

Hermoston kuormittuneisuuden vaikutus jalkapalloilijoiden reisivammoihin

Iiro Leinonen

Opinnäytetyö

Lokakuu 2015

Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala

Fysioterapeutti (AMK), Fysioterapian tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Leinonen, liro	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä 19.10.2015
	Sivumäärä 36	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Hermoston kuormittuneisuuden vaikutus jalkapalloilijoiden reisivammoihin		
Tutkinto-ohjelma Fysioterapian tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Pekka Natunen		
Toimeksiantaja(t)		
Tiivistelmä <p>Jalkapallo on maailman harrastetuin urheilulaji. Ammattijalkapalloilijat pitävät jatkuvasti huolta omasta kehostaan ja terveydestään voidakseen pysyä jatkuvassa kilpailussa mukana. Opinnäytetyössä on keskitytty ammattijalkapalloilijoiden hermoston toiminnan testaamiseen ja loukkaantumisien ennaltaehkäisyyn. Tavoitteena oli löytää valmennuksessa apuna käytettävää testimittaria loukkaantumisien ennaltaehkäisemiseksi ja ennustamiseksi.</p> <p>Jalkapallossa lihasvammojen osuus on noin 1/3 kaikista vammoista, muut vammat koostuvat ruhjeista, nivelsidevammoista ja murtumista. Lihasvammat syntyvät usein ilman kontaktia, joten vammojen taustalla saattaa olla hermostollinen syy. Opinnäytetyössä tehtiin 20 ammattijalkapalloilijalle pudotus- ja kevennyshyppytestit 29 viikon aikana 18 kertaa. Osallistuvien pelaajien kuormituksen määrää ja hyppytuloksia verrattiin etu- ja takareiden lihasvammoihin.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa on keskitytty hermoston toimintaan, mahdollisiin hermoston kuormittuneisuuden vaikutuksiin ja testituloksiin. Teoriaan pohjautuvassa oppaassa käydään läpi ennaltaehkäiseviä harjoitteita, jotka on tarkoitettu suoritettavaksi jalkapalloilijoiden alkulämmittelyn aikana. Harjoiteopas soveltuu junioreille, aikuisille, ammattilaisille ja harrastajille.</p> <p>Tutkimustuloksista ei saatu yhdistettyä luotettavasti etu- tai takareiden loukkaantumisten ja hermoston kuormittuneisuuden yhteyttä.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Jalkapallo, ennaltaehkäisy, hermosto, nopeusvoima, reisivammat		
Muut tiedot		

Author(s) Leinonen, Iiro	Type of publication Bachelor's thesis	Date 19.10.2015 Language of publication: Finnish
	Number of pages 36	Permission for web publication: x
Title of publication The loading of the nervous systems and its impact on the thigh injuries of football players		
Degree programme Degree programme in physiotherapy		
Supervisor(s) Natunen, Pekka		
Assigned by		
Abstract <p>Football (soccer) is the most widely practiced sport in the world. Professional football players have to take good care of their health and performance so as to be able to maintain their competitiveness. This thesis focused on testing the nervous system of professional football players and preventing injuries. The objective of the thesis was to create a test battery that would help to predict and prevent injuries.</p> <p>Muscle injuries comprise approximately one third of the injuries in football, while the other injuries consist of bruises, ligament injuries and fractures. Muscle injuries often originate without contact with another player, which could mean that neuromuscular fatigue might be the reason for these injuries. This thesis studied 20 professional football players completing a drop jump test and a counter-movement jump test 18 times in a 29-week period. The jump test results of the participating players were compared to the training load and injuries of the hamstring and quadriceps muscles.</p> <p>The theoretical part of the thesis focused on the nervous system, the potential impact of neuromuscular fatigue and test results. The thesis contains of a theory-based guide designed to prevent injuries through warm-up exercises. The guide is suitable for juniors and adults as well as amateurs and professionals.</p> <p>The results of this study do not reliably show the connection between neuromuscular fatigue and hamstring or quadriceps injuries.</p>		
Keywords/tags (subjects) Football(soccer), injury prevention, nervous system, hamstring, quadriceps		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto	3
2	Hermoston anatomia ja toiminta	4
	2.1 Keskushermosto	4
	2.2 Ääreishermosto	6
	2.3 Hermoston toiminta	7
3	Lihakset.....	8
	3.1 Poikkijuovainen lihassolu	8
	3.2 Jalkapalloilijan lihakset	9
4	Hermo-lihasjärjestelmän väsyminen	10
	4.1 Sentraalinen lihasväsymys	10
	4.2 Perifeerinen lihasväsymys	11
	4.3 Metabolinen lihasväsymys ja mentaalinen väsymys	11
	4.4 NFOR ja OTS.....	12
5	Jalkapalloilijan kausi	12
6	Aineisto, mitattavat ominaisuudet ja mittausmenetelmät	14
7	Tulokset	15
	7.1 Kuormittavuuden vaikutus testituloksiin	15
	7.2 Mittaustulosten ja kuormituksen vaikutus loukkaantumisiin.....	17
	7.3 Yksilöllisten testitulosten vaikutus loukkaantumisiin	19

8	Ennaltaehkäisy	20
9	Pohdinta.....	21
	Lähteet	24
	Liitteet	27
	Liite 1. Harjoitteita reisivammojen ennaltaehkäisyyn	27

Kuviot

	Kuvio 1. Brodmannin aivojen alueet.....	5
	Kuvio 2. Patellajänteen testi kuvattuna.	6
	Kuvio 3. Lihassyyn poikkileikkaus.	8
	Kuvio 4. Pudotushypyn tulokset verrattuna kuormitukseen.	16
	Kuvio 5. Kevennyshypyn tulokset verrattuna kuormitukseen.	16
	Kuvio 6. Pudotushypyn ja kevennyshypyn tulokset vertailussa.....	18
	Kuvio 7. Pudotushypyn tulokset verrattuna loukkaantumisiin.....	18
	Kuvio 8. Kevennyshypyn tulokset verrattuna loukkaantumisiin.....	18
	Kuvio 9. Kokonaiskuormituksen määrä verrattuna loukkaantumisiin.....	19
	Kuvio 10. Kolme edellistä pudotushyppytulosta ennen loukkaantumista.	20
	Kuvio 11. Kolme edellistä kevennyshyppytulosta ennen loukkaantumista.....	20

1 Johdanto

Urheilijan elämässä loukkaantumiset ovat väistämättömiä. Ekstrandin, Hägglundin ja Walldenin (2011) tekemän laajan tutkimuksen mukaan 25 pelaajan joukkueeseen kohdistuu keskimäärin 15 lihasvammaa kauden aikana. Kaikista jalkapalloilijoiden vammoista lihasvammoja on 31 prosenttia, takareiden lihasvammat ovat suurin yksittäinen loukkaantumisen syy jalkapalloilijoiden keskuudessa. (Ekstrand, Hägglund & Walden 2011.)

Suorituskyvyn ja loukkaantumisriskin mittareita kehitellään jatkuvasti urheilijan terveyden ja suorituskyvyn optimoimiseksi. Loukkaantumisten ennaltaehkäisemiseksi pyritään löytämään uusia tehokkaampia keinoja. Tästä hyvänä esimerkkinä on kansainvälisen jalkapalloliiton (FIFA) lanseeraama FIFA11+-ohjelma, joka tutkitusti vähentää loukkaantumisriskiä huomattavasti. Sveitsissä tehdyn maan kattavan tutkimuksen mukaan joukkueilla, jotka noudattivat 11+-ohjelmaa, pelitilanteiden loukkaantumiset vähenivät 11,5 prosenttia ja harjoitustilanteissa tapahtuneet loukkaantumiset 25,3 prosenttia. (Bizzini, Chilvers, Dvorak, Hasler, Junge, Lamprecht, Reuter, Stamm, & Wyss 2010.)

Tässä opinnäytetyössä pyrittiin löytämään hermoston kuormittuneisuuden mahdollisia vaikutuksia ammattijalkapalloilijoiden etu- ja takareiden loukkaantumisriskiin. Hermoston kuormittuneisuuden mittarina käytettiin pelaajille tehtyjä kevennyshyppy- ja pudotushyppytestejä, joiden tulokset kertovat hermoston kyvystä aktivoida alaraajojen motorisia yksiköitä. Testituloksia on verrattu joukkueen kokonaiskuormituksen määrään sekä loukkaantumisten määrään. Myös muutama loukkaantunut pelaaja on otettu yksilölliseen tarkasteluun, jotta voidaan selvittää, onko testitulosten ja loukkaantumisten välillä yhteyttä. Opinnäytetyö koostuu kolmesta osasta: teoriasta, tutkimuksesta ja loukkaantumisten ennaltaehkäisevästä oppaasta.

Tutkimus suoritettiin kevään ja kesän 2015 aikana joukkueelle, joka haluaa pysyä nimettömänä. Tutkimukseen osallistui yhteensä 20 ammattijalkapalloilijaa samasta joukkueesta. Tutkimuksen aikana pelaajia testattiin yhteensä 19 kertaa. Testit tehtiin 1–2 viikon välein.

2 Hermoston anatomia ja toiminta

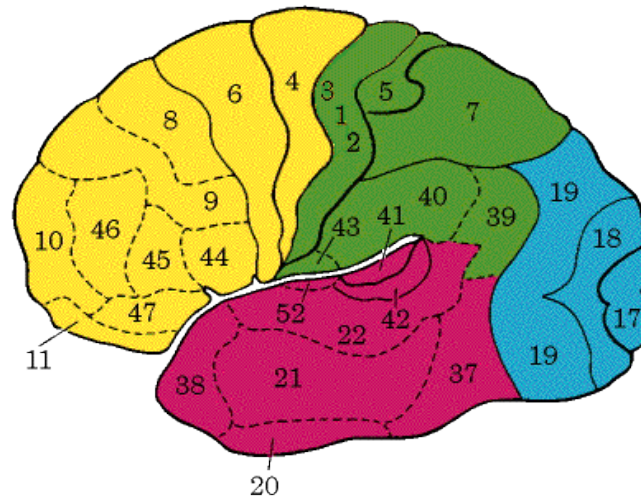
Ihmisen hermosto on monimutkainen järjestelmä, jonka hallitsijana toimivat aivot. Aivot toimivat ihmisen toiminnan lähteenä kuten loogisen ajattelun ja tunteiden lähteenä, sekä aistien, liikkumisen ja reagoimisen keskuksena. Ihmisen hermosto voidaan anatomisesti jakaa karkeasti keskushermostoon ja ääreishermostoon. (deGroot 1991, 1.)

2.1 Keskushermosto

Keskushermostoon kuuluvat aivot (encephalon) ja selkäydin (medulla spinalis). Keskushermosto ottaa vastaan sensorisen hermoston lähettämää tietoa, analysoi sen ja lähettää uuden käskyn motorisen hermoradan kautta. (Augustine, Fitzpatrick, Hall & Purves 2012, 14.) Keskushermostosta periferiaan lähtevät 12 paria aivohermoja (cranial nerves) ja 31 paria selkäydinhermoja (spinal nerves) (deGroot 1991, 29, 73).

Aivojen tärkeimmät alueet motoristen toimintojen kannalta voidaan jakaa neljään alaluokkaan. Ensimmäisenä on selkäytimen harmaassa aineessa oleva paikallinen hermopiiri ja aivorunko. Nämä alueet pitävät sisällään alemmat motoneuronit, joiden tehtävänä on hermottaa tahdonalaisia lihaksia. Kaikki liikekäskyt, reflektiset ja tahdonalaiset, kulkevat alempien motoneuronien kautta. Paikallinen hermopiiri ottaa vastaan sensorista tietoa ääreishermostosta sekä käskyjä ylemmiltä motoneuroneilta. (Augustine ym. 2012, 353–354.)

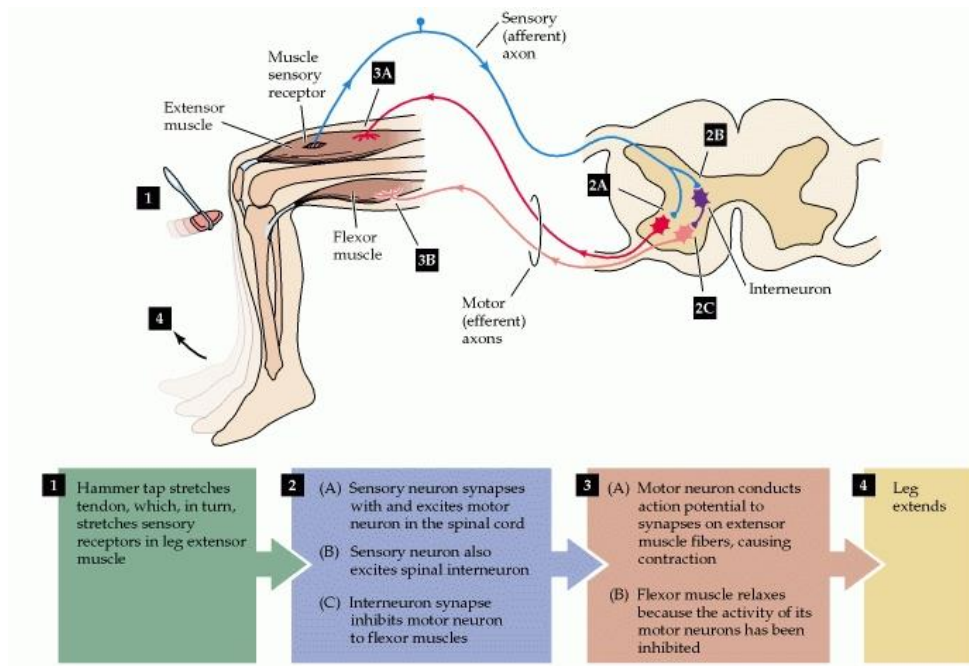
Toisena ovat ylemmät motoneuronit, jotka sijaitsevat aivorungossa tai aivokuoressa. Ylemmät motoneuronit ovat tärkeitä ihmisen tahdonalaisen liikkeen aloittamisessa ja monimutkaisen liikkeen suorittamisessa oikea-aikaisesti ja lihaksia oikeassa järjestyksessä aktivoiden. Varsinkin otsalohkossa sijaitsevat kortikaaliset alueet, kuten Brodmannin alue 4, eli primäärinen motorinen aivokuori, sekä useat alueet Brodmannin alueelta 6, eli premotoriselta aivokuorelta mahdollistavat monimutkaiset liikkeet (Kuvio 1). Aivorungossa olevat ylemmät motoneuronit ovat vastuussa lihastonuksen säätelystä, sekä kehon reaktioista vestibulaarisiin, somaattisiin, visuaalisiin ja auditorisiin ärsykkeisiin. (Augustine ym. 2012, 354.)



Kuvio 1. Brodmannin aivojen alueet. (Brodmann's brain n.d.)

Kolmas ja neljäs motoristen hermoratojen alaluokka toimivat yhteistyössä. Näillä ei ole minkäänlaista yhteyttä alempiin motoneuroneihin tai paikallisiin hermoratoihin, vaan ne toimivat säätelemällä ylempien motoneuronien toimintaa. Pikkuaiivot (cerebellum) havaitsevat liikkeiden suoritusvirheet ja korjaavat ne. Tätä toimintaa tapahtuu reaaliajassa, mutta pikkuaivoissa tapahtuu myös motorista oppimista eli liikevirheet jäävät muistiin. Etuaivoissa sijaitseva basaaliganglio estää ei-toivotut liikkeet ja valmistaa ylemmät motoneuronit liikkeiden aloittamista varten. (Augustine ym. 2012, 354.)

Yksinkertainen reflektinen hermopiiri kuvataan usein patellajänteen testillä (Kuvio 2). Patellajänteeseen kopautetaan vasaralla, minkä seurauksena afferenttihermo lähettää sensorisen viestin selkäyttimeen. Selkäytimessä se välittää eksitatorisen viestin suoraan polven ojennusta hermoittavalle motoriselle hermolle (efferentti), sekä samaan aikaan interneuronin kautta inhibitoivan viestin polven koukistusta hermoittavalle motoriselle hermolle. Tämä ilmiö on tärkeä esimerkiksi seisoma-asennon säilyttämisessä. (Augustine ym. 2012, 11–12.)



Kuvio 2. Patellajänteen testi kuvattuna. (Augustine, Fitzpatrick, Hall & Purves 2012, 12)

2.2 Ääreishermosto

Ääreishermosto lähtee aivohermoista ja selkäydinhermoista, joista se ulottuu joka puolelle kehoa ja siihen luetaan kaikki keskushermoston ulkopuolelle jäävät hermot. Ääreishermosto voidaan luokitella fysiologisesti autonomiseen hermostoon, somaattiseen hermostoon ja sensoriseen hermostoon. (Augustine ym. 2012, 11, 14–15.)

Autonominen hermosto huolehtii sydäimestä, sisäelimestä (sileät lihakset) ja rauhasien toiminnasta. Autonominen hermosto ohjaa useita elimistön säätelytoimintoja, kuten verenpainetta. Se jaetaan kahteen osaan: sympaattinen- ja parasympaattinen hermosto. Sympaattinen hermosto kiihdyttää elinten toimintaa, kuten sydämen sykettä, kun taas parasympaattinen rauhoittaa elinten toimintaa. Somaattinen hermosto ohjaa tahdonalaisia lihaksia (poikkijuovaiset lihakset). Ääreishermosto lähettää aistiärsyksen aistielimestä keskushermostolle sensorista hermorataa (afferentit hermot) pitkin. Keskushermosto lähettää käskyn ääreishermoston motorista hermorataa (efferentit hermot) pitkin lihaksiin tai rauhasiin. (Augustine ym. 2012, 11, 14–15.)

2.3 Hermoston toiminta

Ihmisen hermoston toiminnan mahdollistavat hermosolut ja gliasolut. Hermosolut muodostavat sensoriset hermoradat, joiden avulla ihmisen aistit vievät tietoa ympärillä olevasta maailmasta ja kehosta aivoille, motoriset hermoradat, jotka mahdollistavat ihmisen liikkeet, sekä hermoradat, jotka liittävät sensorisen ja motorisen hermoradan tiedot yhteen ja mahdollistavat ihmiselle olennaisia monimutkaisempia taitoja, kuten kielen ymmärtäminen, looginen ajattelu ja tunteet. (Augustine ym. 2012, 1.)

Hermosolu koostuu soomasta, tuojahaarakkeista (dendriitit) ja viejähaarakkeista (aksonit). Sooma on solun keskus ja se sijaitsee dendriitin ja aksonin välissä. Dendriitit vastaanottavat tietoa aistielimistä tai toisista soluista. Kaikilla hermosoluilla ei ole dendriittiä. Aksonit voivat kiinnittyä toiseen hermosoluun (synapsi) tai lihakseen (hermo-lihasliitos). Aksonit voivat olla hyvinkin pitkiä. Esimerkiksi selkäytimestä lähtevä ja jalkapöytään päättyvä aksoni on noin metrin pituinen. Aksonien ympärillä on usein myeliinituppi, joka mahdollistaa tiedon kulkemisen hyvin nopealla vauhdilla. Myeliinitupen tekevät gliasolut, keskushermostossa solu nimeltä oligodendrosyytti ja ääreishermostossa Schwannin solu. (Augustine ym. 2012, 4–10.)

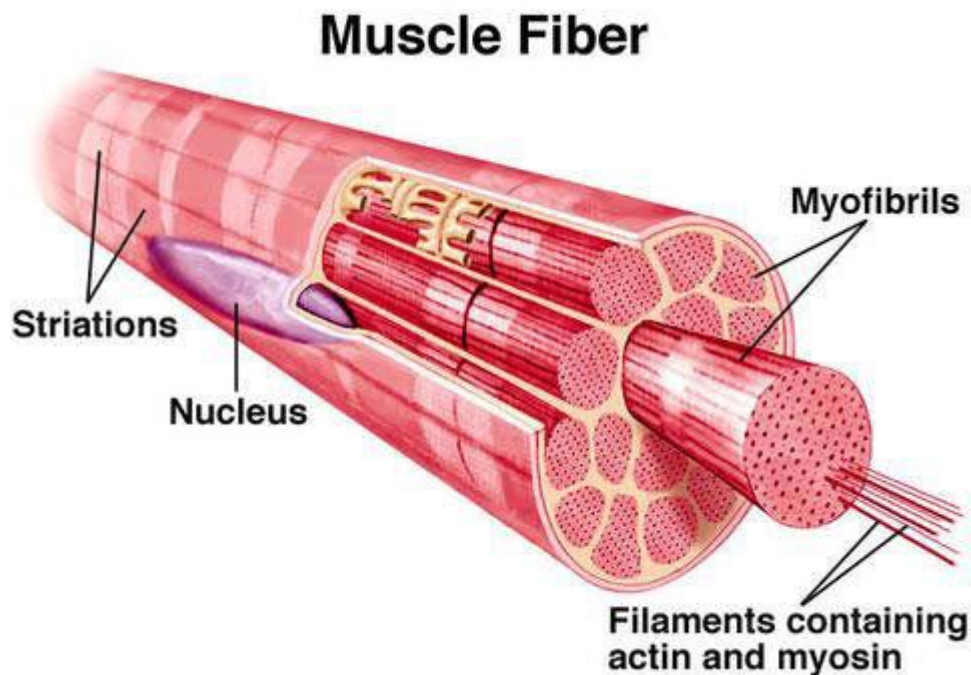
Aksoni siirtää tietoa seuraavaan hermosoluun tai lihakseen prosessissa, jota kutsutaan aktiopotentiaaliksi. Aktiopotentiaali perustuu solun sisä- ja ulkopuolen väliseen jännite-eroon. Jännitteen tasapainosta huolehtivat Na-K-pumput. Depolarisaatio eli solukalvon yli virtaavan jännitteen pieneneminen laukaisee aktiopotentiaalin, kun se ylittää tietyn kynnyksarvon. Aktiopotentiaalin jännitepulssi siirtyy aksonissa vakiona. Tätä on monissa lähteissä verrattu dominopalikoiden kaatumiseen. Aktiopotentiaalin saapuessa soluun se vapauttaa välittäjäainetta, johon vastaanottavan solun reseptorit reagoivat. Vastaanottavan solun reseptorit aiheuttavat solussa inhibitorisen tai eksitatorisen ionivirran. Lopulta aktiopotentiaali mahdollistaa myös lihasten aktivaation. Aktiopotentiaaliin tarvittava energia saadaan ATP:stä, eli adensiinitrifosfaatista, jota ihmisen solut muodostavat ravintoaineista. (Augustine ym. 2012, 26, 41–42, 50, 71–72.)

3 Lihakset

Ihmisellä on kolme erilaista lihastyppiä: poikkijuovaiset lihakset (tahdonalaiset luurankolihakset), sydänlihas ja sileät lihakset. Luurankolihakset mahdollistavat ihmisen liikkumisen, ja ne ovat suurimmaksi osaksi tahdonalaisia. Sydänlihas nimensä mukaisesti mahdollistaa sydämen toiminnan. Sileitä lihaksia löytyy sisäelimistä ja verisuonista. Sileät lihakset ovat autonomisia, joten ihminen ei pysty itse aktivoimaan niitä. (Derrickson & Tortora 2009, 302.)

3.1 Poikkijuovainen lihassolu

Lihassolun tärkeimmän tehtävän, supistumisen, mahdollistavat lihassäikeet eli myofibrillit. Aktiini- ja myosiinisäikeet liukuvat lomittain lihaksen supistuessa ja muodostavat sarkomeerin. Peräkkäin olevat sarkomeerit muodostavat myofibrillin (Kuvio 3.). (Derrickson & Tortora 2009, 304–308.)



Kuvio 3. Lihassyyn poikkileikkaus. (What training intensities are optimal for specific muscle fibre recruitment 2012.)

Lihassyty voidaan jakaa hitaisiin ja nopeisiin. Lihakset tuottavat energiansa, adenosiinitrifosfaatin (ATP), hapen avulla. Hitaat lihassyty (tyyppi 1) kestävät hyvin pitkäaikaisesta kuormituksesta, koska energiantuotto tapahtuu tehokkaasti aerobisessa liikkumisessa. Tyyppin 1 lihassyiden voimantuotto on kuitenkin melko vähäistä. Tyyppin 1 lihassyissä on paljon myoglobiinia, joka pystyy sitomaan itseensä runsaasti happea. Tyyppin 1 lihassyiden tärkein tehtävä on asennon ylläpito ja aerobinen liikunta. (Derrickson & Tortora 2009, 325–326.)

Nopeita lihassyitä on kaksi. Lihassyityyppi 2A käyttää energiantuotantoon happea sekä glykolyysia riippuen lihaksen voimantuotosta. Aerobisessa tilassa hapen käyttö on riittävää energiantuotannon kannalta, anaerobisessa tilassa 2A-tyyppi käyttää glykolyysia. Lihassyityypin 2A tärkeimmät tehtävät ovat kävelyn ja juoksun aikana. (Derrickson & Tortora 2009, 325–326.)

Lihassyityppi 2B on hyvin nopea ja voimakas. Energiantuotanto on suurimmaksi osaksi glykolyysia. 2B on käytössä anaerobisessa tilassa, voimaa ja nopeutta vaativissa lyhytkestoisissa tehtävissä. (Derrickson & Tortora 2009, 325–326.)

3.2 Jalkapalloilijan lihakset

Jalkapallossa rasittuvat luonnollisesti eniten alaraajojen lihakset. Jalkapalloilijoiden tyypillisin ongelma-alue on reisi. Jalkapallossa korostuvat liikkeet ovat potkiminen, juokseminen ja hyppiminen, jotka vahvistavat etureiden lihaksia (quadriceps) hyvin voimakkaaksi takareiden lihaksiin (hamstring) verrattuna. Tämä epätasapaino saattaa aiheuttaa jalkapalloilijalle lihasten venähdyksiä tai repeämiä. (Airaksinen, Keurulainen, Koistinen, Mattson, Peterson, Read & Renström 2002, 486.)

Ekstrand ym. (2011) tutki erittäin laajassa tutkimuksessa ammattijalkapalloilijoiden lihasvammoja. Tutkimuksessa oli mukana 51 joukkuetta ja yhteensä 2299 pelaajaa. Joukkueet olivat seurannassa 1–9 pelikautta, vuosina 2001–2009. Tutkimuksessa todettiin, että 31 prosenttia kaikista jalkapalloilijoiden vammoista on lihasvammoja. 92 prosenttia lihasvammoista, joiden takia loukkaantunut pelaaja joutui jättämään joukkueetapahtuman väliin, kohdistui neljään suurimpaan alaraajojen lihasryhmään: takareisi (37 %), lähentäjät (23 %), etureisi (19 %) ja pohjelihakset (13 %). Uusiutuvia vammoja kaikista vammoista oli 16 prosenttia, näiden vammojen kuntoutumisjakso

oli huomattavasti pidempi kuin ensimmäisellä vammautumiskerralla. Huomattava määrä lihasvammoista syntyi ilman kontaktia vastustajaan (95 %). Dominoivan alaraajan vammoista korostui nelipäinen reisilihas (60 %), oletettavasti potkujen määrän takia. Muissa lihasryhmissä dominoivan ja toisen alaraajan välillä ei huomattu merkittävää eroa. Tutkimuksen mukaan pelitapahtumassa loukkaantuminen on kuusi kertaa todennäköisempää kuin harjoitustapahtumassa. (Ekstrand ym. 2011.)

4 Hermo-lihasjärjestelmän väsyminen

Lihäsväsyminen on fysiologinen tapahtuma, joka aiheuttaa lihaksen voimantuoton heikentymisen. Hermojen ja lihasten yhteistyö on monimutkaista ja siihen vaikuttavat monet eri osa-alueet, joten myös lihäsväsymys voi johtua monista eri syistä. (Enoka 2002, 374–375.)

4.1 Sentraalinen lihäsväsymys

Sentraalisella lihäsväsymyksellä tarkoitetaan keskushermoston heikkoutta aktivoida tahdonalaisia liikkeitä maksimaalisella voimalla. Tekijöinä voivat olla motivaatio, motoristen yksiköiden rekrytoinnin heikkous ja sähköisten signaalien välittymisen heikkous. (Enoka 2002, 374–377.)

Meeusen (2007) on nostanut useissa tutkimuksissaan esiin serotoniini 5-HT:n, joka on aivojen välittäjäaine. Meeusen on lisännyt 5-HT:n yhdeksi mahdolliseksi tekijäksi sentraalisessa väsymyksessä, mutta vielä ei ole tarpeeksi luotettavaa tutkittua tietoa asiasta. Nopeus-voimatyyppisen aktivaation heikkous johtuu suurimmaksi osaksi sentraalisesta lihäsväsymyksestä, sillä nopeus-voima-aktivaation aikana hermoston aktiivisuus kasvaa isoksi, kun taas lihastyö jää suhteellisen lyhyeksi. Sentraalinen väsymys näkyy pienempänä voimantuottona tahdonalaisesti supistettaessa lihasta, verrattuna sähköisesti stimuloitavaan voimantuottoon. (Meeusen, Hasegawa, Piacentini, Roelands, & Watson 2006, 881–909; Meeusen, Hasegawa, Piacentini, Roelands, & Watson 2007, 857–864.)

4.2 Perifeerinen lihasväsymys

Perifeerinen lihasväsymys vaikuttaa hermo-lihasliitoksessa tai sen distaalisella tasolla. Syitä perifeeriseen lihasväsymykseen ovat hermojen toiminnan heikkeneminen, lihassolujen sähköisten ominaisuuksien tai toimintakyvyn lasku tai se, ettei aktiopotentiaali välity tarpeeksi voimakkaasti. Laktaatin määrä lihaksessa vaikuttaa perifeeriseen lihasväsymykseen. (Mickleborough & Shei. 2013.)

Bigland-Ritchien ja Woodsin (1984) mukaan perifeerisen lihasväsymyksen taustalla saattaa olla asetyylikoliinin (aivojen välittäjäaine) heikkeneminen motorisessa päätelevyssä. Toinen perifeerisen lihasväsymyksen taustavaikuttajista saattaa olla PH-arvon lasku, josta seuraa kalsiumionien toiminnan heikkeneminen, poikittaissiltojen muodostumisen vaikeus, energiatuotannon hidastuminen ja lihassolun supistumisen heikkeneminen. (Bigland-Ritchie & Woods 1984, 691–699.)

4.3 Metabolinen lihasväsymys ja mentaalinen väsymys

Lihasten toimintaan tarvittava energia saadaan ATP:stä. Lihassolut saavat ATP:tä glukosimolekyylistä (sokeri), rasvamolekyylistä ja proteiinien aminohappomolekyylistä. Proteiineja käytetään vain pitkäkestoisessa rasituksessa. Aerobisen rasituksen aikana ATP:tä muodostuu lihassolujen mitokondrioissa hapen avulla. Ilmiötä kutsutaan Krebsin kierroksi. Anaerobisen rasituksen aikana lihassolujen hapensaanti ei ole riittävää, ja lihassolujen täytyy muodostaa ATP:tä glykolyttisesti eli hajottamalla ravintoaineita ilman happea. ATP:tä saadaan anaerobisella energiantuotolla reilusti aerobista vähemmän ja lisäksi glykolyysin seurauksena lihakseen syntyy palorypälehapon kautta maitohappoa ja vetyioneja. Maitohapon ja vetyionien kerääntyessä lihas väsy. Harjoittelu vaikuttaa elimistön kykyyn kestää maitohappoa ja vetyioneja, sekä poistaa niitä. Lihasten ollessa levossa ATP:tä käytetään lihasten rakennus- ja uudistusreaktioihin, anaboliaan. (Ahonen, Lahtinen, Pogliani, Sandström & Wirhed 1998, 81–85.)

Raskas, päämäärätön tai yksitoikkoinen työ, huono unenlaatu tai huono terveydentila voivat johtaa mentaaliseen väsymykseen. Ihmisen kognitiiviset ominaisuudet, kuten oppimiskyky, muisti ja havainnointikyky, heikentyvät. Myös psyykinen stressi voi

vaikuttaa vahvasti. Ihminen voi kokea olevansa väsynyt, voimaton ja kärsiä motivaation puutteesta. Mentaalinen väsymys vaikuttaa myös negatiivisesti fyysiseen suorituskyykyyn, kuten kestävyysominaisuuksiin. (Manning, Marcora, & Staiano 2009.)

4.4 NFOR ja OTS

Non-functional overreaching (NFOR) on tila, joka syntyy kuormituksen ja palautumisen välisestä epätasapainosta. Uusimmat tutkimukset osoittavat, että myös sosiaalinen stressi ja psykologinen stressi kasvattavat NFOR:n todennäköisyyttä. NFOR aiheuttaa suorituskyyvyn alenemista ja saattaa edetä ylikuntotilaan (overtraining syndrome, OTS), jos siihen ei puututa. NFOR:n hoitaminen onnistuu vain levolla. Yleensä palautuminen kestää pari viikkoa, mutta OTS saattaa kestää useita kuukausia. Urheilijan suorituskyyvyn seuranta on siis todella tärkeää, kun pyritään ehkäisemään NFOR tai OTS. Valitettavasti täysin luotettavaa keinoa havaita NFOR ei ole. (Audriffen ym. 2012; Backx ym. 2012; Budgett 1998; Lemmink ym. 2006; Meeusen ym. 2007.)

Useissa lähteissä NFOR:n diagnoimiseksi nostetaan seuraavat keinot:

- säännölliset suorituskyyvynmittaamiset (Budgett 1998)
- mielialakyselyt (POMS ja RESTQ-sport) (Backx ym. 2012)
- leposykkeen nousu (Audriffen ym. 2012)
- hormonipitoisuuksien vaihtelevuus (kasvuhormonin lasku, adrenokortikotrooppisen las-
ku ja kortisolin lasku) (Meeusen ym. 2007)
- psykomotoriset taidot paineen alla (Lemmink ym. 2006).

Meeusen ym. (2007) nostaa tutkimuksissaan esiin ns. central fatigue-hypoteesin, joka perustuu jatkuvan kuormituksen jälkeiseen aivojen välittäjäaineiden toiminnan häiriintymiseen.

5 Jalkapalloilijan kausi

Harjoituskaudella pyritään yleensä kehittämään yhtä tai kahta ominaisuutta kerrallaan, sekä ylläpitämään muita ominaisuuksia. Tietyn ominaisuuden kehittämiseksi harjoitteita on tehtävä tehoharjoitteluna, jotta ominaisuuden kehittyminen on mahdollista. Peruskuntoa kehittäessä harjoituksen intensiteetti pidetään matalana, mutta

määrällisesti harjoitteita tulee paljon. Voimaharjoittelussa suoritukset ovat lyhyitä, mutta suorituksen teho on korkea. Voimaharjoittelussa pyritään kehittämään lihaksen aineenvaihduntaa, lisäämään lihaksen massaa ja parantamaan hermo-
lihasjärjestelmän toimivuutta. Nopeuskaudella keskitytään räjähtävään voimaan, hermoston reaktionopeuteen ja tekniikkaan. Suoritukset ovat suhteellisen lyhyitä ja melko tehokkaita. (Kulmala n.d.)

Jalkapalloilijan kausi koostuu harjoituskaudesta, pelikaudesta ja ylimenokaudesta. (Sport fitness advisor n.d). Harjoituskauden pituus on hyvin vaihtelevaa johtuen jalkapallosarjojen erilaisesta pelirytmistä ja pituudesta. Esimerkiksi kotimaisessa jalkapalloliigassa harjoituskausi sijoittuu yleensä tammikuusta helmikuun loppuun. Harjoituskaudella kuormitus on fyysisesti rankkaa, koska harjoittelun tavoitteena on parantaa pelaajan fyysisiä ominaisuuksia. Peruskuntoa kehitetään yleensä harjoituskauden alussa, eli tiedossa on paljon erilaisia juoksuharjoitteita, joka parantaa muun muassa hapenottokykyä. Myös voimaharjoittelu liitetään yleensä harjoituskauden alkuun. Harjoituskauden loppupuolella keskitytään enemmän taktisiin asioihin sekä pyritään kehittämään pelaajien nopeusvoimaa ja anaerobista kestävyyttä. Harjoittelussa pyritään saamaan functional overreaching tai FOR-tila päälle, mikä mahdollistaa pelaajan kehittymisen. FOR-harjoittelua tehdään reilusti ennen kisakauden alkua, jolloin pelaajalla on riittävästi aikaa palautua harjoittelusta. Harjoituskauden muita tavoitteita ovat joukkueen taktisen pelisysteemin sisäistäminen ja joukkuehengen tiivistyminen. Kisakauden aikana harjoitustapahtumat keskittyvät enemmän pelin taktisiin osaluokkiin, suorituskyvyn ylläpitämiseen ja yksilöllisiin pelillisiin asioihin. Kisakaudella huomattavasti enemmän kuormitusta aiheuttaa pelitapahtumien kasvanut vaatimustaso ja stressi.

Ylimenokaudella pyritään ylläpitämään saavutettuja ominaisuuksia ja palautumaan mahdollisesti kauden aiheuttamista vammoista tai psyykkisestä stressistä. Ylimenokaudella joukkueen yhteiset harjoitukset usein vähenevät tai loppuvat kokonaan, pelaajat tekevät omatoimista harjoittelua, vaikkakin omatoimisuuden taustalla on usein valmentajan antamat ohjeet.

6 Aineisto, mitattavat ominaisuudet ja mittausmenetelmät

Mittaustapahtumiin osallistui yhteensä 20 ammattilaisjalkapalloilijaa. Mittaukset suoritettiin kevään ja kesän aikana 2015. Seurantajakso oli yhteensä 29 viikkoa, jonka aikana pelaajat testattiin 18 kertaa.

Hermoston kuormituksen seurauksena hermoston kyky aktivoida motorisia yksiköitä nopeasti heikkenee. Tämän takia ihmisen nopeusvoimaominaisuudet kärsivät. Tässä opinnäytetyössä käytetyt mittausmenetelmät olivat hyppyvalomatolla mitatut kevennyshyppy (counter movement jump, CMJ), jonka avulla mitattiin hypyn korkeus ja pudotushyppy (drop jump, DJ), josta mitattiin hypyn korkeus ja reaktioaika. Kyseiset mittausmenetelmät valittiin, koska ne mittaavat jalkapalloilijalle tärkeiden lihasten toimintaa, sekä ovat hyviä ja laajasti käytössä olevia hermoston toimintaa mittaavia menetelmiä. (Taylor 2012, 56–57; Gathercole, Sleivert, Sporer & Stellingwerff 2015a, 2015b.)

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin pelaajien nopeusvoiman ominaisuuksia. Nopeusvoima voidaan jakaa räjähtävään voimaan ja pikavoimaan. Se edellyttää hermolihaskäyttöä paljon. Räjähtävällä voimalla tarkoitetaan lihaksen nopeasti tuottamaa mahdollisimman suurta voimaa. Voimantuoton suuruus riippuu motoristen yksiköiden aktivoinnin nopeudesta (syttymistiheys), aktiivisten motoristen yksiköiden määrästä ja yksiköiden syttymisen ajoittumisesta. Pikavoimalla tarkoitetaan hermolihaskäyttöä tuottamaa voimaa mahdollisimman nopeasti. (Misikangas 1997.) Räjähtävän voiman mittarina käytettiin kevennyshypyn korkeutta ja pikavoiman mittarina pudotushypyn reaktioaikaa ja korkeutta.

Mittaukset pyrittiin suorittamaan viikoittain, ottaen huomioon pelaajan kuormitus ja mahdollisuus suorittaa mittaus. Pelitapahtumasta palautuminen otettiin huomioon mittauksissa, siten että pelanneet pelaajat eivät osallistuneet mittauksiin seuraavana päivänä. Mittaukset suoritettiin valvottuna. Pelaajat tekivät alkuverryttelyn ennen suoritusta. Jokaisella mittauskerralla pelaajat tekivät yhteensä kolme suoritusta, yksi kevennyshyppy ja kaksi pudotushyppyä. Pudotushyppy tehtiin 30 senttimetrin pudotuksella ja päkiähyppyllä. Kevennyshypystä otettiin ylös hypyn korkeus senttimetreinä,

pudotushypystä laskettiin kahdesta muuttujasta indeksiluku (korkeus (cm)/reaktioaika (s)), jotta saatiin vertailukelpoisempi arvo.

7 Tulokset

Opinnäytetyössä seurattiin yhteensä 20 ammattijalkapalloilijaa 29 viikon ajan. Testitapahtumat aloitettiin 10 viikkoa ennen kisakauden alkamista, jotta pystyttiin vertaamaan harjoituskauden ja kisakauden tuloksia. Hyppytestit pyrittiin tekemään viikoittain, ottaen huomioon pelaajien kuormitustaso sekä harjoitus- ja peliohjelma. Joka viikko testitapahtumia ei kyetty järjestämään. Testit suoritettiin 18 kertaa.

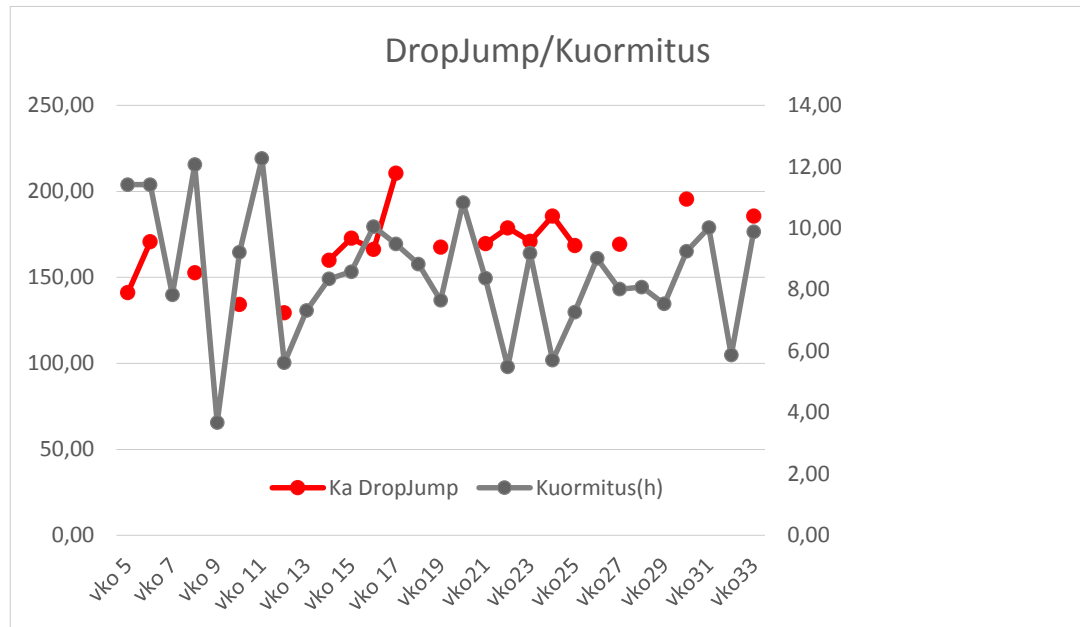
Testiryhmään kuuluvien pelaajien etu- tai takareiteen kohdistuneet, joukkueen tapahtumiin osallistumisen estävät vammat kirjattiin ylös. Yhteensä lihasvammoja 29 viikon aikana syntyi 15 kappaletta. Näistä uusiutuneita lihasvammoja oli 4 kappaletta. Yhteensä 11 eri pelaajaa kärsi vähintään yhden lihasvamman. Pelitapahtumissa lihasvammoja oli 10 kappaletta 15:stä. Harjoituksissa tapahtuneista lihasvammoista 4 kappaletta oli uusiutuvia loukkaantumisia. Takareiden vammoja oli yhteensä 7 pelaajalla. Lopuilla 4 pelaajalla vamma kohdistui etureiteen.

7.1 Kuormittavuuden vaikutus testituloksiin

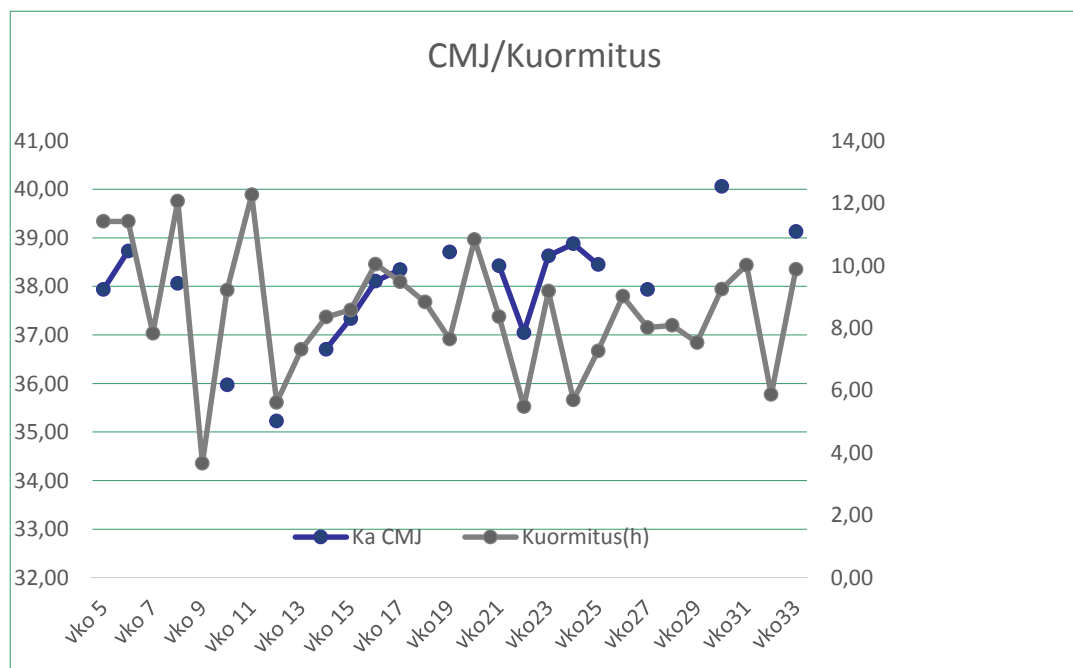
Kuvioissa 4 & 5 on esitetty pelaajien testitulosten (pudotushyppy & kevennyshyppy) keskiarvot mittausviikoilta sekä joukkueen viikoittaisen kuormituksen määrä tunteina.

Pudotushypyn tuloksissa on huomattava ero harjoituskauden (viikot 5–15) ja kisakauden (viikot 15–33) välillä. Testiviikkojen neljä heikointa tulosta löytyy harjoituskaudelta (viikot 5, 8, 10 ja 12). Huomioitavaa on harjoituskauden ja kisakauden kuormituksen laadun erot, jotka kerrotaan kohdassa ”Jalkapalloilijan kausirytmii”. Kisakauden ollessa käynnissä testitulokset pysyvät melko tasaisina. Ensimmäinen kuntopiikki pudotushypyn tuloksissa näkyy viikolla 17, toinen molemmissa testituloksissa viikolla 30. Viikon 30 piikkiä voisi mahdollisesti selittää tärkeiden pelien voittamisesta johtuvalla psykologisella vaikutuksella. Testit tehtiin yleensä alkuvuikosta, joten kaaviossa edellisen viikon harjoitus- ja pelikuormitus ovat suuremmassa roolis-

sa seuraavan viikon tuloksiin. Kasvava kuormitus näyttäisi nostavan myös testitulosten arvoja. Täysin selkeää kaavaa tässä ei kuitenkaan ole huomattavissa. (Kuviot 4 & 5.)

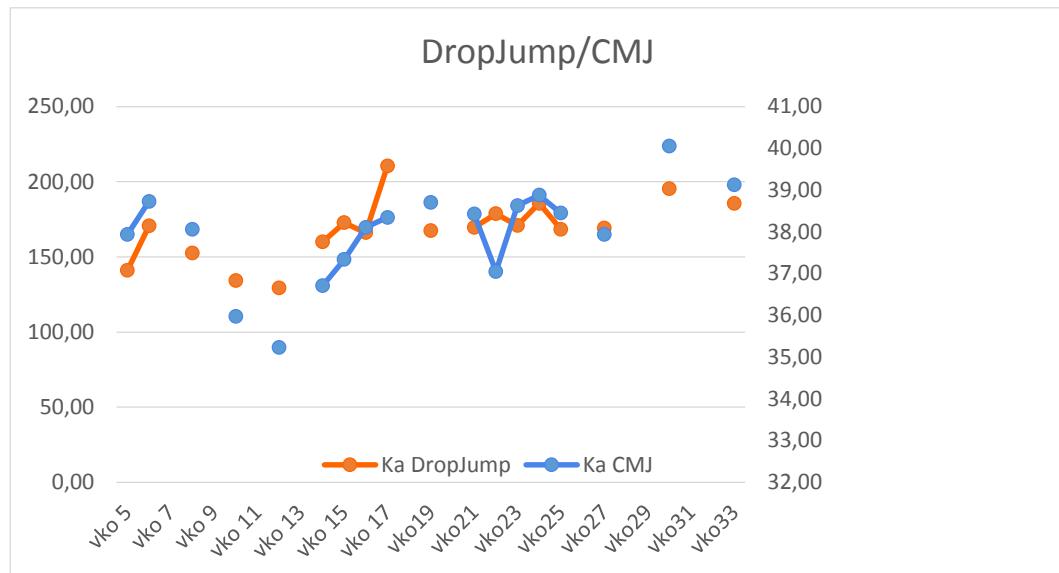


Kuvio 4. Pudotushypyn tulokset verrattuna kuormitukseen.



Kuvio 5. Kevennyshypyn tulokset verrattuna kuormitukseen.

Testituloksia toisiinsa vertailtaessa (kuvio 6) huomataan selkeää yhtäläisyyttä. Tulokset kasvavat ja pienenevät suunnilleen samassa suhteessa, ainoat poikkeukset löytyvät viikoilta 16 ja 22.

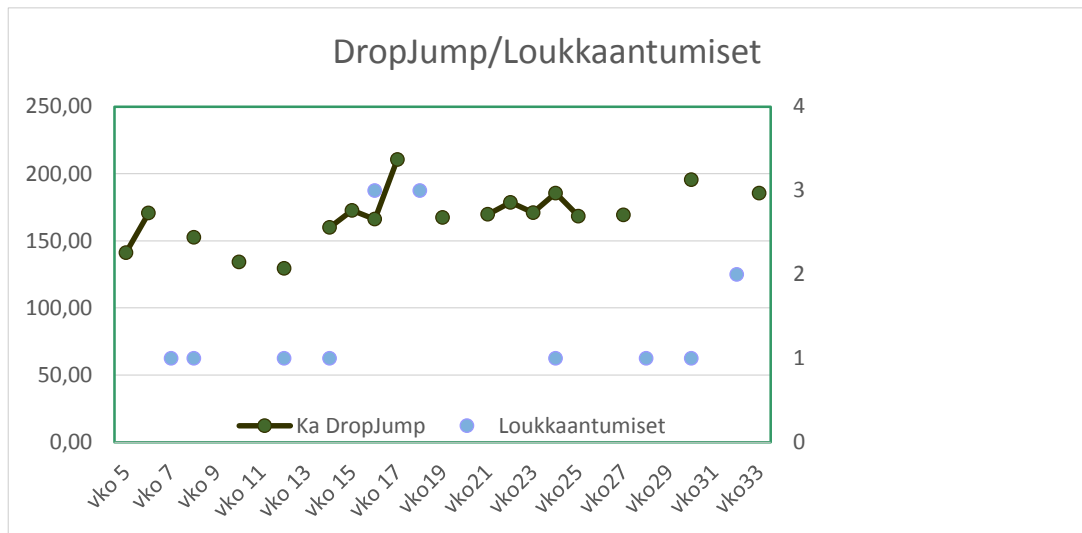


Kuvio 6. Pudotushypyn ja kevennyshypyn tulokset vertailussa.

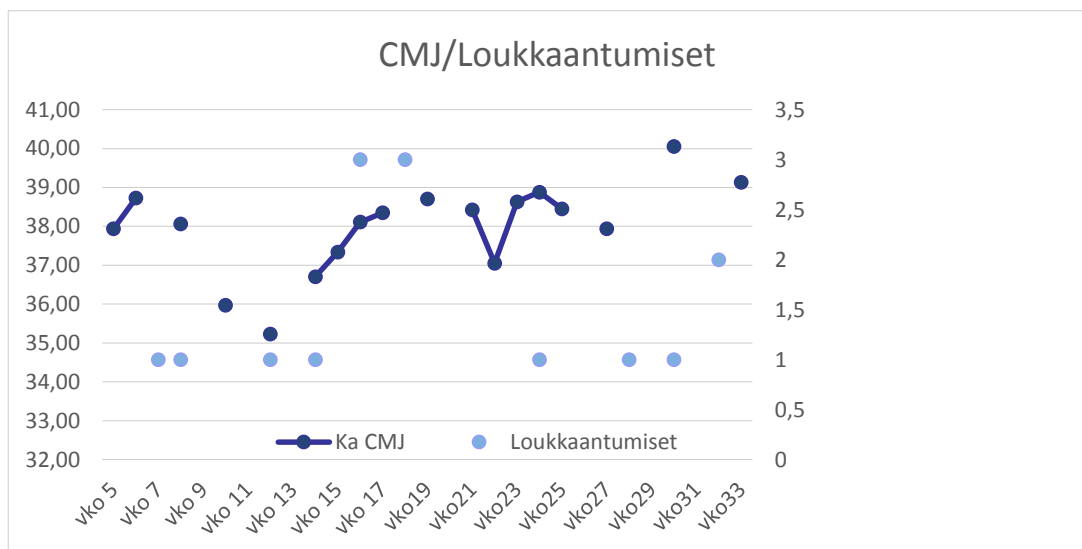
7.2 Mittaustulosten ja kuormituksen vaikutus loukkaantumisiin

Loukkaantumisia analysoidessa on tärkeä muistaa, että yksittäinen loukkaantuminen voi johtua monista asioista. Tutkimusten mukaan etu- ja takareisivammat syntyvät usein ilman kontaktia, joten vammojen syyt löytyvät lihasepätasapainosta, hermo- ja lihaskudoksesta tai uusiutuvasta vammasta. (Hölminch & Petersen 2005.)

Testijakson ajalle osui kolme eri viikkoa jolloin reisivammoja syntyi enemmän kuin yksi kappale. Kisakauden alussa viikoilla 16 ja 18 reisivammoja syntyi 3 kappaletta molemmilla viikoilla. Ennen loukkaantumisia kevennyshypyn ja pudotushypyn testitulokset ovat nousujohteisia. Viikolla 17 pudotushypyn testitulokset olivat selvästi testijakson korkeimmat, mikä viittaisi siihen, että testitulosten selvä kasvu lisää loukkaantumisriskiä. Viikolla 32 syntyi kaksi reisivammaa. Näitä vammoja edeltävät testitulokset mitattiin 1,5 viikkoa ennen loukkaantumisia, joten näihin loukkaantumisiin ei voida varmuudella liittää testituloksia, vaikkakin yhtäläisyyttä löytyy edellisiin loukkaantumisiin, koska testitulokset ovat selvästi kohonneet. (Kuviot 7 & 8.)

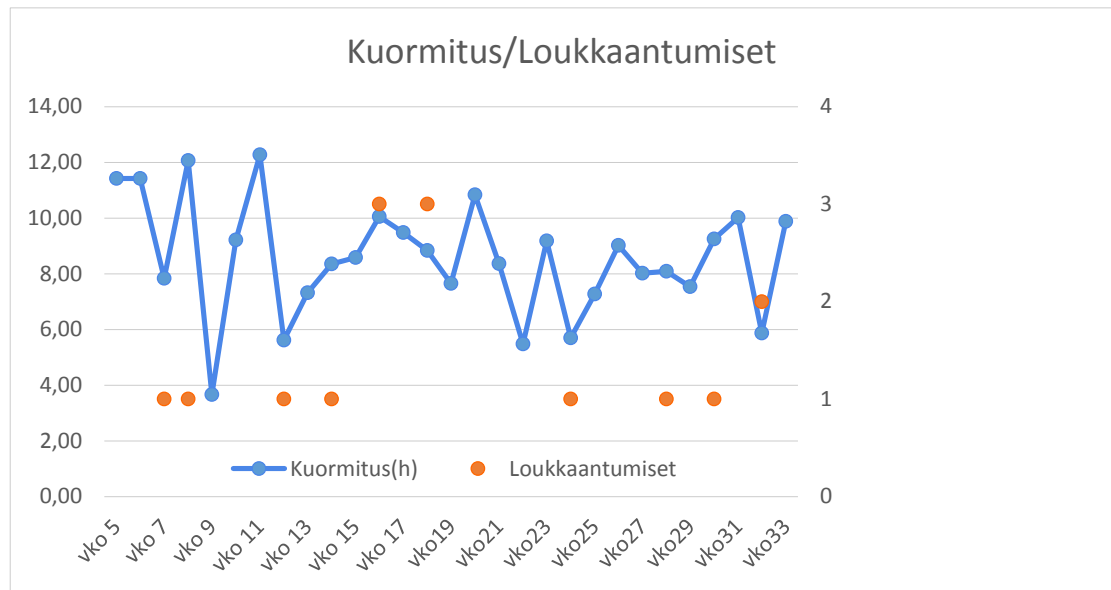


Kuvio 7. Pudotushypyn tulokset verrattuna loukkaantumisiin



Kuvio 8. Kevennyshypyn tulokset verrattuna loukkaantumisiin.

Kuormituksen osalta loukkaantumissumat osuvat tasaisesti kasvaneen kuormituksen jälkeen. Kun kuormitus lähenee tasaisesti 10h/viikko loukkaantumiset lisääntyvät. (Kuvio 9.)



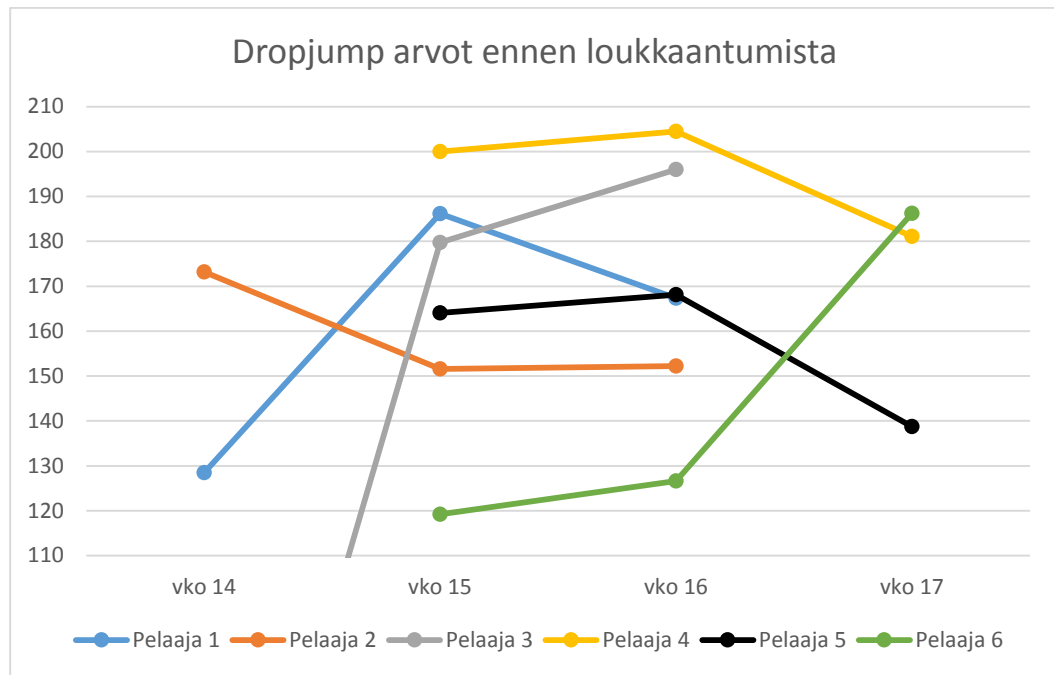
Kuvio 9. Kokonaiskuormituksen määrä verrattuna loukkaantumisiin.

7.3 Yksilöllisten testitulosten vaikutus loukkaantumisiin

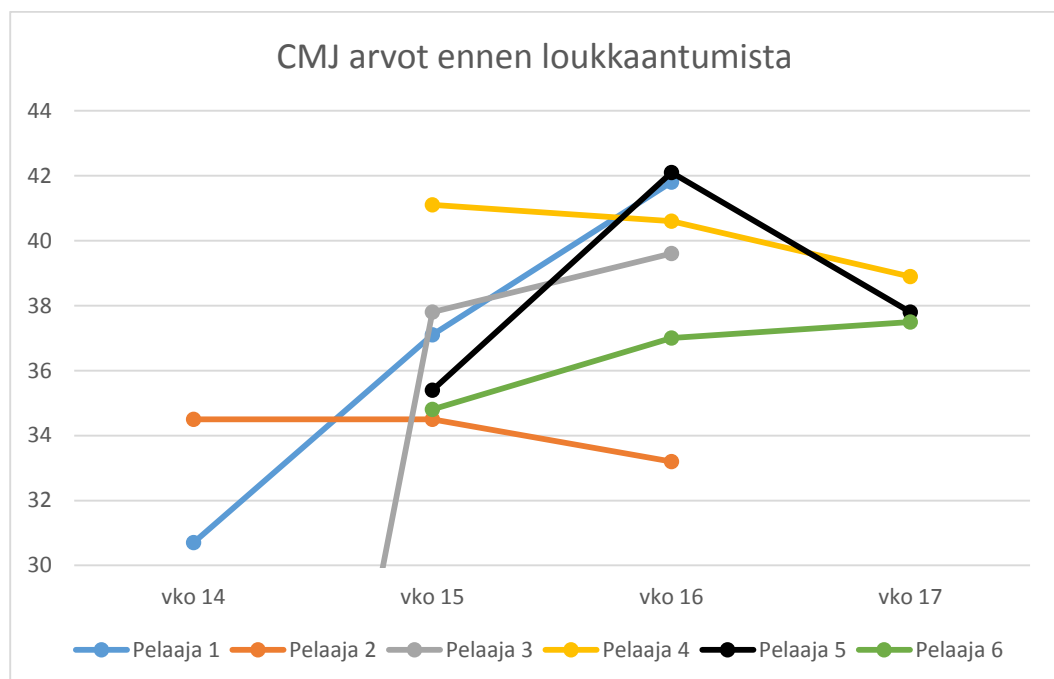
Loukkaantuneiden pelaajien testituloksia tutkittaessa ei löydy yhteistä tekijää. Kaaviot 10 ja 11 kuvaavat kuuden loukkaantuneen pelaajan kolmea loukkaantumista edeltävää testitulosta. Molemmista testeissä ennen loukkaantumista kolmella pelaajalla testitulosten arvot ovat nousseet ja kolmella laskeneet.

Huomioitavaa on loukkaantumista edeltävän testikerran tuloksen muutos edelliseen viikkoon verrattuna. Vain yhdellä loukkaantuneista pudotushypyn arvonmuutos oli alle 16 indeksiyksikköä. Muiden loukkaantuneiden muutos edelliseen viikkoon verrattuna oli vähintään 11,4 prosenttia.

Kevennyshypyn tuloksissa muutokset ovat paljon maltillisemmat. Kahdella pelaajalla muutokset ylsivät yli 4,5 senttimetriin edelliseen viikkoon verrattuna, joka on yli 10 prosenttia muutos molemmilla pelaajilla, muilla pelaajilla muutokset jäivät alle 4,8 prosentin.



Kuvio 10. Kolme edellistä pudotushyppytulosta ennen loukkaantumista



Kuvio 11. Kolme edellistä kevennyshyppytulosta ennen loukkaantumista.

8 Ennaltaehkäisy

Hermo-lihasjärjestelmän kuormittumisen seurannassa on otettava huomioon useita asioita, eikä ennaltaehkäisykään ole yksinkertainen asia. Ammattiurheilijan täytyy tehdä ”töitä” vuorokauden ympäri, jotta oma keho pysyy tarvittavassa kunnossa.

Elämän aikataulutus, ravinto ja lepo ovat suuressa arvossa hermostollisen kuormituksen ja palautumisen suhteen. Unenlaatua arvioivia laitteita ja mittareita on olemassa runsaasti. Yksi tämän opinnäytetyön tavoitteista on luoda hermo-lihasjärjestelmää aktivoivia harjoitteita, joilla voidaan ennaltaehkäistä loukkaantumisia.

Kansainvälinen jalkapalloliitto (FIFA) on lanseerannut jalkapalloilijoiden alkulämmittely- ja loukkaantumisen ehkäisyohjelman, FIFA11+. Ohjelma perustuu tutkittuun ja hyväksi havaittuun tietoon jalkapalloilijoiden yleisimmistä loukkaantumisista ja niiden ehkäisymenetelmistä. Harjoitteet on suunniteltu parantamaan keskivartalon ja alaraajojen voimaa, kehontietoisuutta, proprioseptiikkaa ja hermolihaskontrollia/-reaktiota sekä staattisessa että dynaamisessa liikkeessä. Vuonna 2008 tehdyssä tutkimuksessa, johon osallistui 1892 iältään 13–17-vuotiasta tyttöjalkapalloilijaa, FIFA11+-harjoitteita suorittaneiden loukkaantumistilastot olivat selvästi pienemmät kuin kontrolliryhmällä. (Andersen ym. 2008.)

Tasapainoharjoitteilla, kuten yhden jalan seisonnalla, istuen tasapainoilemalla, este-radan suorittamisella ja yhden jalan hypyillä, on todettu olevan iso ennaltaehkäisevä vaikutus takareiden lihasvammoihin. Kraemerin ja Knoblochin (2009) tekemässä tutkimuksessa todettiin jalkapalloilijoiden tasapainoharjoitteiden määrän/pituuden olevan suoraan yhteydessä pienenevään loukkaantumisriskiin. (Kraemer & Knobloch 2009.)

Eksentrisillä lihasharjoitteilla on todettu olevan myös vaikutus takareiden loukkaantumisriskiin. Tutkimuksen mukaan takareisivammat vähenivät jopa 71 prosenttia ryhmällä, joka suoritti Nordic hamstring-liikettä. (Budtz-Jorgensen, Hölmich, Nielsen, Petersen, & Thorborg 2011.)

Harjoitteita vammojen ennaltaehkäisyyn on esitetty liitteessä 1.

9 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää hermoston kuormittuneisuuden vaikutuksia ammattijalkapalloilijoiden etu- ja takareiden loukkaantumisriskiin. Hermoston kuormittuneisuutta mitattiin kevennyshyppy- ja pudotushyppytesteillä, joiden tuloksia verrattiin tutkimukseen osallistuvien harjoitus- ja peliminuuttien määrään viikkota-

solla. Loukkaantumisriskin arvioimisen lisäksi opinnäytetyössä nousi esiin edellä mainittujen hyppytestien sopivuuden arvioiminen alaraajojen hermoston kuormittuneisuuden arvioimiseen.

Tavoitteena oli saada hyppytesteistä tulokset viikoittain, mikä ei toteutunut joukkueen kiireellisen aikataulun ja joukkueen suuren kuormituksen takia. Hyppytestit veivät joukkueen yhteisestä ajasta noin 15–20 minuuttia jokaista testikertaa kohden. Testejä tehtiin 29 viikon aikana yhteensä 18 kertaa. Alkuperäinen oletus tulosten ja loukkaantumisten suhteesta oli, että tulosten tippuessa, hermoston kyky aktivoida motorisia yksiköitä on heikentynyt ja hidastunut, jolloin loukkaantumisriski kasvaa. Tuloksia tarkasteltaessa todellisuus näyttää olevan päinvastainen. Loukkaantumissumat osuivat testitulosten huippuarvoille. Tulos herättääkin kysymyksen, voiko hermosto olla negatiivisessa mielessä ”ylivirittynyt”?

Koska testitulokset ovat yksilöllisiä, niitä on syytä tarkastella jatkossakin yksilön oman tason ja muutoksien mukaan. Pelaajien testitulokset saattavat poiketa toisistaan hyvinkin paljon ja muutoksia edellisiin viikkoihin voi olla runsaasti. Pelaajan yksilöllisen tason ja normaalin poikkeaman tuloksissa saa selville pelkästään pitkäjänteisellä testaamisella.

Tutkimuksen luotettavuus kärsii testituloksien epäsäännöllisyyden ja pienen osallistujamäärän takia. Useampia joukkueita testaamalla saadaan parempi käsitys keskimääräisistä tuloksista ja niiden muutoksista. Testitapahtumat pitäisi suunnitella valmiiksi kalenteriin jo alkukaudesta, jotta säännöllisyys säilyisi. Jalkapallossa, kuten kaikessa urheilussa, aikataulut muuttuvat varmasti kauden aikana, joten jokaviikkoinen testitapahtuma on luultavasti mahdotonta.

Tutkimuksen aikana osallistuville pelaajille tuli keskimääräistä enemmän lihasvammoja, yhteensä 15 lihasvammaa 11 eri pelaajalle 20 pelaajasta. Ekstrandin, Hägglundin ja Waldenin 2011 tekemään laajaan tutkimukseen verrattuna, jossa todetaan pelaajan keskimäärin saavan lihasvamman 0,6 kertaa yhden kauden aikana, on tämän tutkimuksen tulos pelaajan etu- tai takareiden lihasvamman yleisyydestä 0,75 kertaa 29 viikossa. Tuloksessa on huomioitava tämän tutkimuksen keskittyminen pelkästään etu- ja takareiden lihaksiin sekä huomattavasti lyhyempi aikaväli.

Hermostollinen kuormittuneisuus ei johdu pelkästään fyysisen kuormituksen määrästä. Myös unenmäärä ja laatu sekä psyykeeseen vaikuttavat asiat voivat heikentää hermoston toimintaa. Tästä syystä pelaajia testattaessa on hyvä ottaa huomioon myös unenlaatumittaukset ja mielialaa mittaavat psykologiset testit. Mielialakyselyistä hyvinä esimerkkinä toimivat POMS ja RESTQ-sport. Oikean ravinnon merkitys nousee myös suureen rooliin.

Lähteet

Ahonen, J., Lahtinen, T., Pogliani, G., Sandström, M. & Wirhed, R. 1998. Kehon rakenne, toiminta ja lihashuolto. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy.

Airaksinen, O., Keurulainen, J., Koistinen, J., Mattson, J., Peterson, L., Read, M. & Renström, P. 2002. Urheiluvammat. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy.

Andersen, T., Bahr, R., Bizzini, M., Dvorak, J., Holme, I., Junge, A., Myklebust, G., Silvers, H., Soligard, T. & Steffen, K. 2008. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomized controlled trial.

16.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](#): <

<http://www.bmj.com/content/337/bmj.a2469.full.pdf+html>>

Audriffen, M., Bherer, L., Bosquet, L., Dupuy, O., Fraser, S. & Lussier, M. Effect of overreaching on cognitive performance and related cardiac autonomic control. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 1 (24), 234–242.

Augustine, G., Fitzpatrick, D., Hall, W. & Purves, D. Neuroscience. 2012. Sunderland: Sinauer Associates, INC.

Backx F., Brink M., Schmikli S. & de Vries W. 2012. Monitoring performance, pituitary–adrenal hormones and mood profiles: how to diagnose non-functional overreaching in male elite junior soccer players. *British journal of sports medicine* 46 (14), 1019–1023.

Bigland-Richie, B. & Woods, J. 1984. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle and nerve* 7.

Bizzini, M., Chilvers, C., Dvorak, J., Hasler, H., Junge, A., Lamprecht, M. Reuter, H., Stamm, H. & Wyss, H. 2010. Countrywide campaign to prevent soccer injuries in swiss amateur players. 16.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](#): http://www.f-marc.com/downloads/scientific_papers/countrywide.pdf

Brodmann's brain. University of Michigan. n.d. Havainnollistava kuva koulun sivuilta.

19.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](#):

<http://umich.edu/~cogneuro/jpg/Brodmann.html>

- Budgett, R. 1998. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *British journal of sports medicine* 32 (2), 107–110.
- Budtz-Jorgensen, E., Hölmich, P., Nielsen, M., Petersen, J. & Thorborg, K. 2011. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer. A cluster-randomized controlled trial. *American journal of sports medicine* 11 (39), 2296–2303.
- deGroot, J. 1991. *Correlative Neuroanatomy*. San Francisco.
- Derrickson, B. & Tortora, G. 2009. *Principles of anatomy and physiology*, 12th edition, vol.1. Danvers: John Wiley & Sons.
- Ekstrand, J., Hägglund, M. & Walden, M. 2011. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *American journal of sports medicine* 6 (39).
- Enoka, R. 2002. *Neuromechanics of human movement*, 3rd edition. Champaign: Human kinetics.
- Gathercole, R., Sleivert, G., Sporer, B & Stellingwerff, T. 2015a. Alternative counter-movement-jump analysis to quantify acute neuromuscular fatigue. *International journal of sports physiology and performance* 10 (1), 84–92.
- Gathercole, R., Sleivert, G., Sporer, B & Stellingwerff, T. 2015b. Comparison of the Capacity of Different Jump and Sprint Field Tests to Detect Neuromuscular Fatigue. *The journal of strength and conditioning research* 29 (9). 2522–2531.
- Hölmich, P. & Petersen, J. 2005. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *British journal of sports medicine* 6 (39), 319–323.
- Kraemer, R. & Knobloch, K. 2009. A soccer-specific balance training program for hamstring muscle and patellar and Achilles tendon injuries: an intervention study in premier league female soccer. *American journal of sports medicine* 37 (7), 1384–1393.
- Kulmala, J-P. n.d. Harjoittelun jaksottaminen. Terve urheilija. 19.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com): <
http://terveurheilija.fi/kymppiympyra/monipuolinenliikuntajaurheilu/harjoittelunjak_sottaminen>

Lemmink K., Meeusen R., Mulder T., Nederhof E. & Visscher C. 2006. Psychomotor Speed Possibly a New Marker for Overtraining Syndrome. *Sports medicine* 36 (10), 817–828.

Manning, V., Marcora, M. & Staiano, W. 2009. Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal of applied physiology* 3 (106).

Meeusen, R., Hasegawa, H., Piacentini, M., Roelands, B. & Watson, P. 2006. Central fatigue – the serotonin hypothesis and beyond. *Sports medicine* 10 (36).

Meeusen, R., Hasegawa, H., Piacentini, M., Roelands, B. & Watson, P. 2007. Brain neurotransmitters in fatigue and overtraining. *Applied physiology, nutrition and metabolism* 5 (32).

Mickleborough, T. & Shei, R-J. 2013. Relative contributions of central and peripheral factors in human muscle fatigue during exercise: A brief review. *Journal of exercise physiology*. 19.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com): < https://www.asep.org/asep/asep/JEPonlineDECEMBER2013_Shei_Mickleborough.pdf>

Misikangas, J. 1997. Nopeusvoima. 16.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com): < <http://users.iyu.fi/~jthyvama/lentis/nopeusvoima.htm>>

Sport fitness advisor. 12 monthsoccer training program. n.d. 16.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com): < <http://www.sport-fitness-advisor.com/soccer-training-program.html>>

Taylor, K-L. 2012. Monitoring Neuromuscular Fatigue in High Performance Athletes. Edith Cowan University. Thesis for degree of philosophy. 16.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com): < <http://ro.ecu.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1582&context=theses>>

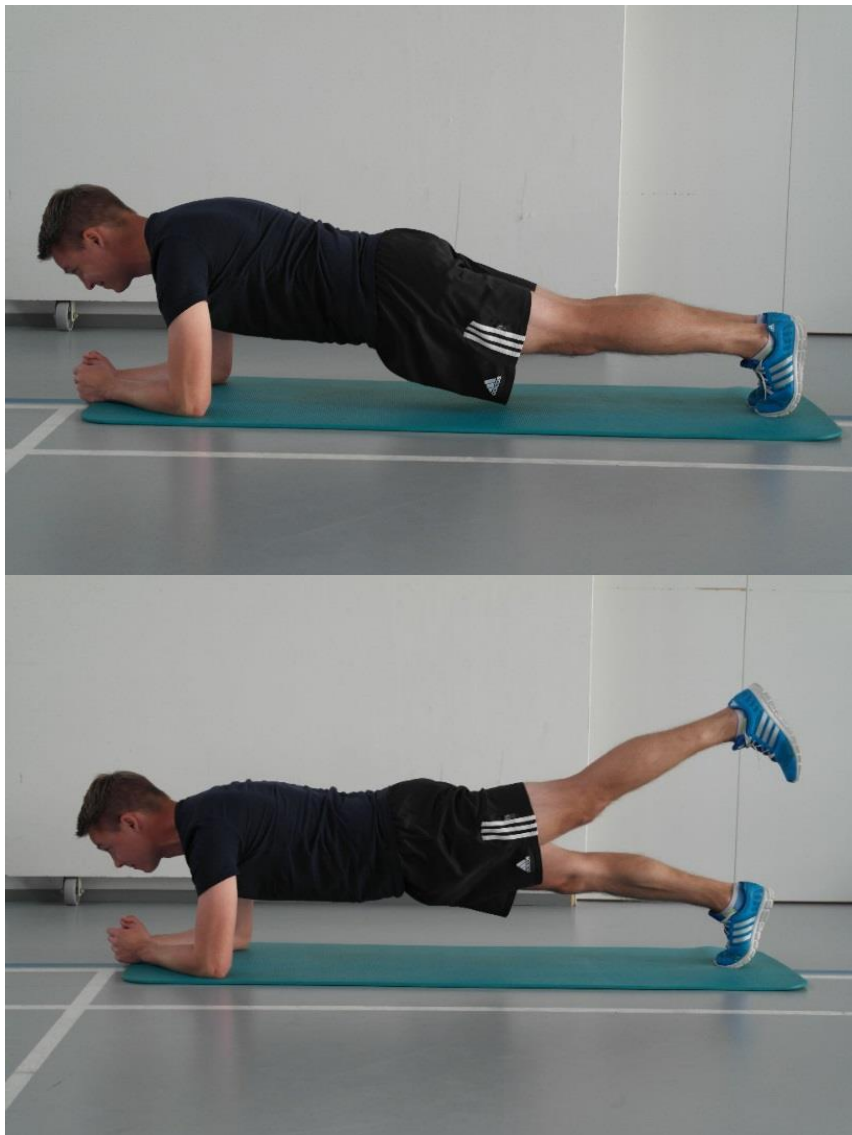
What training intensities are optimal for specific muscle fibre recruitment, 2012. 19.10.2015. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa.com): <http://getphysicaltoday.com/archives/2202>

Liitteet

Liite 1. Harjoitteita reisivammojen ennaltaehkäisyyn

Lankkupito & lankkupito jalkojen nostolla

- Niska suorana
- Lapatuki, eli rintakehä EI roiku olkapäiden varassa
- Selkäsuorana ja lantio tarpeeksi alhaalla
- Polvet suorana
- Helpommassa versiossa polvet voi laskea maahan
- Haastavammassa versiossa suoran jalan nosto, hallitsemalla samalla keskivartaloa



Sivuttaislankku jalkojen nostolla

- Niska suorana
- Keskivartalo suorassa linjassa, lantio EI tipu
- Polvet suorana
- Helpommassa versiossa polvet voi laskea maahan
- Haastavammassa versiossa suoran jalan nosto, hallitsemalla samalla keskivartaloa



Kuminauhalla lähentäjät ja loitontajat

- Paino tukijalalla
- Tukijalan polvi pienessä koukussa
- Tukijalan polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan
- Lantio osoittaa koko liikkeen ajan samaan suuntaan
- Liike niin pitkälle kuin hallinta säilyy
- Lähentäjät tehdään kuvan mukaisesti
- Loitontajaliike tehdään päinvastaiseen suuntaan, muuten identtisesti



Nordic Hamstring

- Polvet maassa, jalat kiinni puolapuissa tai esimerkiksi kaveri voi pitää nilkoista kiinni
- Vartalo suorana
- Ylävartalo ”kaatuu” maata kohti takareisillä jarruttaen
- Kun lihakset eivät enää pysty pitämään asentoa päästä ylävartalo tippumaan
- Käsillä maasta ponnistaen takaisin ylös



Lantionnosto

- Molemmat jalat maassa
- Polvet EIVÄT kosketa toisiaan
- Lantio nousee ylös niin, että vartalo muodostaa suoran linjan
- Haastavammassa versiossa vain yksi jalka maassa, lantio pysyy suorassa, eikä lähde putoamaan toiselta puolelta
- Toinen haastava versio jalat jumppapallon päällä



Yhden jalan seisonta

- Polvi pienessä koukussa
- Polvi ja varpaat osoittavat samaan suuntaan
- Helpompi versio tasaisella maalla
- Haastavampi versio tasapainotyynyn päällä
- Lisää haasteita saadaan:
 - Koskettamalla toisella jalalla eteen, sivulle ja taakse.
 - Peittämällä näkökyky
 - Heittämällä samalla palloa
 - Tekemällä pieni yhden jalan kyykky



Barca-kyykky

- Polvitaiveisiin ”valjaat”
- Polvet ja varpaat osoittavat samaan suuntaan
- Tehdään takapainoinen kyykky
- Selkä suorana

