoskalvo eli endomysium. Useiden lihassyiden muodostamaa lihassykimppua ympäröi vielä paksumpi sidekudoskalvo eli perimysium. Luustolihas muodostuukin siis monista lihassykimpuista, joiden ympärillä on vielä tukeva sidekudoskalvo eli epimysium. Lihassyiden ja sidekudoskalvojen lisäksi luustolihaksessa on myös useita verisuonia ja hermoja. [12 s. 98-99.]

Lihasta ja sen ympärillä olevaa sidekudoskalvoa ympäröi vielä peitinkalvo eli faskia, jonka jatkeena olevien jänteiden avulla lihas kiinnittyy luukalvon ja luun kollageenisiihin. Sidekudoskalvojen ja jänteiden avulla luustolihaksesta muodostuu kiinteä kokonaisuus, joka tukee lukuisan määrän erillisiä lihassyitä. Kuvassa 1 on esiteltyä luustolihaksen rakenne ja lihaksen kiinnittyminen luuhun. [12 s. 100.]



Kuva 1. Luustolihasen rakenne. [15]

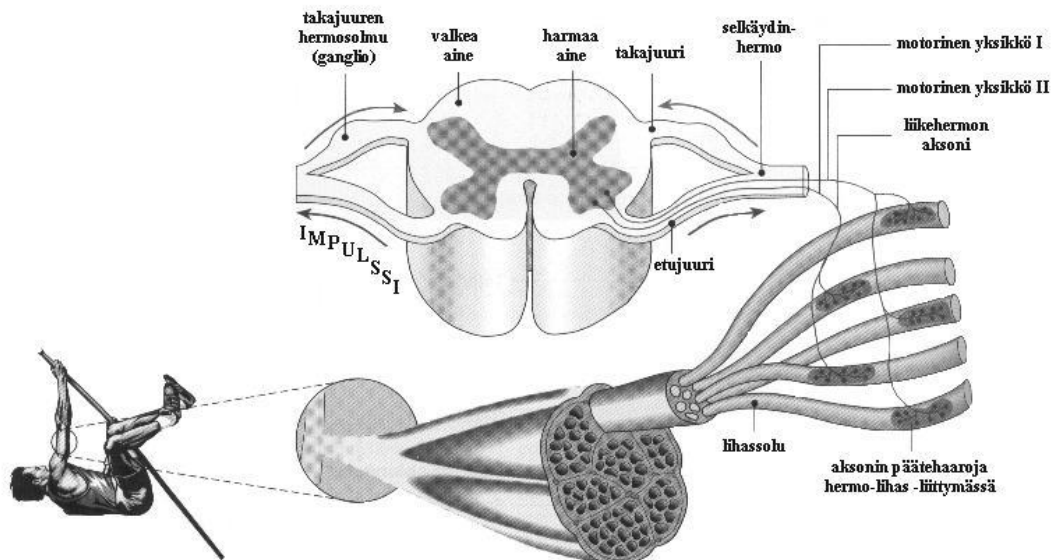
Yksittäiset lihassyöt muodostuvat lieriömäisistä säikeistä eli myofibrilleistä. Myofibrillit taas koostuvat kahdenlaisista myofilamenteista, aktiini ja myosiini valkuaisaineista. Lähemmin tarkasteltuna luustolihasen rakenne on poikkijuovainen. Tämä johtuu aktiini- ja myosiinifilamenttien sekä niiden kiinnittymislevyjen säännöllisestä järjestäytymisestä. Tätä kokonaisuutta kutsutaan sarkomeeriksi. [12 s. 98-101.]

### 3.3 Lihaksen supistuminen

Olellainen osa lihaksen supistumista on hermoston toiminta. Ihmisen hermosto voidaan jakaa rakenteellisesti kahteen osaan. Keskushermostoon, johon kuuluvat aivot ja selkäydin, sekä ääreishermostoon, johon kuuluvat selkäyttimeen, kytkeytyvät sensoriset hermot ja sieltä lähtevät motoriset hermot eli liikehermot. [12 s. 292.]

Luustolihasen supistuminen edellyttää toimintakäskyn aivoilta, jonka synnyttävä aktiopotentiaali eli hermoimpulssi kulkee keskushermoston kautta liikehermoon ja sieltä edelleen lihakseen. Jokaiseen lihassyhyyn kiinnittyy liikehermon päässä sijaitseva aksonipääte. Luustolihas-solun ja liikehermon päässä olevan aksonin päätteen yhteyskohtaa kutsutaan hermolihaskliitokseksi, jossa luustolihas-sen supistumisreaktion käynnistää aksonin vapauttama välittäjä aine, asetyylikoliini. Liikehermosolun aksonipääte jakautuu useaan aksonihaaraan, joista jokainen haara hermottaa yhtä lihassytyä. Kun liikehermosolu aktivoituu, kaikki hermosolun aksonihaarat aktivoituvat yhtä aikaa ja lihassyty supistuvat. [12 s. 425-426; 16 s. 37.]

Kuvassa 2 on esiteltyä liikehermon rakenne ja motorinen yksikkö sekä liikehermon kiinnittyminen lihassoluun hermolihaskliitoksessa.



Kuva 2. Liikehermon rakenne ja motorinen yksikkö [16 s. 39]

Hermosolun paksuus vaikuttaa olennaisesti aktiopotentiaalın kulkunopeuteen hermosolun sisällä. Mitä paksumpi hermosolu on, sitä nopeammin aktiopotentiaali liikkuu. Aktiopotentiaalın eli hermoimpulssin nopeus voi olla muutamasta metristä lähes sataan metriin sekunnissa. Tällaiset erot voivat vaikuttaa huomattavasti urheilijan nopeuden tuottamiseen. Vastaavasti lihaksen voiman tuotto riippuu siitä, kuinka paljon motorisia yksiköitä saadaan aktivoitua samaan aikaan ja mikä on motoristen yksiköiden

syttymistäajuus. Motorisen yksikön muodostavat liikehermosolu ja sen päässä sijaitseva aksonipääte sekä kaikki niiden hermottamat lihassolut. [16 s. 39-41.]

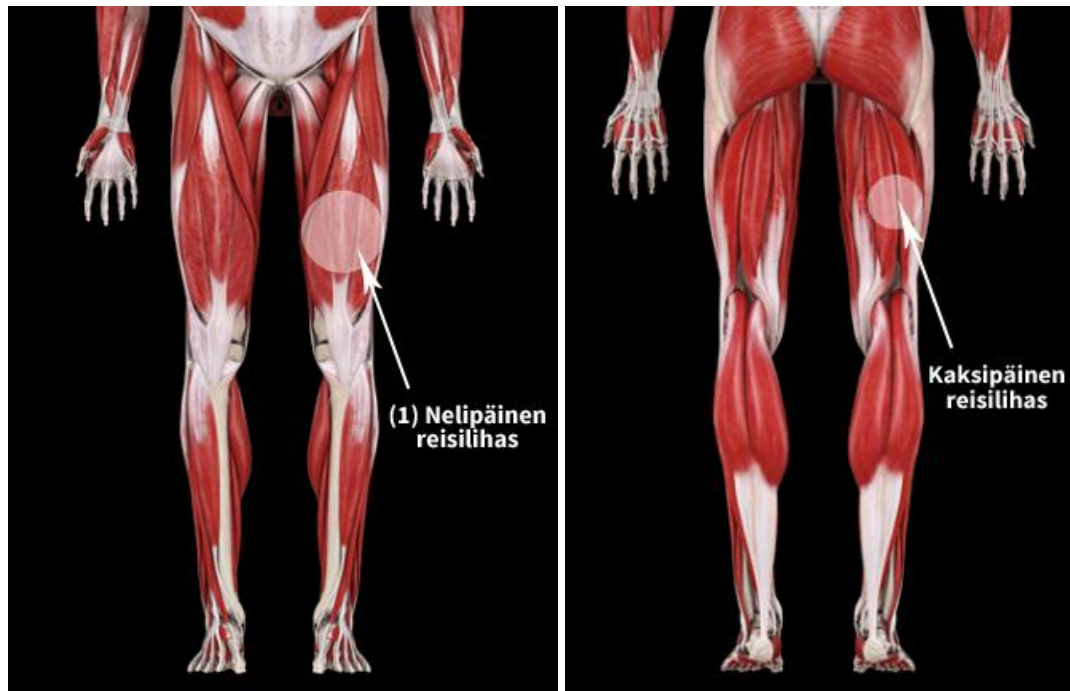
### 3.4 Tutkimuksessa tarkasteltavat lihakset

Urheilusuoritusta ajatellen lihakset voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita ovat vaikuttajalihakset, vastavaikuttajalihakset sekä tuki- ja avustajalihakset. Käytännössä jokaisen suorituksen aikana toimii vastavaikuttajaperiaate, jolloin vaikuttajalihaksen aktivoituessa vastavaikuttajalihakset rentoutuvat kokonaan tai osittain. Edellä mainittu periaate on edellytys tasapainon ylläpitämiselle. Tuki- ja avustajalihaksien tehtävänä on muun muassa tukea vartalon asentoa ja ryhtiä sekä kontrolloida kehon sivutaivutusta. [14.]

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin erityisesti kahta lihasryhmää (etu- ja takareisi), jotka ovat tärkeässä roolissa juoksemisen ja hyppäämisen aikana. Nämä tärkeät lihakset ovat nelipäinen reisilihas eli etureisi, jonka suurimpana tehtävänä on ojentaa polviniveltä. Nelipäinen reisilihas jakautuu neljään osaan, jotka ovat ulompi reisilihas (lat. *m. vastus lateralis*), keskimmäinen reisilihas (lat. *m. vastus intermedius*), sisempi reisilihas (lat. *m. vastus medialis*) sekä suora reisilihas (lat. *m. rectus femoris*). Nelipäisen reisilihaksen osista suora reisilihas ylittää myös lonkkanivelen, joten se osallistuu myös lonkan koukistukseen.

Nelipäisen reisilihaksen vastavaikuttajalihaksena toimii kaksipäinen reisilihas eli takareisi, jonka tehtävänä on ojentaa lonkkaniveltä ja koukistaa sekä kiertää polviniveltä. Kaksipäistä reisilihasta kutsutaan myös hamstring-lihakseksi ja se muodostuu kahdesta osasta, joita ovat pitkä pää (*caput longum*) ja lyhyt pää (*caput breve*). Kaksipäisen reisilihaksen tehtävänä on juoksun aikana myös jarruttaa polven ojennusta [14, 17, 18]. Kuvassa 3 on esitelty tutkimuksen kannalta olennaiset lihasryhmät, nelipäinen reisilihas sekä kaksipäinen reisilihas.





Kuva 3. Nelipäinen ja kaksipäinen reisilihas [14]

#### 4 Elektromyografia

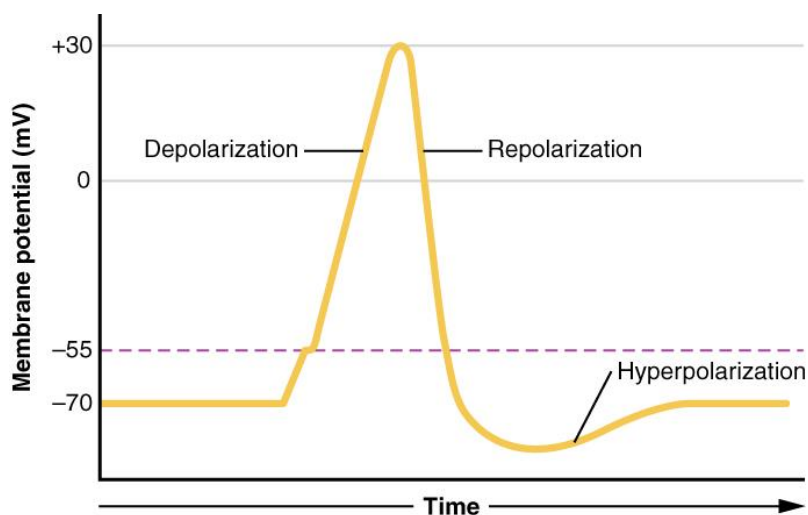
Elektromyografia (EMG) on tutkimusmenetelmä, jonka avulla voidaan tutkia lihasten sähköistä toimintaa. EMG-mittauksia käytetään lääketieteessä yleisesti esimerkiksi hermolihassairauksien ja erilaisten kiputilojen tutkimiseen sekä liikkeenhallintaongelmiin. Yhä enemmän lihasaktiivisuuksia mitataan myös huippu-urheilun parissa. Mittauksien tarkoituksena on ennaltaehkäistä loukkaantumisia, antaa tarkempaa tietoa kuntoutuksen etenemisestä sekä testata urheilijoiden suorituskykyä. EMG-mittauksilla saadaan monipuolista tietoa eri lihasten toiminnasta. [19 s.302.]

Tarkemmin katsottuna elektromyografialla tarkoitetaan lihastoimintaan liittyvien aktiopotentialien rekisteröimistä, mitkä ovat seurausta lihassolukalvoilla tapahtuvista sähköisesti varautuneiden ionien konsentraatiomuutoksista lihasjännityksen aikana. Lihasten sähköistä toimintaa tarkastelemalla saadaan tietoa lihasten kuormituksesta ja motorisen hermon lihakseen tuomien aktiopotentialien määrästä. [19 s. 303.]

#### 4.1 Lihaksen sähköinen toiminta

Opinnäytetyöni aikaisemmassa luvussa todettiin, että luustolihas vaatii supistuakseen toimintakäskyn aivoilta. Aivoista lähtevä hermoimpulssi siis kulkeutuu hermosoluja pitkin lihakseen hermolihhasliitoksen kautta. Hermolihhasliitoksessa lihassolu- sekä hermosolukalvojen ulko- ja sisäpinnan välillä vallitsee jännite-ero. Lihassolu- sekä hermosolukalvo pystyvät siirtämään kalvolla etenevän sähköisen impulssin eli aktiopotentiaalin. Ohut solukalvo on siis varautunut sisä- ja ulkopuolelta eri tavalla ja jännitteen suuruus vaihtelee sen mukaan, onko solukalvolla vallitseva tila lepopotentiaali, depolarisaatio vai repolarisaatio. [19 s. 304-305.]

Lepopotentiaali on solukalvon normaali tasapainotila. Hermosoluilla lepopotentiaali on noin -70 - -85 millivoltia ja vastaavasti lihassoluilla lepopotentiaali on noin -80 - -90 millivoltia. Etumerkki johtuu siitä, että solun sisäinen jännite on negatiivinen. Aktiopotentiaali laukeaa molemmissa soluissa, kun lepojännite solukalvoilla muuttuu niin, että solun sisäosa tulee positiivisemmaksi ja solukalvo depolarisoituu. Lepopotentiaalin noustessa nopeasti yli 15 millivoltia depolarisaatio käynnistyy ja ionikanavat aukeavat. Depolarisaatiota seuraa välittömästi repolarisaatio, joka palauttaa solukalvolle lepopotentiaalin. Lepopotentiaalia palauttaessaan repolarisaatio aiheuttaa usein hyperpolarisaation, jolloin solukalvon varaus voi hetkellisesti muuttua normaalia negatiivisemmaksi. Kuvassa 4 on kuvattuna solukalvojännitteen muutokset. [19 s. 304-305; 20 s. 181.]

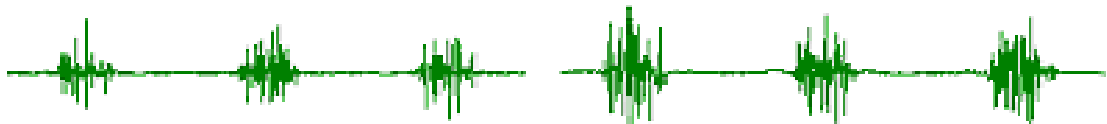


Kuva 4. Solukalvojännitteen muutokset [21]

Hermosolussa syntynyt aktiopotentiaali saapuu sen aksonipääteeseen ja siirtyy asetylikoliinin ansioista lihassolujen kalvoille. Lihassolukalvolla aktiopotentiaali etenee syvemmälle lihassoluun ja käynnistää lihaksen supistumisen. Nämä lukuisat lihassolukalvolla ja ympäröivissä kudoksissa toimivat aktiopotentiaalit, ja potentiaalierot aiheuttavat sähkövirran ja elektromagneettisen kentän, jotka voidaan rekisteröidä ihon pinnalle tai suoraan lihakseen asetettujen elektrodien avulla. [19 s. 305.]

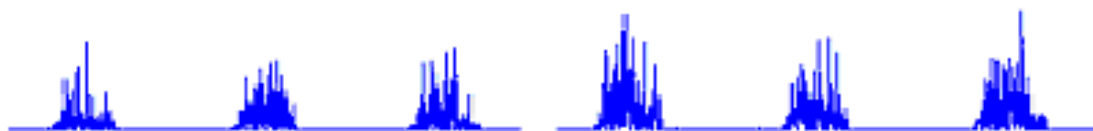
#### 4.2 EMG-signaali

Lihaksen fysiologian perusteella useat motoriset yksiköt toimivat samanaikaisesti, jolloin aktiopotentiaalit esiintyvät myös päällekkäin. Lukuisista motorisista yksiköistä tulevat aktiopotentiaalit summautuvat elektrodien alla ja muodostavat kapeakaistaista kohinasignaalia muistuttavan raaka-EMG-signaalin (engl. *raw EMG*). Kun signaalia katsotaan tarkemmin, huomataan sen koostuvan peräkkäisistä positiivisista ja negatiivisista piikeistä. Yksittäiset piikit EMG-signaalissa ovat yksittäisten motoristen yksiköiden aktiopotentiaaleja. Raaka-EMG-signaali on lukuisten yksittäisten potentiaalierojen summa, joka kuvastaa lihaksen sähköistä toimintaa sekä motoristen hermojen aktiopotentiaalien syöttöä lihakselle. [19 s. 305-306.] Kuvassa 5 on esimerkki raaka-EMG-signaalista.



Kuva 5. Esimerkki raaka EMG -signaalista (raw EMG) [22]

EMG-signaalin analysointia varten sitä voidaan muokata helpommin ymmärrettävämpään muotoon. Yksi tapa on muokata raaka-EMG-signaali tasasuunnatuksi EMG-signaaliksi (engl. *rectified EMG*). Tasasuuntaus voidaan tehdä niin, että käännetään raaka-EMG-signaalin negatiiviset vaiheet peilikuvan nollalinjan positiiviselle puolelle [19 s. 317-318]. Tasasuuntaus helpottaa lihasaktiivisuuden määrittämisen EMG-signaalista silmämääräisesti ja sitä käytetään analysointimenetelmänä tutkimuksissa, jossa halutaan selvittää, onko lihaksessa aktiivisuutta ja millä tasolla aktiivisuus on. Kuvassa 6 on esimerkki tasasuunnatusta EMG-signaalista.



Kuva 6. Esimerkki tasasuunnatusta EMG-signaalista (rectified EMG) [22]

Tässä opinnäytetyössä käytettyjen Mbody EMG -housujen mittaaman signaalin analysointiin käytetään tasasuunnattua EMG-signaalia. Mbody EMG -housuihin integroitujen elektrodien signaalin keräystaajuus on 1000 Hz ja kaistanpäästösuodatukseen käytetään 50-200 Hz:n (-3dB) taajuutta. Tasasuunnatun EMG-signaalin muodostamiseen käytetään 25 Hz:n liikkuvaa keskiarvoistusta (40 ms perättäiset ikkunat). [23.]

#### 4.3 EMG-signaalin mittaaminen

EMG-signaali voidaan mitata lihaksista erilaisten elektrodien avulla. Mittauksiin käytettävät menetelmät voidaan jakaa invasiivisiin ja non-invasiivisiin menetelmiin. Invasiivisessa eli ihonalaisessa mittausmenetelmässä elektrodit työnnetään ihon läpi suoraan tutkittavaan lihakseen. Invasiiviset menetelmät esimerkiksi neulaelektrodit sopivat hyvin yksittäisten motoristen yksiköiden ja pienten yksittäisten lihasten tutkimiseen. Invasiivista mittausmenetelmää käytetään pääasiassa sairaaloissa ja yliopistojen tutkimustoiminnassa, joten sen käyttö vaatii erikoiskoulutuksen. Tämä mittausmenetelmä sopii varsin huonosti urheilusuoritusten ja muiden liikkeessä tapahtuvan lihasaktiivisuuksien tutkimiseen. [19 s. 307-309.]

Non-invasiivisella mittausmenetelmällä voidaan tutkia isoja lihaksia sekä kokonaisia lihasryhmiä. Tässä mittausmenetelmässä pintaelektrodit kiinnitetään ihon pinnalle suoraan lihaksen yläpuolelle. Perinteisillä langallisilla pintaelektrodeilla tehdyt mittaukset vaativat ihon huolellisen valmistelun, joka sisältää ihokarvojen poiston elektrodien kiinnitys alueelta sekä ihon desinfiointin [19 s. 307-309]. Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan vaatteisiin integroitua EMG-mittausmenetelmää, joka soveltuu varsin hyvin urheilusuoritusten mittaamiseen helpon käytettävyyden ja langattoman tekniikan ansiosta.

Vaatteisiin integroituja pintaelektrodeja ja niillä tehtyä EMG-mittausmenetelmää on vertailtu tutkimuksissa niin sanotuilla perinteisillä pintaelektrodeilla tehtyihin mittauksiin. Cheng ym. arvioivat vuonna 2007 tehdyssä tutkimuksessa vaatteisiin sisällytettyjen elektrodien avulla mitatun EMG-signaalin luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta. Tulosten perusteella vaatteisiin integroidut elektrodit mahdollistavat käyttökelpoisen ja luotettavan EMG-signaalin mittausmenetelmän ja tarjoavat vastaavan tai jopa paremman toistettavuuden perinteisiin menetelmiin verrattuna. [24.]

## 5 Yritysyhteistyö

### 5.1 Myontec Oy

Myontec Oy on kuopiolainen yritys, joka kehittää ja valmistaa Mbody EMG -housuja, joilla voidaan mitata urheilijoiden etu- ja takareisien sekä pakaralihasten sähköistä aktiivisuutta. Tässä tutkimuksessa oli käytössä etu- ja takareisien sähköistä aktiivisuutta mittaavat nelikanavaiset Mbody EMG -housut. Uusimpana tuotteena Myontec Oy:llä on kuusikanavaiset EMG-housut, joilla saadaan isojen reisilihasten lisäksi mitattua pakaralihaksen sähköistä aktiivisuutta. Tätä housumallia ei saatu käyttöön tutkimusta tehtäessä.

Myontec Oy:n kehittämällä EMG-housuilla voidaan tarkastella mm. käyttäjän lihastasapainoa, oikean ja vasemman jalan puolieroja, etu- takareisien lihasaktivaation suhdetta sekä lihasten relaksaatiota. Lihaskäyttäytymistä tutkimalla voidaan puuttua urheilijan mahdolliseen lihasepätasapainoon ennen kuin se aiheuttaa loukkaantumisia, antaa lisätietoa kuntoutuksen edistymisestä sekä testata urheilijoiden suorituskykyä. Mbody EMG -housuja on käytössä sekä joukkue- että yksilöurheilijoilla ja asiakkaina Myontec Oy:llä on muun muassa Pittsburgh Penguins, Jokerit, IAM Cycling, Ranskan lentopalloliitto, KIHU sekä Sporting of Lisbon FC. [25.]

### 5.2 Suunta Performance Oy

Suunta Performance Oy on kokonaisvaltaisia hyvinvointipalveluja sekä valmennusta tarjoava vuonna 2016 perustettu suomalainen yritys. Suunta Performance tarjoaa asiakkailleen tällä hetkellä muun muassa hyvinvointianalyysijä, EMG-mittauksia sekä

monipuolisen kokonaisuuden urheilijoiden yleisesti käyttämiä suorituskykyä mittaavia testipaketteja. Tätä opinnäytetyötä varten yritykseltä saatiin käyttöön kymmenen metrin juoksun ja esikevennyshypyn mittauksissa käytettävä MuscleLab-laitteisto.

### 5.3 HIFK Fotboll

HIFK Fotboll on perinteikäs helsinkiläinen jalkapalloseura, jonka edustusjoukkue pelaa tällä hetkellä Suomen korkeimmalla sarjatasolla veikkausliigassa. Vuonna 1907 perustettu jalkapallojaos on osa vuonna 1897 perustettua Helsingin IFK:ta.

## 6 Tutkimus

Tutkimuksessa tarkasteltiin yhteistyössä Myontec Oy:n ja HIFK Fotboll edustusjoukkueen kanssa jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksien muutoksia kilpailukauden edetessä sekä siitä, miten etu- ja takareisien sähköinen aktiivisuus käyttäytyy maksimaalisen kymmenen metrin juoksun sekä maksimaalisen esikevennyshypyn aikana. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, miten lihasten sähköinen aktiivisuus ja nopeusominaisuuksia mittaavien testien tulokset ovat yhteydessä toisiinsa. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin pelaajien omien tuntemuksien yhteyttä testituloksiin. Tarkoituksena oli myös tarkastella, kuinka EMG-housuja olisi mahdollista käyttää tulevaisuudessa jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksien mittaamisen apuvälineenä.

Tutkimuskysymykset olivat:

- Miten jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksia mittaavien testien tulokset muuttuvat kilpailukauden edetessä?
- Miten isojen reisilihasten lihasaktiivisuus on yhteydessä nopeusominaisuuksien mittaamiseen käytettyjen testien tuloksiin?
- Näkyvätkö pelaajien omat tuntemukset testituloksissa?

## 6.1 Kohderyhmä

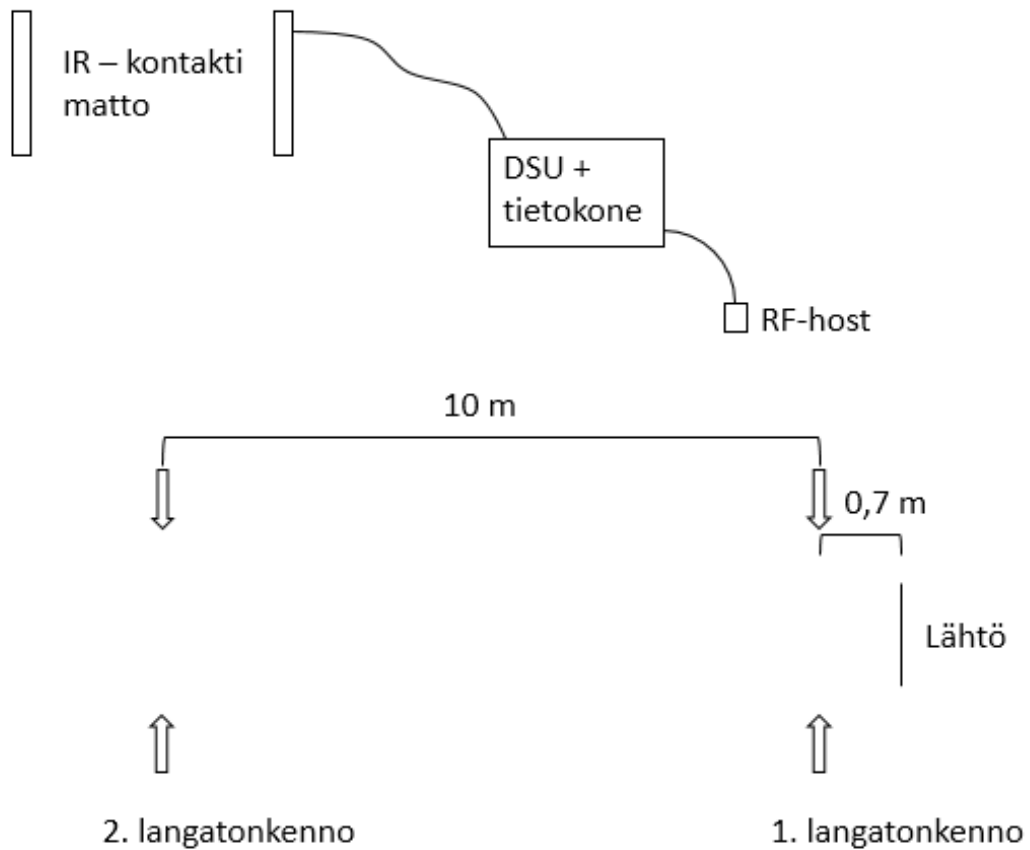
Tutkimuksen koehenkilöiksi valikoitui viisi HIFK Fotboll edustusjoukkueen pelaajaa. Koehenkilöt olivat iältään 19-28-vuotiaita. Kaikki pelaajat osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti.

## 6.2 Tutkimuksessa käytetyt laitteet

10 metrin juoksun ja esikevennyshypyn mittaustulokset tallennettiin Suunta Performance Oy:n MuscleLab-mittauslaitteistolla. Testisuoritusten mittaamiseen ja tulosten tallennukseen tarkoitettu laitteisto järjesteltiin niin, että molemmat testisuoritukset saatiin tehtyä peräkkäin ilman laitteiden siirtelyä. Mittauslaitteisto sisälsi kannettavan tietokoneen lisäksi siihen yhdistetyn data synchronization unit:n (DSU), jonka tarkoituksena on synkronoida eri lähteistä tuleva data +/- 1 millisekunnin tarkkuudella. DSU:iin voidaan liittää tarvittaessa yhteensä kahdeksan eri laitetta yhtä aikaa. [26.]

Esikevennyshypyn tulokset saatiin mitattua infrapunakontaktimatolla (IR -contact mat). Hyppysuoritukset mittaava kontaktimatto koostuu kahdesta osasta, joista toinen osa (master) on kiinnitettynä Data synchronization unitiin ja toinen osa (slave) toimii langattomasti. Infrapunakontaktimaton kaksi päätyä muodostavat maan pinnalle infrapunasäteistä syntyvän ”maton” muutaman millimetrin korkeudelle maanpinnasta. Jalan irtoaminen maan pinnasta käynnistää kellon ja takaisin maahan tulo katkaisee ajanoton, jonka avulla voidaan laskea hypyn korkeus.

Juoksusuorituksien mittaamista varten DSU:iin liitettiin radiovastaanotin (RF-host). RF-host on yhteydessä 2,4 GHz:n taajuudella juoksuaikoja mittaaviin langattomiin valokennoihin. Kuvassa 7 on kuvattuna mittausjärjestelyt sekä -laitteisto.



Kuva 7. Mittausjärjestelyt

Lihaskäytävyyden mittaamiseen käytettiin Myontec Oy:n kehittämää nelikanavaisia Mbody EMG -housuja. Tässä tutkimuksessa käytettävät Mbody-housut mittaavat etureiden eli nelipäisen reisilihaksen ja takareiden eli kaksipäisen reisilihaksen sähköistä aktiivisuutta. Mbody-housut ovat ihonmyötäiset, sillä housujen sisällä olevat lihassähkökäyrää mittaavien elektrodien tulee olla kosketuksissa ihon kanssa. Housujen etu osaan kiinnitettiin Mcell-moduli, joka tallensi testisuorituksen aikana tapahtuvan lihasten sähköisen aktiivisuuden.

Lihaksen sähköistä aktiivisuutta voidaan tarvittaessa tarkastella suorituksen aikana reaaliaikaisesti bluetooth-yhteydellä tietokoneelta tai mobiililaitteelta. Tätä ominaisuutta ei kuitenkaan tässä tutkimuksessa hyödynnetty. Tallennettu data ladattiin jälkikäteen Mcell-modulista tietokoneelle ja tarkasteltiin Muscle Monitor -ohjelmistolla. Kuvassa 8 on Myontec Oy:n Mbody EMG -housut sekä harjoitustietojen tallennukseen käytettävä Mcell-moduli.





Kuva 8. Myontec Oy:n Mbody EMG -housut ja Mcell-moduli [25]

### 6.3 Mittausmenetelmät

Tutkimukseen liittyvät mittaukset toteutettiin aina ulkona HIFK Fotbollin edustusjoukkueen jalkapalloharjoitusten yhteydessä. Jokaisella mittauskerralla sääolosuhteet olivat aurinkoiset. Yksi pelaajista osallistui vain ensimmäisiin mittauksiin, joten hänen tulokset jätettiin kokonaan huomioimatta tutkimuksessa. Kaksi pelaajaa kohderyhmästä pystyi osallistumaan kolme kertaa mittauksiin ja kaksi pelaajista osallistui kaikilla neljällä kerralla mittauksiin. Mittauksista poisjäännit johtuivat loukkaantumisista eikä pelaajia näin ollen voitu kyseisellä kerralla velvoittaa osallistumaan. Viimeisellä mittauskerralla jouduttiin harjoituspaikkaa muuttamaan. Näin ollen alusta ei ollut sama kuin edellisillä mittauskerroilla. Tämä on syytä ottaa huomioon tuloksia tarkasteltaessa. Mittaukset tehtiin yhteensä kaikkiaan neljä kertaa. Mittausajankohdat sekä alusta, missä mittaukset tehtiin olivat

1. 1.6.2016 Sonera stadion (tekonurmi)
2. 15.6.2016 Sonera stadion (tekonurmi)
3. 6.7.2016 Sonera stadion (tekonurmi)
4. 2.8.2016 Pallokenttä (luonnonnurmi)

Mittauksiin kuului ennen varsinaisia testisuorituksia tehtävä palautuneisuuskysely, kymmenen metrin täysivauhtinen juoksu (kolme ensimmäistä mittausta tekonurmella ja neljäs luonnonurmella) sekä esikevennyshyppy asvaltilla. Mittaukset suoritettiin jokaisella kerralla samassa järjestyksessä: ensin kymmenen metrin juoksut ja sen jälkeen esikevennyshyppy. Esikevennyshyppy sekä kymmenen metrin juoksu suoritettiin Myontecin Mbody EMG -housut jalassa. EMG-signaalia ei seurattu mittauksien aikana ollenkaan reaaliaikaisesti, vaan harjoitus- ja testisuoritukset tallennettiin Mcell-moduuliin, josta ne ladattiin tietokoneelle myöhempää tuloksien analysointia varten. Tallennetun EMG-signaalin analysoinnit tehtiin Myontec Oy:n kehittämällä Muscle Monitor -ohjelmistolla. Mittausajankohdat sovittiin yhdessä joukkueen valmentajien kanssa. Mittaukset tehtiin jokaisella kerralla vapaapäivän jälkeisenä päivänä, jolloin valmentajat olivat suunnitelleet koko joukkueelle nopeusominaisuuksia kehittävä harjoituksen.

Palautuneisuuskysely (liite 1) kehitettiin tätä tutkimusta varten ja sen avulla oli tarkoitus selvittää, onko pelaajilla ennen suoritusta tiedossa mahdollisesti jotain vaivaa tai loukkaantumista, joka voisi vaikuttaa pelaajan kyseisen päivän suorituskykyyn negatiivisesti. Kyselyn avulla kohdehenkilöt myös arvioivat omia tuntemuksiaan asteikolla yhdestä kymmeneen, kuinka palautuneeksi tuntevat olonsa kyseisellä mittauskerralla. Pelaajat täyttivät palautuneisuuskyselyn pukukopissa aina ennen harjoitusten alkua.

Kymmenen metrin juoksutestillä mitattiin pelaajien juoksunopeutta ja erityisesti juoksun kiihdytysvaiheen nopeutta. Kymmenen metrin juoksutesti on varsinkin jalkapalloilijoilla yleisesti käytössä oleva luotettava nopeusominaisuuksia mittaava testi [27]. Kymmenen metrin juoksutestin lähtöpaikka oli mitattu 0,7 metrin päähän ensimmäisen valokennon takaa. Juoksusuorituksen lähtö tapahtui toinen jalka lähtöviivalta, josta suoritettiin maksimaalinen juoksu kymmenen metrin päässä toisistaan olevien valokennojen läpi. Maksimaalinen juoksusuoritus tehtiin 2-3 kertaa ja tuloksista paras huomioitiin tulosten myöhemmässä tarkastelussa.

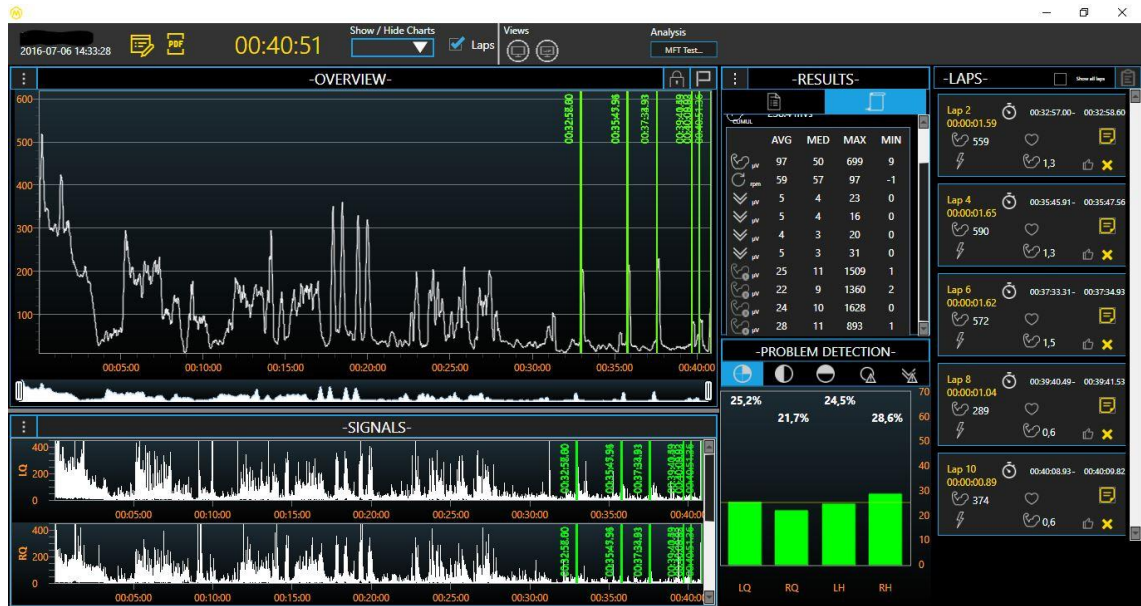
Esikevennyshyppytestillä mitattiin pelaajien alaraajojen voimantuottoa. Testi on luotettava ja käytännöllinen erityisesti nopeusvoiman mittaamiseen. Esikevennyshyppytestin tuloksilla on havaittu olevan yhteyttä juoksunopeuden, maksimivoiman sekä räjähtävän voiman testituloksiin [28]. Esikevennyshyppytestissä

suoritus aloitetaan seisoma-asennosta, josta laskeudutaan ponnistusasettoon koukistaen polvinivelet nopeasti 90 asteen kulmaan ja siitä ponnistetaan välittömästi niin korkealle kuin mahdollista. Laskeutuminen tulee tapahtua päkiöille ja polvet mahdollisimman suorana. Koko suorituksen aikana käsien tulee olla lanteilla [19 s. 294]. Esikevennyshyppy suoritettiin 2-3 kertaa ja paras suoritus huomioitiin tuloksien myöhemmässä tarkastelussa. Juoksusta ja esikevennyshypystä saadut tulokset tallentuivat suoraan tietokoneelle MuscleLab-ohjelmistoon.

## 6.4 Tulosten tarkastelu

### 6.4.1 EMG-datan analysointi

Testien aikana tallennettu EMG-data analysoitiin jälkepäin Muscle Monitor -ohjelmistolla. Oikean kohdan etsimistä pitkästä EMG-käyrästä helpotti pelaajien merkkamat testien ajankohdat harjoituksen aikana painamalla Mcell-modulissa olevaa painiketta lyhyesti. Jokaisen kymmenen metrin juoksun ja esikevennyshypyn ajankohta etsittiin EMG-käyrästä ja niitä tarkasteltiin lähemmin. Kuvassa 9 näkyy kuvakaappaus Muscle Monitor -ohjelmistosta. Kuvakaappaus on otettu pelaajan 2 kolmannella mittauskerralla tallennetusta EMG-datasta. Overview-ikkunassa EMG-käyrään on merkitty juoksu- ja hyppysuoritusten ajankohdat vihreillä markereilla. Results-ikkunassa nähdään kanavakohtaiset lihasaktiivisuudet mikrovoltteina. Problem detection -ikkunassa nähdään lihasaktiivisuuden jakauma eri lihaksille (LQ - left quadricep, RQ - right quadricep, LH - left hamstring, RH - right hamstring).



Kuva 9. Muscle Monitor ohjelmistosta otettu kuvakaappaus pelaajan 2 kolmannella mittauskerralla

Kymmenen metrin juoksusuoritukset analysoitiin askelpareittain. Analyysialueeksi valittiin neljä askelparia eli neljä oikean ja neljä vasemman jalan askelta. Analyysialue juoksusuoritusten aikana kaikki testisuoritukset huomioon ottaen vaihteli 1,55 - 1,93 sekunnin välillä. Analyysialueelta tallennettiin kanavakohtaiset lihasaktivaatiot Excel- taulukkoon, jossa ne summattiin yhteen ja saatiin laskettua kokonaislihasaktivaatio kyseiseltä suoritukselta. Kanavakohtaisista aktivaatioista voitiin tarkastella myös etu- takareiden välistä jakaumaa sekä oikean ja vasemman jalan välistä jakaumaa. Kuvassa 10 on esiteltynä kanavakohtaiset EMG-signaalit lähemmin tarkasteltuna kymmenen metrin juoksusuorituksen ajalta. Analyysialueeseen on merkattuna neljä askelparia.



Kuva 10. Analyysialue kymmenen metrin juoksun ajalta

Esikevennyshyppy suoritukset analysoitiin EMG-käyrästä hypyn ponnistusvaiheen ja sitä seuranneelta lentoajalta. Esikevennyshyppujen analyysialueen pituudet vaihtelivat 0,63 - 1,09 sekunnin välillä. Analyysialueelta saatiin niin ikään tallennettua kanavakohtaiset aktiivisuudet Excel-taulukkoon ja tarkasteltua lihasten jakaumia hyppysuorituksen aikana. Kuvassa 11 on kuvattu esikevennyshyppysuorituksen analyysialue.



Kuva 11. Analyysialue esikevennyshyppyn ajalta

## 6.4.2 Pearsonin korrelaatiokerroin

Esikevennyshypyn ja kymmenen metrin juoksun testitulosten ja niiden aikana mitattujen EMG-aktiivisuuksien riippuvuutta eli korrelaatiota tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimen ( $r$ ) avulla. Korrelaatiokertoimen laskemiseen käytettiin SPSS (IBM SPSS Statistics) -tilastotieteellistä analysointiohjelmistoa.

Pearsonin korrelaatiokertoimella ( $r$ ) kuvataan kahden muuttujan  $x$  ja  $y$  välistä lineaarista riippuvuutta. Korrelaatiokerroin saa arvon  $-1$  ja  $+1$  välillä. Mitä enemmän arvo poikkeaa nolasta, sitä voimakkaampaa on muuttujien välinen lineaarinen riippuvuus. Korrelaatiokertoimen sijoituessa lähelle arvoa  $-1$  se viittaa negatiiviseen riippuvuuteen, kun taas lähellä arvoa  $1$  oleva korrelaatiokerroin viittaa positiiviseen riippuvuuteen. Korrelaatio ei kerro syy-seuraus -suhdetta, vaan pelkästään riippuvuuden muuttujien välillä. [29.]

Pearsonin korrelaatiokerroin määritellään seuraavasti:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{[\sum(x_i - \bar{x})^2] * [\sum(y_i - \bar{y})^2]}}$$

Kaavassa

$x_i$  = muuttujan  $X$   $i$ . (luetaan: ”  $i$ :nnes ”) havaintoarvo

$\bar{x}$  =  $x_i$  -arvojen keskiarvo

$y_i$  = muuttujan  $Y$   $i$ . havaintoarvo

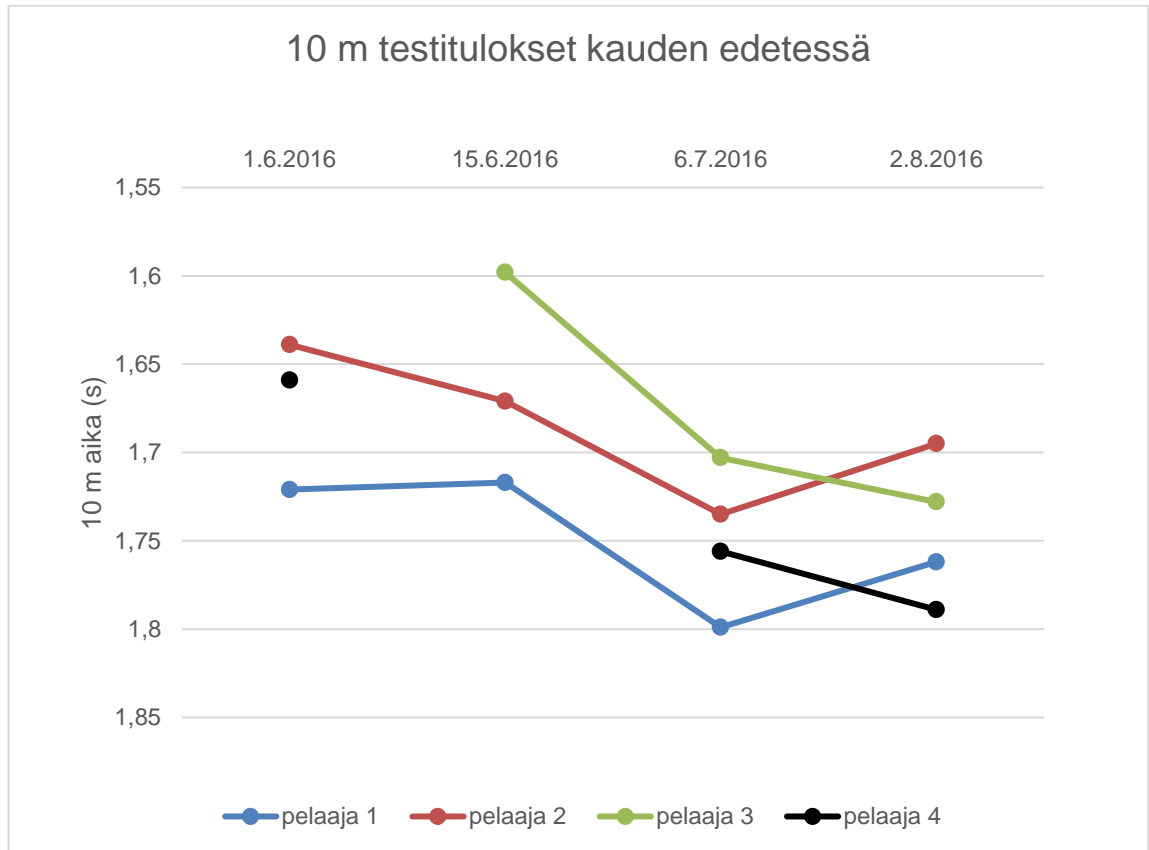
$\bar{y}$  =  $y_i$  -arvojen keskiarvo

## 7 Tulokset

### 7.1 Testituloksien muutokset kauden edetessä

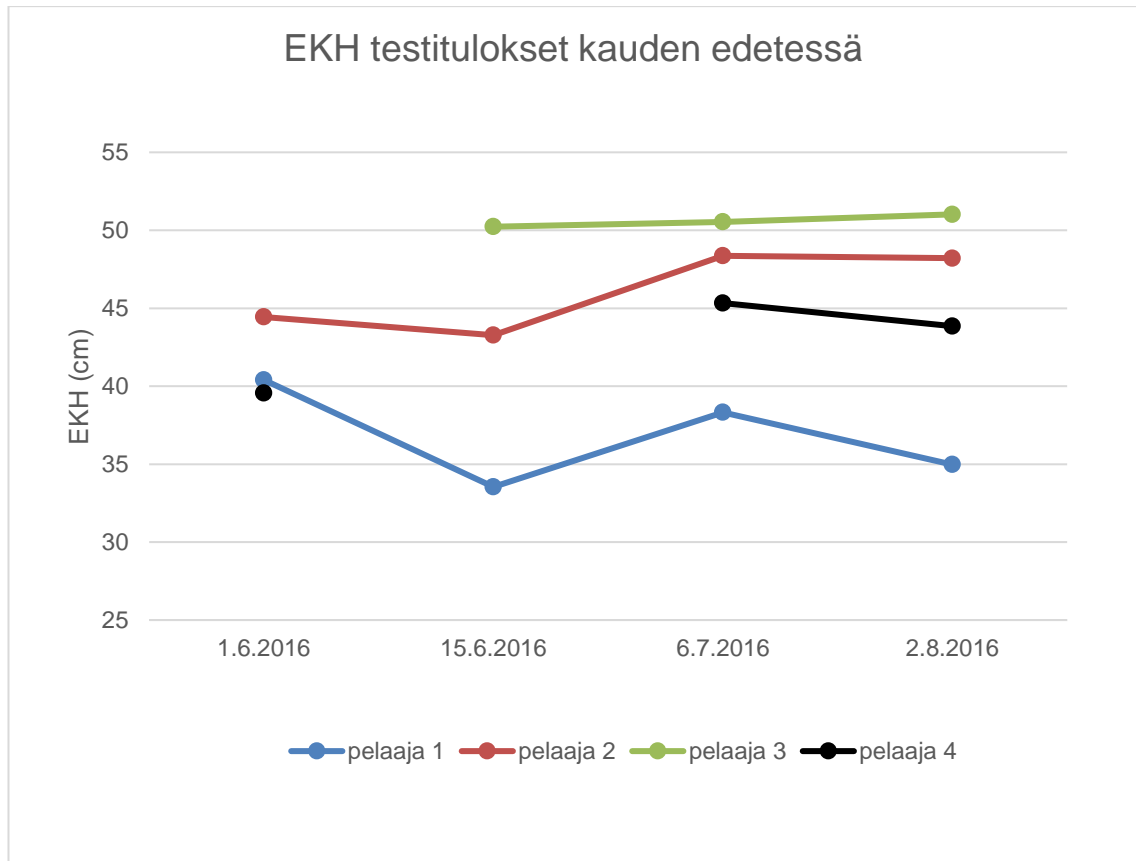
Kuviosta 1 nähdään yksittäisten pelaajien juoksuajat neljällä eri mittauskerralla. Tuloksista voidaan huomata, että kauden edetessä nopeustestin tuloksien suunta on

muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta laskeva. Nopein kymmenen metrin juoksu-aika 1,598 sekuntia mitattiin toisella mittauskerralla pelaajalla 3 ja vastaavasti hitain aika 1,799 sekuntia mitattiin kolmannella mittauskerralla pelaajalla 1.



Kuvio 1. 10 metrin juoksun testitulokset kauden edetessä

Kuviossa 2 on eritelty jokaisen pelaajan testitulokset esikevennyshypyn mittauksissa kauden edetessä. Toisin kuin kymmenen metrin juoksun tuloksissa esikevennyshypyn mittaustulokset ovat joko parantuneet tai pysyneet samalla tasolla muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Paras esikevennyshypyn tulos 51,02 cm mitattiin pelaajalla 3 neljännellä mittauskerralla ja vastaavasti huonoin esikevennyshypyn tulos 33,54 cm pelaajalla 1 toisella mittauskerralla.

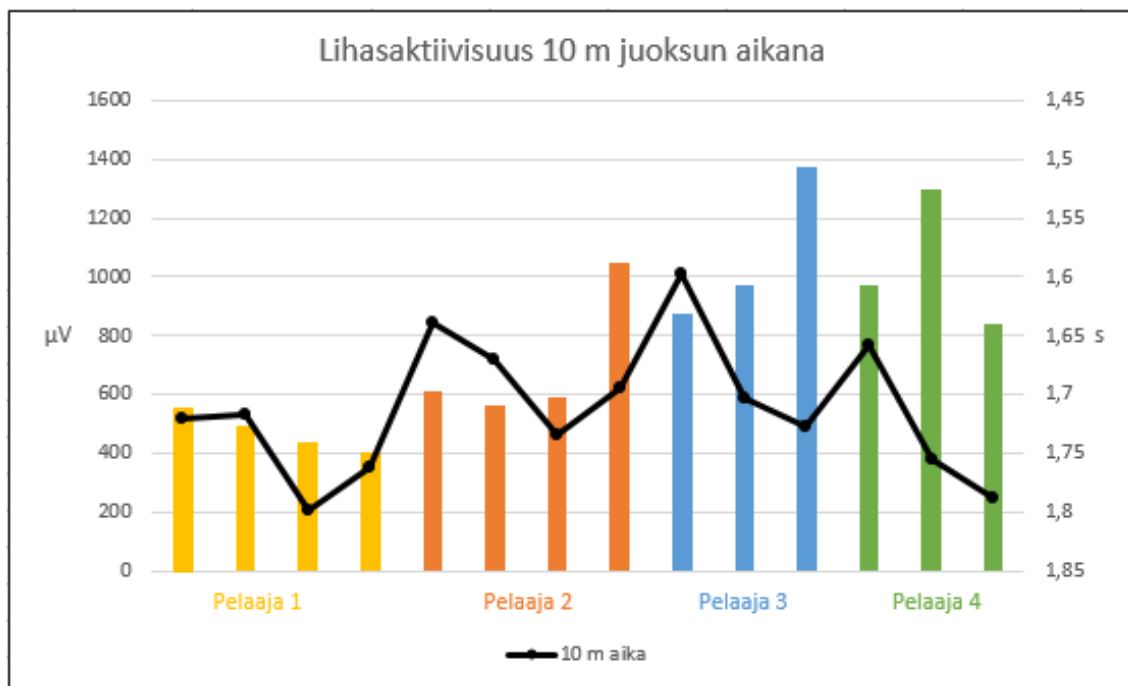


Kuvio 2. Esikevennyshypyn testitulokset kauden edetessä

## 7.2 Lihasaktiivisuus testisuoritusten aikana

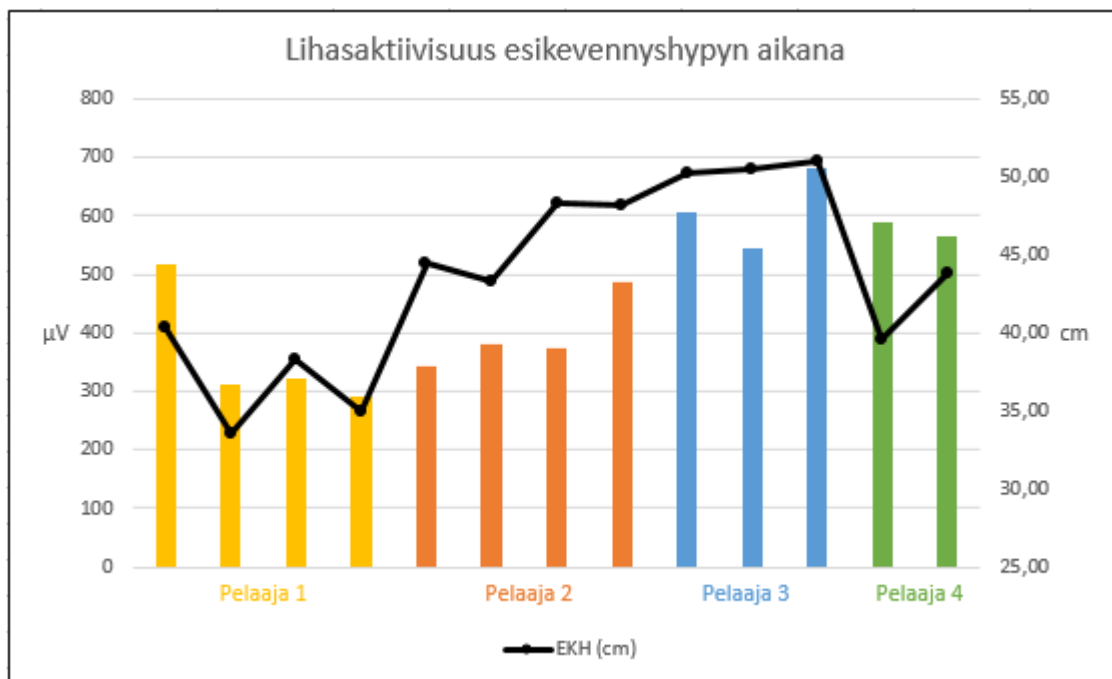
Kuviossa 3 on kuvattuna jokaisen erillisen kymmenen metrin juoksutestisuorituksen ( $n=14$ ) aikainen kokonaislihasaktiivisuus ( $EMG_{sum}$ ) pylväsdiagrammina sekä juoksuun käytetty aika viivadiagrammina. Kuviosta huomataan, että pelaajien henkilökohtaiset kokonaislihasaktiivisuudet ( $EMG_{sum}$ ) vaihtelevat pelaajien kesken huomattavasti. Kymmenen metrin juoksun aikana mitattujen kokonaislihasaktiivisuuden arvojen vaihteluväli kaikki pelaajat huomion ottaen oli 970 (402-1372)  $\mu V$ .





Kuvio 3. Kokonaislihasaktiivisuuden ( $EMG_{sum}$ ) käyttäytyminen maksimaalisen kymmenen metrin juoksun aikana vertailtuna juoksuun käytetyn ajan kanssa.

Kuviossa 4 on kuvattuna jokaisen erillisen esikevennyshyppysuorituksen ( $n=13$ ) aikainen kokonaislihasaktiivisuus ( $EMG_{sum}$ ) pylväsdiagrammina sekä esikevennyshyppyn korkeus viivadiagrammina. Yhdellä mittauskerralla pelaajalla 4 ei saatu tallennettua kokonaislihasaktiivisuutta esikevennyshyppyn aikana ollenkaan. Kuviosta voidaan huomata, että suuremmilla kokonaislihasaktiivisuuksilla saadaan usein parempia tuloksia esikevennyshyppytestissä. Esikevennyshyppyn aikana mitatut kokonaislihasaktiivisuuden arvojen vaihteluväli kaikki pelaajat huomioon ottaen oli 392 (291-683)  $\mu V$ .



Kuvio 4. Kokonaislihasaktiivisuuden käyttäytyminen esikuvitus aikana vertailtuna esikuvitus korkeuden kanssa.

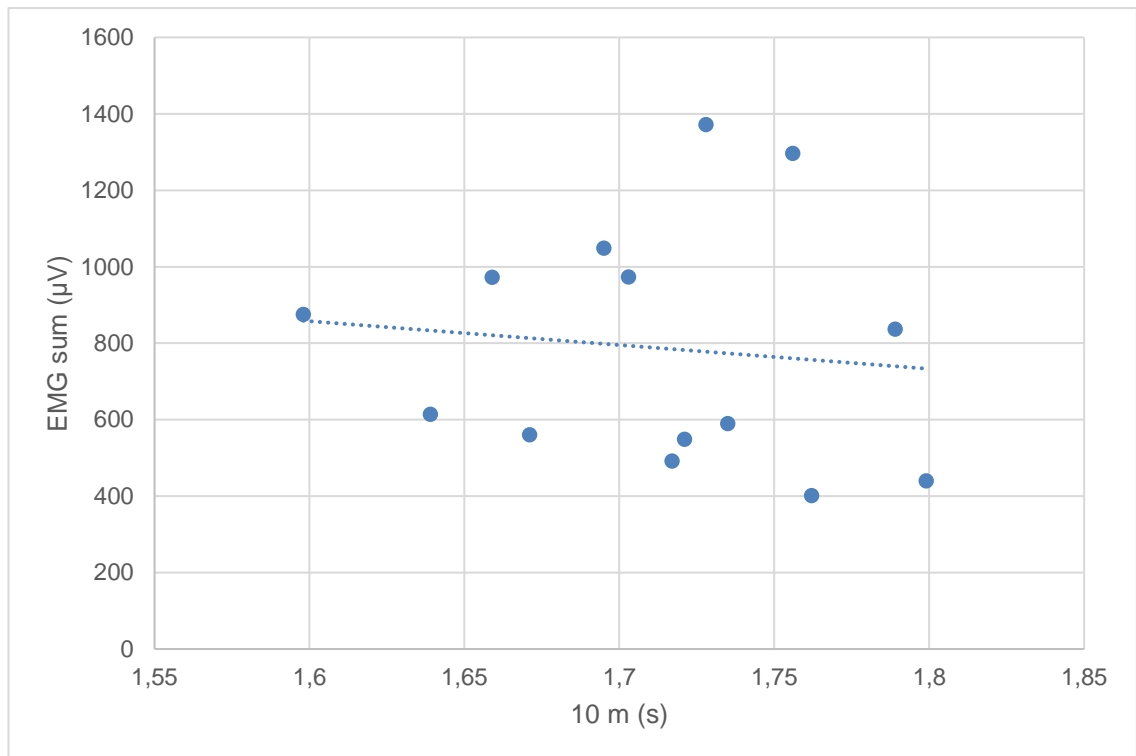
### 7.3 Lihaskäytännön yhteys testituloksiin

Taulukossa 1 on kuvattuna kymmenen metrin juoksun aikana mitatun kokonaislihasaktiivisuuden ja juoksuun käytetyn ajan riippuvuutta korrelaatiokerroimen avulla ( $r$ ), joka oli  $-0,113$ .

Taulukko 1. Kymmenen metrin juoksuajan ja suorituksen aikaisen lihaskäytännön korrelaatiotaulukko kaikki testisuoritukset mukaan lukien

Kaikki pelaajat		10m Aika (s)	10m EMGsum
10m Aika (s)	Pearson Correlation ( $r$ )	1	-,113
	Sig. (1-tailed)		,351
	N	14	14
10m EMGsum	Pearson Correlation ( $r$ )	-,113	1
	Sig. (1-tailed)	,351	
	N	14	14

Kuviossa 5 on kuvattuna kymmenen metrin juoksun aikana mitatun kokonaislihasaktiivisuuden ja juoksuun käytetyn ajan yhteyttä pistekaavion avulla.



Kuvio 5. Kymmenen metrin juoksun ajan ja kokonaislihasaktiivisuuden pistekaavio

Taulukossa 2 on kuvattuna esikevennyshypyn aikana mitatun kokonaislihasaktiivisuuden ja esikevennyshypyn korkeuden välistä riippuvuutta korrelaatiokertoimen avulla ( $r$ ), joka oli 0,628.

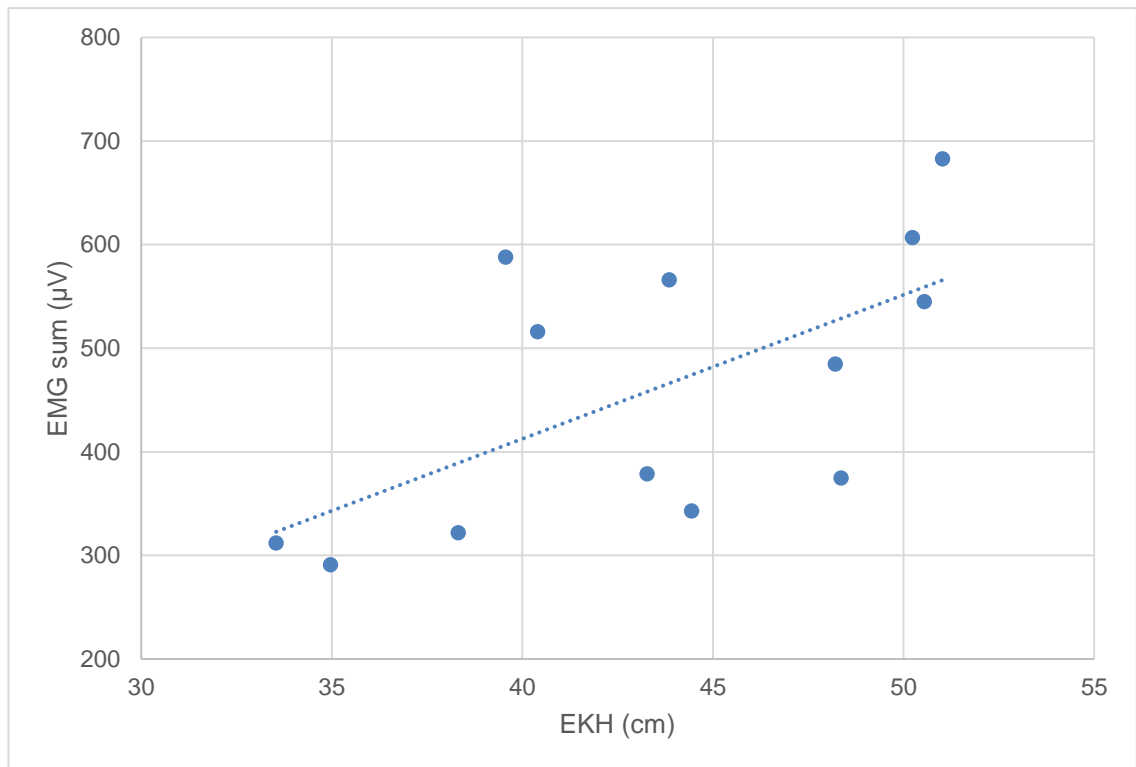
Taulukko 2. Esikevennyshypyn korkeus ja suorituksen aikaisen lihasaktiivisuuden korrelaatiotaulukko kaikki testisuoritukset mukaan lukien

**Kaikki pelaajat**

		EKH (cm)	EKH EMGsum
EKH (cm)	Pearson Correlation ( $r$ )	1	,628*
	Sig. (1-tailed)		,011
	N	14	13
EKH EMGsum	Pearson Correlation ( $r$ )	,628*	1
	Sig. (1-tailed)	,011	
	N	13	13

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

Kuviossa 6 on kuvattu esikevennyshypyn aikana mitatun kokonaislihasaktiivisuuden ja esikevennyshypyn korkeuden yhteyttä pistekaavion avulla.



Kuvio 6. Esikevennyshypyn korkeuden ja kokonaislihasaktiivisuuden pistekaavio

Testitulosten ja -suoritusten aikana mitattujen kokonaislihasaktiivisuuksien yhteyttä tarkasteltiin myös pelaajakohtaisesti. Taulukoissa 3-6 on kuvattuna pelaajien yksilölliset lihasaktiivisuuksien yhteydet testituloksiin juoksu- sekä esikevennyshyppysuorituksista korrelaatiotaulukoiden avulla.

Taulukko 3. Pelaajan 1 korrelaatiotaulukko

**Pelaaja 1**

		10m Aika (s)	EKH (cm)	10m EMGsum	EKH EMGsum
10m Aika (s)	Pearson Correlation (r)	1	,154	-,716	-,464
	Sig. (1-tailed)		,423	,142	,268
	N	4	4	4	4
EKH (cm)	Pearson Correlation (r)	,154	1	,487	,803
	Sig. (1-tailed)	,423		,256	,099
	N	4	4	4	4
10m EMGsum	Pearson Correlation (r)	-,716	,487	1	,853
	Sig. (1-tailed)	,142	,256		,074
	N	4	4	4	4
EKH EMGsum	Pearson Correlation (r)	-,464	,803	,853	1
	Sig. (1-tailed)	,268	,099	,074	
	N	4	4	4	4

Taulukko 4. Pelaajan 2 korrelaatiotaulukko

**Pelaaja 2**

		10m Aika (s)	EKH (cm)	10m EMGsum	EKH EMGsum
10m Aika (s)	Pearson Correlation (r)	1	,792	,139	,335
	Sig. (1-tailed)		,104	,431	,332
	N	4	4	4	4
EKH (cm)	Pearson Correlation (r)	,792	1	,567	,573
	Sig. (1-tailed)	,104		,216	,214
	N	4	4	4	4
10m EMGsum	Pearson Correlation (r)	,139	,567	1	,939*
	Sig. (1-tailed)	,431	,216		,030
	N	4	4	4	4
EKH EMGsum	Pearson Correlation (r)	,335	,573	,939*	1
	Sig. (1-tailed)	,332	,214	,030	
	N	4	4	4	4

\*. Correlation is significant at the 0.05 level (1-tailed).

Taulukko 5. Pelaajan 3 korrelaatiotaulukko

**Pelaaja 3**

		10m Aika (s)	EKH (cm)	10m EMGsum	EKH EMGsum
10m Aika (s)	Pearson Correlation (r)	1	,894	,779	,238
	Sig. (1-tailed)		,148	,216	,423
	N	3	3	3	3
EKH (cm)	Pearson Correlation (r)	,894	1	,978	,649
	Sig. (1-tailed)	,148		,068	,275
	N	3	3	3	3
10m EMGsum	Pearson Correlation (r)	,779	,978	1	,794
	Sig. (1-tailed)	,216	,068		,208
	N	3	3	3	3
EKH EMGsum	Pearson Correlation (r)	,238	,649	,794	1
	Sig. (1-tailed)	,423	,275	,208	
	N	3	3	3	3

Taulukko 6. Pelaajan 4 korrelaatiotaulukko

**Pelaaja 4**

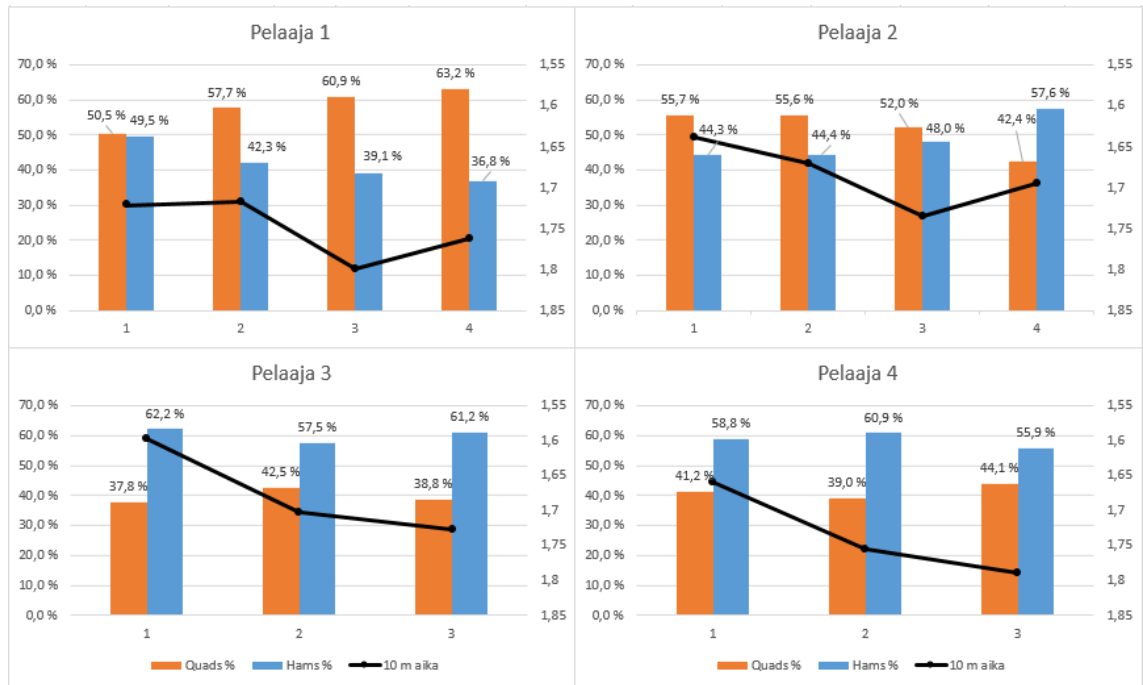
		10m Aika (s)	EKH (cm)	10m EMGsum	EKH EMGsum
10m Aika (s)	Pearson Correlation (r)	1	,879	-,015	-1,000**
	Sig. (1-tailed)		,158	,495	.
	N	3	3	3	2
EKH (cm)	Pearson Correlation (r)	,879	1	,463	-1,000**
	Sig. (1-tailed)	,158		,347	.
	N	3	3	3	2
10m EMGsum	Pearson Correlation (r)	-,015	,463	1	1,000**
	Sig. (1-tailed)	,495	,347		.
	N	3	3	3	2
EKH EMGsum	Pearson Correlation (r)	-1,000**	-1,000**	1,000**	1
	Sig. (1-tailed)	.	.	.	
	N	2	2	2	2

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (1-tailed).

#### 7.4 Etu- ja takareiden lihasaktiivisuuden välinen jakauma

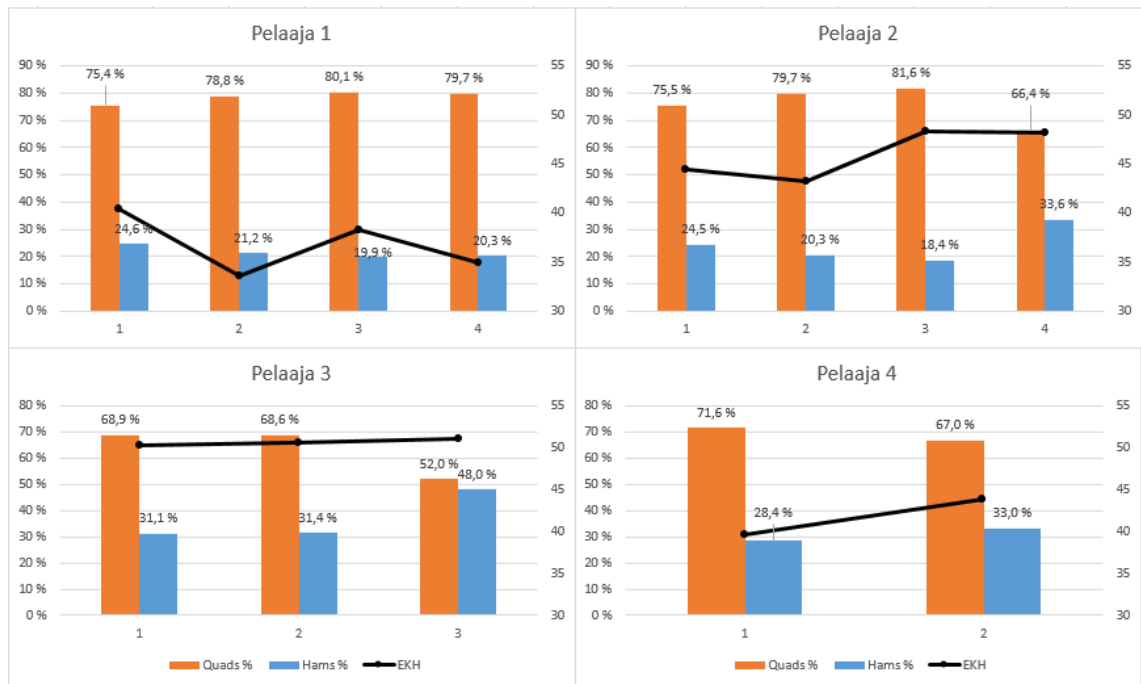
Kuviossa 7 on kuvattuna etu- ja takareiden lihasaktiivisuuden välinen jakauma prosentiosuuksina kymmenen metrin juoksun aikana. Kymmenen metrin juoksuista (n=14) 50 prosenttia oli etureisipainotteisia, eli juoksussa käytettävä lihastyö tehtiin suurimmaksi osaksi etureisillä. Vastaavasti 50 prosenttia juoksuista tehtiin

takareisipainotteisesti. Kuviosta 7 nähdään, että pelaajat yksi ja kaksi käyttävät juoksun aikana enemmän etureisiä, kun taas pelaajat kolme ja neljä käyttävät juoksun aikana enemmän takareisiä.



Kuvio 7. Pelaajakohtaiset etu- ja takareiden jakaumat kymmenen metrin juoksujen aikana

Kuviossa 8 kuvataan etu- ja takareisien lihasaktiivisuuden jakauma prosentiosuuksina esikevennyshypyn aikana. Kaikki esikevennyshyppysuoritukset (n=13), joissa saatiin mitattua lihasaktiivisuus, tehtiin etureisipainotteisesti.



Kuvio 8. Pelaajakohtaiset etu- ja takareiden jakaumat esikevennyshyppyjen aikana

## 7.5 Pelaajien omat tuntemukset

Pelaajien omien tuntemuksien arvioimiseen tutkimuksessa käytettiin palautuneisuuskyselyä. Jokainen pelaaja arvioi omat tuntemuksensa asteikolla 1-10 päivän vireystilan mukaan. Liitteestä 2 olevasta taulukosta nähdään pelaajien vastaukset (n=14) kyselyyn omista tuntemuksista. Vastauksiksi saatiin kymmenen kertaa numero seitsemän, yhden kerran numerot viisi, kuusi sekä kaksi kertaa kahdeksan.

Pelaajilta kysyttiin palautuneisuuskyselyssä kolmella kysymyksellä, vaikuttaako jokin asia suorituskykyyn alentavasti kyseisenä testipäivänä. Suurimmalla osalla ei ollut mitään vaivoja testauskerroilla, mutta osalla pelaajista pelirytmitys vaikutti niin, että omien tuntemuksien mukaan he eivät olleet vielä palautuneet täysin edellisen ottelun rasituksesta. Huonosti nukuttu yö vaikutti kahdella pelaajalla yhdellä testauskerralla suorituksiin.



## 8 Johtopäätökset ja pohdinta

Jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksia mittaavien testien tuloksien perusteella voidaan tämän tutkimuksen perusteella todeta, että kilpailukauden edetessä pelaajien juoksunopeus kymmenellä metrillä yleisesti heikkeni ja nopeusvoimaominaisuudet esikevennyshypyillä mitattuna pysyivät pääasiassa ennallaan. Jalkapalloilijoiden nopeusominaisuudet ovat erittäin tärkeässä roolissa kilpailukaudella otteluiden lopputuloksien kannalta, ja näin ollen pelaajien nopeusominaisuuksien tulisikin pysyä kauden aikana ennallaan tai nopeusominaisuuksia tulisi pystyä jopa kehittämään kauden aikana hyvin suunnitellulla nopeusharjoittelulla. Harjoituskalenterin suunnittelussa valmentajien tulisi ottaa huomioon otteluiden rytmitys ja sitä kautta erityisesti pelaajien kuormittumisen ja palautumisen suhde. Nopeusominaisuuksia kehittäviä harjoituksia tulisi tehdä aina hyvin palautuneena, jotta harjoituksesta saataisiin paras mahdollinen hyöty. Jalkapalloilijoiden nopeusominaisuuksien kehittämisessä tulisi kiinnittää huomiota kilpailukauden aikana myös maksimivoiman harjoitteluun. Wisloff ym. havaitsivat vuonna 2004 norjalaisille huippupelaajille tehdyssä tutkimuksessa, että maksimaalisen puolikykyyn tulokset korreloivat vahvasti nopeusominaisuuksia mittaavien testien tulosten kanssa [30].

Nopeusominaisuuksien kehittäminen kilpailukaudella on kuitenkin Suomessa haastavaa korkeimman sarjatason eli Veikkausliigan tiiviin ottelutahdin vuoksi. Veikkausliigassa pelataan kilpailukauden aikana 205 päivän aikana 33 ottelua, kun esimerkiksi Tanskassa otteluita on 26 ja ne pelataan 248 päivän aikana. Ruotsissa otteluita on korkeimmalla sarjatasolla 30 ja kilpailukausi kestää kaksi viikkoa pidempään kuin Suomessa [31]. Veikkausliigan ottelutahti asettaakin suuria haasteita joukkueiden valmentajille harjoituskalenterien suunnitteluun kauden aikana, ja tiivis otteluohjelma voi olla yksi syy tässä tutkimuksissa havaittujen Veikkausliigapelaajien juoksutestitulosten heikentymiseen.

Opinnäytetyössä mitattujen kymmenen metrin juoksuaikojen keskiarvo 1,71 (+/- 0,06) sekuntia oli selvästi parempi kuin esimerkiksi Comettin ym. (2001) ranskalaisille huippujalkapalloilijoille (n=29) tehdyssä tutkimuksessa mitatut kymmenen metrin juoksuaikojen keskiarvot 1,80 (+/- 0,06) sekuntia [11]. Myös Wisloffin ym. (2004) norjalaisille huippupelaajille (n=17) tekemässä tutkimuksessa mitatut kymmenen metrin juoksuaikojen keskiarvotulokset 1,82 (+/- 0,3) olivat huomattavasti heikompia kuin tässä opinnäytetyössä mitatut tulokset [30]. Tuloksien erot johtuvat ainakin osittain siitä, että

vertailututkimuksissa testaustilanteissa määritellyt juoksun lähtöpaikan ja ensimmäisen valokennon etäisyydet olivat pienempiä, eikä testisuorituksiin käytetty alusta ollut sama kuin tässä opinnäytetyössä tehdyissä mittauksissa. Tuloksia vertailtaessa olisikin erittäin tärkeää suorittaa mittaukset aina täysin saman testiprotokollan mukaan.

Tässä opinnäytetyössä mitattujen esikevennyshyppyjen keskiarvo 43,72 (+/- 5,72) cm oli hieman heikompi kuin serbialaisille huippujalkapalloilijoille tehdyssä vertailututkimuksessa. Sporisin ym. vuonna 2009 tekemässä laajassa serbialaisten jalkapalloilijoiden fyysisiä ominaisuuksia tarkastelevassa tutkimuksessa (n=270) esikevennyshypyn tuloksien keskiarvo oli 45,1 (+/- 1,70) cm [32]. Sekä esikevennyshypyn ja kymmenen metrin juoksun testituloksien vertailemisen luotettavuuden kannalta testit pitäisi tehdä aina samoissa olosuhteissa ja samoilla mittauslaitteilla.

Toisena tärkeänä tutkimuskohteena tässä opinnäytetyössä oli isojen reisilihasten sähköinen aktiivisuus nopeusominaisuuksia mittaavien testisuoritusten aikana. Lihasaktiivisuuden ja nopeusvoimaa mittaavan esikevennyshypyn tuloksien välillä havaittiin olevan jonkin verran positiivista riippuvuutta ( $r = 0,628$ ). Kun tuloksia tarkasteltiin pelaajakohtaisesti, ei merkittävää yhteyttä esikevennyshypyn korkeuden ja suorituksen aikaisen lihasaktiivisuuden välillä löydetty. Tämä johtuu osittain siitä, että pelaajakohtaiset otokset ovat hyvin pieniä ja näin ollen niistä on vaikea tehdä luotettavia johtopäätöksiä. Tarkasteltaessa lihasaktiivisuuden jakautumista etu- ja takareiden välille huomataan, että esikevennyshyppy suoritetaan pääasiassa etureittä eli nelipäistä reisilihasta käyttämällä.

Tuloksien luotettavuuden kannalta on kuitenkin tärkeää tehdä lisää tutkimusta, jossa otos olisi huomattavasti isompi ja mittauksia tehtäisiin pidemmällä aikavälillä. Näin saataisiin lisää tutkimustietoa lihasaktiivisuuden käyttäytymisestä maksimaalisen esikevennyshypyn aikana. Lihasaktiivisuutta olisi syytä vertailla pelaajakohtaisesti, sillä lihasaktiivisuudet ovat yksilöllisiä. Näin voitaisiin arvioida lihasaktivaation ja hermoston toimintaa kauden edetessä.

Maksimaalisen kymmenen metrin juokсутestin ajan ja suorituksen aikaisen lihasaktiivisuuden välillä ei tutkimuksessa havaittu olevan merkittävää yhteyttä ( $r = -0,113$ ). Myöskään pelaajakohtaisia tuloksia tarkastelemalla ei haivattu yhteyttä kymmenen metrin juoksuun käytetyn ajan ja suorituksen aikaisen lihasaktivaation välillä.

Kymmenen metrin juoksusuorituksien aikana mitattujen lihasaktiivisuuksien jakaumaa tarkasteltaessa etu- takareisi suunnassa huomattiin, että 50 % kohderyhmän pelaajista juoksi suurimman osan suorituksista etureisipainotteisesti ja vastaavasti 50 % juoksi takareisipainotteisesti. Tällä ei kuitenkaan ollut suurta merkitystä juoksusuorituksen aikaan nähden.

Tutkimustulosten perusteella lihasaktiivisuuden mittaaminen kymmenen metrin juoksusuorituksen ajalta ei anna kovin paljon lisäarvoa pelaajien juoksunopeuden mittaamiseen näin lyhyellä matkalla. Tutkimustulosten analysointivaiheessa yhdessä Myontec Oy:n henkilökunnan kanssa havaittiin, että kymmenen metrin juoksu on suhteellisen lyhyt juoksusuoritus lihasaktiivisuuden mittaamiseen. Kymmenen metrin juoksusuorituksen aikana mitatulla lihasaktiivisuudella ei saada luotettavaa tietoa juoksutekniikasta tai räjähtävän voiman tuottamisesta kiihdyttäessä. Näin lyhyttä suoritusta tutkittaessa ja sen toistettavuuden kannalta olisi syytä aina videoida jokainen suoritus, jotta voitaisiin nähdä, mistä lihasaktiivisuuden aiheuttamat signaalien heilahdukset johtuvat.

Jatkotutkimuksia ajatellen olisi kuitenkin järkevämpää tehdä hieman pidempiä juoksusuorituksia (esimerkiksi 30-60 metriä), jonka aikana mitatusta lihasaktiivisuudesta voitaisiin arvioida luotettavammin esimerkiksi juoksun aikaista lihastasapainoa oikea-vasen- sekä etu-takareisi-jakauman avulla. Tämän avulla voitaisiin kiinnittää huomiota juoksuteknillisiin ongelmiin ja mahdollisiin lihasten aktivointihäiriöihin. Pidemmällä juoksumatkalla voitaisiin arvioida myös lihasten kokonaiskuormitusta juoksun aikana eli kuinka taloudellista juokseminen on.

Pelaajien omien tuntemusten yhteyttä testituloksiin ja lihasaktiivisuuksiin oli tässä tutkimuksessa erittäin hankala arvioida, sillä pelaajien vastauksien vaihtelu oli niin pientä, että luotettavaa johtopäätöstä niistä ei voitu tehdä. Jatkossa olisikin tärkeää tehdä laajempi kysely pelaajien tuntemuksista sekä painottaa kohderyhmälle sitä, että jokainen pohtisi tarkasti, miltä oma suorituskyky tuntuu verrattuna parhaaseen mahdolliseen tuntemukseen. Kuuluin itse kaudella 2016 eli tämän opinnäytetyön teon aikana HIFK:n edustusjoukkueeseen ja tällä saattaa olla vaikutusta pelaajien vastauksiin palautuneisuuskyselyssä.

EMG-mittauksia tehdään tällä hetkellä vielä suhteellisen vähän jalkapalloilijoiden harjoittelun yhteydessä. Lihasaktivaation mittaaminen olisi kuitenkin erittäin hyvä

apuväline erityisesti voimaharjoittelun tukena optimaalisen harjoitusvaikutuksen löytämisessä sekä mahdollisten ongelmien ja loukkaantumisten ennaltaehkäisemisessä. Lihaskäyttöä mittaamalla voitaisiin myös kiinnittää huomiota juoksuteknisiin yksityiskohtiin ja sitä kautta parantaa jalkapalloilijoiden taloudellista liikkumista otteluiden ja harjoitusten aikana. Myontec Oy:n Mbody-housuja voidaan myös käyttää perinteisen syke seurannan ohella harjoituksen kuormittamisen seuraamiseen. Esimerkiksi lihasväsymiskynnys (MFT - Muscle fatigue treshhold) -testillä voidaan määrittää luotettavasti jokaisen pelaajan henkilökohtaiset harjoittelualueet sykealueiden tapaan. Tämä lisää todella paljon EMG-housujen käyttömahdollisuuksia.

Jalkapalloilijoiden suorituskykyyn liittyviä ominaisuuksia tulisi seurata koko kauden aikana tasaisin väliajoin. Näin pystyttäisiin tarkastelemaan, kuinka harjoittelu vaikuttaa joukkueen pelaajien henkilökohtaisiin ominaisuuksiin ja sitä kautta suorituskykyyn kilpailutilanteissa. Näin voitaisiin tarvittaessa tehdä muutoksia harjoitusohjelmiin ja valmentajat pystyisivät suunnittelemaan paremmin eri ominaisuuksien harjoittelun rytmitystä. Tulevaisuudessa olisikin erittäin tärkeää ottaa huomioon jalkapalloilijoiden pelipaikkakohtaiset vaatimukset ja yksilöiden henkilökohtaiset ominaisuudet. Joukkueharjoittelun lisänä tulisi olla aikaa kiinnittää huomiota myös pelaajien henkilökohtaisiin harjoitusohjelmiin ja tarkastella pelaajien yksilöllistä palautumista harjoittelun ja otteluiden aiheuttamasta kuormituksesta. Lihaskäyttömittaaminen olisi erittäin hyvä apuväline nopeusominaisuuksien kehittämiseen tarkoitetun harjoittelun seuraamisessa. Tarkastelemalla halutun lihaksen aktivoitumista saataisiin hyödynnettyä harjoitukseen käytetty aika ja optimoituja harjoitusvaikutukset. Tavoitteena olisi kuitenkin saada pelaajien suorituskyky otteluissa korkeimmalle mahdolliselle tasolle ja säilyttää paras mahdollinen vireystila sekä kilpailukauden aikana että sen edetessä.

## Lähteet

- 1 Wearable Technology 2016-2026 - markets, players and 10-year forecasts. <http://www.idtechex.com/research/reports/wearable-technology-2016-2026-000483.asp>. Luettu: 29.9.2016.
- 2 Stolen, T. Chamari, K. Castagna, C. and Wisloff, U. Physiology of Soccer. *Sports Medicine*, Vol. 35, Issue 6, pp. 501-536, 2005.
- 3 Arnason, A. Sigurdsson, S. B. Gudmundsson, A. Holme, I. Engebretsen, L. and Bahr, R. Physical Fitness, Injuries, and Team Performance in Soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol. 36, No. 2, pp. 278–285, 2004.
- 4 Vuori, I. Taimela, S. Kujala, U. (toim.) 2010 Liikuntalääketiede 3.-4. painos, Helsinki: Duodecim.
- 5 Lehto, H. ja Vääntinen, T. 2010 Jalkapallon lajiansalyysi - fysiologia ja tekniset suoritukset. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU, Kirjallisuuskatsaus.
- 6 Pullinen, K. Jalkapallon lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi, Valmentajaseminaarityö, Jyväskylän yliopisto, 2008.
- 7 Bangsbo, J. Mohr, M. and Krstrup, P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, July 2006; 24(7): 665-674.
- 8 Casajús, J. A. Seasonal variation in fitness variables in professional soccer player. *J Sports Med Phys Fitness*, 2001; 41:463-9.
- 9 Helgerud, J. Engen, L.C. Wisloff, U. and Hoff, J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 33, No. 11, pp. 1925-1931, 2001.
- 10 Bradley, P. Di Mascio, M. Peart, D. Wooster, B. Olsen, P and Sheldon, B. 2009 High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels. *Journal of Strength and Conditioning Research*.
- 11 Cometti, G. Maffiuletti, N. A. Pousson, M. Chatard, J. Maffulli, N. 2001 Isokinetic Strength and Anaerobic Power of Elite, Subelite and Amateur French Soccer Players. *Int J Sports Med*; 22: 45-51.
- 12 Leppäluoto, J. Kettunen, R. Rintamäki, H. Vakkuri, O. Vierimaa, H & Lätti, S. 2008 Anatomia ja Fysiologia Rakenteesta toimintaan 1. painos, Porvoo: WSOY.
- 13 Reilly, T. & Williams, M. 2003 Science of Soccer – second edition, London: Routledge.

- 14 Juoksijan lihakset. luettavissa: <http://www.fitlandia.fi/juoksijan-lihakset>. Luettu: 29.8.2016.
- 15 Leppäluoto, J. Kettunen, R. Rintamäki, H. 2013 Anatomia ja Fysiologia Rakenteesta toimintaan, Sanoma Pro.
- 16 Mero, A. Nummela, A. Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004 Urheiluvalmennus, Jyväskylä:Gummerus.
- 17 Nelipäinen reisilihas. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Nelip%C3%A4inen\\_reisilihas](https://fi.wikipedia.org/wiki/Nelip%C3%A4inen_reisilihas). Luettu: 27.9.2016.
- 18 Kaksipäinen reisilihas. [https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaksip%C3%A4inen\\_reisilihas](https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaksip%C3%A4inen_reisilihas). Luettu: 27.9.2016.
- 19 Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010 Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille, Tampere: Tammerprint.
- 20 Enoka, R. 2015 Neuromechanics of Human Movement - Fifth edition, Human Kinetics.
- 21 Wikipedia: Depolarization. <https://en.wikipedia.org/wiki/Depolarization>. Luettu: 8.9.2016.
- 22 Altimari, L. Dantas, J. Bigliassi, M Abrao, T. Influence of different strategies of treatment muscle contraction and relaxation phases on EMG signal processing and analysis during cyclic exercise. Luettavissa: [https://www.researchgate.net/publication/258344784\\_Influence\\_of\\_Different\\_Strategies\\_of\\_Treatment\\_Muscle\\_Contraction\\_and\\_Relaxation\\_Phases\\_on\\_EMG\\_Signal\\_Processing\\_and\\_Analysis\\_During\\_Cyclic\\_Exercise](https://www.researchgate.net/publication/258344784_Influence_of_Different_Strategies_of_Treatment_Muscle_Contraction_and_Relaxation_Phases_on_EMG_Signal_Processing_and_Analysis_During_Cyclic_Exercise). Luettu: 6.10.2016.
- 23 Hoffren-Mikkola, Merja. Opinnäytetyö Jukka Sinisalo [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Jukka Sinisalo. Lähetetty 6.10.2016. Viitattu 6.10.2016.
- 24 Cheng, S. Finni, T. Hu, M. Kettunen, P. Vilavuo, T. Measurement of EMG activity with textile electrodes embedded into clothing. Luettavissa: [http://www.researchgate.net/publication/5868980\\_Measurement\\_of\\_EMG\\_activity\\_with\\_textile\\_electrodes\\_embedded\\_into\\_clothing](http://www.researchgate.net/publication/5868980_Measurement_of_EMG_activity_with_textile_electrodes_embedded_into_clothing). Luettu: 29.8.2016.
- 25 Myontec Oy: <http://www.myontec.com/en/>. Luettu: 6.10.2016.
- 26 MuscleLab - by ergotest: <http://www.ergotest.com/>. Luettu: 14.10.2016.
- 27 Science for sport: 10m sprint test. <http://www.scienceforsport.com/10m-sprint-test/>. Luettu: 2.9.2016.

- 28 Science for sport: Countermovement jump (CMJ). <http://www.sciencefor-sport.com/countermovement-jump-cmj/>. Luettu: 2.9.2016.
- 29 Holopainen, M. Pulkkinen, P. 2008 Tilastolliset menetelmät 5. painos, Porvoo: WSOY.
- 30 Wisloff, 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. Luettavissa: <http://bjsm.bmj.com/content/38/3/285.full.pdf+html>. Luettu: 4.10.2016.
- 31 Sundelin, S-P. 2016. Veikkausliigan pelitahti on este suomalaisen jalkapallon kehitykselle. Urheilusanomat 37/2016.
- 32 Sporis, G. Jukic, I. Ostojic, S.M. Milanovic, D. Fitness Profiling in Soccer: Physical and Physiologic Characteristics of Elite Players. Luettavissa: [http://bib.irb.hr/datoteka/429754.Fitness\\_Profiling\\_in\\_Soccer\\_\\_Physical\\_and.5.pdf](http://bib.irb.hr/datoteka/429754.Fitness_Profiling_in_Soccer__Physical_and.5.pdf). Luettu: 14.10.2016.

## Palautuneisuuskysely

### Palautuneisuuskysely

Nimi: \_\_\_\_\_

Päivämäärä: \_\_\_\_\_

Kuinka palautuneeksi tunnet itsesi fyysisesti? (ympyröi vaihtoehto)

1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Oletko loukkaantunut tai onko sinulla jokin vaiva joka vaikuttaa suorituskykyysi alentavasti?

Kyllä       Ei

Jos vastasit Kyllä, niin mikä loukkaantuminen/vaiva? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Onko jokin muu asia joka vaikuttaa suorituskykyysi alentavasti? (esim. huonosti nukuttu yö, ruokailuun liittyvät asiat)

Kyllä       Ei

Jos vastasit Kyllä, niin mikä asia? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muuta huomioitavaa palautumiseen liittyen: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## Testien tulokset

1.6.2016									
	Tuntemukset (1-10)	10m (s)	EKH (cm)	10m $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )
pelaaja 1	7	1,721	40,40	277	272	549	389	127	516
pelaaja 2	7	1,639	44,44	342	272	614	259	84	343
pelaaja 3	Ei osallistunut								
pelaaja 4	5	1,659	39,56	401	572	973	421	167	588
KA	6,33	1,673	41,47	340	372	712	356	126	482

15.6.2016									
	Tuntemukset (1-10)	10m (s)	EKH (cm)	10m $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )
pelaaja 1	7	1,717	33,54	284	208	492	246	66	312
pelaaja 2	8	1,671	43,27	312	249	561	302	77	379
pelaaja 3	8	1,598	50,23	331	545	876	418	189	607
pelaaja 4	Ei osallistunut								
KA	7,67	1,662	42,35	309	334	643	322	111	433

6.7.2016									
	Tuntemukset (1-10)	10m (s)	EKH (cm)	10m $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )
pelaaja 1	6	1,799	38,32	268	172	440	258	64	322
pelaaja 2	7	1,735	48,36	307	283	590	306	69	375
pelaaja 3	7	1,703	50,54	414	560	974	374	171	545
pelaaja 4	7	1,756	45,33	506	790	1297	MITTAUS VIRHE		
KA	6,75	1,748	45,64	374	451	825	313	101	414

2.8.2016									
	Tuntemukset (1-10)	10m (s)	EKH (cm)	10m $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	10m $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Quads}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{Hams}$ ( $\mu V$ )	EKH $EMG_{sum}$ ( $\mu V$ )
pelaaja 1	7	1,762	34,97	254	148	402	232	59	291
pelaaja 2	7	1,695	48,21	445	604	1049	322	163	485
pelaaja 3	7	1,728	51,02	532	840	1372	355	328	683
pelaaja 4	7	1,789	43,85	369	468	837	379	187	566
KA	7,00	1,744	44,51	400	515	915	322	184	506

Taulukko 7. Testien tulokset. Pelaajien omat tuntemukset, kymmenen metrin juoksun aika (10m (s)), esikevennyshypyn korkeus (EKH (cm)), kymmenen metrin juoksun aikana mitatut lihasaktiivisuudet etu- (10m  $EMG_{Quads}$  ( $\mu V$ )) ja takareisistä (10m  $EMG_{Hams}$  ( $\mu V$ )) sekä kokonaislihasaktiivisuus (10m  $EMG_{sum}$  ( $\mu V$ )). Esikevennyshypyn aikana mitatut lihasaktiivisuudet etu- (EKH  $EMG_{Quads}$  ( $\mu V$ )) ja takareisistä (EKH  $EMG_{Hams}$  ( $\mu V$ )) sekä kokonaislihasaktiivisuus (EKH  $EMG_{sum}$  ( $\mu V$ )).