



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Siiri Tura, Tanja Huusko

Joukkuevoimistelijoiden rasitusvammoja ennaltaehkäisevä voimaharjoittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Fysioterapeutti (AMK)

Fysioterapian koulutusohjelma

Opinnäytetyö

14.2.2019

Tekijät Otsikko	Siiri Tura, Tanja Huusko Joukkuevoimistelijoiden rasitusvammoja ennaltaehkäisevä voimaharjoittelu
Sivumäärä Aika	25 sivua 14.2.2019
Tutkinto	Fysioterapeutti (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Fysioterapian tutkinto-ohjelma
Ohjaajat	Fysioterapian lehtori Ulla Härkönen Fysioterapian lehtori Leena Piironen
<p>Joukkuevoimistelu on haastava laji, jossa urheilijalta vaaditaan liikkuvuuden ja ketteryyden lisäksi nopeutta ja voimaa. Kasvuikässä olevien nuorten urheilijoiden murrosiästä johtuvan kehon biomekaniikan ja hormonitoiminnan muutosten vuoksi keho altistuu helpommin rasitusvammoille. Hermolihasjärjestelmää aktivoivilla harjoitteilla ja spesifeillä tukiharjoitteilla olisi mahdollista ennaltaehkäistä samanaikaisesti äkillisiä vammoja ja rasitusvammoja; vahvistamalla erityisesti keskivartalon- ja lantion kontrollia, sekä polven linjausta.</p> <p>Tämän narratiivisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää, voidaanko joukkuevoimistelijoilla esiintyviä rasitusvammoja ennaltaehkäistä voimaharjoittelulla ja millaista rasitusvammoja ennaltaehkäisevän voimaharjoittelun tulisi olla. Kirjallisuushaku tehtiin systemaattisia tiedonhaun menetelmiä soveltaen joulukuussa 2018. Tietokantoina käytettiin PubMed- sekä Sponet-tietokantoja, joilla löytyi yhteensä 436 julkaisua. Näistä kirjallisuuskatsaukseen valikoitui lopulta 7 artikkelia.</p> <p>Tuloksissa ilmeni, että erilaisilla voimaharjoittelun muodoilla voidaan kehittää hyppyominaisuuksia ja vahvistaa kehon stabiiliteettia erityisesti lantion- ja polven kontrollin osalta. Erityisesti plyometrisellä ja vapailla painoilla tehdyllä harjoittelulla näyttäisi olevan vaikutusta räjähtävän voiman kehittymiseen. Rasitusvammoille altistavaksi tekijäksi osottautui alaraajojen heikentynyt lihasvoima, harjoitusohjelmaan sitoutumattomuus, sekä pelkkä lajiharjoittelun toteuttaminen. Näillä todettiinkin olevan vaikutusta erityisesti nilkka- ja polvivammoille altistumiselle.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksessa selvisi, että kehon stabiiliteettia vahvistavilla harjoitteilla, sekä erityisesti neuromuskulaarisella harjoittelulla on ainakin osittain vammoja ennaltaehkäisevä vaikutus. Tulevaisuudessa tulisi kuitenkin tutkia vielä tarkemmin, millainen vaikutus voimaharjoittelun eri muodoilla on erityisesti joukkuevoimistelijoiden rasitusvammojen ennaltaehkäisyssä.</p>	
Avainsanat	rasitusvammat, ennaltaehkäisy, voimaharjoittelu, joukkuevoimistelu

Authors Title	Siiri Tura, Tanja Huusko Resistance Training for Overuse Injury Prevention in Aesthetic Gymnastics
Number of Pages Date	25 pages February 2019
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Physiotherapy
Instructors	Ulla Härkönen, Senior Lecturer Leena Piironen, Senior Lecturer
<p>Aesthetic gymnastics is a challenging sport that requires not only mobility and agility, but also speed and strength from the athlete. Due to the changes in body biomechanics and hormone action during puberty, young adolescents are more prone to overuse injuries. Exercises that activate the neuromuscular system and specific support exercises could possibly be the key to preventing sudden and overuse injuries by strengthening core and hip control and the alignment of the knee.</p> <p>The purpose of this narrative literature review was to examine the possibilities of resistance training for overuse injury prevention purposes and to clarify the type of resistance training that is the most beneficial for overuse injury prevention in aesthetic gymnastics. The literature search was carried out in the Sponet and PubMed databases during winter 2018-2019. The outcome of this review consisted of seven original studies conducted between 2007 to 2018.</p> <p>Based on the results, different types of resistance training are an excellent way of developing jumping features and strengthening core, hip and knee stability. Especially plyometric and free weight resistance training seem to be the key in developing explosive power. Impaired lower body strength, weak compliance to training program and unilateral training turned out to be the predisposing factors for overuse injuries especially in the knee and ankle area.</p> <p>According to the findings of the narrative review, resistance training for stability and especially neuromuscular training have at least some preventing effects on overuse injuries. Future research should be more targeted for aesthetic gymnastics covering the special features of the sport and how to benefit from different types of resistance training for overuse injury prevention purposes in the sport.</p>	
Keywords	overuse injury, prevention, strength training, resistance training, aesthetic gymnastics

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tyypillisimmät rasitusvammat joukkuevoimistelussa	2
3	Rasitusvammoja ennaltaehkäisevä voimaharjoittelu	4
4	Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja työelämäyhteys	6
5	Opinnäytetyön toteutus	7
5.1	Tutkimussuunnitelma	7
5.2	Tiedonhaun vaiheet	9
5.3	Kirjallisuuskatsaukseen valitut tutkimukset	11
6	Tulokset	14
6.1	Voimaharjoittelun vaikutus rasitusvammoihin	14
6.2	Rasitusvammoja ennaltaehkäisevät voimaharjoittelun muodot	16
7	Pohdinta	20
	Lähteet	23

1 Johdanto

Joukkuevoimistelu on hyvin haastava ja monipuolinen laji, jossa voimistelijalta vaaditaan liikkuvuutta, voimaa, kestävyyttä, nopeutta ja ketteryyttä. Suomessa huippujoukkueiden ohjelmat sisältävät jopa 9 hyppyä ja lisäksi muita hyppelyitä, joissa vaaditaan voiman eri alalajeista erityisesti nopeusvoimaa. Ohjelman kesto on noin 2,5 minuuttia, jossa jo ensimmäisen minuutin aikana ylittyy anaerobinen kynnyks ja loppuvaiheessa urheilijat ovat lähellä maksimaalista suorituskykyä. (Takala 2010: 8-9.)

Naisten tullessa murrosikään kehon biomekaniikka ja hormonituotanto muuttuvat ja niiden on todettu olevan merkittävä syy vamma-alttiudelle. Estrogeenin lisäämä nivelsiteiden väljyys ja muuttunut kehon biomekaniikka vaikuttavat urheilijoilla heikentävästi hermolihasjärjestelmään, sekä proprioseptiikkaan. Etenkin nopeita liikkeitä vaativissa lajeissa on todettu kehon ja nivelten hallinnan puutteen nostavan vammariskiä. (Pasanen 2012: 222-223.)

Oikeanlaisella harjoittelulla voidaan vaikuttaa samanaikaisesti äkillisten vammojen ja rasitusvammojen ehkäisemiseen (Wojtys ym. 1996). Onkin todettu, että erityisesti hermolihasjärjestelmää aktivoivilla harjoitteilla ja spesifeillä tukiharjoitteilla, kuten keskivartaloa, lantion aluetta ja takareisiä vahvistavilla voimaharjoitteilla voidaan ehkäistä erityisesti alaraajavammoja. Keskivartalon ja lantion kontrollin kehittäminen, sekä polven oikean linjauksen hallinta edellyttävät riittävää voimaa ja voimantuottonopeutta. Oikein toteutetun harjoittelun liikemallit siirtyvät myös lajisuorituksiin. (Pasanen 2009.)

Tässä narratiivisessa kirjallisuuskatsauksessa selvitetään systemaattisen tiedonhaun menetelmiä soveltaen, voidaanko voimaharjoittelulla ennaltaehkäistä joukkuevoimistelijoiden rasitusvammoja. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, millaisella voimaharjoittelulla joukkuevoimistelussa esiintyviä rasitusvammoja olisi mahdollista ehkäistä.

2 Tyypillisimmät rasitusvammat joukkuevoimistelussa

Rasitusvammat ovat usein seurausta liian kovasta harjoittelusta, tekniikkavirheestä tai kehon rakenteellisesta poikkeavuudesta. Myös yksipuolinen, paljon toistoja sisältävä ja liian tiheästi samankaltaisena toistuva harjoittelu altistavat rasitusvammoille. (Pasanen 2012: 219.) Voimistelussa ilmenevät rasitusvammat voidaan pääpiirteisesti jakaa pehmytkudosperäisiin rasitusvammoihin sekä luunmurtumiin. Tyypillisimpiä joukkuevoimistelussa kasvuikään liittyviä rasitusvammoja ovatkin Osgood Schlatter, lannerangan rasitusmurtuma, istuinkyhmy ja SIAS:n rasitusvammat, sekä Severintauti (Hakkarainen 2016).

Lannerangan nikamakaaren rasitusmurtuma syntyy nikaman nivelhaarakkeiden väliselle alueelle, joka on nikaman luisesta rakenteesta heikoin. Tyypillisin murtumakohta sijaitsee viidennen nikaman nikamakaareissa. Nikamakaaren rasitusmurtuma on tyypillinen nuoren, kasvuikäisen vamma, joka johtuu ylikuormituksesta ja toistuvista taakse- ja taivutuksista. Myös koukistus- ja kiertosuuntiin taivuttaminen aiheuttaa nikamakaarelle mekaanista stressiä. (Walker 2014: 149.) Nikamakaaren murtuma johtaa usein *spondylolisteesiin* ja noin 50%:lla murtumapotilaista onkin myös nikamansiirtymä. Usein myös nikamansiirtymän alla oleva välilevy on vaurioitunut, vaikka se ei aiheuttaisikaan kipua. (Schlenzka 1999.)

Kasvupyrähdyksestä johtuva etureiden kireys ja toistuva koukistusojennus -liike voivat altistaa *Osgood Schlatterin* taudin syntymiselle, jossa sääriluun kyhmyyn alue turpoaa ja aiheuttaa kipua. Lasten ja nuorten luut eivät ole kehittyessään yhtä vahvat, kuin aikuisten, jonka vuoksi jatkuva sääriluun kyhmyyn kohdistuva vetorasitus voi aiheuttaa luuhun repeämismurtumia. Luu pyrkii korjaamaan itse itseään ja kasvattaa alueelle uudisluuta, jonka vuoksi sääriluun kyhmy suurenee. Lisäksi kasvuikäisillä luut kasvavat nopeammin kuin lihakset, jonka seurauksena syntyy lihaskireyksiä. (Walker 2014: 196.)

Lihasten ja jänteiden kiinnityskohtina toimivat kehittyvissä luissa olevat kasvualueet, joita kutsutaan apofyyseiksi. Kasvavan lapsen ja nuoren elimistössä jänteet ja nivelsiteet ovat huomattavasti vahvempia kuin luutumisalueet, jonka vuoksi *apofyyzialueiden rasitusvammat* ovat hyvin yleisiä. Jatkuvan vetorasituksen aiheuttamaa ongelmaa kutsutaan apofysiitiksi, eli luutumisalueen kiputilaksi, joka voi kestää muutamista päivistä jopa vuosiin. (Heinonen – Kujala 2001.)

Voimistelijoilla yksi tyypillisimmistä apofyysialueen rasitusvammoista on *hyppääjän polvi*, jossa polvilumpion jänteeseen syntyy repeämä joko lumpion ylä- tai tavallisemmin alakärkeen. Täydellistä apofyysin avulsiota- eli repeämismurtumaa voi esiintyä nuorilla urheilijoilla lisäksi istuinkyhmy, suoliluun harjun ja sääriluun kyhmy apofyysialueilla (Heinonen – Kujala 2001.) Repeämismurtumat kohdistuvatkin tyypillisimmin kasvualueiden lisäksi luisiin ulkonemiin ja haarakkeisiin (Walker 2014: 166). Vamma- mekanismina repeämismurtumissa toimii tyypillisesti vääntö-, koukistus- tai ojennus- suuntainen liike, josta aiheutuu kovaa kuormitusta nivelsiteille ja jänteille. Myös niveleen kohdistuvat suorat iskut voivat aiheuttaa voimakkaan venytyksen vuoksi repeämismurtuman. (Walker 2014: 166.)

3 Rasitusvammoja ennaltaehkäisevä voimaharjoittelu

Yleisesti voimaa kehittävänä harjoitteluna voidaan ajatella kaikkea sellaista liikettä, jossa lihaskudos joutuu supistustilaan, tapahtuipa harjoittelu sitten kehon omalla painolla tai vastuksen avulla. Näin ollen lähes kaikenmuotoinen lihaksia edes kohtalaisesti kuormittava fyysinen aktiviteetti on myös jonkinasteista lihasvoimaharjoittelua. Lihasvoimaharjoittelu voidaan kuitenkin jakaa useaan eri muotoon, riippuen siitä, millaista lihaksille kohdistunut kuormitus on ja millaisia voimantuotto-ominaisuuksia harjoittelulla halutaan kehittää. Lihasvoima ja lihasvoimaharjoittelu optimaalisessa muodossaan onkin kiistämättä yksi urheilijan peruspilareista, sillä se muodostaa kestävyuden, lajitaidon ja tekniikan ohella perustan, jolle lajikohtainen suorituskyky ja sen kehittäminen rakentuu. (Jiménez ym. 2016: 87.)

Tutkimukset antavat viitteitä monipuolisen voimaharjoittelun tehokkuudesta rasitusvammojen ennaltaehkäisyssä. Käytännössä tämä voi pitää sisällään muun muassa korkeavastuksista maksimivoimaharjoittelua ja plyometristä, eli esimerkiksi hypyistä ja loikista koostuvaa lajinomaista nopeusvoimaharjoittelua. Edellä mainitun yhdistelmän on todettu ehkäisevän urheilussa syntyviä rasitusvammoja, sekä äkillisiä loukkaantumisia, kuin myös edistävän urheilijan kykyä tuottaa suorituksen vaatima liike mahdollisimman optimaalisella tavalla. (Faigenbaum – Myer 2010.) Maksimi- ja nopeusvoimaharjoittelun on myös todettu kehittävän hermolihasjärjestelmää (Aalto – Seppänen – Tapio 2010: 78-79).

Kestovoimaharjoittelun on todettu sopivan lihasvoimaharjoittelua aloitteleville, sekä alle murrosikäisille nuorille urheilijoille, joiden tähtäimenä ei ole nopeus- tai voimalajien harjoittaminen. Kuitenkin jo muutaman viikon harjoitusjakson jälkeen keho adaptoituu kestovoimaharjoitteluun, jonka seurauksena maksimaalinen sekä nopea voimantuotto eivät enää kehity. Siksi myös kestävyysurheilijoiden voimaharjoittelun tulisi painottua nopeusvoiman ja maksimivoiman harjoittamiseen. (Zatriorsky – Kraemer 2006.) Myös Seppäsen ym. (2010: 78-79) mukaan joukkuevoimistelun kaltaisten taitolajien harjoitteluhjelman tulisi sisältää perinteistä kestävyysharjoittelua vain noin 15-20% kokonaiskuormasta, huomioiden myös pitkäkestoiset lajiharjoitukset sekä turnaukset.

Neuromuskulaarinen harjoittelu on kehoa tasapainottavien lihasten tiedostamatonta toimintaa, jonka tarkoitus on stabiloida ja valmistaa, sekä vastata nivelen liikkeisiin. Neuromuskulaarinen harjoittelu onkin nimensä mukaisesti sensoristen ja motoristen

järjestelmien keskinäistä toimintaa. (Page – Frank – Lardner 2010: 19.) Neuromuskulaarisen harjoittelun tavoitteena on opettaa keho reagoimaan äkillisiin, arvaamattomiin, koordinoimattomiin ja myöhästyneisiin liikestrategioihin, jotka altistavat kehon erilaisille tuki- ja liikuntaelinvammoille. Lisäksi neuromuskulaarinen harjoittelu parantaa lihaksen reaktiota ja suojaa urheilijaa maan kontaktivoimille altistavissa hyppyjen ponnistuksissa ja maahantuloissa. (Page – Frank – Lardner 2010: 157-158.)

4 Tutkimuksen tarkoitus, tavoite ja työelämäyhteys

Tämän narratiivisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on selvittää, voidaanko joukkuevoimistelussa esiintyviä rasitusvammoja ennaltaehkäistä voimaharjoittelulla. Lisäksi tarkoituksena on selvittää, millaista rasitusvammoja ennaltaehkäisevän voimaharjoittelun tulisi olla. Parhaimmillaan opinnäytetyö tulee tarjoamaan tieteellistä tukea ja tietoa nuorten joukkuevoimistelijoiden kanssa työskenteleville fysioterapeuteille rasitusvammoja ennaltaehkäisevästä voimaharjoittelusta.

Tavoitteena on, että liikunta- ja terveydenhuoltoalanammattilaiset voivat tarvittaessa tukeutua opinnäytetyön tarjoamaan tietoon työskennellessään nuorten joukkuevoimistelijoiden kanssa ja näin auttaa joukkueita menestymään yhä paremmin terveiden urheilijoiden kanssa niin kansallisella, kuin kansainvälisellä tasolla. Opinnäytetyön tavoitteena on myös herättää ajattelua voimaharjoittelun merkityksestä esteettisen lajin parissa.

Opinnäytetyön lopullinen muoto alkoi hahmottua vasta joulukuussa 2018, kun työryhmä osallistui 11.12.2018 joukkuevoimistelijoiden parissa työskentelevien fysioterapeuttien epäviralliseen kokoukseen. Toistakymmentä fysioterapeuttia sisältävä epävirallinen työryhmä on kokoontunut vuodesta 2018 tavoitteenaan kehittää ja tukea nuoria joukkuevoimistelijointa alkavalla urallaan. Kokouksen aikana opinnäytetyön työryhmä esitti ammattilaisille ideansa, josta syntyi paljon keskustelua. Keskustelun aikana esille nousi ammattilaisten tarve tutkitun tiedon tiiviiseen yhteenvetoon, jota he voisivat hyödyntää työssään. Näin ollen opinnäytetyön työryhmä päätti vastata ammattilaisten pyyntöön tällä sekundaaritutkimuksella.

Rasitusvammoja ennaltaehkäisevästä voimaharjoittelusta joukkuevoimistelussa ei ole juurikaan saatavilla olevaa tutkittua tietoa. Tämän vuoksi kirjallisuuskatsauksessa on hyödynnetty myös muista urheilulajeista tehtyjä tutkimuksia. Hakustrategiana oli lajin samankaltaisuus, kuten hypyt, räjähtävä voima ja kehonhallinta.

5 Opinnäytetyön toteutus

5.1 Tutkimussuunnitelma

Työelämän yhteistyötahon toive huomioiden, opinnäytetyön toteutustavaksi valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus, jonka tiedonhaussa on hyödynnetty systemaattisen katsauksen menetelmiä. Sekundaaritutkimuksena systemaattinen kirjallisuuskatsaus perustuu jo olemassa oleviin tarkasti rajattuihin ja valikoituihin tutkimuksiin. Tutkimusten tulee olla rajattu tiettyyn ajanjaksoon kohdistuvaksi, ja näin ollen sitä on päivitettävä tulosten relevanttiuden ylläpitämiseksi. Tämä kirjallisuuskatsauksen muoto eroaa muista kirjallisuuskatsauksista sen spesifin ja erityisen tarkan tutkimusten valinta-, analysointi- ja syntetisointiprosessin vuoksi. (Johansson 2007:4.)

Koska tarkan prosessin mukaisesti etenevään systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen kuuluu aina tutkimussuunnitelman laatiminen, tutkimuskysymysten määrittely, alkuperäistutkimusten haku tietokannoista, tutkimusten valitseminen ja rajaus, laadun arviointi ja analysointi sekä tulosten esitys, tulee systemaattisen kirjallisuuskatsauksen teko aloittaa tutkimussuunnitelman laatimisella (Kääriäinen - Lahtinen 2006:37). Jotta tutkimuksesta syntyisi mahdollisimman luotettava ja tarvittaessa toistettava, päädyttiin tutkimuskysymykset laatimaan neliosaisen PICO-menetelmän mukaisesti. PICO menetelmässä huomioidaan neljä olennaista tekijää tutkimuskysymysten asettelussa, kirjallisuushaussa sekä aineiston arvioinnin ja analyysivaiheissa. Tekijät ovat 1. Tutkittava kohderyhmä ja/tai tutkittava ongelma. 2. Tutkittava interventio. 3. Interventioiden vertailut. 4. Lopputulosmuuttujat. (Starck – Palo 2016.)

Opinnäytetyön tutkimuskysymyksiksi valikoituivat:

1. Voidaanko voimaharjoittelulla ennaltaehkäistä joukkuevoimistelijoiden rasitusvammoja?
2. Millaisella voimaharjoittelulla voidaan ehkäistä rasitusvammoja?

Tutkimuskysymysten asettamisen jälkeen pohdittiin ja valittiin toteutusvaiheessa käytettävät hakutermit ja tietokannat, sekä alkuperäistutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit. Täsmälliset valintakriteerit ehkäisevät systemaattisia virheitä (Pudas – Tähkä – Axelin 2007: 48).

Taulukko 1. Kirjallisuuskatsauksen tiedonhaussa käytetyt hakusanat ja niiden väliset yhdistelmät.

strength training OR resistance training
AND
strain injury OR stress injury OR overuse injury
AND
prevention

Sisäänotto- ja poissulkukriteerit pyrittiin määrittämään tiedonhakuprosessin selkeyttämiseksi jo ennen tiedonhakuprosessin aloitusta. Koska hakuprosessin aikana esille nousi alkuperäisten sisäänotto- ja poissulkukriteerien kannalta haastavia tutkimuksia, tarkennettiin kriteereitä hakuprosessin aikana. Sisäänotto- ja poissulkukriteerit on kuvattu taulukossa 2.

Taulukko 2. Aineiston rajaamisessa käytetyt sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

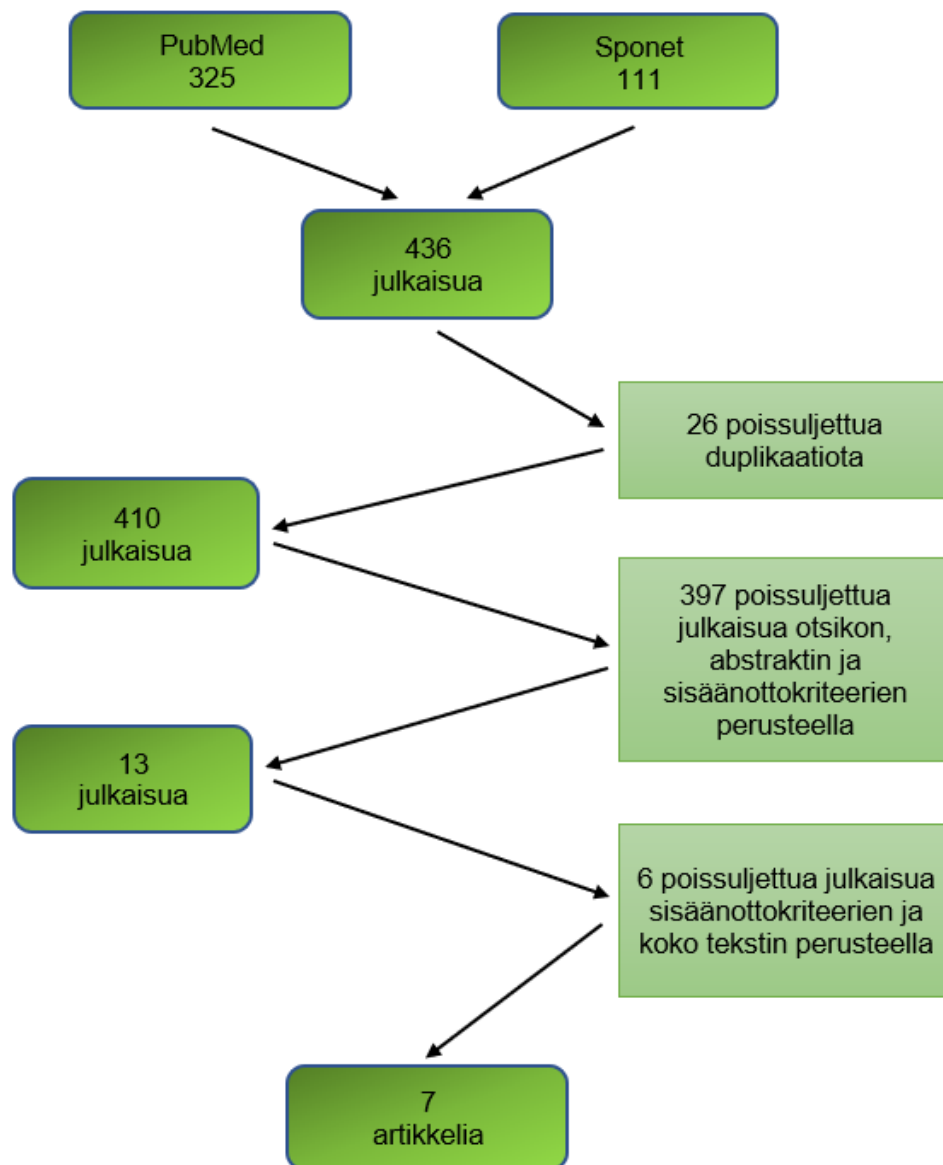
	Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
Kieli	Englanninkielinen tutkimusartikkeli	Muu kuin englanninkielinen artikkeli
Saatavuus	Koko tutkimusartikkeli saatavilla	Maksullinen tutkimusartikkeli
Tutkimuksen kohde	Tutkimuskohteena urheilijat	Tutkimuskohteena ei-urheilijat
Lähde	Alkuperäinen tutkimus	Kirjallisuuskatsaus
Vertailtavuus	Verrokkiryhmä	Ei verrokkiryhmää
Aineiston ikä	Aikarajaus (julkaistu 2007->)	Aikarajaus (julkaistu <-2007)
Tutkimuksen rajaus	Tutkimuksessa arvioitu voimaharjoittelun vaikutusta	Tutkimuksessa arvioitu voimaharjoittelun lisäksi liikkuvuus- ja tekniikkaharjoitteita

5.2 Tiedonhaun vaiheet

Tiedonhaku käynnistettiin hakusanojen rajaamisella. Hakusanojen rajaamisen perustat ovat aiemmin asetetuissa tutkimuskysymyksissä. (Johansson 2007: 5-7.) Hakusanojen rajauksen jälkeen aloitettiin kokeellinen tiedonhaku, jolloin tietoa etsittiin seuraavista englanninkielisistä tietokannoista: PubMed, PEDro, Google Scholar, Cinahl, Science Direct, sekä suomenkielisestä tietokannasta Sponet. Cinahl - tietokanta rajautui kuitenkin pois lähinnä lääketieteelliseen hoitotyöhön keskittyvien julkaisuiden johdosta. Koehakujen perusteella Science Direct:n sekä PEDro:n tarjonta jäi hyvin suppeaksi. Google Scholar puolestaan tarjosi lähinnä duplikaatioita PubMed:n kanssa. Näin ollen lopulliseen työhön valikoituivat tietokannat PubMed, sekä Saksan Leipzigissa sijaitsevan soveltavan huippu-urheilututkimuksen keskuksen (IAT) kehittämä ja ylläpitämä tietokanta Sponet.

Lopullinen tiedonhaku käynnistettiin joulukuussa 2018. Koska kokeellisen tiedonhaun aikana käytetyt hakusanat käsittelivät suhteellisen laajaa aihepiiriä, muokattiin hakusanoja lopullisen tiedonhaun yhteydessä mahdollisimman tarkoituksenmukaisiksi niin, että niiden avulla löydettäisiin kaikki katsauksen kannalta relevantit tutkimukset.

Tietokannoista PubMed ja Sponet tuottivat yhteensä 436 julkaisua, joista 13 valittiin mukaan laajempaan tarkasteluun. Tässä vaiheessa julkaisuja rajattiin vielä taulukossa 2 esiintyvillä sisäänottokriteereillä ja koko tekstin tarkastelulla. Kirjallisuuskatsaukseen valittiin lopulta alla olevan kuvion 1 mukaisesti 7 artikkelia.



Kuvio 1. Kirjallisuuskatsauksen hakuprosessi.

5.3 Kirjallisuuskatsaukseen valitut tutkimukset

Kirjallisuuskatsaukseen valittiin mukaan 7 tutkimusartikkelia. Suurin osa tutkimuksista koostui eri lajien urheilijoille tehdyistä vammoja ennaltaehkäisevistä neuromuskulaarisista ja plyometrisista, sekä kestovoimaa ja kehonhallintaa sisältävistä harjoituksista ja harjoitusten vaikuttavuudesta. Yksi tutkimuksista arvioi voimistelijoiden ja koripalloilijoiden alaraajojen voimantuotto-ominaisuuksia laboratorio-olosuhteissa. Taulukossa 3 on esitetty jokaisen tutkimuksen taustatiedot, tarkoitus ja tutkimusjoukko. Taulukossa kuvataan myös tutkimuksissa tehdyt harjoitteet, mikäli sellaisia oli, sekä tutkimusmenetelmät ja tutkimusten tulokset.

Taulukko 3. Kirjallisuuskatsaukseen valitut tutkimukset

Tutkimus, tekijät, vuosi ja paikka	Effects of Compliance on Trunk and Hip Integrative Neuromuscular Training on Hip Abductor Strength in Female Athletes. Sugimoto - Myer - Bush - Hewett 2014, Yhdysvallat	Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in "high-risk" versus "low-risk" athletes. Brent - Ford - Hewett - Myer 2007, Yhdysvallat	Hip Strength as a Predictor of Ankle Sprains in Male Soccer Players: A Prospective Study. Powers - Ghoddosi - Straub - Khayambashi 2017, Iran	Neuromuscular training reduces lower limb injuries in elite female basketball players. A randomized controlled trial. Benis - Bonato - La Torre 2017, Italia
Tutkimuksen tarkoitus	Selvittää harjoitusohjelmaan sitoutumisen vaikutusta keskivartalon- ja lantionalueelle keskittyvän neuromuskulaarisen harjoitusohjelman tehokkuudesta lonkan loitontajien voimaan nuorilla naisurheilijoilla.	Selvittää neuromuskulaarisen lihasvoimharjoittelun vaikutusta suuren polvivammariskin alla oleviin naisurheilijoihin vs. matalan riskin naisurheilijoihin.	Selvittää tämänhetkisen lonkan abduktoreiden voiman vaikutusta kauden aikana syntyviin kontaktitottomiin nilkkanyrjähdysiin miesjalkapalloilijoilla.	Määrittää, vähentääkö alkulämmittelyn yhteydessä tehty neuromuskulaarinen harjoitusohjelma alaraajavammoja eliitti naisurheilijoilla.
Tutkimusjoukko	21 lukiokäistä naislentopalloilijaa N1= 7 täysi sitoutuminen N2= 7 osittainen sitoutuminen N3= 7 verrokkiryhmä. Ei toteutanut harjoitusohjelmaa.	N1= 12 korkean riskin urheilijaa N2= korkean riskin kontrolliryhmä (4) polven abduktiomomentti >25.25 Nm N3= 6 matalan riskin urheilijaa N4= matalan riskin kontrolliryhmä (7) polven abduktiomomentti <25.25Nm Kaikki lukiokäisiä kori- tai jalkapalloilijoita.	N = 210 miesjalkapalloilijaa (ikä 14-34)	N1= 8 joukkuetta, 86 urheilijaa N2 = verrokkiryhmä 7 joukkuetta, 74 urheilijaa
Tutkimusmenetelmät ja arviointimittarit	N1 sekä N2 toteuttivat harjoitusohjelmaa 2x/vko 10vkon ajan. Biodex Medical System: ennen ja jälkeen intervention.	N1 sekä N3 toteuttivat harjoitusohjelmaa 3x/vko 7vkon ajan. DVJ (pudotushyppy): ennen ja jälkeen intervention kinetiikan ja kinematiikan arviointiin.	Seuranta yhden kauden (30vkon) ajan. N. 8harjoitusta/vko & 30 peliä. Commander Power Track II (käsi-käyttöinen dynamometri): ennen interventiota.	Seuranta-aika kausi 2015-2016. N1 toteutti harjoitusohjelmaa 4x/vko 30min ennen lajiharjoitusta. N2 toteutti taktis-tekniistä alkulämmittelyä. Optojump & Y-Balance Test: ennen ja jälkeen intervention.
Tutkimuksessa käytetyt harjoitteet	1. Polviseisonta BOSU:n päällä etunojassa 20sek. 2. Toispolviseisonta BOSU:lla 20sek. 3. Polviseisonta jumppapallolla 20sek. 4. Huojutettu polviseisonta jumppapallolla 20sek. 5. Pallonheitto polviseisonnassa jumppapallolla 8 toistoa.	National Strength and Conditioning Associationin henkilöstön suunnittelema harjoitusohjelma, joka sisälsi erilaisia hyppyjä yhdellä ja kahdella jalalla, sekä erilaisia tasapaino- ja voimajärjestelmiä. Tarkkaa ohjelmaa ei saatavilla.	Ei harjoitteita. Urheilijoita seurattiin kauden ajan, jolloin kaikki kontaktittomat nilkkanyrjähdykset tilastoitiin.	1. Viiva-, sivuttain- ja takaperinjuoksu. 2. Alaraajojen dynaamiset venytykset. 3. Lihasvoimaharjoitteet: monisuuntaiset askelkyykyt, nordic hamstrings, yhden jalan varpailenousu, sivulankku. 4. Plyometriset harjoitteet: tasajalkahyppy ylös, sivuttainhyppy, yhdenjalan hyppy, eteenpäinhyppy. 5. Ketteryysharjoitteet pallolla.
Tutkimuksen tulokset	N1 ryhmä osoitti 16,2% parannusta loitontajien voimassa, kun taas N2 ryhmä vain 9,7% parannusta. N3 ryhmässä muutos oli -1,1%. Urheilijan sitoutumisella suuri vaikutus neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuuteen.	N1 ryhmällä abduktiomomentti laski 13% sekä dominantilla että ei-dominantilla jalalla. N2, N3 sekä N3 ryhmillä ei havaittu merkittävää muutosta 7vkon jälkeen. Koska suurta abduktiomomenttia voidaan pitää riskitekijänä ACL-vammalle, N1 ryhmän katsotaan hyötynneen harjoittelusta, vaikka momentti ei laskeutunut N3 ja N4 ryhmien tasolle.	Otantaryhmä supistui kauden aikana 185 urheilijaan, joilla yhteensä 25 kontaktitonta nilkkanyrjähdystä. Tämän perusteella loukkaantumisriski koko ryhmällä 11,9%. Heikon lonkan abduktoreiden voiman (<33,8% kehonpainosta) omaavilla urheilijoilla loukkaantumisista suurempi osuus, nostan loukkaantumisriskin tällä ryhmällä 26,7%.	N1 ryhmällä optojumpin sekä YBT:n tulokset paranivat. N2 ryhmällä ei muutosta. N1 ja N2 ryhmissä yhteensä 111 loukkaantumista. N1 32 loukkaantumista ja N2 79 loukkaantumista. N2 ryhmässä nilkan nyrjähdysisiä 26kpl, kun N1 ryhmässä 9. N2 ryhmässä ACL vammoja 7kpl, kun N1 ryhmässä 0. N1 ryhmän alaraajavammat vähenivät harjoitusohjelman seurauksena.

Tutkimus, tekijät, vuosi ja paikka	Neuromuscular Training Improves Lower Extremity Biomechanics Associated with Knee Injury during Landing in 11–13 Year Old Female Netball Athletes: A Randomized Control Study. Hopper - Haff - Joyce - Lloyd - Haff 2017, Australia	Effects of plyometric and resistance training on muscle strength, explosiveness, and neuromuscular function in young adolescent soccer players. McKinlay - Wallace - Dotan - Long - Tokuno - Gabriel - Bareket 2018, Kanada	A lower extremity strength-based profile of NCAA Division I women's basketball and gymnastics athletes: implications for knee joint injury risk assessment. Thompson - Cazier - Bressel - Dolny 2017, Yhdysvallat
Tutkimuksen tarkoitus	Määrittää 6vkon neuromuskulaarisen harjoitusohjelman vaikutusta nuorten naisverkkopalloilijoiden alaraajojen biomekaniikkaan.	Verrata plyometrisen- ja vapailla painoilla tehdyn voimaharjoittelun vaikutusta nuorten urheilijoiden hyppysuoritukseen, lihasvoimaan ja räjähtävyyteen, neuromuskulaarisiin parametreihin sekä lihashypertrofiaan.	Muodostaa kattava fysiologinen profiili tämänhetkisistä etu- sekä takareisilihaksen voima- ja nopeusominaisuuksista naisten yliopistotason koripalloilijoilla sekä voimistelijoilla.
Tutkimusjoukko	23 11-13 vuotiasta naisverkkopalloilijaa N1 = 13 urheilijan testiryhmä N2 = 10 urheilijan kontrolliryhmä	41 11-13 vuotiasta miesjalkapalloilijaa. N1 = 14 vapaiden painojen ryhmä N2 = 13 plyometristen harjoitteiden ryhmä N3 = kontrolliryhmä	27 18-24 vuotiasta naiskoripalloilijaa ja -voimistelijaa. N1 = 14 koripalloilijaa N2 = 13 voimistelijaa
Tutkimusmenetelmät ja arviointimittarit	N1 ryhmälle 60min harjoitusohjelma 3x/vko, 6 vkon ajan. DVJ (vertikaalinen pudotushyppy yhden jalan alastulolla) & SL (pituushyppy yhden jalan alastulolla): ennen ja jälkeen intervention lantion ja polven kinematiikan arviointiin.	N1 ja N2 ryhmille 30min harjoitusohjelma 3x/vko 8vkon ajan. Dynamometri, staattinen vertikaalihyppy sekä esikevennetty vertikaalihyppy.	Ryhmien alaraajavoimaa testattiin laboratorio-olosuhteissa isokineettisellä dynamometrillä. Biodex System 3
Tutkimuksessa käytetyt harjoitteet	Jaettu kahteen 3vkoa kestävään ohjelmaan, jotka molemmat sisälsivät voimaharjoittelua lisäpainoilla sekä plyometrisiä harjoitteita. Plyometriset harjoitteet yhden ja kahden jalan hyppyjä kuntopallolla ja ilman. Voimaharjoitteissa kyykky variaatioilla, penkkipunnerrus variaatioilla, pystypunnerrus variaatioilla sekä leuanveto variaatioilla. Voimaharjoitteissa toistomäärä oli vakioitu viiteen (5) tai kahdeksaan (8) ja sarjat kolmeen (3).	N1 ryhmän harjoitusohjelma: kyykkyjä, askelkyykkyjä, penkille nousuja (step ups), varpaille nousuja, sumokyykkyjä, seisomaannousuja yhdellä jalalla sekä yhden jalan kyykkyjä. Yhdellä harjoituskerralla tehtiin 4-5 eri liikettä. Vastus määräytyi seuraavasti: 3 sarjaa 8 - 12 toistoa 80% yhden toiston maksimista. N2 ryhmän harjoitusohjelma: pudotushyppy, syväkyykkyhyppy, polvet rintaan hyppy, boxihyppy, askelkyykkyhyppy, hyppy suoriin jaloin (päkiäkosketus), sivultasivulle hyppy. Yhdellä harjoituskerralla 4-5 liikettä seuraavasti: 3 sarjaa 10-12 jalan kontaktia/harjoitus. Osassa harjoitteita vastusta muutettiin lisäämällä boxin korkeutta tai muuttamalla kahden jalan hyppy yhdelle jalalle.	Ei harjoitteita. Laboratorio-olosuhteissa N1 sekä N2 suorittivat seuraavat testit: 1. 3x3sek maksimaalista isometristä polven ojennusta sekä koukistusta. Liikkeet tehtiin 60 sekä 30 asteen kulmissa horisontaalitasosta. 2. 3x täyden liikeradan konsentrista polven ojennusta ja koukistusta 60astetta/s, 120astetta/s ja 240astetta/s nopeudella, jonka jälkeen 2x eksentristä polven ojennusta ja koukistusta vain 60astetta/s ja 120astetta/s nopeudella loukkaantumisriskin takia.
Tutkimuksen tulokset	N1 ryhmällä merkittävää polven ja lonkan flexio-extensio ROM:in kasvua, joka johtanut matalampaan maan kontaktivoimaan pudotushypyssä sekä yhden jalan alastulossa.	N1 harjoitusohjelma kehitti lihaksen vääntömomenttia merkittävästi N2 harjoitusohjelmaa enemmän, kun taas puolestaan N2 ryhmän harjoitusohjelma kehitti hyppysuoritusta merkittävästi enemmän. Johtuu todennäköisesti venytysrefleksin hyödyntämisestä. Molemmilla ryhmillä kuitenkin parannusta niin lihasvoimassa, kuin myös hyppysuorituksessa N3 ryhmään verrattaessa. Lihashypertrofia molemmilla ryhmillä samankaltainen	N1 ryhmällä suurempi absoluuttinen voima. N2 ryhmällä 20% heikompi polven koukistajien voima ja 15% heikompi takareisisuuhde. 60% N2 ryhmästä ei läpäissyt tavanomaisen (0.60) taka-etureisisuhteen rajapyykkiä 60astetta/s nopeudessa ja 85% jätti läpäisemättä toiminnallisen (1.0) taka-etureisisuhteen samassa nopeudessa. Voimistelijoiden voidaan epäillä kuuluvan ACL vammojen riskiryhmään takareisien heikon lihasvoiman sekä heikon takareisisuhteen takia.

6 Tulokset

6.1 Voimaharjoittelun vaikutus rasitusvammoihin

Kaksi seitsemästä kirjallisuuskatsaukseen valikoidusta tutkimuksesta pyrki selvittämään tietyn lihasryhmän/ryhmien voimantuoton merkitystä loukkaantumisiin. Toinen näistä oli puhtaasti laboratorio-olosuhteissa toteutettu, eikä sisältänyt interventiota. Tutkimuksen tavoitteena oli muodostaa yliopistotason naiskoripalloilijoista, sekä voimistelijoista kattavat fysiologiset profiilit keskittyen urheilijoiden etu- sekä takareisilihasten voima- ja nopeusominaisuuksiin. Tutkimusryhmän tavoitteena oli fysiologista profiilia hyödyntäen muodostaa hypoteesi siitä, kuinka alttiita lajien harrastajat ovat ACL-vammoille.

Tutkimusjoukko muodostui yhteensä 27:stä yliopiston korkeimman liigatason naisurheilijasta. Koripalloilijoita oli neljätoista ja voimistelijoita kolmetoista. Kaikki urheilijat olivat iältään 18-24 vuotiaita ja olivat kilpailleet lajissaan vähintään vuoden. Urheilijoita, joilla oli todettu aiempi alaraajavamman testausta edeltävän vuoden aikana ei hyväksytty testiryhmään. Myöskin urheilijat, jotka kokivat jonkinasteista neuromuskulaarista kipua testisuorituksen aikana, suljettiin pois testiryhmästä. Urheilijoiden tuli pidettyä alaraajojen lihaskuntoharjoittelusta 48 tuntia ennen testejä, ja kofeiinista 12 tuntia ennen testejä. Testaus suoritettiin laboratoriossa isokineettistä dynamometriä (Biodex System 3) hyväksi käyttäen. Dynamometrin asetukset mukautettiin jokaisen testattavan mukaan niin, että testattavan asento saatiin vakioiduksi. Tämän jälkeen testattavat suorittivat alkulämmittelyn laitteessa ennen varsinaista testausta. Varsinainen testaus aloitettiin isometrisellä voimantuotolla seuraavanlaisesti: testattavaa pyydettiin tekemään maksimaalinen polven koukistus 3 sekunnin ajan, jonka jälkeen pidettiin vähintään 1min tauko. Liike toistettiin kolmesti. Tämän jälkeen pidettiin vähintään 2min tauko, jonka jälkeen testattavaa pyydettiin tekemään maksimaalinen polven ojennus 3 sekunnin ajan. Myös ojennuksia tehtiin yhteensä kolme kappaletta vähintään 1min tauoilla. Testisarja suoritettiin 30, sekä 60 asteen kulmassa horisontaalitasosta.

Isometrisen voimantuoton testauksen jälkeen siirryttiin toiseen vaiheeseen, jossa testattiin ensin polven ojennuksen sekä koukistuksen konsentrisen lihastyö täydellä liikelaajuudella kulmanopeuksissa 60astetta/s, 120astetta/s ja 240astetta/s, ja tämän jälkeen ojennuksen ja koukistuksen eksentrisen lihastyö täydellä liikelaajuudella ainoastaan kulmanopeuksissa 60astetta/s ja 120astetta/s loukkaantumisten välttämiseksi.

Kulmanopeuksien vaihdon välillä pidettiin aina 1min tauko ja lihastyötavan muutoksen välillä 2min tauko. Testiryhmää kannustettiin suoritusten aikana verbaalisesti.

Testitulokset suhteutettiin urheilijoiden kehonkoostumukseen, jotta ne olisivat keskenään vertailukelpoisia. Suhteutuksen jälkeen todettiin, että koripalloilijoilla oli suuremman absoluuttisen voiman lisäksi 20% suurempi voima takareisissä, ja myös parempi taka-eturaisisuhte. Voimistelijoiden voimantuotto oli etureisipainoiteista. Koripalloilijoista 64% saavutti aiempien tutkimusten perusteella naisille tavanomaiseksi määritellyn taka-eturaisisuuden 0.60, kun taas voimistelijoista vain 31% pääsi tavoitteeseen. Toiminnalliseksi määritellyn suhteen 1 saavutti koripalloilijoista 29% ja voimistelijoista vain 15%. Tutkimustulosten perusteella pääteltiin naisvoimistelijoiden heikon takareisilihasvoiman altistavan urheilijat kohonneen ACL-vammariskin alle ja urheilijoiden hyötyvän lihasvoiman harjoittamisesta. (Thompson ym. 2017.)

Toisessa lihasvoiman korrelaatiota loukkaantumisalttiuteen tarkastelleessa tutkimuksessa Ghoddosi kumppaneineen (2017) selvittivät lonkan abduktoreiden voiman vaikutusta miesjalkapalloilijoiden kontaktittomiin nilkan nyrjähdysiin. Tutkimusjoukko muodostui 210:stä 14-34 vuotiaasta urheilijasta, joilla ei oltu todettu alaraajavammoja viimeisen kuuden kuukauden aikana. Intervention aika oli jalkapallokausi 2015-2016, eli noin 30 viikkoa. Tuona aikana urheilijat harjoittelivat keskimäärin 8x/viikko ja pelasivat noin 30 peliä.

Seurannan alussa otantaryhmän lonkan abduktoreiden voima testattiin laboratorioolosuhteissa käsikäyttöisellä dynamometrillä (Commander Power Track II). Testisuorituksessa urheilijan asento vakioitiin kylkimakuulle, ja urheilijaa ohjeistettiin tekemään maksimaalinen lonkan abduktio dynamometrin ilmapatjaa vasten 5 sekunnin ajan. Suoritus toistettiin kolmesti molemmille raajoille.

Seurantajakson päätyttyä otantaryhmästä jouduttiin poissulkemaan 25 urheilijaa, jotka olivat loukkaantuneet jollakin muulla tavoin. Näin ollen lopullinen analyysi tehtiin jäljelle jääneistä 185:stä urheilijasta, joilla tilastoitiin yhteensä 25 kontaktitonta nilkan nyrjähdystä. Tämän perusteella koko ryhmän loukkaantumisriskiksi tilastoitiin 11,9%. Lähemmässä tarkastelussa havaittiin, että loukkaantuneiden urheilijoiden abduktiivoima oli terveenä pysyneitä urheilijoita matalampi ja BMI korkeampi. Ennen kautta saadut testitulokset abduktiivoimasta suhteutettiin koko otantaryhmään, jonka tuloksena to-

dettiin alle 33,8% kehonpainosta oleva abduktiovoima heikoksi ja tällaisten urheilijoiden loukkaantumisriskin nousevan 11,9 prosentista 26,7 prosenttiin.

6.2 Rasitusvammoja ennaltaehkäisevät voimaharjoittelun muodot

Neljä seitsemästä kirjallisuuskatsaukseen valitusta tutkimuksesta sisälsivät neuromuskulaarista harjoittelua, joiden tarkoituksena oli selvittää harjoittelun vastetta lonkan loitontajien voimaan, alaraajavammojen ennaltaehkäisyyn ja polvivammojen riskiin. Sugimoto ym. (2014) selvittivät lantion ja vartalonalueen neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuutta lonkan loitontajien voimaan, sekä harjoitusohjelmaan sitoutumisen merkitystä. Heikkojen lonkan loitontajien on todettu altistavan ACL-vammoille ja patellofemoraaliselle kipuoireyhtymälle. Tutkimusjoukko koostui 21:stä alle 18-vuotiaasta naislentopalloilijasta, jotka testattiin ennen harjoitusohjelman aloitusta laboratorio-olosuhteissa kauden ulkopuolella huhtikuussa. Testissä arvioitiin lonkan loitontajien vääntömomenttia Biodex 3 isokineettisellä dynamometrillä (Biodex Medical System). Ennen testin aloitusta urheilijat suorittivat testissä käytettävällä dynamometrillä 5-10 toiston sarjan submaksimaalisella teholla lämmitelläkseen ja harjoitellakseen testiä. Tämän jälkeen osallistujia pyydettiin tekemään 5 maksimaalista lonkan loitonnusta. Samaa testausmenetelmää käytettiin 10-viikon harjoitusohjelman jälkeen kesäkuussa. Tutkimukseen osallistuneet urheilijat jaettiin harjoitusohjelmaa varten kolmeen eri testiryhmään. Jokaisessa testiryhmässä oli 7 osallistujaa, joista ensimmäinen (N1) sitoutui täysin, (N2) sitoutui osittain ja (N3) ei toteuttanut harjoitusohjelmaa ollenkaan. Integroitu neuromuskulaarinen harjoitusohjelma (INT) piti sisällään 5 eri harjoitusta, jotka olivat kestoltaan 8-20 sek. Harjoitusohjelmaa tehtiin 2 kertaa viikossa kymmenen viikon ajan. Harjoitukset löytyvät taulukosta 3.

Testituloksissa todettiin, että harjoitusohjelmaan täysin sitoutunut ryhmä saavutti kymmenen viikon harjoitusjakson jälkeen 16,2% paremman voimantuoton lonkan loitontajissa, kun taas osittain sitoutuneella harjoitusryhmällä parannus oli ainoastaan 9,7%. N3-ryhmän muutos oli -1,1%. Tutkimuksen tuloksissa todetaankin harjoitusohjelmaan sitoutumisella olevan suuri vaikutus neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutuksiin ja voiman kehittymiseen.

Benis ym. (2017) tutkimuksessa selvitettiin alkulämmittelyn yhteydessä tehdyn neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutusta alaraajavammojen syntyyn. Tutkimukseen osallistui yhteensä 15 eliittitason naiskoripallojoukkoa. Tutkimus kesti koko kauden, alka-

en syyskuussa 2015 ja loppuen huhtikuuhun 2016. Sisäänottokriteerinä oli yli 18 vuoden ikä ja harjoittelua tuli olla vähintään 4 kertaa viikossa 2 tuntia kerrallaan. Poissul-
kukriteerinä oli aikaisempi alaraajavamma tai 6 kk ennen testiä ja harjoitusohjelmaan
osallistumista ollut leikkaus. Tämän jälkeen jäljelle jäi 160 pelaajaa, jotka jaettiin ennen
alkutestausta satunnaisesti koe- ja verrokkiryhmiin. Molempien ryhmien pelaajat olivat
samankaltaisia iältään, pituudeltaan ja kehon painoltaan, sekä pelasivat samalla tasolla
ja noudattivat identtistä harjoitus- ja kilpailuohjelmaa. Koeryhmässä (N1) oli 8 joukkuet-
ta, yhteensä 86 pelaajaa ja verrokkiryhmässä (N2) 7 joukkuetta, yhteensä 74 pelaajaa.
Molempien ryhmien pelaajat suorittivat ennen ja jälkeen harjoitusohjelman Lower Quar-
ter Y-Balance- testin (YBT), sekä Optojumpin.

Koeryhmän pelaajat tekivät koko seuranta-ajan neuromuskulaarista harjoitusohjelmaa
4 kertaa viikossa 30min kerrallaan ennen lajiharjoitusta. Harjoitusohjelma koostui vii-
destä eri harjoitteesta (taulukko 3). Verrokkiryhmä toteutti alkulämmittelynä taktis-
teknisiä harjoitteita. Kauden päätteeksi koeryhmän alaraajavammat vähenivät ja Op-
tojumpin sekä Y-Balance Testin tulokset paranivat. Alaraajavammoja tilastoitiin kauden
aikana 32kpl, kun taas puolestaan verrokkiryhmällä vammoja syntyi 79kpl. Merkittä-
vimmat erot näkyivät nilkan vammoissa, joita testiryhmällä ilmeni 9kpl ja verrokkiryh-
mällä niitä oli 26kpl. ACL vammoilta testiryhmä välttyi täysin, kun taas puolestaan ver-
rokkiryhmässä niitä tilastoitiin 7kpl.

Kolmannen tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää neuromuskulaarisen lihasvoimahar-
joittelun vaikutusta suuren polvivammariskin alla oleviin naisurheilijoihin verrattuna ma-
talan riskin naisurheilijoihin. Tutkimukseen osallistui yhteensä 29 lukioikäistä kori- tai
jalkapalloilijaa, jotka jaettiin korkean riskin testi- ja kontrolliryhmiin, sekä matalan ris-
kin testi- ja kontrolliryhmiin. Korkean riskin testiryhmässä (N1) oli 12 urheilijaa ja kont-
rolliryhmässä (N2) 4 urheilijaa. Matalan riskin testiryhmässä (N3) oli 6 urheilijaa ja kont-
rolliryhmässä (N4) 7 urheilijaa. Kaikki urheilijat tekivät alkutestauksen, joka suoritettiin
viikko ennen ensimmäistä harjoituspäivää ja lopputestaus noin 8 viikkoa alkutestauk-
sen jälkeen. Testi suoritettiin mittaamalla polven abduktiomomentti, jonka suuruus voi
olla riskitekijä ACL-vammalle. Testi tehtiin laboratoriossa vakioidusti pudotushypyn
(DVJ) aikana. Ennen harjoitusohjelman aloitusta korkean riskin ryhmällä abduktiomom-
entti oli yli 25,25 Nm ja matalan riskin ryhmällä alle 25,25 Nm. Korkean ja matalan
riskin testiryhmät tekivät 7 viikon ajan harjoitusohjelmaa, joka sisälsi erilaisia hyppyjä
yhdellä ja kahdella jalalla, sekä erilaisia tasapainoharjoituksia. Harjoituksia tehtiin kol-
me kertaa viikossa.

Lopputestauksessa selvisi, että korkean riskin ryhmään kuuluvilla kahdellatoista urheilijalla (N1) abduktiomomentti laski 13%, vähentäen ACL-vamman riskiä. Verrokkiryhmiin ja kuudesta urheilijasta koostuvaan matalan riskin ryhmään osallistuneilla ei havaittu merkittävää muutosta. Vaikka N1-ryhmän abduktiomomentti ei laskenut N3 ja N4 ryhmien tasolle, katsotaan kuitenkin N1-ryhmän hyötynneen harjoittelusta. (Brent ym. 2007.)

Hopper ym. (2017) tutkimuksessa selvitettiin neuromuskulaarisen harjoitusohjelman vaikutusta alaraajojen biomekaniikkaan nuorilla verkkopalloa pelaavilla naisilla. Tutkimukseen valittiin yhteensä kaksikymmentäkolme 11-13 vuotiasta pelaajaa, jotka olivat pituudeltaan ja kehon painoltaan samankokoisia. Lisäksi heillä ei ollut aikaisempaa alaraajojen vammahistoriaa, eikä aikaisempaa kokemusta neuromuskulaariseen harjoitusohjelmaan osallistumisesta. Verkkopallon pelaamisesta tuli olla yli 4 vuoden kokemus kilpatasolla. Osallistujat jaettiin sokkona testiryhmään (N1), johon osallistui 13 urheilijaa ja kontrolliryhmään (N2), johon valikoitui 10 urheilijaa. Molemmat ryhmät osallistuivat alku- ja lopputestaukseen, vaikka kontrolliryhmä ei ottanut osaa neuromuskulaariseen harjoitusohjelmaan. Tutkimukseen osallistujat testattiin laboratoriossa kahdella eri testillä. Ensimmäinen testi oli DVJ, eli vertikaalinen pudotushyppy, jossa urheilija laskeutui alas voimalevylle 31cm korkealta laatikolta vahvemalla jalalla ja suoritti välittömästi sen jälkeen maksimaalisen vertikaalisen hypyn. Toinen testi oli pituushyppy yhden jalan laskeutumisella (SL), jossa piti hypätä maksimaalisesti kahdella jalalla eteenpäin ja laskeutua voimalevylle vahvemalla jalalla. Hallitseva jalka valittiin kysymällä, kummalla jalalla testattavat potkaisevat palloa. Jokainen osallistuja sai yrittää hypyjä 3 kertaa. Testeillä arvioitiin lantion ja polven kinematiikkaa.

Kolmentoista henkilön testiryhmä suoritti kuuden viikon ajan neuromuskulaarista harjoitusohjelmaa kolme kertaa viikossa. Testiaika jaettiin vielä kahteen kolme viikkoa kestävään ohjelmaan, jotka sisälsivät voimaharjoittelua lisäpainoilla ja plyometrisia harjoitteita (taulukko 3). Tutkimustuloksissa todettiin testiryhmällä merkittävää lonkan ja polven koukistusojoennus liikelaajuuden kasvua, joka johti alhaisempaan maan kontaktivoimaan vertikaalisessa pudotushypyssä, sekä pituushypyssä yhden jalan laskeutumisella.

Viimeisessä tutkimuksessa verrattiin plyometrisen- ja vapailla painoilla tehdyn voimaharjoittelun vaikutusta nuorten urheilijoiden hyppysuoritukseen, lihasvoimaan ja räjähtävyyteen, sekä neuromuskulaarisiin parametreihin ja lihashypertrofiaan. Tutkimuk-

seen osallistui 41 11-13-vuotiasta keskipuberteettivaiheessa olevaa miespuolista jalkapalloilijaa, joilla oli samanlainen urheilutausta. Jokainen oli pelannut jalkapalloa yli 4 vuotta ja harjoitellut 6 tuntia viikossa. Kenelläkään osallistujista ei ollut aikaisempaa kokemusta minkäänlaisesta voimaharjoittelusta. Osallistujat valittiin useista paikallisista jalkapalloseuroista ja jaettiin kolmeen ryhmään. Osallistujat olivat sopivia iän, kehon koon, somaattisen kypsyyden ja maksimaalisen isometrisen lihasvoiman osalta. N1-ryhmään osallistui 14 vapailla painoilla harjoittelevaa urheilijaa, N2-ryhmään 12 plyometrisia harjoitteita tekevää urheilijaa ja N3-ryhmä oli 14:sta urheilijasta koostuva kontrolliryhmä.

Kaikki urheilijat suorittivat kaksiosaisen alku- ja lopputestauksen. Ensimmäinen osa suoritettiin laboratoriossa ja siihen sisältyi antropometriin mittauksiin ja dynamometrillä testaamiseen tutustuttamista. Toinen osa piti sisällään hyppytestejä, jossa suoritettiin staattinen vertikaalihyppy (CMJ) ja kyykkyhyppy (SJ). Testit suoritettiin mahdollisuuksien mukaan eri päivänä, kun poikien jalkapalloharjoitukset. Ennen kahdeksan viikon harjoitusohjelman aloitusta, N1 ja N2 ryhmät kokeilivat 2 viikkoa modifioituihin harjoitteisiin tutustumista, jonka tarkoitus oli kehittää hypyistä laskeutumistekniikkaa ja liikemalleja, sekä tehdä itse harjoitusohjelman suorittamisesta turvallista. Harjoitteita tehtiin yhteensä 6 kertaa 45min kerrallaan.

Kahdeksan viikon harjoitusohjelmaa toteuttaneet N1 ja N2 ryhmät aloittivat jokaisen harjoituskerran 15 min dynaamisella alkulämmittelyllä. Tämän jälkeen tehtiin 30min kestävä harjoitusohjelma, joka sisälsi taulukossa 3 esitettyjä harjoitteita. Lopuksi ryhmään osallistuneet pelaajat osallistuivat normaaliin jalkapalloharjoitukseen, jolloin yhden harjoituksen kokonaiskesto oli 90min. Harjoitusohjelma suoritettiin 3 kertaa viikossa. Kontrolliryhmä kävi ainoastaan normaaleissa 90min kestävässä jalkapalloharjoituksissa.

Tutkimustuloksissa N1 ryhmän harjoitusohjelma kehitti lihaksen vääntömomenttia merkittävästi enemmän, kuin N2-ryhmän tekemät plyometriset harjoitteet. N2-ryhmän harjoitusohjelma taas kehitti hyppysuoritusta huomattavasti enemmän. N1 ja N2 ryhmillä lihashypertrofia oli samanlaista, eikä lihaksen suorituskyvyssä huomattu merkittävää eroa. Molempien ryhmien tulokset paranivat verrattuna kontrolliryhmään. (McKinley ym. 2018.)

7 Pohdinta

Tämän sekundaaritutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, onko voimaharjoittelulla rasisitusvammoja ennaltaehkäisevä vaikutus joukkuevoimistelussa ja millaisella harjoittelulla rasisitusvammojen ennaltaehkäisyyn olisi mahdollista vaikuttaa. Tavoitteena oli luoda yhtenäinen kokonaisuus, joka tarjoaa tieteellistä tukea ja tietoa nuorten joukkuevoimistelijoiden kanssa työskenteleville fysioterapeuteille rasisitusvammoja ennaltaehkäisevää lihasvoimaharjoittelusta. Tutkimustavaksi valikoitui narratiivinen kirjallisuuskatsaus, systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tiedonhakuprosessia soveltaen. Edellämainitun tutkimustavan katsottiin palvelevan työelämän yhteistyötahon tarpeita parhaiten.

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui lopulta seitsemän alkuperäistutkimusta, joista kaksi käsitteli pääsääntöisesti urheilijoiden lihasvoiman sekä lihastasapainon vaikutusta vammautumisalttiuteen ja viisi tutkimusta erilaisten harjoitusohjelmien vaikuttavuutta lihastasapainoon ja lihasvoimaan. Näin ollen tutkimuksista pystyttiin muodostamaan päätelmä siitä, onko urheilijoiden lihasvoimalla ja/tai lihastasapainolla vaikutusta loukkaantumisriskiin ja mikäli näin on, millainen voimaharjoittelu on optimaalisinta lihasvoiman ja/tai lihastasapainon kehitykselle vammautumisriskin näkökulmasta.

Katsaukseen ei ollut mahdollista valita ainoastaan joukkuevoimistelua koskevia tutkimuksia, koska lajia koskevaa tutkittua tietoa löytyi hyvin suppeasti. Ongelmana oli myös, että osasta joukkuevoimistelua koskevista tutkimuksista oli saatavilla ainoastaan abstrakti, eikä koko artikkelia. Osa katsauksen artikkeleista saatiin pyytämällä suoraan alkuperäistutkimuksen työryhmän jäseneltä. Kaikkien tutkimusten osallistujat eivät myöskään olleet nuoria tai tyttöjä, jonka vuoksi tutkimusten vertailtavuus ei ole täysin luotettavaa. Niin ikään tutkimuspaikkojen sekä urheilulajien vaihtelevuus tuovat omat haasteensa vertailtavuuteen. Nämä asiat tulisikin huomioida tuloksia tarkastellessa.

Katsauksen tarjoamien tutkimustulosten perusteella voidaan olettaa, että puutteellinen lihasvoima sekä lihasepätasapaino altistavat urheilijat kohonneen loukkaantumisriskin alle (Ghoddosi ym. 2017, Thompson ym. 2017). Pelkkä lajinomainen harjoittelu ei osoittautunut riittävän tehokkaaksi tavaksi tukea lihasvoiman kehitystä vammojen ennaltaehkäisyyn kannalta, vaan ennemminkin se saattoi tukea epäedullista lihastasapainon kehitystä (Thompson ym. 2017). Naiskoripalloilijoille ja voimistelijoille tehdystä tutkimuksesta todettiin voimistelijoilla olevan huomattavasti heikompi takareisusuhde verrattuna koripalloilijoihin. Koska aiempien tutkimusten perusteella on

todettu, että heikko taka-etureisisuhde altistaa etenkin nuoret naisurheilijat kohonneen ACL-vammariskin alle (Hewett ym. 2010), voidaan tulosten perusteella epäillä nuorten 18-24 vuotiaiden voimistelijoiden tarvitsevan oikeanlaista oheisharjoittelua lihasepäta-sapainon korjaamiseksi.

Tutkimuksissa on myös todettu korkean maan kontaktivoiman lisäävän rasitusvammoil-le altistumista (Page ym. 2010, Hopper ym. 2017). Katsaukseen valituissa tutkimuksis-sa ilmeni, että kontaktivoimaan olisi kuitenkin mahdollista vaikuttaa neuromuskulaari-sella harjoittelulla, jolloin kehon motorisen ja sensorisen järjestelmän yhteistyö paranee vähentäen nivelten kuormitusta (Hopper ym. 2017). Neuromuskulaarisella harjoittelulla saatiin niin ikään vastetta rasitusvammojen ennaltaehkäisyyn joukkuevoimistelun lailla paljon hyppyjä ja tärähdyksiä sisältävässä lajissa koripallossa. 15 eliittitason naiskori-pallojoukkuetta osallistuivat tutkimukseen, jossa yhdistettiin plyometrista ja kehonpai-noharjoittelua alkulämmittelyn yhteydessä. Seuranta-ajan jälkeen tutkimukseen osallis-tuneista urheilijoista neuromuskulaarista harjoittelua tehneillä urheilijoilla ilmeni yhteen-sä 32 loukkaantumista, kun taas taktis-teknisiä harjoitteita tehneellä verrokkiryhmällä 79 loukkaantumista. Tämän perusteella voidaankin todeta neuromuskulaarisen harjoit-telun vaikutuksen olevan selkeä vammojen ennaltaehkäisyssä. (Benis ym. 2017.) Plyometrisen ja vapailla painoilla tehdyn harjoittelun vaikutukset olivat niin ikään selke-ät myös McKinlayn ym. (2018) tekemässä tutkimuksessa, jossa jalkapalloilijoiden te-kemät lihasvoima- ja hyppyharjoitteet kehittivät hyppysuoritusta ja paransivat lihasvoi-maa.

Harjoitusohjelman hyötyjen saavuttaminen vaatii aikaisemmin mainittujen ominaisuuks-sien kehittymisen lisäksi myös täydellistä sitoutumista ohjelman suorittamiseen. Nais-lentopalloilijoille tehdyssä tutkimuksessa testattiinkin lihasvoiman kehittymisen lisäksi harjoitusohjelmaan sitoutumisen vaikuttavuutta. Sugimoto kumppaneineen (2014) tote-sivatkin, että vaikka keskivartalon- ja lantion alueelle keskittyvät harjoitteet kehittivät lonkan loitontajien voimaa, vain täydellinen sitoutuminen takasi parhaat tulokset. Tämä tulisi huomioida etenkin nuorten urheilijoiden kohdalla, joilla on lähes aina myös lajin ulkoisia velvoitteita, kuten koulu, perhe ja ystävät. Näin ollen urheilijoiden kanssa työs-kentelevien ammattilaisten tulisi harjoitusohjelmaa laadittaessa kiinnittää erityistä huo-miota nuoren kykyyn sitoutua harjoitusohjelmaan.

Koska katsaukseen valitut tutkimukset käsittelevät pääosin akuutteja vammoja, ovat saadut tulokset osittain epäsuoria. Tästä huolimatta niiden perusteella voidaan tehdä

johtopäätöksiä akuuteille- ja rasitusvammoille altistavista tekijöistä siltä osin, kun vammamekanismit ja riskitekijät kohtaavat. Nuorille naisille tyypillisen polven alueen akuutin ACL-vamman riskitekijöitä ovat muun muassa heikko/puutteellinen kehonhallinta, puutteellinen lihasvoima ja epäedullinen polven linjaus (Hewett ym. 2016). Nämä ovat niin ikään riskitekijöitä polven rasitusvammoissa, kuten hyppääjänpolvessa (Davies ym.1981) ja patellofemoraalisessa kipuoireyhtymässä (Patel – Villalobos 2017). Pasa-sen (2012) selvennyksestä, kuinka heikko tai puutteellinen kehon ja nivelten hallinta altistavat vammariskille, voidaan todeta, että katsaukseen valittujen tutkimusten harjoitteita tekemällä ja harjoitusmääriä noudattamalla on mahdollisuus ehkäistä akuuttien vammojen lisäksi rasitusvammoja.

Tämän kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaankin päätellä eri ikäisten, etenkin murrosiässä ja sen kynnyksellä olevien joukkuevoimistelijoiden hyötyvän monipuolisesta, säännöllisesti toteutetusta voimaharjoittelusta ja sen liittämistä osaksi lajiharjoittelua. Nuorena aloitetun lihasvoimaharjoittelun hyötyjä tukee myös Schwartzin (2019) uusin tutkimus tumien määrästä lihaksessa. Lihaskasvun aikana kantasolut tuottavat uusia tumia, joiden olemassaoloon perustuu muun muassa niin kutsuttu lihasmuisti. Otollisin aika lihastumien varastoiselle onkin juuri kasvuikä, jolloin hormonit, ravitseminen ja hyvä kantasoluvaramo edistävät lihaskasvua.

Lihasoimaharjoittelusta erityisesti neuromuskulaarinen harjoittelu, jossa on yhdistetty plyometristä ja vapailta painoilla tehtyä voimaharjoittelua on osoittautunut tehokkaaksi tavaksi ennaltaehkäistä rasitusvammoja paljon hyppäjä, sekä äkillisiä suunnanmuutoksia sisältävissä lajeissa. Jatkossa joukkuevoimistelijoiden kanssa työskentelevien valmentajien, fysioterapeuttien sekä muiden terveydenalan ammattilaisten tulisi pyrkiä hyödyntämään tämän narratiivisen kirjallisuuskatsauksen materiaalia harjoitusohjelmien suunnittelussa ja toteutuksessa. Ammattilaisten tulisi kiinnittää erityistä huomiota harjoittelun monipuolistamiseen tukeakseen nuorten joukkuevoimistelijoiden kehitystä kaikin puolin terveemmäksi ja paremmaksi urheilijaksi.

Joukkuevoimistelun yleisyydestä huolimatta lajista saatava tutkimustieto on vielä hyvin niukkaa. Toivottavaa olisi, että tulevaisuudessa saataisiin relevanttia tutkimustietoa joukkuevoimistelun erityispiirteistä, lajille tyypillisistä rasitusvammoista ja voimaharjoittelun vaikuttavuudesta rasitusvammojen ennaltaehkäisyyn. Tutkimustiedon avulla voisi olla mahdollista laatia voimaharjoittelua sisältäviä harjoitusohjelmia, joihin urheilijat ja valmentajat olisivat valmiita sitoutumaan.

Lähteet

Benis, Roberto – Bonato, Matteo – La Torre, Antonio 2017. Neuromuscular training reduces lower limb injuries in elite female basketball players. A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2018. 28 (4). 1451-1460. Verkkodokumentti.

<https://www.researchgate.net/publication/321804313_Neuromuscular_training_reduces_lower_limb_injuries_in_elite_female_basketball_players_A_cluster_randomized_controlled_trial>. Luettu 10.1.2019.

Brent, Jensen - Ford, Kevin - Hewett, Timothy - Myer, Gregory 2007. Differential neuromuscular training effects on ACL injury risk factors in "high-risk" versus "low-risk" athletes. *BMC Musculoskelet Disord*. 39 (8). Verkkodokumentti.

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1871588/>>. Luettu 9.1.2019.

Davies, George – Wallace, Lynn – Malone, Terry 1981. Mechanism of selected knee injuries. *Physical Therapy*. 60 (12). 1590-1595. Saatavana sähköisesti osoitteessa:

<https://www.researchgate.net/publication/15743886_Mechanisms_of_Selected_Knee_Injuries>. Luettu 30.1.2019.

Faigenbaum, A.D. – Myer, G.D. 2010. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *British Journal of Sports Medicine*. 44(1). 56–63. Verkkodokumentti.

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3483033/pdf/nihms408461.pdf>>. Luettu 12.5.2018.

Ghoddosi, Navid – Khayambashi, Khalil – Powers, Christopher – Straub, Rachel 2017. Hip Strength as predictor of ankle sprains in male soccer players: a prospective study. *Journal of Athletic Training*. 52 (11). 1048-1055. Verkkodokumentti.

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5737041/pdf/i1062-6050-52-11-1048.pdf>>. Luettu 9.1.2019.

Hakkarainen, Harri 2016. Urapolkuseminaari Sun Lahti. Video. Saatavana sähköisesti osoitteessa:

<<https://www.voimistelu.fi/fi/Wiki#/search/q/page:0;term:hakkarainen;sortBy:publishdate/material/1075>>. Luettu 13.10.2018.

Hewett – Lynch – Myer – Ford – Gwin – Heidt 2010. Multiple risk factors related to familial predisposition to anterior cruciate ligament injury: fraternal twin sisters with anterior cruciate ligament ruptures. *British Journal of Sports Medicine*. 44 (12). 848-855. Verkkodokumentti.

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4034272/pdf/nihms133109.pdf>>. Luettu 18.1.2019.

Hewett, Timothy – Myer, Gregory – Ford, Kevin – Paterno, Mark – Quatman, Carmen 2016. Mechanism, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of orthopaedic research*. 34 (11). 1843-1855. Verkkodokumentti.

<<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5505503/pdf/nihms873396.pdf>>. Luettu 30.1.2019

Heinonen, Olli J. – Kujala, Urho M. 2001. Kasvuikäisen urheilijan ongelmat. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Saatavana myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.duodecimlehti.fi/lehti/2001/6/duo92159>>. Luettu 21.10.2018.

Hopper, Amanda – Haff, Erin – Joyce, Christopher – Lloyd, Rhodri – Haff, Gregory 2017. Neuromuscular training improves lower extremity biomechanics associated with knee injury during landing in 11–13 year old female netball athletes: A randomized control Study. *Frontiers in Physiology*. 8. Verkkodokumentti. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5682017/pdf/fphys-08-00883.pdf>>. Luettu 8.1.2019.

Jiménez, Alfonso – Moody, Jeremy – Naclerio, Fernando – Rieger, Thomas 2016. Liikuntafysiologian perusteet. Langinkoski, Ari – Lappalainen, Jani (suom.). Fitra Oy.

Johansson, K. 2007. Kirjallisuuskatsaukset – huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen, toim. Johansson, K. – Axelin, A. – Stolt, M. – Ääri, R.-L. 4–9.

Kääriäinen, M. – Lahtinen, M. 2006. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus tutkimustiedon jäsentäjänä, *Hoitotiede* 18 (1). 37–42.

Mckinlay, Brandon J. – Wallace, Phillip – Dotan, Raffy – Long, Devon – Tokun, Craig – Gabriel, David A. – Bareket, Falk 2018. Effects of plyometric and resistance training on muscle strength, explosiveness, and neuromuscular function in young adolescent soccer players. *Journal of sport sciences* 32 (11). 3039-3050.

Orava, Sakari 2012. Käytännön urheiluvammat. 1. painos. Recallmed Oy.

Page, P. – Frank, C. C. – Lardner, R. 2010. Assessment and treatment of muscle imbalance – The Janda Approach. Champaign: Human Kinetics.

Palo, Katri – Starck, Susanna 2016. Näytön arviointi: systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Verkkodokumentti. <https://www.vaasa.fi/sites/default/files/starck_nayton_arviointi.pdf>. Luettu 4.1.2019.

Pasanen, Kati 2009. Floorball injuries. Epidemiology and injury prevention by neuromuscular training. Tampere: Juvenes Print. Saatavana myös sähköisesti osoitteessa: <<https://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/66503/978-951-44-7822-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Luettu 19.1.2019.

Pasanen, Kati 2012. Urheiluvammojen ehkäisy. Teoksessa Mero, Antti – Uusitalo, Arja – Hiilloskorpi, Hannele – Nummela, Ari – Häkkinen, Keijo. (toim.): Naisten ja tyttöjen urheiluvalmennus. Lahti: Vk-Kustannus Oy. 219-223.

Patel, Dilip – Villalobos, Ana 2017. Evaluation and management of knee pain in young athletes: overuse injuries of the knee. *Translational Pediatrics*. 6 (3). 190-198. Saatavana sähköisesti osoitteessa: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5532199/>>. Luettu 30.1.2019.

Pudas - Tähkä, S. M. – Axelin, A. 2007. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aiheen rajaus, hakutermit ja abstraktien arviointi. Teoksessa systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. (toim.): Johansson, K. – Axelin, A. – Stolt, M. – Ääri, R.-L. 46–57.

Schlenzka, Dietrich 1999. Selkäsairauksien tutkimus ja hoito kasvuikäisillä. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim. Saatavana myös sähköisesti osoitteessa: <<https://www.duodecimlehti.fi/lehti/1999/16/duo90428>>. Luettu 21.10.2018.

Schwartz, Lawrence M. 2019. Skeletal muscles do not undergo apoptosis during either atrophy or programmed cell death-revisiting the myonuclear domain hypothesis. *Frontiers in physiology*. Verkkodokumentti. <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2018.01887/full>>. Luettu 14.2.2019.

Seppänen, Lasse – Aalto, Riku – Tapio, Harri 2010. Nuoren urheilijan fyysinen harjoittelu. Jyväskylä: Docendo Oy.

Sugimoto, Dai – Myer, Gregory D. – Bush, Heather M. – Hewett, Timothy E. 2014. Effects of compliance on trunk and hip integrative neuromuscular training on hip abductor strength in female athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 28 (5). 1187–1194. Verkkodokumentti. <https://journals.lww.com/nscajscr/fulltext/2014/05000/Effects_of_Compliance_on_Trunk_and_Hip_Integrative.2.aspx>. Luettu 9.1.2019.

Takala, Henni 2010. Joukkuevoimistelun lajiansalyysi ja valmennuksen ohjelmointi sm-sarjoissa. Saatavana myös sähköisesti osoitteessa: <<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/24768/VTE.A008%20Takala%20Joukkuevoimistelu%20doc.pdf?sequence=1>>. Luettu 19.1.2019.

Thompson, Brennan – Cazier, Curtis – Bressel, Eadric – Dolny, Dennis 2017. A lower extremity strength-based profile of NCAA Division I women's basketball and gymnastics athletes: implications for knee joint injury risk assessment. *Journal of sport sciences* 36 (15). 1749–175.

Walker, Brad 2014. Urheiluvammat - ennaltaehkäisy, hoito, kuntoutus ja kinesioteippaus. Lahti: VK-Kustannus Oy.

Wojtys, Edward M. – Huston, Laura J. – Taylor, Paul D. – Bastian, Steven D. 1996. Neuromuscular adaptations in isokinetic, isotonic, and agility training programs. *American Journal of Sports Medicine* 24 (2). 187-192. Verkkodokumentti. <https://deepblue.lib.umich.edu/bitstream/handle/2027.42/67771/10.1177_036354659602400212.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Luettu 19.1.2019.

Zatriorsky, Vladimir R. – Kraemer, William J. 2006. Science and practice on strength training. 2. painos. United States of America. Saatavana myös sähköisesti osoitteessa: <https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=QW5n4iKgNo8C&oi=fnd&pg=PR8&dq=zatsiorsky+%26+kraemer+2006&ots=v5abVjTEEr&sig=YzU8jocvTzi9RUxdjcT8zeZ9v0&redir_esc=y#v=onepage&q=zatsiorsky%20%26%20kraemer%202006&f=false>. Luettu 19.1.