

Juho Pitkänen & Misha Vartiainen NA16S

NEUROMUSKULAARISEN HARJOITTELUN VAIKUTUS MIESTEN PRIMÄÄRISTEN ACL-VAMMOJEN ENNALTAEHKÄISYSSÄ

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Opinnäytetyö
Naprapaattikoulutus

2020



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Juho Pitkänen Misha Vartiainen	Naprapaatti (AMK)	Toukokuu 2020
Opinnäytetyön nimi		81 sivua 6 liitesivua
Neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutus miesten primaaris- ten ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä.		
Toimeksiantaja		
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, XAMK		
Ohjaajat		
Petteri Koski Marja Turkki		
Tiivistelmä		
<p>Polven ACL-vammoja esiintyy Suomessa ja maailmalla paljon, etenkin palloilulajeissa. Noin kaksi kolmasosaa ACL-vammoista tapahtuu ilman kontaktia ja vammalla on todettu olevan useita lyhyt- ja pitkäaikaisia negatiivisia vaikutuksia urheilijan elämään, jonka takia sen ennaltaehkäisyä pidetään tärkeänä. Naissukupuolen on todettu olevan suurin altistava tekijä primaariselle ACL-vammalle ja sen takia neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuutta naisten ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä on tutkittu laajasti. Koska miehiä koskevaa neuromuskulaarista harjoittelua ei ole tutkittu yhtä laajasti oli tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena koota tuorein tutkimustieto neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuudesta miesten primaaristen ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksen systemaattinen haku suoritettiin neljään eri tietokantaan: PubMed, Cinahl, Cochrane ja ScienceDirect, joista hakutuloksia saatiin yhteensä 379 kappaletta. Sisäänotto- ja poissulkukriteereiden sekä tutkimusten laadun perusteella työhön valikoitui lopulta kuusi alkuperäistutkimusta, joissa tutkimuksen lähtökohta ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn vaihteli. Alkuperäistutkimuksista kolmessa tutkittiin harjoitusohjelmien vaikutusta ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin tekijöihin, kahdessa epidemiologisessa tutkimuksessa harjoittelun vaikutusta ACL-vammojen esiintyvyyteen sekä yksi meta-analyysien meta-analyysi, jossa oli kerätty aiempi tutkimustieto harjoittelun vaikuttavuudesta.</p> <p>Tähän tutkimukseen päätyneiden kuuden tutkimuksen perusteella neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuutta miesten primaaristen ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä ei voida luotettavasti arvioida. Vähäisen tutkimusnäytön takia tarvitaan lisää tutkimusnäyttöä miesten ACL-vammalle altistavista tekijöistä sekä neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutuksesta vamman ennaltaehkäisyyn.</p>		
Asiasanat		
Neuromuskulaarinen harjoittelu, primaarinen eturistisidevamma, vammojen ennaltaehkäisy, palloilulajit		

Author (authors)	Degree	Time
Juho Pitkänen Misha Vartiainen	Bachelor of Health Care, Naprapathy	May 2020
Thesis title		81 pages
Effects of neuromuscular training on prevention of ACL-injuries in male athletes - Systematic review		6 pages of appendices
Commissioned by		
South-Eastern Finland University of Applied Sciences		
Supervisor		
Petteri Koski		
Marja Turkki		
Abstract		
<p>The prevalence of Anterior Cruciate Ligament (ACL) injuries is very high, especially in pivoting team sports. About two-thirds of ACL-injuries are non-contact injuries and because ACL-injury has negative effects regarding different factors in short and long term, prevention of the injury is the key to avoid that from happening. Female sex has been proved to be a one major risk factor for primary ACL-injury and for that reason the effectiveness of neuromuscular training has been studied more in female than male athletes. Neuromuscular training has been proved an effective way to prevent female ACL-injuries but there are fewer studies that have researched and proved the effectiveness of neuromuscular training with male athletes. The objective of this systematic review was to investigate whether neuromuscular training reduces the incidence of primary ACL-injuries in male athletes.</p>		
<p>Original studies were searched from four different databases: PubMed, Cinahl, Cochrane and ScienceDirect. After the search, there were 379 studies. Utilizing the inclusion and exclusion criteria and the quality of these studies there were six original studies, where the perspective for injury prevention was different. Three of six studies investigated the effect of neuromuscular training on biomechanical risk factors for ACL-injury, two of the studies were epidemiological studies, which investigated the effect of neuromuscular training on prevention of ACL-injuries and one study which was the meta-analysis of meta-analysis and included reviewed studies which had investigated the effectiveness of neuromuscular training.</p>		
<p>There was not enough evidence to make conclusions on how neuromuscular training affects preventing ACL-injuries in male athletes. There is a need for more studies on factors that predispose males to ACL-injury and how neuromuscular training affects prevention of injuries.</p>		
Keywords		
neuromuscular training, ACL, injury prevention, male athletes, pivoting sports		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	POLVEN RAKENNE JA TOIMINTA.....	7
2.1	Polven nivelsiderakenteet.....	8
2.2	Polvinivelen toimintaan vaikuttavat lihakset.....	13
2.3	Polvinivelen kinematiikka, biomekaniikka ja stabiliteetti.....	15
3	URHEILUVAMMA, ALTISTAVAT TEKIJÄT JA ENNALTAEHKÄISY.....	17
3.1	Urheiluvammalle altistavat tekijät.....	17
3.2	Urheiluvammojen ennaltaehkäisy.....	22
4	LIHASSUPISTUS JA SEN SÄÄTELY.....	24
5	NEUROMUSKULAARINEN KONTROLI JA HARJOITTELU.....	26
6	ACL-VAMMA, ALTISTAVAT TEKIJÄT JA ENNALTAEHKÄISY.....	29
6.1	ACL-vammalle altistavat tekijät.....	31
6.2	ACL-vamman ennaltaehkäisy.....	35
6.3	ACL-vammoja ennaltaehkäisevien harjoitusohjelmien vaikuttavat tekijät.....	37
7	TUTKIMUKSEN MENETELMÄ JA TOTEUTUS.....	39
7.1	Tutkimuskysymys ja tutkimuksen toteutus.....	39
7.2	Tutkimuksen sisäänotto- ja poissulkukriteerit.....	42
7.3	Tutkimusten valinta.....	43
7.4	Aineiston sisällönanalyysi.....	43
8	TUTKIMUSTULOKSET.....	54
9	POHDINTA.....	55
9.1	Tutkimustulosten luotettavuuden arviointi.....	58
9.2	Hakuprosessin ja tutkimuksen luotettavuuden arviointi.....	60
9.3	Jatkotutkimusaiheet.....	60
	LÄHTEET.....	63
	KUVALUETTELO.....	72
	TAULUKKOLUETTELO.....	75

LIITTEET

Liite 1. Fifa 11+ harjoitteluohjelma. Terveurheilija.fi-verkkosivusto.

Liite 2. Sugimoto ym. 2015a mukailleen taulukko miesten ACL-vammaan vaikuttavista neuromuskulaarisista tekijöistä.

Liite 3. Tutkimustaulukko

1 JOHDANTO

Suomessa tapahtui noin 420 000 urheilutapaturmaa vuoden 2017 aikana, ja näistä vammoista 121 000 vaati lääkärin hoitoa. Kaikista näistä vammoista 16,9 % esiintyi polven alueella. (Parkkari ym. 2018.) Euroopassa ACL-vammoja esiintyy vuosittain 10–64-vuotiailla 81:100 000 asukasta kohden. Yhdysvalloissa suoritetaan vuosittain yli 200 000 ACL-leikkausta, joiden aiheuttamat kustannukset ovat yli 2 miljoonaa dollaria. (Brukner & Khan 2017, 737.)

Polven vammoista ACL-vammaa pidetään merkittävänä johtuen sen aiheuttamasta pitkästä toipumisajasta sekä negatiivisista vaikutuksista henkilön sosioekonomisiin ja psykologisiin tekijöihin. Näiden lisäksi ACL-vamman on todettu myöhemmin lisäävän alttiutta muille polven vammoille ja lisäävän riskiä polven nivelrikon ennenaikaiseen kehittymiseen. (Hewett ym. 2010; Lundblad ym. 2016; Sugimoto ym. 2016.)

Vaikka ACL-vamman negatiiviset vaikutukset on tiedostettu jo pitkään, on ACL-vamman esiintyvyys 14–18-vuotiailla naisilla kymmenenkertaistunut ja 18–22-vuotiailla naisilla viisinkertaistunut viimeisen 30 vuoden aikana (Hewett ym. 2010). Suomalaisessa väestössä nuorten 13–18-vuotiaiden tyttöjen ja poikien ACL-vammojen esiintyvyys on kaksinkertaistunut viimeisten 15 vuoden aikana (Weitz ym. 2019).

Yleisesti naissukupuolta on pidetty suurimpana ACL-vammalle altistavana tekijänä, sillä ACL-vammoja syntyy 2,4–9,7 kertaa enemmän samalla tasolla urheilville naisille kuin miehille (Boden ym. 2010; Hewett ym. 2010; Brukner & Khan 2017, 737). Esimerkiksi jokaisessa naisten ammattilaisjalkapallojoukkueessa voidaan olettaa esiintyvän yksi ACL-vamma kilpailukautta kohti, kun taas miehillä ACL-vamma sattuu kerran kahden kilpailukauden aikana ammattilaisjalkapallojoukkueessa (Lundblad ym. 2016; Brukner & Khan 2017, 177).

Tähän mennessä yhtenä keinona ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn on kehitetty neuromuskulaarisia harjoitteluohjelmia, jotka koostuvat useasta eri harjoitusmuodosta, kuten tasapaino-, liikkuvuus- ja voimaharjoittelusta sekä plyometrisista harjoitteista. Niiden tarkoituksena on lisätä lihasvoimaa ja vähentää alastuloissa polveen kohdistuvia voimia. (Wojtys ym. 1996; Hewett ym.

1999; Panics ym. 2008; Soligrad ym. 2008.) Näiden harjoitusohjelmien vaikuttavuutta on tutkittu laajasti naisilla ainakin merkittävästi suuremman vammojen esiintyvyyden takia. Eri systemaattisten katsausten ja meta-analyysien avulla neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuudesta on saatu näyttöä naisurheilijoiden osalta, mutta vastaavaa laajaa näyttöä miesten ACL-vammojen ennaltaehkäisystä ei ole tällä hetkellä saatavilla. (Pasanen ym. 2008; Leppänen ym. 2016; Sugimoto ym. 2016; Webster & Hewett 2018.)

Johtuen neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuuden kapeammasta näytöstä miesten ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä keskitytään tässä kirjallisuuskatsauksessa tarkastelemaan harjoitusohjelmien ennaltaehkäisevää vaikutusta miehillä. Tutkimuksen tarkoituksena on koota systemaattisesti tämän hetkinen tieto neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuudesta miesten primääristen ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä.

2 POLVEN RAKENNE JA TOIMINTA

Polvinivel on kehon suurin synoviaalinivel. Se koostuu kolmesta toiminnallisesta osasta: patellofemoraalinivel, tibiofemoraalinivel ja proksimaalinen tibiofibulaarinivel, jotka muodostavat dynaamisen, erikoistuneen sarananivelen. (Standring 2016, 1383.)

Patellofemoraalinivel (patellofemoral joint, PFJ) on synoviaalinivel, jossa patella niveltyy femurin kondyylien kanssa. **Patellaligamentti** (patellar ligament, PL) on jatkoa quadriceps femoris lihakselle. PL kiinnittyy proksimaalisesti patellan alakärkeen (apex patellae) ja distaalisesti tuberositas tibiaan. Sen pinnalliset juosteet ovat osa patella-jännettä (patellar tendon, PT). (Standring 2016, 1386.)

Femurin kondyylien väliin muodostuu trochleaarinen sulcus, jossa patella liukuu (Kapandji 1997, 106; Standring 2016, 1386). Patellan tehtävä on lisätä quadricepsin voimantuottokykyä lisäämällä sen vipuvartta (Kapandji 1997, 144). Polven fleksoituessa patella liikkuu pystysuoraan alaspäin femurin trochleaa pitkin ja samanaikaisesti patellan ja femurin välinen kontaktikohta liikkuu proksimaalisesti. Ekstensioliikkeen yhteydessä patellan liike on päin-

vastainen ja polven ollessa täysin ekstensiossa vain patellan alaosa on kontaktissa femurin nivelpintojen kanssa. (Standring 2016, 1386.) Polvinivelen fleksoituessa, quadriceps aktivoituu heti stabiloimaan niveltä (Kapandji 1997, 144). Patella pysyy trochleaarisessa sulcuksessa quadricepsin ansiosta sitä voimakkaammin, mitä enemmän polvi fleksoituu (Kapandji 1997, 108). Aktiivisen quadricepsin lisäksi staattisesta patellan tuesta vastaavat mediaalinen patellofemoraali ligamentti sekä mediaalinen patellaarinen retinaculum (Standring 2016, 1393).

Tibiofemoraalinivel (tibiofemoral joint, TFJ) on tibian ja femurin välinen kompleksinen synoviaalinivel. Tibian proksimaalinen nivelpinta voidaan jakaa mediaaliseen ja lateraaliseen osaan, joihin nivELYvät niiden nivelpintoja vastaavat femurin kondyyliit. (Standring 2016, 1386–1387.)

Proksimaalinen tibiofibulaarinivel (TFPJ) on synoviaalinivel lateraalisen tibian kondyylin ja fibulan caputin välissä. Nivelen yhteydessä sijaitsee kaksi nivelsiderakennetta: anteriorinen ja posteriorinen tibiofibulaariligamentti. (Standring 2016, 1385.)

2.1 Polven nivelsiderakenteet

Kollateraaliigamentit (MCL ja LCL)

Mediaalisen kollateraaliigamentin (MCL) proksimaalinen kiinnityskohta sijaitsee femurin mediaalikondyylistä posterosuperiorisesti. Distaalisempi kiinnityskohta on tibian mediaalireunassa, sartorius-, gracilis- ja semimembranosuslihasten kiinnityskohdista posteriorisesti. MCL:n pinnalliset säikeet sijaitsevat erillään nivelkapselista, kun taas nivelsiderakenteen syvemmät säikeet sulautuvat kapselin säikeisiin mediaalimeniskin kohdalla. MCL estää tibiofemoraalinivelen valgus-suuntaan kohdistuvaa voimaa. (Brukner & Khan 2017, 714.)

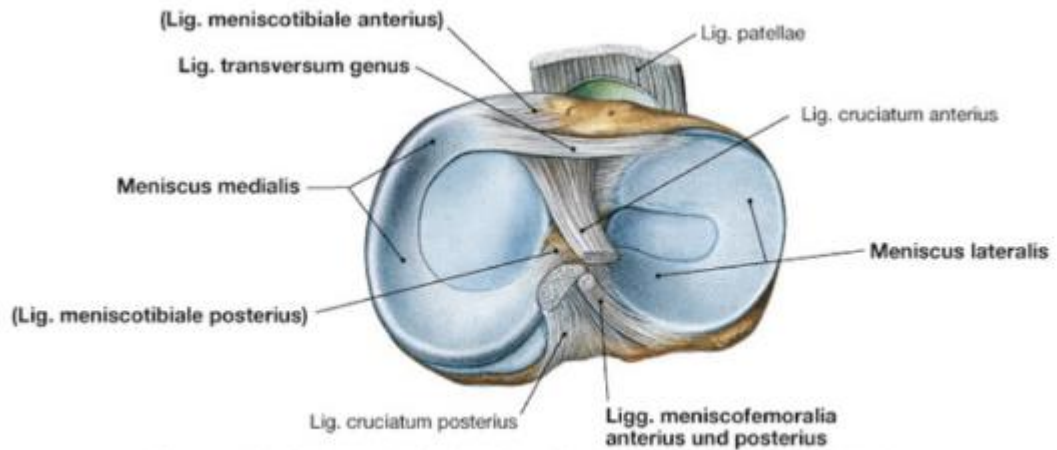
Lateraalinen kollateraaliigamentti (LCL) kiinnittyy proksimaalisesti ja posteriorisesti femurin lateraaliseen epikondyyliin, josta se punosmaisena rakenteena kiinnittyy caput fibulaan yhdessä biceps femoriksen jänteen kanssa. LCL ei kiinnity polven nivelkapseliin, eikä lateraaliseen meniskiin. LCL:n tehtävä on rajoittaa niveleen kohdistuvaa varus suuntaista voimaa. (Kapandji 1997, 112; Standring 2016, 1390; Brukner & Khan, 2017, 714.)

Polven meniskit (medial ja lateral meniscus)

Meniskit ovat sirpinmuotoisia, intrakapsulaarisia ja syyrustoisia rakenteita. Meniskien proksimaalinen osa on kontaktissa femurin kondyylien kanssa, kun taas meniskien distaaliosat ovat yhteydessä tibian nivelpintaan. Meniskit liikkuvat femurin kondyylien mukana – meniskien etusarvet enemmän kuin takimaiset ja lateraalinen meniski enemmän kuin mediaalinen. (Standring 2016, 1387–1388, 1392–1393.)

Meniskit jakavat polveen kohdistuvaa kuormitusta lisäämällä tibian ja femurin kondyylien nivelpintojen yhteensopivuutta. Ne lisäävät polven tukevuutta ja välittävät aistitietoa lisäten stabiloivien lihasten koordinaatiota. Lisäksi meniskit vaimentavat polveen kohdistuvia suuria voimia polven fleksio ja ekstensioiikkeen aikana. Meniskien kyky sietää niihin kohdistuvaa rasitusta heikkenee ikääntymisen ja degeneraation seurauksena. Meniskin puuttuessa, rasitus kohdistuu pienemmälle alueelle rustoa, joka tällöin altistuu suuremmille voimille. Tämä osaltaan selittää nivelrikon esiintyvyyttä meniskin poistoleikkauksen jälkeen. (Standring 2016, 1388, 1393, 1395.)

Mediaalinen meniski on kuunsirpin muotoinen. Sen lateraalineuna on yhteydessä nivelkapseliin ja MCL:ään. Nämä kiinnityskohdat varmistavat, että mediaalinen meniski pysyy suhteellisen hyvin paikallaan ja liikkuu huomattavasti vähemmän kuin lateraalinen meniski. (Standring 2016, 1388.) Lateraalisen meniskin etu- ja takasarvet ovat lähempänä toisiaan, joten meniski on lähes ympyrän muotoinen. Popliteuksen jänne kiinnittyy lateraalimeniskin posterioriseen reunaan ja erottaa LCL:n lateraalimeniskistä. (Kapandji 1997, 100.) Lateraalinen meniski liikkuu mediaalista enemmän, sillä se ei ole kiinnittynyt nivelkapseliin niin voimakkaasti kuin mediaalinen meniski. PCL kiinnittyy osittain lateraalimeniskin takasarveen muodostaen meniscofemoraalisen nivelsiteen (Kuva 1). (Kapandji 1997, 100; Standring 2016, 1288, 1395.)



Sobotta – Atlas der Anatomie des Menschen, 23. A. 2010, © Elsevier GmbH, München

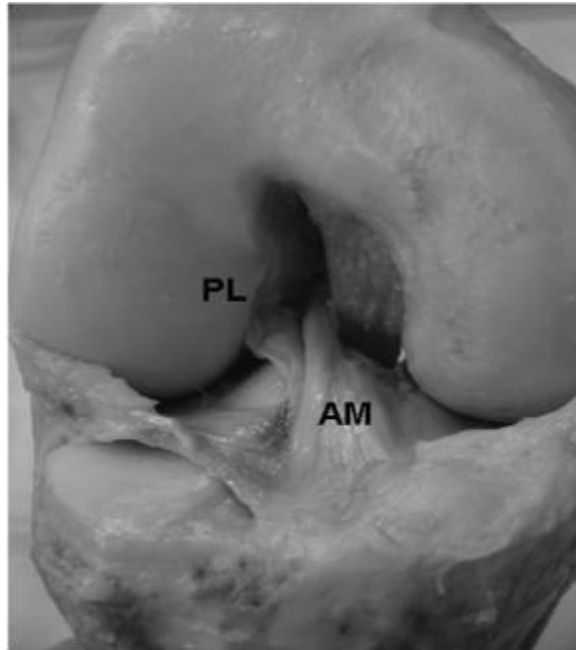
Kuva 1. Polven meniskit, l.dx (Paulsen & Waschke 2011)

Polven ristositeet (Cruciate ligaments)

Polven ristositeet, ovat vahvoja, hyvin hermotettuja nivelen sisäisiä nivelsiderakenteita. Ristositeet ovat nimetty tibian kiinnityskohtien mukaisesti etu- ja takaristositeeksi. Ristositeiden pituus ja muoto vaihtelevat yksilöllisesti ja ne ovat yhteydessä kondyylien muotoon. (Kapandji 1997, 126; Standring 2016, 1390.)

Eturistiside (Anterior cruciate ligament, ACL)

Petersenin ja Zantorpin (2007) mukaan Bicher (1921) kertoo, että ensimmäisiä anatomisia kuvauksia eturistisiteestä on esitetty muinaisissa egyptiläisissä papyruksissa jo 3000 eKr. ACL kiinnittyy tibian anterioriseen osaan (anterior intercondylar area), liittyen osittain lateraalisen meniskin etusarveen. Se nousee posterolateraalaisesti kiinnittyen posteromediaalaisesti femurin lateraaliseen kondyyliin mediasuperiorisesti. Aikuisen ACL:n keskimääräinen leveys on 11 mm ja pituus 38 mm. ACL muodostuu kahdesta tai kolmesta toiminnallisesta juosteesta, jotka näkyvät kuvassa 2; anteromediaalinen, intermediaalinen ja posterolateraalinen. (Petersen & Zantorp, 2007; Sugimoto ym. 2015a; Standring 2016, 1391.) Näistä anteromediaalinen juoste rajoittaa polven liikettä aina liikkeen aikana, kun taas posterolateraalinen juoste on venyttyneenä polven ollessa täydessä ekstensiossa ja löysänä fleksiossa (Petersen & Zantorp, 2007; Brukner & Khan, 2017, 737). ACL sijaitsee polven nivelkapselin ulkopuolella ja on näin intra-artikulaarinen mutta ekstrasynoviaalinen rakenne (Petersen & Zantorp, 2007).



Kuva 2. ACL:n posterolateraalinen sekä anteromediaalinen juoste (Petersen & Zantorp, 2007.)

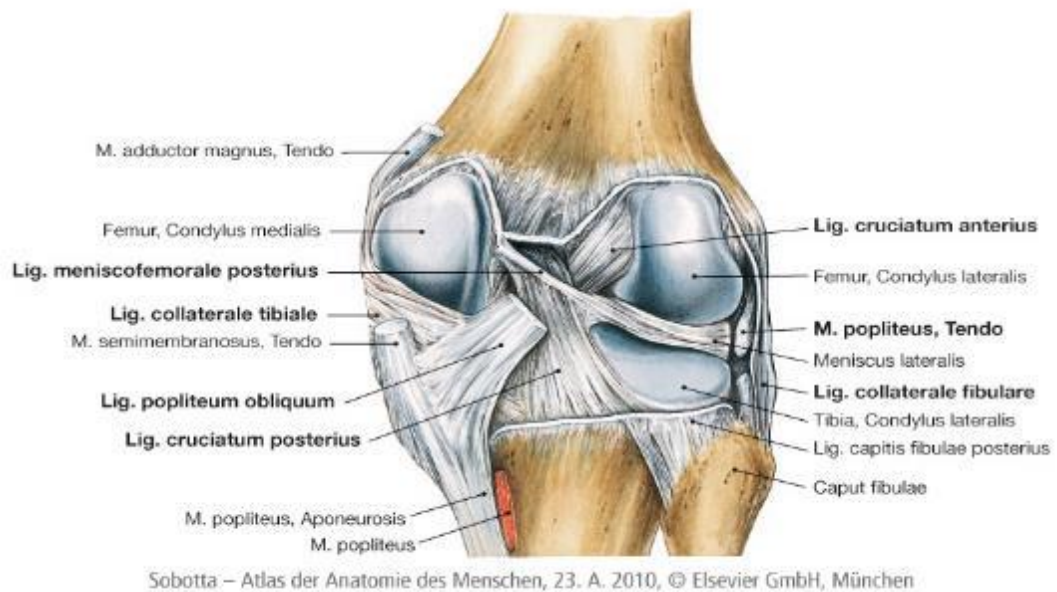
ACL rajoittaa tibian ventraalista siirtymistä suhteessa femuriin. Se rajoittaa 90 % ventraalisesta translaatiosta sekä kontrolloi tibian rotaatiota suhteessa femuriin. (Standring 2016, 1396; Brukner & Khan 2017, 714, 737.) ACL on välttämätön polven rotaatioliikkeiden tukemisessa. Mikäli ACL ei rajoita liikettä, tibia pääsee kiertymään anterolateraalisesti esimerkiksi, kun urheilija yrittää laskeutua hypyn jälkeen, tekee suunnanmuutoksen tai yrittää pysähtyä äkillisesti. (Petersen & Zantorp 2007; Brukner & Khan 2017, 714.) ACL saa verenkiertonsa popliteaalisen valtimon keskimmäisestä geniculaarisesta haarasta ja hermotuksensa tibiaaliherron posteriorisesta articulaarihermosta, joka on merkittävä ACL:ssa sijaitsevien mekanoreseptoreiden sekä nosiseptoreiden kannalta, sillä ACL:llä on tärkeä rooli polven proprioseptiikan toiminnan kannalta (Acevedo ym. 2014).

ACL:ssa on todettu esiintyvän kolmentyyppisiä reseptoreita: Pacinin keräsiä, Ruffinin hermopäätteitä sekä Golgin jänne-elimiä, erityisen tiheästi sen luisten kiinnityskohtien läheisyydessä. Pacinin kerästen on kuvattu adaptoituvan nopeasti niveleen kohdistuvaan rasitukseen, joten ne ovat herkkiä nopeille suunnanmuutoksille. Ruffinin hermopäätteet ja Golgin jänne-elimet ovat hitaasti adaptoituvia, niillä on korkea aktivoitumiskynnys ja niiden on kuvattu vastaa- van polven asentotunnosta. (Relph ym. 2014.) ACL:ssa sijaitsevilla resepto-

reilla sekä PCL:ssa, kollateraalligamenteissa ja polven nivelkapselissa sijaitsevilla mekanoreseptoreilla, on todettu olevan merkittävä rooli koko kehon proprioseptiikan muodostamisessa (Dhillon ym. 2011).

Takaristiside (Posterior cruciate ligament, PCL)

PCL on paksumpi ja vahvempi kuin ACL. Keskimäärin aikuisen PCL on 38 mm pitkä ja 13 mm leveä. Se kiinnittyy femurin mediaalikondyylin lateraali-osaan ja interkondyloorisen fossaan ventraalisesti, missä sen kiinnityskohta on laaja-alainen anteroposteriorisesti (Kuva 3.). PCL muodostuu kahdesta juosteesta: anterolateraalista ja posteromedialisesta. Anterolateraalinen juoste kiristyy fleksiassa, kun taas posteromedialinen juoste on tiukkana polven ollessa ekstensiossa. Ne toimivat käänteisesti, sillä kun toinen kiristyy, toinen löystyy. Juosteiden kiinnityskohtien etäisyys toisistaan muuttuu polven liikkeen aikana. (Standring 2016, 1391.)



Kuva 3. Polven nivelsiderakenteet posteriorisesti l.dx (Paulsen & Waschke 2011)

Takaristisiteen funktio on estää tibian posteriorista siirtymistä suhteessa femuriin. Mikäli PCL ei rajoita kyseistä liikettä, tibian siirtymä suhteessa femuriin on havaittavissa henkilön yrittäessä juosta alaviistoon olevalla pinnalla tai henkilön kävellessä portaita alas. Posteriorisen translaation estämisen lisäksi PCL toimii polveen kohdistuvien rotaatioliikkeiden rajoittajana, etenkin polven ollessa 90–120 asteen fleksiassa. (Brukner & Khan 2017, 714, 754.)

Polven luumustelma, rustovauriot ja nivelrikko

ACL-vamman yhteydessä tapahtuu usein myös muiden polven rakenteiden vammoja. ACL-vamman yhteydessä yleisiä ovat polven nivelrustovauriot, meniskien repeämät, sekä polven posterolateraaliset vammat. (Jones ym. 2003; Dumont ym. 2012; Brukner & Khan 2017, 744; Pike ym. 2018.)

ACL-vamman saaneista 80–98 %:lla havaitaan polven luumustelma MRI-tutkimuksen avulla. Luumustelma sijaitsee yleensä lateraalisen femurin kondyylin alueella, sillä se syntyy tyypillisesti tibian posteriorisen reunan ja lateraalisen femurin kondyylin iskeytyessä toisiinsa. Luumustelman yhteydessä tapahtuu rustopintojen välinen kontakti, mutta vielä on kuitenkin epäselvää vaikuttaako luumustelma polven nivelrikon kehittymiseen pitkällä aikavälillä. (Brukner & Khan 2017, 740–741.)

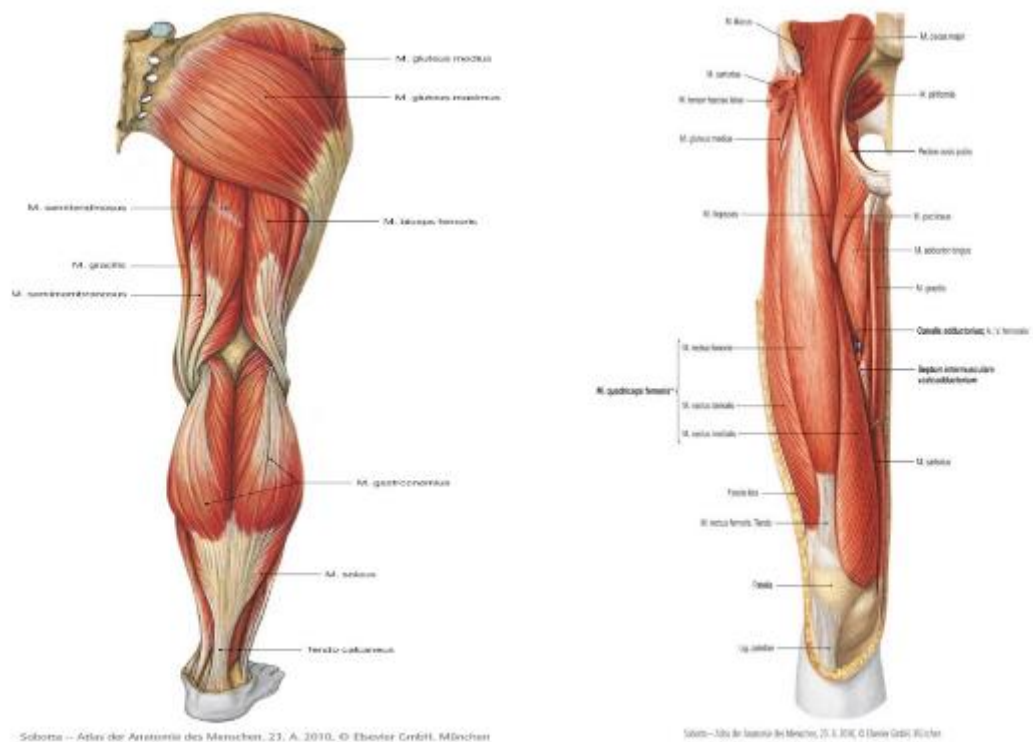
ACL-vamman yhteydessä tapahtuva rustovaurio voi kohdistua rustokudokseen tai ruston alaiseen kudokseen. Rustovaurio voi esiintyä myös jonkun muun polven rakenteen vamman yhteydessä. Esimerkiksi meniski, MCL, PCL tai patellan luksaation yhteydessä. Polven rustovaurioita havaitaan 3,4–62 %:ssa polven tähytysleikkauksista, kun taas vähintään 1–2 cm² kokoisia vaurioita nähdään noin 6,2–44,2 %:ssa kaikista polven tähytysleikkauksista, joita on tehty alle 40-vuotiaille. Rustovaurioiden esiintyvyys on korkeampi urheilijoilla. (Brukner & Khan 2017, 760.) Harrisin ym. (2010) systemaattisessa katsauksessa, joka sisälsi 11 tutkimusta ja jossa tarkasteltiin 931 urheilijaa, havaittiin paikallisia rustomuutoksia 36 % urheilijoista, 14 % näistä urheilijoista oli diagnoosin varmistumisen aikaan oireettomia. Polven osalta patellofemoraaliset rustomuutokset olivat yleisempiä (37 %) kuin femurin kondyylien muutokset (35 %) ja tibian nivelpinnan muutokset (25 %). Mediaalisen kondyylin rustomuutokset (68 %) olivat yleisempiä kuin lateraalisen kondyylin rustomuutokset (32 %), ja muutokset patellan nivelpinnassa (68 %) olivat yleisempiä kuin femurin nivelpinnassa olevat muutokset (36 %). (Brukner & Khan 2017, 760.)

2.2 Polvinivelen toimintaan vaikuttavat lihakset

Polven fleksion tuottavat pääasiassa hamstring-lihakset: biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus (Standring 2016, 1393). Hamstring-lihakset toimivat myös lonkkanivelen ekstensoreina, joten niiden vaikutus polviniveleen

riippuu lonkkanivelen asennosta (Kapandji 1997, 148). Polven fleksioon osallistuvat hamstring-lihasten lisäksi gracilis, sartorius ja popliteus. Suljetussa ketjussa myös gastrocnemius ja plantaris avustavat polven fleksiossa. Sartoriuksen funktio polven fleksion lisäksi on lonkkanivelen fleksio, lateraalirotaatio ja abduktio. Graciliksen funktio on lonkkanivelen adduktio, mutta se avustaa myös lonkan fleksiossa ja polven mediaalirotaatiossa. (Standring 2016, 1362, 1364, 1393.)

Polven ekstensiosta vastaa pääasiassa quadriceps femoris, joka koostuu vastus medialiksesta, vastus intermediuksesta, vastus lateraliksesta sekä rectus femoriksesta (Standring 2016, 1393). Kyseiset lihakset kiinnittyvät tuberositas tibiaan yhteisellä jänteellä (Kapandji 1997, 144). Polven ekstensioon osallistuu myös tensor fascia latae, joka kiinnittyy distaalisesti tibian lateraalilyläosaan (gerdy's tuberceli). Polven mediaalirotaatiota suorittavat popliteus, semimembranosus, semitendinosus sekä sartorius ja gracilis. lateraalirotaatiosta vastaa biceps femoris. Kuvassa 4 on nähtävissä polvea ekstensoivan ja fleksoivan lihakset. (Standring 2016, 1393.)



Kuva 4. Reiden lihakset posteriorisesti ja anteriorisesti. I.dx (Paulsen & Waschke 2011)

2.3 Polvinivelen kinematiikka, biomekaniikka ja stabiliteetti

Polvinivelen liike on normaalisti määritetty alkamaan 0 asteessa, joka on määritetty nivelen neutraaliasennoksi. Tällöin tibia ja femur ovat keskenään samassa linjassa sagittaalitasossa. Suurin liike polvinivelessä tapahtuu sagittaalitasossa ja vähäinen liike transversaalitasossa. Polven fleksio ja ekstensio eroavat todellisesta sarananivelestä: femurin ja tibian nivelpintojen muodot aiheuttavat fleksio liikkeen aikana vaihtelevan rotaatioakselin, ja tämän takia polviniveltä kutsutaan yksinkertaistettuna modifioiduksi sarananiveleksi. (Standring 2016, 1393.)

Polvinivelessä rotaatioliikettä tapahtuu ainoastaan polven ollessa fleksoituna, jolloin polvinivelen aktiivista rotaatiota tapahtuu 60–70 astetta ja yhdistelmäliikkeenä 20 astetta. Yhdistelmäliikkeenä tapahtuva “automaattinen” tibian akselinsuuntainen rotaatioliike on seurausta nivelpintojen muodoista ja polveen vaikuttavista ligamenteista. (Standring 2016, 1392.) Yhdistelmäliike tapahtuu polvinivelen loppuekstensiossa, jossa tapahtuu lateraalirotaatio ja liikkeen alussa polven fleksoituessa lähellä nivelen neutraaliasentoa, jossa tapahtuu polven mediaalirotaatio (Kapandji 1997, 80). Loppuekstensiossa tapahtuvalla “screw-home-liikkeellä” on merkitystä polvinivelen stabiliteetin osalta, jolloin nivelen saavuttaessa neutraaliasennon nivelside- ja pehmytkudosrakenteet kivistyvät ja polvinivel pysyy tukevana, ennen kuin siihen kohdistuu painonvauruksesta johtuvaa rasitusta (Kapandji 1997, 134; Standring 2016, 1394). Polvi toimii yhtenä linkkinä kineettisessä ketjussa ja screw-home liike liittyy sekä nilkassa että lonkassa tapahtuviin rotaatioihin (Standring 2016, 1394).

Polvinivelen toimintaan kuuluu kontrolloida kehon massakeskipistettä sekä asentoa ja sillä on kyky sietää siihen liikkeessä kohdistuvia suuria voimia. Polvinivel sijaitsee kehon pisimpien luiden välissä, joten siihen kohdistuu kehon painosta johtuva kuormitus sekä pitkistä vipuvarsista johtuvat voimat. (Kapandji 1997, 72; Standring 2016, 1393.) Koska polveen kohdistuu samanaikaisesti monen suuntaisia voimia, on polvinivelen eri kudosten ja tukirakenteiden toimittava yhteistyössä keskenään (Kapandji 1997, 118; Standring 2016, 1396). Polvinivelen stabiliteetti perustuu aktiivisten rakenteiden eli lihas-jänneliitoksen ja passiivisten eli luu- ja nivelsiderakenteiden yhteistyöhön. Lihakset

mahdollistavat nivelen hallitun liikkeen, kun taas passiiviset rakenteet huolehtivat luiden välisten liikkeiden rajoittamisesta. (Standring 2016, 1396.)

Nivelsiderakenteilla on merkittävä rooli polviniveleen kohdistuvien liikkeiden ja voimien rajoittajina. Niiden tehtävä on tukea luurakenteita erityisesti nivelen ääriasennoissa, sekä lisätä lihasten välistä yhteistyötä. Tämä tapahtuu joko liikkeen hallinnan avulla tai rajoittamalla nivelen liikelaaajuutta välittämällä tietoa aivoille niissä sijaitsevien proprioseptoreiden avulla. Häiriö missä tahansa nivelsiderakenteessa aiheuttaa niveleen mekaanista instabiliteettia, joka puolestaan aiheuttaa voimakkaampaa rasitusta muihin kudoksiin. (Standring 2016, 1393,1396.)

Lihaksista quadriceps femoris, hamstrings ja gastrocnemius kontrolloivat pääasiassa polvinivelen fleksio-ekstensio-suuntaista liikettä, sekä polven mediaali- ja lateraalirotaatiota. Ne myös aiheuttavat niveleen AP-suuntaisen leikkausvoiman "shear forces", jota rajoittaa pääasiassa ristositeet. (Standring 2016, 1396.) Polvinivelen hyperekstension ja ekstension rajoittamiseen osallistuvat polven nivelkapselin takaosa, nivelsiderakenteista ristositeet ja kollateraalliligamentit sekä polvea fleksoivat lihakset. Polvinivelen fleksion aikana kehön painovoima kohdistuu polvinivelen fleksio- ja ekstensioakselin taakse, minkä takia polvinivel fleksoituu elleivät polviniveltä ojentavat lihakset rajoita fleksiota. (Kapandji 1997, 144.)

Hamstring-lihakset tuottavat posteriorisen "shear forcen" tibiaan, kun taas polven ekstensio liikkeen sekä hyppyjen alastulojen yhteydessä polven anterioriset voimat muodostuvat pääasiassa quadricepsin jännittymisen seurauksena. Polven ja ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä hamstring-lihasten vahvistamista ja niiden riittävän nopeaa aktivaatiota on pidetty tärkeänä tasapainottajana tibiaan kohdistuvan anteriorisen voiman vähentämisessä. Erityisesti polven ekstensoituessa 30 asteen fleksiosta, jolloin ACL:n anteromediaalinen juoste on maksimaalisesti kiristyneenä. (Sugimoto ym. 2015a.)

3 URHEILUVAMMA, ALTISTAVAT TEKIJÄT JA ENNALTAEHKÄISY

Urheiluvammaksi käsitetään vamma, joka on kohdistunut tuki- ja liikuntaelinkudokseen joko harjoituksen tai pelin aikana (Brukner & Khan 2017, 13). Fuller ym. (2006) määrittävät vamman miksi tahansa vaivaksi, joka on sattunut harjoituksissa tai ottelun aikana riippumatta siitä tarvitseeko se lääkärinhoitoa tai joutuuko urheilija olemaan poissa lajin parista. Fuller ym. (2007) määrittävät urheiluvamman miksi tahansa fyysiseksi vaivaksi, joka on ylittänyt kyseisen rakenteen mekaanisen kyvyn pysyä ehjänä.

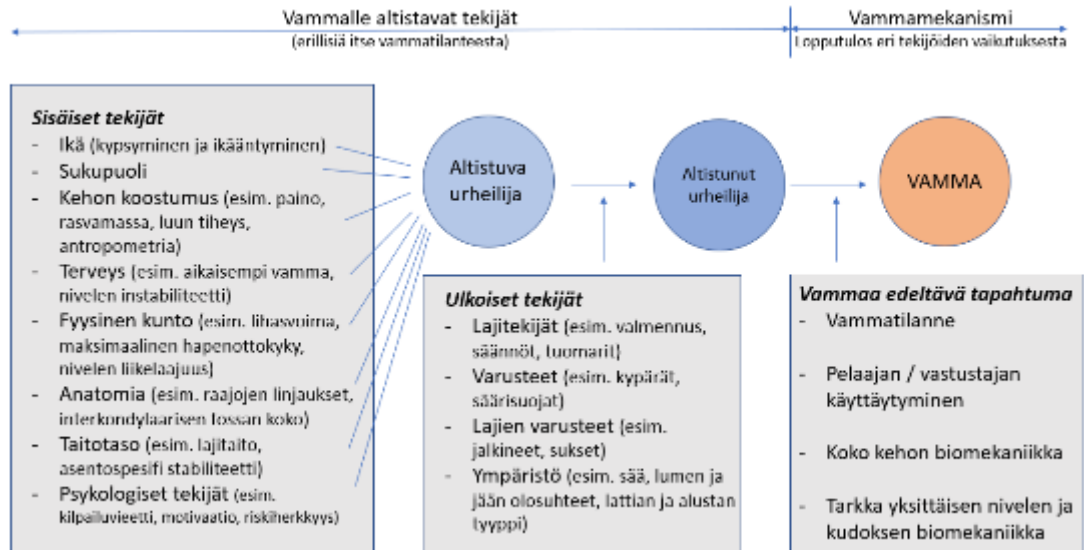
Urheiluvammat jaetaan joko **akuutteihin** tai **ylirasitusvammoihin** perustuen vamman mekanismiin ja, kuinka nopeasti vamman tapahduttua oireet ilmenevät. Akuutilla vammalla tarkoitetaan tilannetta, jossa kudoksen toimintakyky häiriintyy tai kudoksen sietokyky ylittyy yksittäisen traumaattisen tapahtuman seurauksena. Tuloksena on kudoksen vaurio, jonka yhteydessä ilmenee äkillinen oire, kuten kipu tai toimintakyvyn häiriö. Oireiden vakavuus riippuu vahingoittuneesta kudoksesta sekä kudოსvaurion laajuudesta. (Brukner & Khan 2017, 13.)

3.1 Urheiluvammalle altistavat tekijät

Vammaan vaikuttavat tekijät koostuvat monista eri tekijöistä ja ne vaihtelevat eri lajien ja yksilöiden välillä, eikä kaikkia vammaan vaikuttavia tekijöitä ole vielä pystytty kuvaamaan. (Bittencourt ym. 2016.) Kun kudokseen kohdistuu räsitus, voiman suunta, voimakkuus ja tiheys sekä kudoksen mekaanisten ominaisuuksien kyky sietää siihen kohdistuvaa räsitusta määrittävät vaurioituko kudος vai ei. (Brukner & Khan 2017, 13)

Urheiluvammalle voidaan määrittää altistavia tekijöitä, jotka jaetaan tyypillisesti sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin. Sisäiset tekijät joko altistavat tai suojaavat urheilijaa vammautumiselta ja niitä ovat urheilijan ikä, biologinen kypsyys, sukupuoli, vartalon rakenne sekä kuntotaso. Sisäisistä vammalle altistavista tekijöistä merkittävin on kudoksen aikaisempi vamma. Ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi pelialustan ja jalkineen välinen kitka, lumen ominaisuudet laskettelussa, liukas alusta juoksuradalla, erittäin kylmä keli tai vaikka käytettävät kenkät ja muut välineet. Myös altistuminen ulkoiselle tekijälle voi lisätä tai vähentää

tää loukkaantumisen riskiä. Tyypillisesti kudosisaurioon johtavat tekijät koostuvat samanaikaisesti sekä sisäisistä että ympäristön aiheuttamista tekijöistä (Kuva 5). (Brukner & Khan 2017, 166.)



Kuva 5. Urheiluvammaan vaikuttavat tekijät. (mukaillen Bahr & Krosshaug 2005.)

Vammatilanne

Yksittäiseen vammatilanteeseen vaikuttavat tapahtumat ennen kyseistä tilannetta (pelitilanne, pelaajan sekä vastustajan käyttäytyminen) sekä koko kehon ja nivelen biomekaniikka kyseisellä hetkellä. Ei kontaktivamma tapahtuu ilman ulkopuolista kontaktia ja se aiheutuu sisäisten ja ulkoisten riskitekijöiden yhteisvaikutuksesta. (Brukner & Khan 2017, 166.)

Monfortin ym. (2015) tutkimuksessa koripallon puolustustilannetta, jota pidetään ennakoimattomana ja reagoitavana liikkeenä, pidettiin riskialttiimpana vammautumiseksi, kuin pallon kuljettamista sekä hyökkäystilannetta, jota pidetään ennakoitavana ja feedforward-mekanismia hyödyntävinä liikkeinä. Vastaavaa tulosta ei havaittu jalkapallossa (Monfort ym. 2015). Nämä tulokset tukevat osittain tietoa lisääntyneestä vammariskistä tilanteissa, joissa visuaalimotorista reagoitua tarvitaan nopeasti (Grooms & Onate 2015).

Tutkimusnäyttö alentuneen neurokognitiivisen toimintakyvyn loukkaantumisriskiä lisäävästä vaikutuksesta ilman kontaktia tapahtuneen ACL-vamman kohdalla korostaa visuaalisen sekä motorisen yhteistyön merkitystä ACL-vamman

osalta. Erityisesti merkitystä on havaittu reaktioajassa, visuaalisessa aistimisessa sekä muistissa, jotka olivat alentuneet niillä henkilöillä, joille oli tapahtunut ACL-vamma. Visuaalisen aistimuksen käsittelynopeus on välttämätön onnistuneen suorituksen kannalta, jolloin monimutkaista aistitietoa on käsiteltävä mahdollisimman nopeasti lyhyellä reaktioajalla. Kyky hahmottaa pelaajan ja/tai pelivälineen asema muuttuvassa ympäristössä lyhytaikaisen näkömuistin avulla on myös tärkeä tekijä tulevan motorisen liikkeen suunnittelussa. Visuaalimotorinen toiminta ja reaktioaika voivat vaikuttaa yksilön kykyyn ennakoita ja valmistautua korkean vammriskin tilanteisiin. Nopea reaktioaika tai nopeuden havainnointi voi lisätä valmistautumisaikaa tulevaan yllättävään tilanteeseen, pyrittäessä välttämään vammalle altistavia asentoja. Mikäli visuaalimotorinen havainnointi ei ole täysin tilanteen vaatimalla tasolla, heikentää se kykyä mukautua kyseiseen tilanteeseen. (Grooms & Onate 2015.)

Kilpailun taso ja intensiteetti

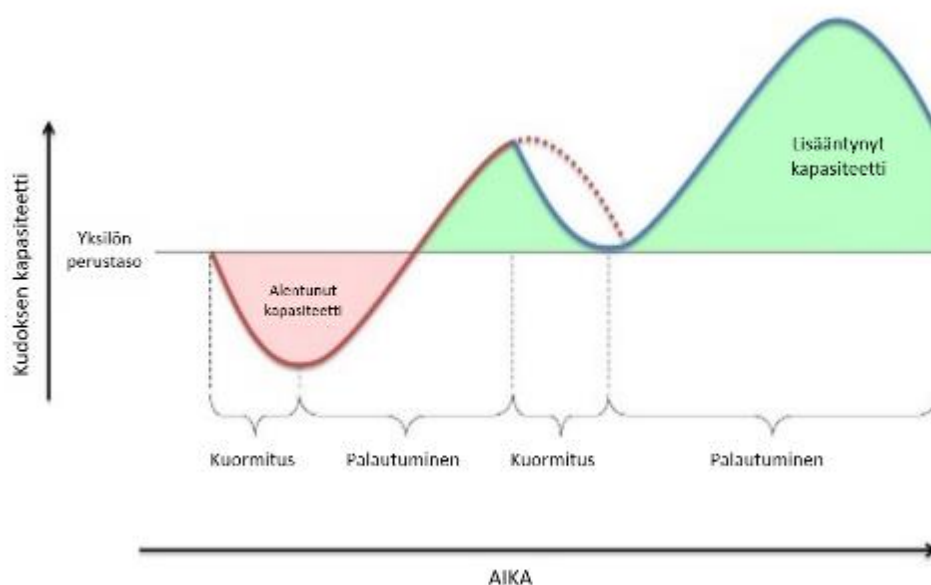
Huippu-urheilijoilla on huomattavasti suurempi riski loukkaantua, verrattaessa harrastajiin. Harrastajien loukkaantumisriski on noin 0,7 vammaa 1000 urheilua tuntia kohden, kun taas kunto- ja kilpaharrastajilla samainen riski on 3,7 vammaa 1000 urheilua tuntia kohden. (Parkkari ym. 2018.) Urheiluvammoja on myös kuvattu tapahtuvan enemmän pelitilanteissa kuin harjoituksissa. Vammojen esiintyvyyden on todettu olevan neljä kertaa suurempaa miesten jalkapallossa pelitilanteessa (18,8) kuin harjoituksissa (4,3) 1000 tuntia kohden. Peleissä tapahtuvista vammoista 30 % kohdistuu polveen sen ollen eniten vammautuva kehon alue. (Agel ym. 2007; Hootman ym. 2007.)

Kudosten biologisen kapasiteetin ja kuormituksen vaikutus urheiluvammaan

Fyysisen harjoittelun tavoitteena on lisätä kudosten kapasiteettia sietää ja vastata siihen kohdistuvaan kuormitukseen. Kudokset adaptoituvat spesifisti ärsykkeen mukaan, jolloin yhden ominaisuuden harjoittelu vahvistaa vain harjoiteltua ominaisuutta. Systemaattisella harjoittelulla kudoksesta tulee vahvempi ja sen kyky sietää raskautta paranee. Jos kudokseen kohdistuva kuormitus ylittää kudoksen kyvyn adaptoitua seuraa siitä vamma. Ylirasitusvamman osalta alttius lisääntyy harjoittelun kuormittavuuden lisääntyessä, jolloin kuormituksen kesto, intensiteetti ja tiheys lisääntyvät samanaikaisesti. Näin tapahtuu

esimerkiksi harjoituskauden alussa tai leirityksen aikana, jolloin kudokset eivät ehdi adaptoitumaan lisääntyneeseen rasitukseen. (Bahr ym. 2012, 2–3.)

Nivelsiteet adaptoituvat hitaasti lisääntyvään kuormitukseen, mutta heikkenevät nopeasti immobilisaation seurauksena. Harjoittelun vaikutuksesta niiden poikkipinta-ala lisääntyy ja rakenne vahvistuu (Kuva 6). Normaali päivittäinen aktiviteetti riittää ylläpitämään 80–90 % nivelsiteiden mekaanisista ominaisuuksista ja systemaattisella harjoittelulla voidaan lisätä niiden rasituksen-sietokykyä noin 10–20 %. Nivelsiteiden kuormituksen-sietokyky puolittuu immobilisaatiossa jo kahden viikon jälkeen. Systemaattisella harjoittelulla saavutetaan nivelsiteiden vahvistuminen muutamassa viikossa, mutta nivelsiteen ja luun liittymäkohdan vetolujuus säilyy samalla tasolla useita kuukausia harjoittelusta huolimatta. Nivelsiteillä on hyvät elastiset ominaisuudet ja ne kestävät noin 4 % pituuden muutoksen ennen kuin ne repeävät. (Bahr ym. 2012, 5–6.)



Kuva 6. Kudoksen biologinen adaptaatio rasitukseen. (mukaillen Soligard ym. 2016)

Rasituksesta johtuva kehon väsymys ”Fatigue” ja heikentynyt neuro-muskulaarinen kontrolli

Rasituksen aiheuttamaa kehon ”väsymistä” on aiemmin pidetty ACL-vamman riskitekijänä. Teorian mukaan rasituksen aiheuttama kehon väsymys heikentää lihasten voimantuottoa, altistaen alaraajan poikkeaville asennoille ja näin lisäävän polveen kohdistuvia voimia suunnanmuutosten ja alastulojen yhtey-

dessä. (Read ym. 2016; Bourne ym. 2019.) Kuitenkin Barber-Westin ja Noyesin (2017) sekä Benjaminsen ym. (2019) prospektiivisten tutkimusten mukaan suorituksessa syntynyttä kehon "väsymistä" ei voida pitää ACL-vamman riskitekijänä.

Urheilussa rasituksen aiheuttama kehon väsyminen on aiemmin tutkimuksissa liitetty yksilön harjoittelun ja peliajan määrään. Mitä enemmän urheilija pelaa ja harjoittelee, sitä enemmän hän altistuu hetkittäiselle väsymiselle verrattuna määrällisesti vähemmän harjoitteleviin ja pelaaviin. Mikäli hetkellinen väsymys olisi ACL-vamman riskitekijä niiden esiintyvyyden pitäisi olla suurempaa peliajan tai pelikauden lopussa. (Bourne ym. 2019.) Kuitenkaan Doylen ym. (2018) meta-analyysissä ei todettu eroavaisuutta ACL-vamman esiintyvyydessä jalkapallossa ensimmäisen tai toisen puoliajan välillä, eikä koripallossa ensimmäisen ja neljännen jakson välillä. ACL-vammojen esiintyvyydessä ei huomattu myöskään eroa kauden ensimmäisen ja kauden toisen puoliskon välillä. Websterin ja Hewettin (2018) meta-analyysien meta-analyysissä todettiin, etteivät ACL-vammoja ennaltaehkäisevät harjoitusohjelmat kehittäneet väsymyksen sietokykyä, eikä näin ollen ennaltaehkäiseviä harjoitusohjelmia tulisi hyödyntää rasituksen sietokyvyn kehittämisessä.

Kehon koostumus

On esitetty, että yli- tai alipaino olisi yhteydessä heikentyneeseen yksilön kuntotason sekä heikentyneeseen neuromuskulaariseen kontrolliin. Tanssijoilla alhaisen BMI (body mass index) <19 todettiin lisäävän lievempien vammojen määrää, kun taas cheerleadereilla, jalkapalloilijoilla ja liikuntaa opiskelevilla korkeampi BMI altisti vammoille. Tutkimusten tuloksissa tulee ottaa kuitenkin huomioon BMI:n heikkoudet käytettävänä mittarina varsinkin huippu-urheilijoilla. Polven osalta kohonneen BMI:n on todettu altistavan patellan tendinopatialle, ilman kontaktia tapahtuneille ACL-vammoille, sekä degeneratiivisten vammojen osalta meniskien sekä nivelrustojen vammojen syntymiselle. (Amoako ym. 2017.)

Psykologisten tekijöiden vaikutus vamman syntymiseen

Useiden eri psykologisten tekijöiden ajatellaan altistavan vammalle. Esimerkiksi negatiiviset elämänmuutokset, päivittäinen kiire arjessa sekä urheilusta

aiheutuva stressi kuten tauon tarve, jännittyneet lihakset, urheilijalla oleva tunne, että hän on altis vammautumiselle, on raportoitu altistavan vammoille. Myös urheilijan persoonallisuuden oletetaan vaikuttavan loukkaantumisiin. Esimerkiksi taipumus asioista huolestumiseen, ärtymiseen ja epäilevyyteen on arveltu lisäävän vammariskiä. Syy miksi psykologisten tekijöiden ajatellaan vaikuttavan vammariskiä, johtuu keskittymisen sekä somaattisten muutosten kautta havainnointikyvyn alentumisesta, lihasten jännittyneisyydestä, väsymyksestä ja alentuneesta lihasten koordinaatiokyvystä. (Soligard ym. 2016.)

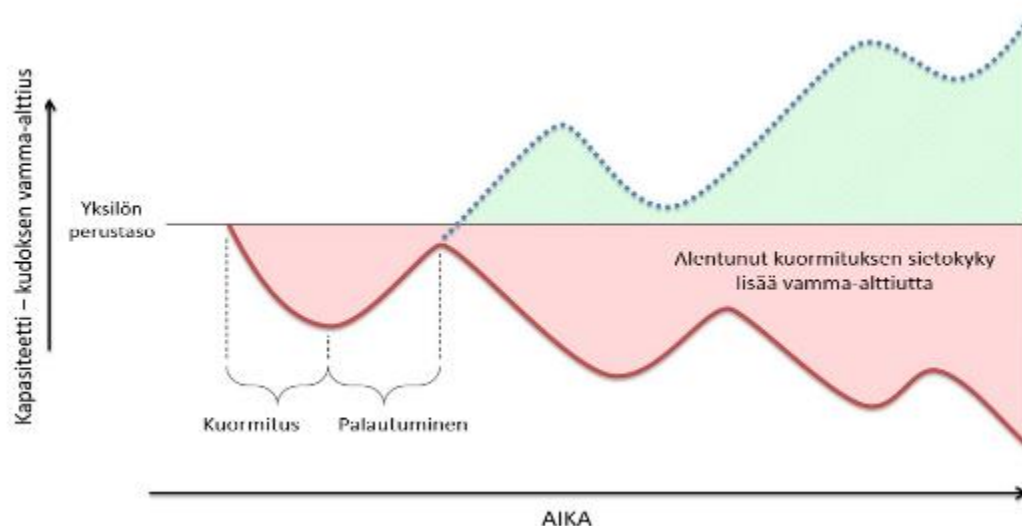
3.2 Urheiluvammojen ennaltaehkäisy

Vammojen ennaltaehkäisyn kannalta on olennaista tiedostaa vamman mekanismi ja siihen liittyvät altistavat tekijät, yleisyys sekä myös kuinka pitkäaikainen on vamman aiheuttama haitta. Kun tiedostetaan mitkä eri tekijät aiheuttavat vammoja, voidaan tekijöihin vaikuttamalla vaikuttaa vammojen ennaltaehkäisyyn. Ulkoisina keinoina on muokata varusteita, pelialustaa tai pelin sääntöjä turvallisemmiksi. Sisäisinä keinoina on kehittää urheilijan eri ominaisuuksia kuten lihasvoimaa, kestävyttä, liikkuvuutta, motorista kontrollia ja proprioseptiikkaa yksilön osalta riittävälle tasolle. Akuutti vamma aiheuttaa aina muutoksia urheilijan sisäisissä tekijöissä. Pohdittaessa urheilijan paluuta lajiin sekä ennaltaehkäistäessä uusintavammoja on huolehdittava, että yksilön sisäiset tekijät ovat vaadittavalla tasolla ennen paluuta lajiin. (Bukner & Khan 2017, 13, 167.) Vammojen ennaltaehkäisyä pidetään myös tärkeänä, sillä vammojen esiintyvyydellä oli merkittävä vaikutus joukkueen menestykseen ammattilaismiesjalkapalloilijoilla (Hägglund ym. 2013).

Soomron ym. (2016) mukaan ennaltaehkäisevä harjoitusohjelma vähensi 32 % urheiluvammoja nuorten joukkueurheilussa. Ennaltaehkäisevä vaikutus on merkittävä ja kliinisesti vaikuttava tulos nuorten joukkueurheilussa. Lauersenin ym. (2014) systemaattisessa katsauksessa vertailtiin voimaharjoittelua, dynaamista venyttelyä, proprioseptiivista harjoittelua sekä useita eri harjoitusmuotoja sisältäneitä harjoitusohjelmia. Siinä tutkimuksessa todettiin voimaharjoittelun olevan vammojen ennaltaehkäisyn kannalta vaikuttavinta (Lauersen ym. 2014). Eri harjoitusmuotoja yhdistelevien ohjelmien, kuten neuromuskulaaristen harjoitusohjelmien vaikuttavuutta on perusteltu niiden vaikutuksilla useampiin eri vammojen riskitekijöihin (Lauersen ym. 2018).

Vammojen raportointi ja rasituksen seuranta

Vammojen kirjaaminen ja raportointi on osa vammojen ennaltaehkäisyä, jotta ennaltaehkäisevät toimet osataan kohdistaa akuuttien- ja uusintavammojen estämiseksi. Vammojen ilmaantuvuus ilmoitetaan tyypillisesti poissaolon aiheuttaneiden vammojen määränä tuhatta tuntia kohden. Ennaltaehkäisyn kannalta on myös tärkeää selvittää yksilöiden rasituksen määrää harjoitus- ja kilpailutilanteissa, sillä kuormituksen määrällä on merkitystä akuuttien- ja rasitusvammojen synnyssä (Kuva 7). (Soligard ym. 2016; Brukner & Khan 2017, 168.)



Kuva 7. Kudoksen palautumisen vaikutus kudoksen kapasiteettiin ja vammalle altistumiseen. (mukaillen Soligard ym. 2016.)

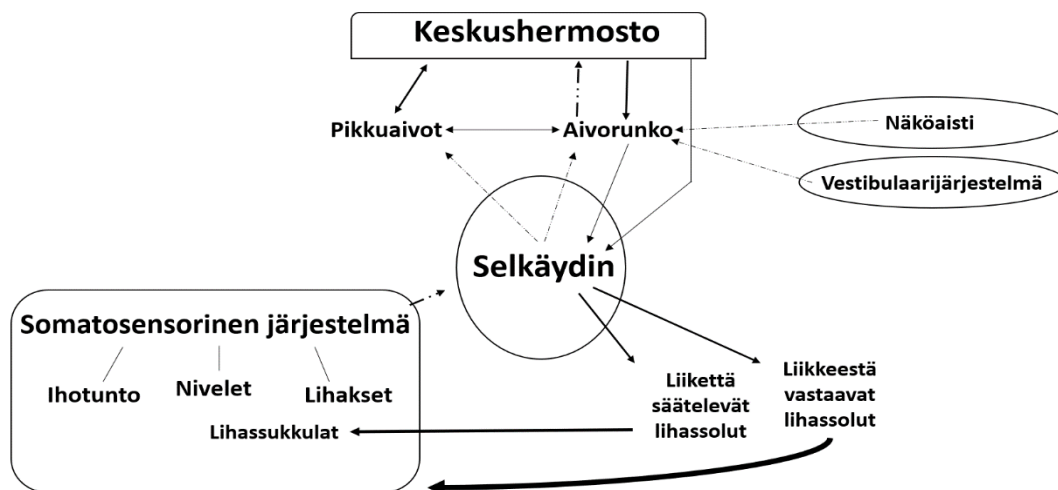
Vammojen osalta ennen kautta sekä koko kilpailukauden kestävä suunnitelma kuormituksen seurannasta on tärkeä osa riskitekijöiden tunnistamisessa. Kausisuunnitelman tarkoitus on tunnistaa mahdolliset riskit ennen kuin vamma tapahtuu. Suunnitelmassa esille tuleviin riskeihin vaikuttavat kilpailukauden ohjelma, harjoitteluohjelma, urheilijan palautuminen, matkustaminen sekä muut tekijät. (Brukner & Khan 2017, 170.) On myös tärkeää kirjata altistumiset ulkoisille tekijöille, kuten peli- ja harjoitusalustalle, suojavälineiden käytön määrä ja tapahtuuko altistuminen harjoituksissa vai peleissä (Soligard ym. 2016; Brukner & Khan 2017, 168).

4 LIHASSUPISTUS JA SEN SÄÄTELY

Lihasten mekaaninen vaste on riippuvainen siitä, kuinka lihakset aktivoituvat. Liikkeen hallinnasta vastaavat motoriset yksiköt, jotka neuraalisen ohjauksen avulla kontrolloivat lihasten supistumista. Yksi **motorinen yksikkö** koostuu motoneuronista ja kaikista sen hermottamista lihassäikeistä. Riippuen lihaksesta, voi yksittäisellä lihaksella olla muutamia tai useita satoja motorisia yksiköitä. Yhden motorisen yksikön hermottamat lihassäikeet aktivoituvat ”kaikki tai ei mitään” periaatteen mukaisesti. Tarkka lihasten supistumisen säätely perustuu kahteen eri prosessiin: kuinka monta eri motorista yksikköä aktivoituu samanaikaisesti ja kuinka tiheään motoriset yksiköt aktivoituvat. Motoristen yksiköiden aktivaatio perustuu myös spesifeihin liikkeisiin ja esimerkiksi, hyppy, kyykky tai pelkän polven fleksioliikkeen aikana motoristen yksiköiden aktivaatio on erilainen. Myös liikkeen suoritustavalla on merkitystä lihasten aktivoitumisessa, ja niihin vaikuttavat myös sen hetkinen kehon rasiustila sekä muut sensoriset aistimukset. (Knudson 2007, 94–95.)

Motorinen kontrolli ja sensomotorinen systeemi

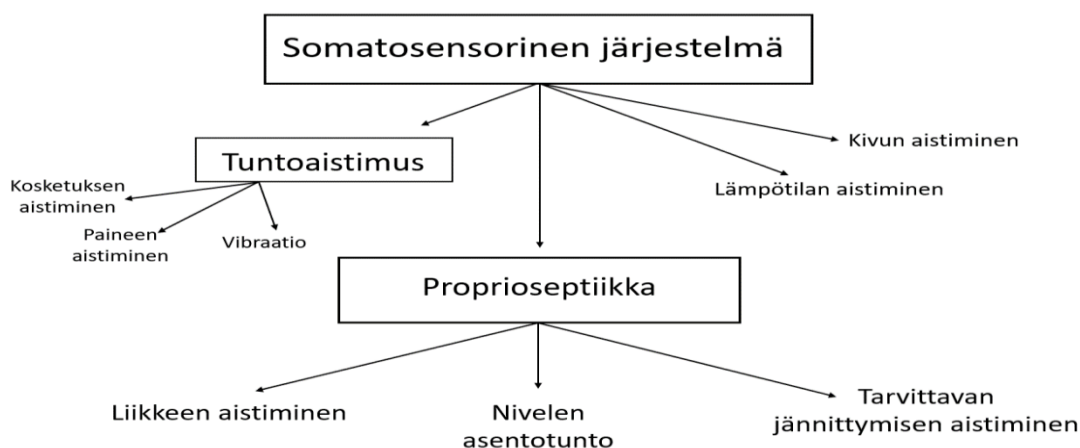
Tahdonalainen liike alkaa aivojen subkortikaaliselta ja kortikaaliselta alueelta, josta se kulkee aivokuoren assosiaatioalueelle, jossa muodostetaan ”karkea luonnos” halutusta liikkeestä valmiina olevien liikemallien pohjalta. Suunniteltu liikemalli lähetetään pikkuaivoille sekä tyvitumakkeille. Näiden rakenteiden yhteistyönä karkeasta liikkeestä muokataan tarkasti ajoitettu liikemalli. Pikkuaivot vastaavat nopeista liikkeistä, kun taas tyvitumakkeet ovat vastuussa hitaista liikkeistä. Pikkuaivojen ja tyvitumakkeiden muodostama liikemalli lähetetään talamuksen kautta motoriselle aivokuorelle, josta se kuljetetaan spinaalihermoja pitkin lihaksille. Lihaksissa ja nivelissä sijaitsevien reseptoreiden keskushermostolle antama palaute ”feedback” mahdollistaa motoristen viestien hienosäädön. Kyky säätää haluttua liikemallia mahdollistaa liikkeessä tapahtuvien virheiden korjaamisen alun perin suunnitellun liikkeen aikana. Kuvassa 8 on esitetty sensomotorinen systeemi osana kehon motorisen kontrollin järjestelmää. (Powers & Howley 2015, 156.)



Kuva 8. Sensomotorinen systeemi. (mukaillen Riemann & Lephart 2002.)

Feedforward-mekanismi toimii lähtökohtana motorisen vasteen aloittamiselle. Se ennakoi rasituksen tai aktivaation vaikutusta nivelen perusasentoon määrittäen sen mukaan tarvittavan vasteen aikaisempien kokemusten perusteella. (Ellenbecker & Bleacher, 2004, 189.) Feedforward-mekanismia voidaan pitää yhtenä vammoja ennaltaehkäisevänä tekijänä, sillä riskialttiin vammatilanteen riittävä ennakointi voi mahdollistaa urheilijalle riittävästi aikaa tilanteen välttämiseksi. Feedforward-mekanismin on myös tarkoitus suojata urheilijaa vammautumiselta, mikäli tilanteen vaatima aika tilanteen välttämiseksi on liian lyhyt, jolloin se valmistaa urheilija suunnanmuutokseen ennen kyseistä tilannetta tai/ja valmistaa urheilijan esimerkiksi mahdolliseen törmäykseen. (Gokeler ym. 2018.)

Feedback-mekanismi antaa suoran vasteen mahdolliselle nivelen homeostaasia horjuttavalle toiminnalle käyttämällä nivelen normaalia asentoa vertailupisteenä suorittaakseen tarvittavat lihasaktivaatiot palauttaakseen nivelen homeostaasin. Feedback- ja feedforward-mekanismit prosessoivat keskushermoston eri tasoille meneviä perifeerisiä afferentteja viestejä. Tuloksena syntyy hallittu lihasaktivaatio. (Ellenbecker & Bleacher, 2004, 189.) Neurokognitiivisten tekijöiden kuten reaktioajan, tiedonkäsittelynopeuden, kahden eri toiminnon suorittamisen samanaikaisesti, keskittymisen, visuaalisen- ja motorisen kontrollin sekä jatkuvasti muuttuvan ympäristön yhdistetty vaikutus eri biomekaanisiin tekijöihin on koettu suoraan vaikuttavan feedback-mekanismiin vaikuttaen kyseisen yksilön riskiin vammautua. (Gokeler ym. 2018.)



Kuva 9. Somatosensorinen järjestelmä. (mukaillen Riemann & Lephart 2002)

Somatomotorinen systeemi on pieni osa-alue kokonaisvaltaisessa kehon motorisen kontrollin järjestelmässä. Käsite sensomotorinen systeemi on otettu käyttöön vuonna 1997 urheilulääketieteen koulutuksessa kuvaamaan sensorista, motorista ja sentraalista yhteistyötä sekä prosessointia, joka huolehtii nivelen stabiliteetista. Stabiliteettia ylläpitävä prosessi on toimiva, toisiaan täydentävien dynaamisten ja passiivisten komponenttien takia. Nivelpintojen muoto, ligamentit, rustot ja kitka muodostavat passiivisen stabiliteetin. Dynaamisen stabiliteetin vaikutus perustuu motorisen kontrollin feedforward- ja feedback-järjestelmään, joka ohjaa niveltä ympäröiviä lihaksia. Dynaamisen stabiliteetin taustalla ovat nivelen biomekaaniset ja fyysiset ominaisuudet. Näitä ominaisuuksia ovat liikelaajuus, lihasvoima ja kestävyys. Sensomotoriseen systeemiin kuuluvat kaikki periferiset viestit, jotka saadaan somatosensorisesta järjestelmästä (Kuva 9). (Riemann & Lephart 2002.)

5 NEUROMUSKULAARINEN KONTROLLI JA HARJOITTELU

Neuromuskulaarinen kontrolli on nivelen dynaamisen stabiliteetin tiedostamaton aktivoimista valmistauduttaessa nivelen liikuttamiseen sekä stabiliteetin säilyttämistä nivelen kuormituksen aikana. Sillä tarkoitetaan kykyä tuottaa kontrolloitu liike lihasten koordinoitun aktivaation sekä hermoston ja lihasten vuorovaikutuksen avulla. (Williams ym. 2001; Riemann & Lephart 2002.)

Neuromuskulaarinen harjoittelu voidaan määritellä harjoitteluna, joka kehittää motorisia vasteita stimuloimalla sekä afferentteja signaaleja, että nivelen dy-

naamisesta hallinnasta vastaavia keskeisiä mekanismeja. Neuromuskulaarisen harjoittelun tarkoitus on parantaa hermoston kykyä tuottaa nopeita ja optimaalisia lihaksen supistumiskäskyjä, lisätä nivelen dynaamista stabiiliteettia, vähentää niveleen kohdistuvia voimia ja oppia uudelleen liikemalleja ja taitoja. Harjoittelun tavoitteena on saavuttaa lihaksiston valmius reagoida niveleen kohdistuviin voimiin, mikä on seurausta parantuneesta motorisesta kontrollista. (Risberg ym. 2001.)

Voimaharjoittelu

Lihassoimalla tarkoitetaan lihaksen tai lihasryhmän kykyä tuottaa supistuksessaan voimaa ja lihasvoimasta puhuttaessa puhutaan usein maksimivoimasta. Maksimivoimaa ilmaistaan yhden toiston maksimilla (1 repeated maximum, 1RM). 1RM tarkoittaa kykyä liikuttaa maksimaalinen kuorma liikkeen täydellä liikeradalla tahdonalaisessa kertosupistuksessa. (Powers & Howley 2015, 299; Häkkinen & Ahtiainen 2016, 250.) Voimaharjoittelussa tapahtuva voiman lisääntyminen tapahtuu osittain hermoston kehittyneen kyvyn kautta rekrytoida enemmän motorisia yksiköitä sekä lihaksen poikkipinta-alan kasvun myötä. (Powers & Howley 2015, 300). Voimaharjoittelun tarkoituksena on parantaa lihaksiston kykyä tuottaa voimaa sekä tukikudosten kykyä sietää rasitusta (Häkkinen & Ahtiainen 2016, 251).

Plyometrinen harjoittelu

Plyometrinen harjoittelu on voimaharjoittelua, joka sisältää erilaisia hyppyjä sekä loikkia. Sen tarkoituksena on kehittää urheilijan räjähtävää voimantuottoa. Plyometrinen harjoittelu perustuu nopeaan tehon tuottamiseen lihasten eksentrisen työn aikana sekä lihastyötavan nopeaan vaihtamiseen eksentrisestä konsentriseen. Lihaksiston parantunut kyky tuottaa nopeasti voimaa eksentrisen lihastyön aikana sekä nopeutunut kyky lihastyötavan muuttamiseen lisää lihasten kykyä ylläpitää kuormitusta koko liikeradan laajuudella, jolloin urheilija pystyy tuottamaan voimaa tehokkaammin. (Timothy & Cuoco 2004, 265.) Plyometrisen harjoittelun vaikutus perustuu neuraalisen ohjauksen kehittymiseen sekä lihasten kykyyn tuottaa voimaa enemmän ja nopeammin. Plyometrisen harjoittelun on ajateltu lisäävän lihasten kapasiteettia kaikissa alaraajan lihaksissa, suojaten polvea nopeissa eksentrisissä liikkeissä. (Doeringer ym. 2017.)

Perturbaatioharjoittelu

Perturbaatioharjoittelun tarkoituksena on parantaa keskushermoston kykyä reagoida nivelen asennon muutoksiin nopeuttamalla neuromuskulaarista vastetta (Ihara & Nakayama 1986). Neuromuskulaarisen järjestelmän vastetta erilaisiin perturbaatioihin on mitattu tapahtuvan 60 ms. - 150 ms. kontaktin jälkeen. Mitä nopeammin neuromuskulaarinen vaste saadaan aikaan, sitä vähemmän polven rakenteet rasittuvat. (Ihara & Nakayama 1986; Weinhandl & O'Connor 2017.) Johtuen ACL-vamman tyypillisistä vammamekanismeista, jotka syntyvät äkillisissä ja ennalta-arvaamattomissa tilanteissa, voidaan perturbaatioharjoittelua pitää yhtenä perusteltuna harjoitusmuotona ACL-vamman ennaltaehkäisyssä (Weinhandl & O'Connor 2017).

Tasapaino- ja proprioseptiivinen harjoittelu

Proprioseptiikalla tarkoitetaan eri sensorisia ärsykeitä, jotka liittyvät nivelen asennon aistimiseen. Proprioseptiikka perustuu aistireseptorin ja neuraalisen ohjauksen välittämään informaatioon ja se käsittää kolme eri osa-aluetta: nivelen staattisen asentotunnon, nivelen asennon muutoksen havainnoinnin sekä efferentin aistitiedon välittämisen, jonka perusteella keho pyrkii säätämään liikettä halutulla tavalla. (Knudson 2007, 99; Dhillon ym. 2011; Relph ym. 2014; Powers & Howley 2015, 146.)

Proprioseptiivisellä harjoittelulla pyritään parantamaan tai palauttamaan niveltä ympäröivien mekanoreseptoreiden ja vapaiden hermopäätteiden feedback-järjestelmälle tuottamaa informaatiota (Cerulli ym. 2001; Relph ym. 2014). Proprioseptiivisen harjoittelun lähtökohtana on, että proprioseptorit saavat ärsykkeen nivellelle haitallisesta liikkeestä liikkeen aikana tai sen jälkeen ja adaptoituvat siihen. Tämä tieto mahdollistaa ohjelmoidun vasteen, joka mahdollisesti muokkaa tapaa, jolla mekaaniset olosuhteet vaikuttavat ACL:ään. Jotta tämä tapahtuisi on vammamekanismi havaittava sensomotorisessa systeemissä haitallisena. Korjaava vaste on sen jälkeen harjoiteltava muuttamaan liikkeeseen osallistuvan raajan liikerataa siten että se vähentää tai muuttaa ACL:ään kohdistuvaa rasitusta. (Cerulli ym. 2001.)

Proprioseptiivinen harjoittelu voi tapahtua suljetussa tai avoimessa ketjussa riippuen harjoitettavan henkilön lähtötilanteesta. Esimerkiksi ACL-rekonstruktion jälkeen proprioseptiivinen harjoittelu voi tapahtua aktiivisella, avustetulla

tai passiivisella liikkeellä, joilla saadaan aktivoitua polven mekanoreseptoreiden neuraalista mekanismia. Liikkuvuusharjoitteiden käyttö on esimerkki proprioseptiivisen harjoittelun varhaisesta muodosta immobilisoidun nivelen kuntoutuksessa. (Ellenbecker & Bleacher, 2004, 202–203.)

6 ACL-VAMMA, ALTISTAVAT TEKIJÄT JA ENNALTAEHKÄISY

Palloilulajeissa lähes 70–80 % ACL-vammoista tapahtuu tilanteissa, joissa ei ole kontaktia vastustajan pelaajaan (Renstrom ym. 2008; Boden ym. 2010; Hewett ym. 2010; Acevedo ym. 2014; Brukner & Khan 2017, 177; Hewett & Webster 2018). ACL-vamman osalta tunnetaan kaksi tyypillisintä vammamekanismia: 1) leikkaava voima äkillisessä suunnanmuutoksessa ja 2) alastulo yhdelle jalalle. (Krosshaug ym. 2007; Hewett ym. 2010; Brukner & Khan 2017, 177, 737–738).

Kun ACL-vammojen syntymekanismeja on tarkasteltu videoanalyysien avulla, on pystytty tunnistamaan neljä tyypillistä ilmiötä ennen vamman syntymistä, erityisesti naisilla: 1) Alastulon yhteydessä tapahtuva polven taittuminen sisäänpäin. 2) Vammautuva polvi on lähes suorana. 3) Suurin osa painosta on toisen alaraajan varassa. 4) Ylävartalo kiertyy, jolloin henkilön massakeskipiste karkaa tukijalan ulkopuolelle. Samat ilmiöt tapahtuvat myös miehillä, mutta naisilla alaraajan ja ylävartalon välinen suhde korostaa tätä ilmiötä. (Hewett ym. 2010.) Waldénin ym. (2015) mukaan miesten ammattilaisjalkapallossa erottuu kolme tyypillisintä tilannetta, joissa ACL-vammoja tapahtuu: 1) Pallontavoittelutilanteessa, jossa paineistetaan pallollista pelaajaa (kuva 10) 2) pelaajan menettäessään tasapainon potkutilanteen jälkeen sekä 3) puskutilanteen jälkeen tapahtuvassa alastulossa (kuva 11).

Suunnanmuutoksessa tai poikittaisliikkeen yhteydessä polveen kohdistuvat valgus- ja varusvoimat sekä rotaationaaliset ja eksentriset voimat kasvavat merkittävästi. Tyypillinen suunnanmuutoksessa tapahtuva ACL-vamma syntyy polven ollessa 10–30 asteen fleksiossa, valgus-asennossa, alustaan fiksoidun jalkaterän irrotessa alustasta ja ylävartalon kiertyessä äkillisen suunnanmuutoksen yhteydessä. (Brukner & Khan 2017, 177, 737–738.) Sivuttaisliikkeessä ACL:ään kohdistuva maksimaalinen rasitus tapahtuu 30 ms. alustaan otetun kontaktin jälkeen (Weinhandl ym. 2013).



Kuva 10. ACL-vamma tilanteessa, jossa paineistetaan pallollista pelaajaa. (Waldén ym. 2015)

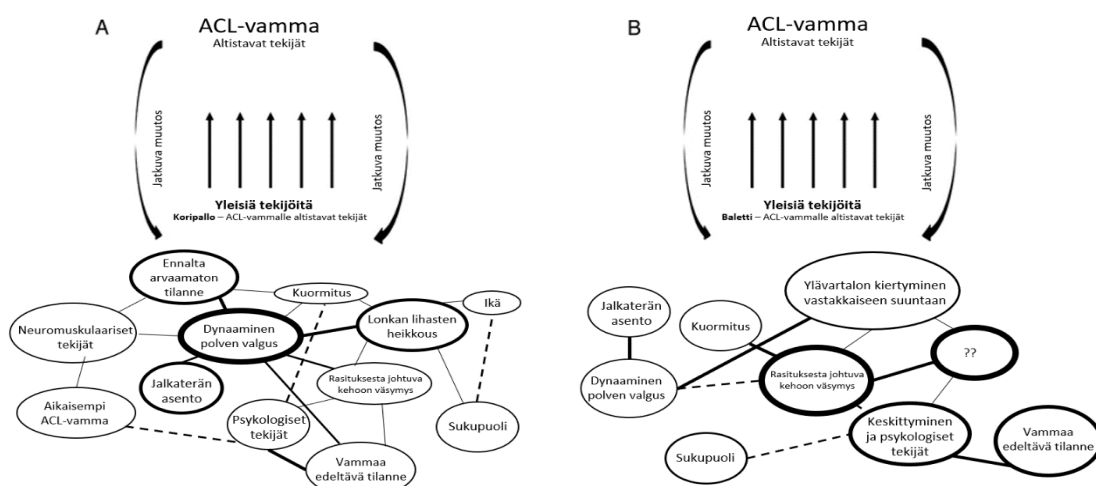
Alastulossa tapahtuvassa ACL-vammassa polvi on tyypillisesti lähes täysin ojentuneena (Brukner & Khan 2017, 177, 737–738). Alastulon yhteydessä kehon tuottama refleksikaari ei ennätä suojaamaan polvea ACL:n vammautumiselta, sillä ACL-vamman on raportoitu tapahtuvan 50 ms. alastulokontaktin jälkeen, mikä on nopeammin kuin mihin keskushermoston impulssinopeus (noin 120–140 ms.) kykenee (Gokeler ym. 2018).



Kuva 11. ACL-vamma puskutilanteen jälkeen tapahtuvassa alastulossa (Waldén ym.2015).

6.1 ACL-vammalle altistavat tekijät

ACL-vamman riskitekijät on jaoteltu yksilöllisesti sisäisiin ja ulkoisiin altistaviin tekijöihin. Ulkoisia altistavia tekijöitä ovat kilpailun tyyppi, jalkine, pelialusta sekä ympäristötekijät. Sisäisiä altistavia tekijöitä ovat anatomiset, hormonaaliset sekä neuromuskulaariset tekijät. (Meeuwisse ym. 2007; Renstrom ym. 2008; Sugimoto ym. 2015a.) Ulkoisista riskitekijöistä ACL-vammojen osalta on käsipallon ja australialaisen jalkapallon yhteydessä esitetty suurta kitkaa jalkineiden ja pelialustan välillä. Kitka voi aiheuttaa jalkaterän äkillisen pysähtymisen suunnanmuutoksen tai käännöksen yhteydessä, lisäten rasitusta polvenrakenteille. (Brukner & Khan 2017, 177.) Kuvassa 12 on esitetty ACL-vammalle altistavia tekijöitä koripallossa ja baletissa.



Kuva 12. ACL vammaan vaikuttavia tekijöitä A) koripallossa B) baletissa. (mukaillen Bittencourt ym. 2016)

Sukupuoli

Naisilla ACL-vammalle altistavia biomekaanisia ja neuromuskulaarisia tekijöitä on tutkittu laajasti (Myer ym. 2008; Sugimoto ym. 2015a; Sugimoto ym. 2015b; Adern ym. 2018). Naisilla valgus-asentoa on pidetty laajasti merkittävänä riskitekijänä, kun taas miehillä vastaavaa ei ole täysin pystytty todentamaan (Utturkar ym. 2013). Naisilla myös anatomisia tekijöitä, kuten kapeamman interkondylaarisen fossan, on osoitettu lisäävän riskiä ACL-vamman syntymiselle. ACL:n kokoa ja sijaintia on tutkittu naisten ja miesten välillä, ja naisilla ACL:n on huomattu olevan geometrisesti pienempi nivelsiderakenne suhteutettuna BMI-indeksiin. Sen lisäksi, että naisten ACL:n on todettu olevan pienempi ni-

velsiderakenne, on sen todettu olevan periksiantavampi sekä sietävän vähemmän rasitusta verrattuna miehiin. (Zantorp, 2007; Petersen & Renstrom ym. 2008; Boden ym. 2010; Dai ym. 2012.) Naisilla myös hormonitoiminnan vaikuttavuutta kuukautiskierron eri vaiheissa ACL-vamman esiintyvyyteen on tutkittu. Näistä estrogeenin on epäilty alentavan ACL:n vahvuutta heikentämällä ligamentin vetolujuuteen vaikuttavia ominaisuuksia sekä vaikuttavan keskushermostoon alentaen motorisia taitoja kuukautisia edeltävän vaiheen aikana. Vielä ei kuitenkaan tarkkaan tiedetä missä vaiheessa kuukautiskiertoa ACL:n vamma-alttius kasvaa. (Renstrom ym. 2008; Dai ym. 2012; Acevedo ym. 2014.) Liitteessä 2 on eroteltu palloilulajeittain miesten ACL-vammaan vaikuttavista neuromuskulaarisista tekijöistä.

Ikä

Yksilön suurin riski saada ACL-vamma on kuvattu esiintyvän 15–24-vuotiailla naisilla lajeissa, joissa tapahtuu äkillisiä eksentristä voimia vaativia suunnanmuutoksia ja alastuloja (Weitz ym. 2019). Miehillä ACL-vamman on kuvattu esiintyvän erityisesti 18–34-vuotiailla (Dai ym. 2012). Hägglundin ja Waldénin (2015) mukaan naisten ACL-vammojen esiintyvyys lisääntyy murrosiässä, ja pelitilanteessa riski ACL-vammalle on yhdeksän kertaa suurempi kuin harjoituksissa nuorilla naisjalkapalloilijoilla.

Quadricepsin ja hamstring-lihasten vaikutus ACL-vammaan

Nopeissa liikkeissä, kuten suunnanmuutoksissa ja alastuloissa, quadriceps rajoittaa polven fleksiota eksentrisesti. Onkin esitetty, että quadricepsin aktivoitumisella on merkitystä ACL-vamman yhteydessä. Vaikka polven fleksio ei suoraan altista ACL-vammalle altistaa se polven rotaatio- ja valgus-suuntaisille voimille, jotka voivat aiheuttaa ACL:n vammaa. (Brukner & Khan 2017, 738.) Utturkarin ym. (2013) tutkimuksessa ACL:n pituus lyheni terveillä miesurheilijoilla polven ollessa ekstensiossa verrattuna polven ollessa 30 asteen fleksiossa ja edelleen verrattuna valgus-asentoon. Tämän seurauksena tutkijat pitivät miehillä alastuloa polven ollessa ekstensiossa suurempana riskitekijänä kuin polven valgus-asentoa ACL:n suuremman venymisen vuoksi.

Aiemmin quadricepsin on kuvattu aiheuttavan alastulossa ACL-vamman perustuen sen aiheuttamaan anterioriseen voimaan. Kuitenkin polven ollessa ojentuneena tai lähes ojentuneena, patellajänteen muodostama kulma on 10–

25 astetta, jolloin quadriceps tuottaa tibiofemoraaliniveleen lähinnä kompressiovoiman. Näin ollen quadricepsin jännittyminen ACL-vamman yhteydessä liittyy ennemminkin sen aiheuttamiin kompressiovoimiin tibiofemoraalinivelessä, kuin sen aiheuttamaan anterioriseen voimaan. (Boden ym. 2010.)

Hamstring-lihasten samanaikaista aktivaatiota quadricepsin kanssa on pidetty polvea suojaavana tekijänä ACL-vammojen osalta. Miehillä on todettu olevan suurempi voimantuottokyky sekä aktivaatio hamstring-lihasten osalta verrattuna quadricepsiin polven dynaamisen kuormituksen aikana. (Ford ym. 2008; Renstrom ym. 2008; Myer ym. 2009; Boden ym. 2010.) Pandyn ja Shelburnen (1997) tutkimuksessaan todettiin, etteivät hamstring-lihakset kuitenkaan aktivoitu polven ollessa täysin ojentuneena. Simonsen ym. (2000) tutkivat hamstring-lihasten aktivaation vaikutusta ja heidän tutkimuksensa mukaan hamstring-lihasten samanaikainen aktivaatio quadricepsin kanssa vähentää tibiofemoraaliniveleen kohdistuvia kompressiovoimia tuottaen niveleen posteriorista voimaa.

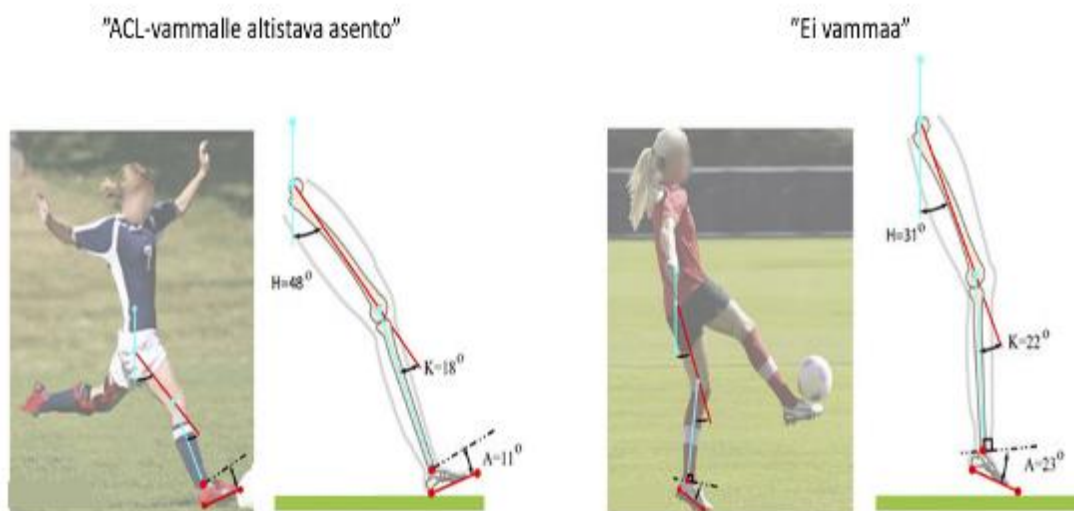
Kineettiset ja kinemaattiset tekijät

Koko alaraaja osallistuu kehoon alustasta aiheutuvien voimien vaimentamiseen alastulojen ja eksentristä työtä vaativien liikkeiden yhteydessä. Lonkan alueen lihakset auttavat kontrolloimaan ylävartaloa, kun taas polvi, nilkka ja jalkaterä vaimentavat alustan ja kehon välisiä voimia. Tilanteessa, jossa ACL-vammautuu, alaraaja ei onnistu vastustamaan alustan ja kehon liikkeen välisiä voimia. Varsinkin ilman kontaktia syntyneessä ACL-vammassa jalkaterän kontakti tapahtuu neutraalissa tai lähes neutraalissa asennossa. Tässä asennossa jalkaterän ja nilkan asento alentavat pohkeen lihas-jänneyksikön kykyä vastustaa kehon ja alustan välisiä voimia, jonka seurauksena kuormitus kohdistuu ylemmäs alaraajassa aiheuttaen ACL-vamman. (Boden ym. 2010.)

Nilkka ja jalkaterä

Yksilöillä, joiden nilkan dorsifleksio-liikelaajuus on rajoittunut, voidaan havaita polven lisääntyntä liikettä frontaalitasossa alastulon yhteydessä. Myös rajoittuneen nilkan dorsifleksion on todettu altistavan polveen kohdistuville suuremmille voimille, jotka voivat lisätä riskiä ACL-vammalle. (Wahlstedt & Rasmussen-Barr 2014.)

Boden ym. (2009a) tarkastelivat videoanalyysin avulla kilpailun yhteydessä ilman kontaktia syntyneitä ACL-vammoja ja niihin liittyviä dynaamisia tekijöitä. Videoanalyysin avulla tutkijat pystyivät määrittelemään turvallisen ja ACL-vammalle altistavan yhden jalan alastulon. Henkilöt, joille ACL-vamma tapahtui, tulivat hypystä alas kantapää edellä tai jalkaterän ollessa neutraali asennossa. Vastaavasti henkilöt, jotka eivät loukkaantuneet samankaltaisessa tilanteessa tekivät alastulon jalkaterän etuosalla (Kuva 13). (Boden ym. 2010.)



Kuva 13. ACL-vammalle altistava kontakti alustaan ja ei-vammaa aiheuttava kontakti alustaan. (mukaillen Carlson ym. 2016)

Boden ym. (2009a) tutkimuksessa ACL-vamman yhteydessä havaittiin vähemmän plantaarifleksiota alastulon kontaktivaiheessa. Tämän lisäksi tutkimuksessa ACL-vamman kokeneet saavuttivat jalkaterän neutraalin asennon 50 % aiemmin verrattaessa vammautumattomiin. Äkilliset voimat ovat suoraan verrannollisia nopeuden muutokseen ja käänteisesti verrannollisia suunnanmuutokseen käytettävään aikaan. Olettaen, että loukkaantuneet ja kontrolliryhmän urheilijat kokevat saman muutoksen nopeudessa, lyhyempi pysähtymisaika loukkaantuneilla urheilijoilla aiheuttaa suuremman äkillisen voiman. (Boden ym. 2009a; Boden ym. 2010.)

Kun pohjelihaksilla on vähemmän aikaa jännittyä ja vaimentaa alustasta kehoon kohdistuvia voimia aiheuttaa se voiman äkillisen kasvamisen nilkan yläpuolella sijaitsevilla nivelrakenteissa. Nämä lisääntyneet alustan ja kehon vä-

liset voimat lisäävät polveen kohdistuvia kompressio- ja äkillisiä voimia. Plan-taarifleksiossa oleva nilkka antaakin enemmän aikaa polveen vaikuttavien voi-mien vaimentamiseen. (Boden ym. 2009a; Boden ym. 2010; Koga ym. 2017.)

Polveen kohdistuvat aksiaaliset- sekä kompressiovoimat

Aiemmin ajateltiin, etteivät tibiofemoraaliniveleen kohdistuvat aksiaaliset kompressiovoimat lisää ACL-vammoja. Kuitenkin 1990-luvun jälkeen julkaistu tutkimustieto on osoittanut polven kuormittamisen suljetussa ketjussa lisäävän tibian anteriorista translaatiota verrattuna avoimen ketjun liikkeisiin. (Boden ym. 2010.) Mayer ja Haut (2005) olivat ensimmäiset, jotka onnistuivat kuvaamaan kadaaveritutkimuksessaan, kuinka kompressiovoimat sekä niveleen kohdistuvat sisäiset voimat voivat johtaa ACL-vammaan. Heidän tutkimukses-saan polven ollessa 30–120 asteen kulmassa polveen kohdistuneet kompres-siovoimat aiheuttivat ACL-vamman. Polviniveleen alustasta aiheutuvien kom-pressiovoimien seurauksena tibian plateun ja femurin kondyylien välinen poste-riorinen kulma lisääntyy aiheuttaen femurin kondyylien ja tibian plateun erka-nemista toisistaan aiheuttaen ACL-vamman (Boden ym. 2010).

Lantio ja lonkka

Bodenin ym. (2009a) tutkimuksen videoanalyysissä todettiin, että henkilöillä, joilla esiintyi ACL-vamma, oli myös suurempi lonkan fleksiokulma kontaktivai-heen aikana (50.1° vs. 25.8°; $P = 0.0003$). Niillä, joilla esiintyi ACL-vamma, vartalo oli suhteessa polveen taaempana, jolloin lonkan fleksion ja polven eks-tension vaatimaa voimaa tarvittaisiin kontrolloimaan vartaloa alastulon aikana. (Boden ym. 2010.)

6.2 ACL-vamman ennaltaehkäisy

Erilaisia polven nivelsidevammoihin kehiteltyjä ennaltaehkäiseviä harjoitusoh-jelmia esiintyy yhä enemmän. ACL-vammat ovat urheilussa yleisimpiä vakavia urheiluvammoja johtuen vamman aiheuttamasta pitkästä kuntoutusjaksosta, taloudellisista vaikutuksista sekä lisääntyneestä riskistä polven nivelrikon ke-hittymiseen. Tämän takia ACL-vamman ennaltaehkäisy pitäisi olla osana lajin harjoittelua sellaisissa lajeissa, joihin kuuluu rotaationaalisia liikkeitä, äkillisiä suunnanmuutoksia ja kiihdyttämisiä sekä äkillisiä eksentrisiä liikkeitä (Brukner & Khan 2017, 177.)

ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn tarkoitetut harjoitusohjelmat

Polvivammojen ennaltaehkäisyä on kuvattu ensimmäisen kerran Henningin koripalloilijoille suunnatussa ACL-vammoja ennaltaehkäisevässä harjoitusohjelmassa (Mehl ym. 2017). Henningin ohjelma koostui opetusvideosta, jossa oli esimerkkejä ACL:n ei-kontaktivammoista pelitilanteissa. Vammatilannetta seurasi kuvaus suositelluista harjoitteista kuntosalille sekä harjoituskentälle vamman ennaltaehkäisemiseksi. (Griffin ym. 2000).

Tähän mennessä on kehitetty jo monia ACL-vamman ennaltaehkäisyyn tähtääviä harjoitusohjelmia, joista suurin osa pyrkii vaikuttamaan tibiofemoraalinelven biomekaniikkaan. (Renstrom ym. 2008; Ardern ym. 2018.) Harjoitusohjelmissa hyödynnetään tyypillisesti useita eri harjoitusmuotoja suorittaen ennalta tiedostettuja liikkeitä ennen harjoituksia tai peliä. (Brukner & Khan 2017, 177; Gokeler ym. 2018; Taylor ym. 2018.) Harjoitteiden tarkoitus on kehittää alaraajan liikkeen laatua, lisätä keskivartalon ja alaraajan kontrollia, lisätä huomiota polven asennon osalta suhteessa jalkaterään sekä korostaa lonkan, polven ja jalkaterän asentoa suhteessa toisiinsa kaikissa harjoitteissa. Harjoitteiden vaikuttavuus perustuu feedback ja feedforward järjestelmään. Feedforward-järjestelmän avulla kehon ennakoiva toiminta paranee, jolloin vamma voidaan ennakoivasti välttää. Feedback-järjestelmän ansiosta kehon tietoisuus "turvallisista" liikemalleista lisääntyy eikä polvi pääse altistumaan korkean vammariskin asennoille. (Brukner & Khan 2017, 177; Gokeler ym. 2018; Taylor ym. 2018.)

Tähän mennessä neuromuskulaarista harjoittelua käsittelevien harjoitusohjelmien sisältö on vaihdellut laajasti ja edelleen on epäselvää, mitkä osat harjoitusohjelmissä ovat vaikuttavuudeltaan olennaisimpia, kenelle harjoitusohjelmaa tulisi kohdentaa ja minkä verran harjoitteita tulisi tehdä maksimoiden niiden ennaltaehkäisevä vaikutus. (Sugimoto ym. 2016.)

FIFA 11+

Kansainvälisen jalkapalloliiton (Federation of Association Football, FIFA) jalkapalloilijoille kehittämä FIFA 11+ on yksi esimerkki vammoja ennaltaehkäisevistä alkulämmittelyohjelmista, jolla on saavutettu hyviä tuloksia vammojen ennaltaehkäisyssä. (Brukner & Khan 2017, 177.)

6.3 ACL-vammoja ennaltaehkäisevien harjoitusohjelmien vaikuttavat tekijät

Hyvin suunniteltujen ennaltaehkäisevien harjoitusohjelmien avulla on saavutettu alhaisin vammautumismäärä ja ajallisesti vähäisin vamman aiheuttama poissaolo lajista. Harjoitusohjelmien vaikuttavuuteen vaikuttaa kuitenkin merkittävästi se, kuinka usein ja säännöllisesti urheilija suorittaa kyseistä ohjelmaa. Näin ollen harjoitusohjelman johdonmukainen toteutus, käyttö ja hyödyntäminen ovat suurempia haasteita kaikilla kilpailutasoilla. (Ardern ym. 2018.)

Tähän mennessä neuromuskulaarista harjoittelua käsittelevien harjoitusohjelmien sisältö on vaihdellut laajasti. Edelleen on epäselvää, mitkä osat harjoitusohjelmissä ovat vaikuttavuudeltaan olennaisimpia, kenelle harjoitusohjelma tulisi kohdentaa ja minkä verran harjoitteita tulisi tehdä ennaltaehkäisevän vaikutuksen maksimoimiseksi. Tämän takia eri harjoitteita on pyritty kohdentamaan erilaisille ACL-vamman riskiryhmille ja pyritty vertailemaan niiden vaikuttavuutta. (Sugimoto ym. 2016.)

Yksittäisen harjoituksen kesto ja harjoitusohjelmien suorittaminen

Lähes 70 % ACL-vammoista pystyttiin ennaltaehkäisemään, kun neuromuskulaarista harjoittelua suoritettiin 30 minuutin jaksona kahdesti viikossa kilpailukauden aikana (Sugimoto ym. 2014) Hägglund ym. (2013b) tutkimuksessa havaittiin, että mitä enemmän pelaaja suoritti joukkueen mukana neuromuskulaarista harjoittelua, sitä enemmän hän hyötyi neuromuskulaarisen harjoittelun ACL-vammoja ennaltaehkäisevästä vaikutuksesta.

Harjoitusohjelmien sisältö

Tutkimuksissa hyödynnettyjen harjoitusohjelmien sisältö vaihtelee laajasti eri tutkimusten välillä. Vammojen ennaltaehkäisyyn tarkoitetuissa harjoitusohjelmissä on hyödynnetty useita eri harjoitusmuotoja kuten: venyttelyä, aerobista ja voimaharjoittelua sekä proprioseptiivista-, tasapaino- että plyometrista harjoittelua. Osassa harjoitusohjelmia on myös pyritty lisäämään tietoa vammalle altistavista asennoista sekä pyritty kehittämään lajispesifejä taitoja. (Renstrom ym. 2008; Ardern ym. 2018.) Valmentajan ja urheilijan opettaminen, tietoisuu-

den lisääminen turvallisista liikemalleista sekä vammalle altistavista asennoista on pidetty tärkeinä tekijöinä. Näistä esimerkkeinä ovat jalkojen leveämman asennon hyödyntäminen suunnanmuutoksissa sekä polven fleksion lisääminen alastulojen yhteydessä.

Sugimoto ym. (2015b) löysivät tutkimuksessaan neuromuskulaarisen harjoittelun osalta suuremman vaikutuksen ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn, kun harjoitusohjelma sisälsi useita eri harjoitteita verrattuna harjoitusohjelmiin, jotka sisälsivät vain yhden tyyppistä harjoittelua. Rösslerin ym. (2014) systemaattisessa tutkimuksessa ja meta-analyysissä verrattiin tasapainoharjoittelua sisältäviä ennaltaehkäisyohjelmia loikka- ja plyometrisia harjoitteita sisältäviin ohjelmiin. Tutkimuksessa huomattiin, että hyppyjä ja plyometrisia harjoitteita sisältävät ohjelmat olivat vaikuttavampia vammojen ennaltaehkäisyssä lapsilla ja nuorilla. Waldénin ym. (2012) naisjalkapalloilijoilla suorittaman 15 minuuttia kestäneen alkulämmittelyohjelman avulla saavutettiin 64 % vaikutus ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä, kun harjoitteluohjelma sisälsi keskivartalon, lantion ja alaraajan koordinaatioharjoitteita.

Sugimoton ym. (2016) meta-analyysissä huomattiin, että ennaltaehkäisevät ohjelmat vähensivät tilastollisesti merkittävästi 17 % naisten ACL-vammoja. Tutkimustulos suositti harjoitusohjelmien hyödyntämistä nuorilla urheilijoilla, niin että harjoitusaika on yli 20 minuuttia kerrallaan, vähintään kahdesti viikossa ja sisältää sekä harjoitteiden ärsykkeiden muuttamista että harjoitteista saatavaa suullista palautetta.

Ohjeistaminen ja neuvonta

Sugimoton ym. (2016) systemaattisessa katsauksessa eri tutkimusten perusteella suullisen palautteen tärkeys harjoittelun vaikuttavuudessa on tullut esiin. Suullisen palauteen vaikuttavuudesta vammojen ennaltaehkäisyyn on saatu positiivisia tuloksia esimerkiksi riittävän fleksiikulman saavuttamiseen alastulojen yhteydessä tai, kun urheilijoille on kerrottu suullisesti vammalle altistavista asennoista (Cowling ym. 2003, Mehlin ym. 2017 mukaan).

Gokelerin ym. (2018) tutkimuksessa on kuvattu erilaisten suullisten palautteiden vaikutusta opittuihin motorisiin taitoihin. Tutkimuksessa suullisen palautteen antaminen oli jaoteltu sisäiseksi ja ulkoiseksi palautteeksi Wulfin ym.

(1998) määritelmän mukaisesti. Keskittyminen liikkeen oikeaan suorittamiseen määriteltiin sisäiseksi palautteeksi, kun taas ulkoinen palaute on keskittymistä liikkeen seurauksena syntyneeseen tulokseen. Sisäisen palautteen on kuvattu johtavan liikkeiden tietoiseen hallintaan, joka voi jopa haitata liikkeen motorista oppimista. Useissa tutkimuksissa on todettu ulkoisen palautteen tehostavan motorista oppimista, jolloin hyödynnetään kehon automaattista motorisen liikkeen ohjaamisen mekanisme. Motorisen harjoittelun ja niiden avulla syntyneiden uusien liikemallien tarkoituksena on se, että urheilijalle kehittyy turvallisia liikemalleja, joita hän pystyy hyödyntämään muuttuvassa ympäristössä. (Gokeler ym. 2018.)

7 TUTKIMUKSEN MENETELMÄ JA TOTEUTUS

Tämän tutkimuksen menetelmänä käytetään systemaattista kirjallisuuskatsausta. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on sekundaarinen tutkimus jo olemassa olevista tarkasti valikoiduista sekä rajatuista tutkimuksista. Se kohdistuu tiettyinä aikoina tehtyihin tutkimuksiin, ja sen takia se tulee päivittää aika ajoin, jotta tulosten relevanttius säilyisi. Se eroaa muista kirjallisuuskatsauksista spesifin tarkoituksen sekä erityisen tarkan tutkimusten valinta-, analysointi ja syntetisointiprosessin takia. Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen sisällytetään vain tarkoitusta vastaavat tutkimukset. (Johansson 2007, 4–5.) Koska tarkoituksena on kerätä tämänhetkinen saatavilla oleva tietoa neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutuksesta miesten primaaristen ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn soveltuu systemaattinen kirjallisuuskatsaus tarkoitukseen hyvin.

7.1 Tutkimuskysymys ja tutkimuksen toteutus

Aiheeseen tutustumisen aikana nousi esiin vähäinen neuromuskulaarisesta harjoittelusta tehtyjen tutkimusten määrä miehillä. Tämä havainto ohjasi tutkimuskysymyksen rakentelun kohdennettavaksi neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutuksiin miesten ACL-vammoja ennaltaehkäistäessä. Laadittu tutkimuskysymys rajaa aiheen koskemaan neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutusta primaaristen ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä miehillä.

Tämän kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymys on:

1. Miten neuromuskulaarinen harjoittelu vaikuttaa primaaristen ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä miehillä?

Tutkimuksessa käytettiin elektronisia tietokantoja, sillä niitä päivitetään jatkuvasti ja ne ovat käytettävissä ympäri vuorokauden. Näin pystyttiin löytämään ajantasaisin tieto aiheesta. (Elomaa & Mikkola 2010, 23.) Tutkimuksen hakusanat muodostettiin aiheen käsitteistä neuromuskulaarinen harjoittelu, ennaltaehkäisy ja ACL-vamma. Hakustrategiassa aiheen sisältämät käsitteet muutettiin hakutermeiksi ja pohdittiin, kuinka niitä voidaan yhdistää ja rajata (Elomaa & Mikkola 2010, 35). Aiheen käsitteet muutettiin hakutermeiksi aikaisempien aihetta käsittelevien tutkimusten avainsanojen ja hakutermin avulla.

Neuromuskulaarista harjoittelua kuvaaviksi hakutermeiksi muodostui: *neuromuscular training, motor control training, preventive program injury prevention program, neuromuscular control ja neuromuscular program*. Ennaltaehkäisyä valittiin kuvaamaan: *prevention ja reduce*. ACL-vammaa kuvaavat termit olivat: *ACL-injury, ACL-rupture, ACL-tear, primary ACL-rupture, primary acl tear, Anterior cruciate ligament injury, Anterior cruciate ligament rupture, Anterior cruciate ligament tear, primary Anterior cruciate ligament injury, primary Anterior cruciate ligament rupture, primary Anterior cruciate ligament tear* (Kuva 14).

Hakutermeissä käytettiin tähteä (*) katkaisemaan sanat: injury, program, prevention, reduce, rupture ja tear, jotta niiden eri muodot saatiin mukaan hakuun. Haku rajattiin koskemaan vuosia 2015–2020.

Aiheen käsitteet:	neuromuskulaarinen harjoittelu, ennaltaehkäisy, polven ACL-vamma
Käytetyt hakutermit	
Neuromuskulaarinen harjoittelu	neuromuscular training OR motor control training OR preventive program* OR injury prevention program* OR neuromuscular control OR neuromuscular program
AND	
Ennaltaehkäisy	prevent* OR reduc*
AND	
Polven ACL-vamma	ACL-inj* OR ACL-ruptur* OR ACL-tear* OR primary acl inj* OR primary acl ruptur* OR primary acl tear* OR Anterior cruciate ligament inj* OR Anterior cruciate ligament ruptur* OR Anterior cruciate ligament tear* OR primary Anterior cruciate ligament inj* OR primary Anterior cruciate ligament ruptur* OR primary Anterior cruciate ligament tear*

Kuva 14. Käytetyt hakutermit ja niiden käyttö hakuprosessissa.

Ennen varsinaista hakuprosessia suoritettiin koehakuja tammikuun 2020 aikana. Koehauilla testattiin eri hakusanojen toimivuutta, jonka jälkeen pystyttiin määrittelemään varsinaisessa haussa käytettävät hakutermit. Käytettäviksi tietokannoiksi valikoitui *PubMed*, *ScienceDirect*, *Chinahl* sekä *Cocrane*. PEDro ei soveltunut käytettäväksi tietokannaksi, sillä tutkimuksessa käytettyjen useiden hakutermien yhdisteleminen ei onnistunut kyseisessä tietokannassa. Varsinainen haku toteutettiin tietokantoihin 21.1.2020–24.1.2020. Hakutermeihin vastanneita hakutuloksia saatiin kaikista tietokannoista yhteensä 379 tutkimusta. PubMedistä hakutermien mukaisia hakutuloksia saatiin 100 kappaletta, joista otsikon perusteella tarkasteluun valikoitui 41 tutkimusta. Tiivistelmän tarkastelun jälkeen valittiin 29 tutkimusta koko tekstin tarkasteluun. Cinahlistaa saatiin 129 kappaletta hakutuloksia, joista otsikon tarkastelun jälkeen jäi 40 tutkimusta tiivistelmän tarkasteluun. Näistä kymmenen tutkimusta jäi tiivistelmän tarkastelun jälkeen koko tekstin tarkasteluun. Cochranen tehdyssä haussa tuloksia saatiin yhteensä 87 kappaletta, joista 16 päättyi otsikon tarkasteluun. Otsikon tarkastelun jälkeen tiivistelmän tarkasteluun jäi seitsemän tutkimusta, jotka myös päättyivät kokotekstin tarkasteluun. Hakuprosessi on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1 Hakuprosessi.

Systemaattinen haku
Käytetyt tietokannat: Pubmed, Cinahl, Cochrane, ScienceDirect

	Pubmed	Cinahl	Cochrane	ScienceDirect	Tulokset yhteensä
Hakutulokset yhteensä	100	129	87	63	379
Otsikon perusteella tarkasteluun	41	40	16	24	121
Kaksoiskappaleiden poisto		69			
Tiivistelmän tarkasteluun	29	10	7	6	52
Koko tekstin tarkasteluun	29	10	7	4	50
Lopulliseen tarkasteluun 6kpl					

ScienceDirectissä ei voitu käyttää täysin samaa hakutermitä rajatun Boolean operaattoreiden määrän takia, joten hakutermit jaettiin osiin, ja hakuja suoritettiin systemaattisesti useilla eri hakutermin yhdistelmillä. Hakuprosessi ScienceDirectistä on nähtävissä taulukoissa 2. ja 3.

Taulukko 2. Hakuprosessi ScienceDirect-tietokannasta.

Science Direct, käytetyt hakuyhdistelmät	
A1	ACL-injury, ACL-rupture, ACL-tear
A2	primary acl injury, primary acl rupture, primary acl tear
A3	anterior cruciate ligament injury, anterior cruciate ligament rupture, anterior cruciate ligament tear
A4	primary anterior cruciate ligament injury, primary anterior cruciate ligament rupture, primary anterior cruciate ligament tear
B1	preventive, reduce
C1	preventive program, preventive training, injury prevention program injury prevention training
C2	neuromuscular training, neuromuscular control, neuromuscular program

Taulukko 3. ScienceDirect-tietokannasta käytetyt hakuyhdistelmät ja hakutulokset

KÄYTETTY TIETOKANTA SCIENCE DIRECT	Haku 1	Haku 2	Haku 3	Haku 4	Haku 5	Haku 6	Haku 7	Haku 8
Käytetyt hakuyhdistelmät	A1 + B1 + C1	A1 + B1 + C2	A2 + B1 + C1	A2 + B1 + C2	A3 + B1 + C1	A3 + B1 + C2	A4 + B1 + C1	A4 + B1 + C2
Hakutulokset yhteensä	12	16	10	13	4	3	2	3
Otsikon perusteella	8	2	1	3	2	1	2	1
Tiivistelmän perusteella tarkasteluun	5	0	1	0	0	0	0	0
Koko tekstin tarkasteluun	3	0	1	0	0	0	0	0
Lopulliseen tarkasteluun	0	0	0	0	0	0	0	0

7.2 Tutkimuksen sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Ennen hakuprosessia määriteltiin tutkimukseen valikoituville alkuperäistutkimuksille sisäänotto- ja poissulkukriteerit, jotka on esitetty taulukossa 4. (Stolt & Routasalo 2007, 59).

Taulukko 4. Tutkimuksen sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tutkimuksessa tulee olla neuromuskulaarista harjoittelua sisältävä interventiojakso 2. Tutkimus käsittelee palloilulajia tai useampaa palloilulajia. 3. Tutkimus käsittelee eturistisidettä (ACL) 4. Tutkimus on luettavissa suomen tai englannin kielellä 5. Tutkimuksen tutkimusjakso on kestoltaan vähintään kuusi viikkoa 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tutkimukset, jotka käsittelevät ainoastaan naisia 2. Tutkimus on tapauskohtainen tutkimus (case report) 3. Tutkimuksen kohderyhmä on suorittanut vain yhtä neuromuskulaarisen harjoitteluun kuuluvaa harjoittelumuotoa (plyometrinen harjoittelu, voimaharjoittelu, proprioseptiivinen harjoittelu, tasapainoharjoittelu, perturbaatioharjoittelu) 4. Tutkimus käsittelee neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutusta ainoastaan aivojen toimintaan 5. Tutkimuksen tarkoituksena on tutkia eri palautteenanto menetelmien vaikutusta neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuuteen

7.3 Tutkimusten valinta

Tutkimukseen mukaan otettavaa aineistoa tarkasteltiin ensin otsikon perusteella itsenäisesti, jonka jälkeen tutkimukset käytiin yhdessä läpi. Jos valitussa aineistossa oli eroavaisuuksia tutkijoiden välillä, käytiin eroavaa aineistoa läpi tarkemmin tiivistelmän perusteella, jonka seurauksena tutkimus joko hyväksyttiin tai hylättiin yhteisymmärryksessä. Otsikon tarkasteluun saatiin yhteensä 379 tutkimusta, joista otsikon perusteella hylättiin 258 tutkimusta, jolloin tiivistelmätason tarkasteluun jäi 121 tutkimusta. Tämän jälkeen tarkasteltavasta aineistosta poistettiin 69 kaksoiskappaletta vertaamalla tutkimusten otsikoita, jolloin tiivistelmän tarkasteluun jäi yhteensä 52 tutkimusta. Tiivistelmän tarkastelun jälkeen hylättiin kaksi tutkimusta, jolloin koko tekstin tarkasteluun jäi 50 tutkimusta. Koko tekstin tarkastelun jälkeen yhteensä kuusi tutkimusta valikoitui lopulliseen tarkasteluun.

7.4 Aineiston sisällönanalyysi

Aineiston analysoinnissa käytettiin sisällönanalyysiä. Tutkimuskysymystä käytettiin analysoinnin apuna, jotta tutkimuksista saatiin sitä vastaava oleellinen tieto. ks. (Tuomi & Sarajärvi 2009, 105–106.) Analyysissä kiinnitettiin huomiota: 1) Tutkimuksen tyyppiin, tutkittavaan joukkoon, lajiin, pelaajien tasoon ja ikään, joiden tiedot on esitetty taulukossa 5. 2) Harjoitusohjelmien sisältöön ja keston, jotka on esitetty taulukoissa 8 ja 9. sekä 3) tutkimusten tuloksiin, jotka on esitetty taulukoissa 6 ja 7.

1) Tutkimuksen tyypillä arvioitiin kyseisen tutkimuksen laadukkuutta ja tutkimuksen tarkoituksella soveltuvuutta vastaamaan tutkimuskysymykseemme. Tutkittavalla joukolla arvioitiin tulosten yleistettävyyttä ja vaikutusta tutkimustuloksiin. 2) Harjoitusohjelmien sisällön avulla selvitettiin, sopiiko harjoitusohjelma neuromuskulaarisen harjoittelun kriteereihin ja miten neuromuskulaarista harjoittelua on hyödynnetty kyseisessä tutkimuksessa. Harjoitusjakson kestoa tarkasteltiin, jotta harjoittelusta saatavaa vastetta pystyttäisiin arvioimaan tuloksiin vaikuttavana. 3) Tutkimusten tuloksien perusteella arvioitiin kuinka tutkimuksissa käytetty neuromuskulaarinen harjoittelu vaikuttaa ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn.

Taulukko 5. Yhteenvedo tutkimusten perustiedoista.

Tutkimusten perustiedot	Tutkimuksen tyyppi	Tutkimusjoukko	Ikä	Interventoryhmä (IR) ja kontrolliryhmä (KR)	Lajit	Taso
Silvers-Granelli, H. J., Bizzini, M., Arundale, A., Mandelbaum, B. R., & Snyder-Mackler, L. 2017.	Prospektiivinen, ryhmien mukaan satunnaistettu tutkimus,	Yhteensä 65 joukkuetta	IR =20.40±1.66 ja n=775 pelaajaa KR=20.6±1.46 ja n=850 pelaajaa	IR (31 joukkuetta n=775 pelaajaa) KR (34 joukkuetta n=850 pelaajaa)	Jalkapallo	I ja II divisioona, ammattilaisia
Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players?	Epidemiologinen tutkimus					
Murray, J., Renier, C. M., Ahern, J., & Elliott, B. A. 2017.	Retrospektiivinen kohorttitutkimus	611 koulusta ja näiden 27 335 oppilaasta	High-school	Ei verrokkiryhmää	Amerikkalainen jalkapallo, lentopallo, poikien - ja tyttöjen jalkapallo	Ei raportoitu
Neuromuscular Training Availability and Efficiency in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injury in High School Sports: A Retrospective Cohort Study						
Webster, K. & Hewett, T. 2018.	Systemaattinen katsaus ja meta-analyysien meta-analyysi	Yhteensä kahdeksan tutkimusta, joista kaksi tutkimusta miehillä	Ei ilmoitettu	Kyllä	Jalkapallo	Ei ilmoitettu
Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs						
Whyte, E. F., Richter, C., O'Connor, S., & Moran, K. A. 2017.	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus	n=32	IR22,3±2,1 KR=21,9±1,8	IR= 16 KR 15 (16), yksi loukkaantui	Gaelilainen jalkapallo	Ammattilaisia
Effects of a dynamic core stability program on the biomechanics of cutting maneuvers: A randomized controlled trial						
Fatahi, F., Ghasemi, G. Karimi, M. & Beyranvand. R. 2018.	Empiirinen interventionaalinen tutkimus	n=30	IR (16,6±0,9) KR(16,8±0,7)	IR = 15 ja KR 15	Koripallo	Ammattilaisia
Can eight weeks of stabilization exercise change the amount of knee flexion and anterior shear force						
Yang, C., Yao, W., Garrett, W. E., Givens, D. L., Hacke, J., Liu, H., & Yu, B. 2018.	Kontrolloitu laboratorio tutkimus	N=40, joista 36 suoritti koko tutkimuksen ja josta n=18, olivat koripalloilijoita (tutkimuksessa mukana myös naisia)	18-21	IR = 9 ja KR 8	Koripallo (lentopallo, vain yksi mies)	Harrastelijoita
Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks						

Tähän systemaattiseen katsaukseen päätyi lopulta kuusi alkuperäistutkimusta. Näistä tutkimuksista kolmessa tutkittiin harjoitusohjelman vaikutusta ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin tekijöihin (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018; Yang ym. 2018). Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa tutkittiin harjoitusohjelman ja eri tekijöiden vaikutusta vammojen esiintyvyyteen. Puolestaan Murray ym. (2017) tutkivat kuinka paljon neuromuskulaarista harjoittelua hyödynnetään, sekä millä eri harjoittelumuodolla on vaikutusta vammojen esiintyvyyteen. Viimeisimpänä Websterin ja Hewettin (2018) tutkimus, jossa arvioitiin aikaisempien meta-analyysien avulla kuinka vaikuttavaa neuromuskulaarinen harjoittelu on miesten ja naisten ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä. Kuudesta tutkimuksesta yhdessä tutkimuksessa tarkasteltiin yhtä joukkoa (Murray ym. 2017), kun taas viidessä tutkimuksessa tutkimusjoukko oli jaettu interventio- sekä kontrolliryhmään. (Silvers-Granelli ym. 2017; Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018; Webster & Hewett 2018; Yang ym. 2018).

Tutkimusten seurantajaksot vaihtelivat kuuden viikon ja viiden kuukauden välillä. Tutkimukset, joissa tutkittiin harjoitusohjelman vaikutusta ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin tekijöihin, interventioryhmän suorittaman harjoittelujakson pituus vaihteli neljän ja kahdeksan viikon välillä (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018; Yang ym. 2018). Kahdessa tutkimuksista (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018) mittaukset suoritettiin ainoastaan ennen interventiojakson alkua, sekä interventiojakson jälkeen, kun taas Yangin ym. (2018) tutkimuksessa harjoittelun vaikuttavuutta seurattiin vielä 12 viikkoa harjoittelujakson jälkeen neljän viikon välein. Silvers-Granelli ym. (2017) sekä Murray ym. (2017) tutkimuksissa tutkimusjakson pituus oli viisi kuukautta.

Harjoitusohjelmien sisältö, liikkeiden suoritustavat sekä mihin liikkeet kohdistuivat, poikkesivat toisistaan. Whyten ym. (2017) harjoitusohjelma sisälsi voima-, tasapaino sekä perturbaatioharjoittelua ja tutkimuksessa suoritettiin 8–10 liikettä 3 sarjaa ja 20 toistoa yhden harjoituksen aikana. Tutkimusjakson aikana suoritettavat harjoitteet kohdistuivat pääasiassa reiden, lantion ja keskivartalon alueelle. Fatahin ym. (2017) tutkimuksessa hyödynnettiin voima- ja tasapainoharjoittelua ja interventioryhmä suoritti kahdeksaa liikettä 3 kertaa 30 sekuntin ajan. Kahdeksasta liikkeestä ainoastaan reverse pendulum-liikkeeseen lisättiin viisi sekuntia toistoaikaa kahden viikon välein. Harjoitusohjelman liik-

keet keskittyivät pelkästään voima- ja tasapainoharjoitteluun lantion ja keskivartalon alueelle. Yangin ym. (2018) sekä Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa käytettiin tasapaino-, plyometrista- sekä voimaharjoittelua ja näissä tutkimuksissa harjoitteet kohdistuivat sekä alaraajoihin että keskivartaloon. Kummassakin tutkimuksessa liikeitä suoritettiin sekä tietyn ajan että toistojen mukaan.

Kolmessa tutkimuksessa, jossa seurattiin harjoitusohjelman vaikutusta ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin tekijöihin, tapahtui harjoitteiden määrässä tai tyypissä progressiota kahden viikon välein. Tämän lisäksi kaikissa tutkimuksissa harjoitusohjelmaa suoritettiin kolme kertaa viikossa ja interventoryhmän harjoittelu tapahtui valvotuissa olosuhteissa. Tutkimusten tutkimusjoukko oli tutkimuksissa saman ikäinen ja määrältään samankokoinen sekä tutkimusten kontrolli- ja interventoryhmät olivat keskenään homogeenisia. (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018; Yang ym. 2018.) Kahdessa tutkimuksessa tutkittiin vaikutuksia koripalloilijoilla (Fatahi ym. 2018; Yang ym. 2018) ja kahdessa tutkimuksessa tutkimusjoukko oli raportoitu ammattilaisurheilijoiksi. (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018).

Yangin ym. (2018) tutkimuksessa seurattiin harjoitusohjelman vaikutusta Dain ym. (2012) systemaattisessa katsauksessa havaittuun kahteen merkittävään ACL-vammalle altistavaan tekijään: vähäiseen polven fleksiokulmaan sekä äkillisiin polveen kohdistuviin voimiin suunnanmuutoksessa ja pudotushypyssä. Näistä tekijöistä Yangin ym. (2018) tutkimuksessa saatiin vaikutusta ainoastaan polven fleksiokulmaan pudotushypyn aikana. Whyten ym. (2017) tutkimuksessa pyrittiin vaikuttamaan alaraajan kinematiikkaan, alaraajaan kohdistuviin voimiin sekä alustasta kehoon aiheutuviin voimiin ennalta tiedostetussa ja ennalta arvaamattomassa suunnanmuutoksessa. Harjoitusohjelmalla oli vaikutusta lonkan ekstensiovoimaan, joka oli kasvanut interventoryhmällä, sekä polveen kohdistuviin valgus- ja rotaationaalisiin voimiin, jotka vähentyivät ennalta tiedostamattomassa suunnanmuutoksessa. Tutkimuksessa myös polveen kohdistuneet posterioriset kontaktivoimat vähenivät interventoryhmällä ennakoidussa suunnanmuutoksessa sekä ennalta-arvaamattomassa suunnanmuutoksessa. Fatahin ym. (2018) tutkimuksessa tutkittiin kahdeksan viikon harjoittelujakson vaikutusta polveen kohdistuvaan anterioriseen leikkaus-

voimaan sekä polven fleksioon yhden jalan pudotushypyssä. Tutkimuksen aikana polven fleksiokulmaa onnistuttiin lisäämään tilastollisesti merkittävästi interventioryhmässä, mutta polveen kohdistuvassa anteriorisessa leikkausvoimassa ei havaittu muutosta.

Websterin ja Hewettin (2018) tutkimukseen päätyneestä kahdeksasta tutkimuksesta vain kaksi käsittelivät neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuutta miehillä (Sadoghi ym. 2012; Silvers-Granelli ym. 2017) ja näiden tutkimusten mukaan harjoitteluohjelmat ennaltaehkäisevät miesten ACL-vammoja 77–85 %.

Silvers-Granellin ym. (2017) prospektiivisessä satunnaistetussa tutkimuksessa pyrittiin selvittämään: 1) Miten FIFA 11+ harjoitusohjelman suorittaminen vaikuttaa ACL vammojen kokonaismäärään miehillä, jotka pelaavat jalkapalloa kilpailullisella tasolla? 2) Onko ACL vammojen esiintyvyydellä eroa verrattaessa pelissä tapahtuvia vammoja harjoituksissa tapahtuviin vammoihin? 3) Vaikuttaako pelaajan pelipaikka vammojen esiintyvyyteen? 4) Vaikuttaako kilpailun taso (1. divisioona vs. 2. divisioona) vammojen esiintyvyyteen? tai 5) Onko kentän alustalla (luonnonnurmi vs. tekonurmi) vaikutusta ACL-vammojen esiintyvyyteen?

Osallistujat koostuivat jalkapalloa 1. ja 2. divisioonassa pelaavista 18–25-vuotiaista miehistä. Mukaan tutkimukseen osallistui yhteensä 65 joukkuetta, jotka arvottiin interventioryhmään (N=31 joukkuetta ja N=775 pelaajaa, joista 4 joukkuetta jäi pois, joten lopullinen N=27 joukkuetta ja 675 pelaajaa, ikä 20.40 ± 1.66 , altistuminen peleissä 13,624 ja harjoituksissa 30,588) ja kontrolliryhmään (N=34 joukkuetta ja N=850 pelaajaa, ikä 20.68 ± 1.46 , altistuminen peleissä 10,935 ja harjoituksissa 24,291). Interventioryhmä toteutti FIFA 11+ harjoitusohjelmaa, 2–3 kertaa viikossa sekä alkulämmittelyä ennen otteluita, koko kilpailukauden ajan. Ohjelma sisälsi voima-, ketteryys-, proprioseptiivista- sekä plyometrista harjoittelua, jotka voitiin suorittaa ilman välineitä.

Seurantajakson aikana ryhmissä tapahtui yhteensä 19 ACL-vammaa. Interventioryhmään kuuluvilla joukkueilla tapahtui näistä kolme, joista yksi oli kontaktivamma, kun taas kontrolliryhmän joukkueilla ilman kontaktia tapahtui 10

ACL-vammaa ja kontaktin seurauksena 6 vammaa. Ilman kontaktia tapahtuneet ACL-vammat vähenivät seurantajakson aikana 77 % FIFA 11+ harjoitusohjelmaa käyttäneillä jalkapalloilijoilla verrattuna kontrolliryhmään ($p=0.049$).

Peleissä ja harjoituksissa tapahtuneissa ACL-vammojen esiintyvyydessä ei havaittu tilastollisesti merkittävää eroa ryhmien välillä (interventoryhmässä 3 vammoista tapahtui pelissä vs. kontrolliryhmällä 12 vammaa, $p=0.073$ ja interventoryhmällä 0 vammaa harjoituksissa vs. kontrolliryhmällä 4 vammaa, $p=0.186$). Myöskään pelaajan pelipaikka ei vaikuttanut ACL-vammojen esiintyvyyteen kummassakaan ryhmässä: puolustajilla (1 vs. 5), keskikenttäpelaajilla (2 vs. 6), hyökkääjillä (0 vs. 5) sekä maalivahdeilla (0 vs. 0). 1. divisioonassa pelanneiden jalkapalloilijoiden välillä ei havaittu eroa ACL vammojen määrissä ryhmien välillä (2 vs. 7, $p=0,136$), kun taas 2. divisioonassa vammojen esiintyvyys oli pienempi interventoryhmässä verrattuna kontrolliryhmään (1 vs. 9, $p=0.042$). Kentän alustan osalta ei havaittu eroa esiintyvyydessä (nurmella yhteensä 9 ACL-vammaa vs. tekonurmi 10 vammaa), kuitenkin tekonurmella kontrolliryhmälle ACL-vammoja sattui enemmän verrattaessa interventoryhmään (1 vs. 9, $p=0.049$).

Murrayn ym. (2017) retrospektiivisessä kohorttitutkimuksessa selvitettiin, kuinka yleisesti neuromuskulaarista harjoittelua hyödynnetään ja miten se vaikuttaa ACL-vammojen esiintyvyyteen amerikkalaisessa jalkapallossa, lentopallossa sekä poikien ja tyttöjen jalkapallossa, kun tuloksia vertaillaan sukupuolen, lajin sekä ympäristön välillä. Tutkimuksessa käytetty tutkimusaineisto kerättiin vuonna 2015 kyselylomakkeen avulla kaikilta Minnesotan alueen lukioiden urheiluvastaavilta. Kyselylomakkeen tiedot perustuivat syykauden 2014 tietoihin.

Tutkimuksen kyselylomake palautettiin yhteensä 53,5 %:sta kouluista, jolloin tutkimusjoukko koostui yhteensä 611 koulusta ja näiden 27 335 oppilaasta, joista 43,7 % kouluista sijaitsi kaupunkialueella ja 55,5 % maalaisalueella. Koulujen oppilaista 12 799 oppilasta (46,8 %) osallistui amerikkalaiseen jalkapalloon, 7672 (28,2 %) lentopalloon sekä 3111 (11,4 %) tyttöjen jalkapalloon ja 3753 (13,7 %) poikien jalkapalloon. Tutkimusjoukosta 18 728 (69 %) suoritti neuromuskulaarista harjoittelua, joista lähes puolet yhdessä *athletic trainerin*

kanssa (13 955, 51 %). Yhteensä tutkimuksen seurantajakson aikana raportoitiin 167 ACL-vammaa, joista eniten ACL-vammoja raportoitiin tyttöjen jalkapallossa (29) ja amerikkalaisessa jalkapallossa (96). (Murray ym. 2017.)

Miehillä ennen kilpailukautta suoritettua voimaharjoittelua havaittiin vähentävän ACL-vammoja amerikkalaisessa jalkapallossa. ACL-vammoja vähensi myös pojilla jalkapallossa athletic trainerin mukana oleminen joukkueen toiminnassa, plyometristen harjoitteiden hyödyntäminen ennen kilpailukautta sekä plyometristen harjoitteiden hyödyntäminen pelkästään kilpailukaudella. (Murray ym. 2017.)

Websterin & Hewettin (2018) systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysien meta-analyysissä tutkittiin neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutusta ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn, sekä pyrittiin määrittämään, onko harjoittelun vaikuttavuudella eroa sukupuolten välillä. Tutkimuksen mukaan kaikki ACL-vammat vähenevät neuromuskulaarisia harjoitusohjelmia hyödyntämällä 50 % kaikilla urheilijoilla. Tutkimukseen päätyneiden kahdeksan tutkimuksen mukaan naisilla ilman kontaktia syntyneiden ACL-vammojen todettiin vähenevän 64–73 %. Miesten ACL-vammoja on onnistuttu vähentämään Shadogin ym. (2012) tutkimuksessa 85 % ja Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa 77 %. Websterin ja Hewettin (2018) mukaan naisten kohdalla on vahvaa ja laajaa näyttöä neuromuskulaarisen harjoittelun ennaltaehkäisevästä vaikutuksesta ACL-vammojen esiintyvyyteen. Vaikka miesten kohdalla on saatu positiivisia tuloksia neuromuskulaarisen harjoittelun ennaltaehkäisevästä vaikutuksesta, ei tuloksia voida yleistää vähäisen saatavilla olevan tiedon takia. Taulukossa 6 on esitetty yhteenveto Silvers-Granellin ym. (2017), Murrayn ym. (2017) sekä Websterin ja Hewettin (2018) tutkimuksista.

Taulukko 6. Tutkimustulosten yhteenveto Silvers-Granelli ym. (2017), Murray ym. (2017), Webster & Hewett (2018)

TULOKSET	Mitä tutkittiin?	Millä eri menetelmillä?	Tulokset
Silvers-Granelli ym. 2017	1) miten FIFA 11+ harjoitusohjelman suorittaminen vaikuttaa ACL vammojen kokonaismäärään miehillä, jotka pelaavat jalkapalloa kilpailullisella tasolla 2) onko ACL vammojen esiintyvyydellä eroa verrattaessa pelissä tapahtuvia vammoja harjoituksissa tapahtuviin vammoihin 3) vaikuttaako pelaajan pelipaikka vammojen esiintyvyyteen 4) vaikuttaako kilpailun taso (1 divisioona vs. 2 divisioona) tai 5) onko kentän alustalla (luonnonnurmi vs. tekonurmi) vaikutusta ACL-vammojen esiintyvyyteen.	Tutkijat saivat viikoittain athletic trainereiden palautetun lomakkeen, johon oli kirjattu altistumisten määrä, vamma, vammamekanismi (kontakti vai ei kontakti vamma) ja paluu lajiin.	1) Seurantajakson aikana ryhmissä tapahtui yhteensä 19 ACL-vammaa. Interventoryhmään kuuluvilla joukkueilla tapahtui näistä kolme, joista yksi oli kontakti-vamma, kun taas kontrolliryhmän joukkueilla ilman kontaktia tapahtui 10 ACL-vammaa ja kontaktin seurauksena 6 vammaa. Ilman kontaktia tapahtuneet ACL-vammat vähenivät seurantajakson aikana 75% FIFA 11+ harjoitusohjelmaa käyttäneillä jalkapalloilijoilla verrattuna kontrolliryhmään (p=0.049). 2) Ottelussa ja harjoituksissa tapahtuneita ACL vammojen esiintyvyydessä ei havaittu tilastollista merkittävyyttä ryhmien välillä (interventoryhmässä 3 vammoista tapahtui pelissä, vs. kontrolliryhmällä 12 vammaa, p=0.073 ja interventoryhmällä 0 vammaa harjoituksissa vs. kontrolliryhmällä 4 vammaa, p=0,186). 3) Pelaajan pelipaikka ei vaikuttanut ACL-vammojen esiintyvyyteen kummassakaan ryhmässä, puolustajiin (1 vs. 5), keskikenttäpelajiin (2 vs.6), hyökkääjiin (0 vs. 5) sekä maalivahteihin (0 vs. 0). 4) 1 divisioonassa pelanneiden jalkapalloilijoiden välillä ei havaittu eroa ACL vammojen määrissä ryhmien välillä (2 vs. 7, p=0.136), kun taas 2 divisioonassa vammojen esiintyvyys oli pienempi interventoryhmässä verrattuna kontrolliryhmään (1 vs. 9, p=0.042). 5) Kentän alustan osalta ei havaittu eroa esiintyvyydessä (nurmella yhteensä 9 ACL-vammaa vs. tekonurmi 10 vammaa), kuitenkin tekonurmella kontrolliryhmälle ACL-vammoja sattui enemmän verrattaessa interventoryhmään (1 vs.9, p=0.049).
Murray ym. 2017	Kuinka yleisesti neuromuskulaarista harjoittelua hyödynnetään ja mikä on sen vaikutusta ACL-vammoihin neljässä yleisimmässä lajissa (amerikkalainen jalkapallo, lentopallo sekä poikien ja tyttöjen jalkapallo) kun tuloksia vertaillaan sukupuolen, lajin sekä ympäristön (maalla vai kaupungissa) välillä.	High-schooleissa toimivien urheilusta vastaavien henkilöiden täyttämän kyselylomakkeen perusteella vuoden 2014 syyskauden mukaan.	Miehillä ennen kautta suoritetun voimaharjoittelun havaittiin amerikkalaisessa jalkapallossa vähentävän ACL-vammoja. Poikien jalkapallossa, athletic trainerin mukanaolo, plyometrinen harjoitteiden hyödyntäminen sekä mikäli plyometriset harjoitteet olivat vain osana kilpailukauden harjoittelua, vähensivät ACL-vammoja.
Webster & Hewett 2018	Tutkittiin neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutusta ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn, sekä pyrittiin määrittämään, onko harjoittelun vaikuttavuudella eroa sukupuolten välillä.	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysien meta-analyysi	Tutkimukseen päätyneistä kahdeksasta tutkimuksesta kuuden tutkimuksen mukaan, naisilla ilman kontaktia syntyneiden ACL-vammojen todettiin vähenevän 64–73 % Miehillä Shadogin ym. (2012) tutkimuksessa miesten ACL-vamvoja on onnistuttu vähentämään 85 % ja Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa ACL-vamvoja on vastaavasti saatu vähennettyä 77 %.

Harjoitusohjelmien vaikutus ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin tekijöihin

Whyten ym. (2017) satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessa testattiin 6 viikon dynaamisen keskivartalon harjoitusohjelman vaikutusta ennalta tiedostamattomassa ja ennalta tiedostetussa suunnanmuutoksessa. Tuloksia tarkasteltiin kaikissa eri liiketasoissa a) keskivartalon ja alaraajan kinematiik-

kaan b) kehon sisäisiin voimiin lonkassa, polvessa ja nilkassa sekä c) alustaan kohdistuvia voimia ennalta tiedostamattomassa ja ennalta tiedostetussa suunnanmuutoksessa. Tutkimusjoukon osallistujat olivat gaelilaista jalkapalloa pelaavia miehiä (N=32) jotka jaettiin interventio- (n=16) ja kontrolliryhmään, josta yksi osallistuja tippui pois loukkaantumisen takia (n=15). Interventioryhmä suoritti harjoitusohjelmaa kolme kertaa viikossa kuuden viikon ajan valvotuissa olosuhteissa. Tuloksia arvioitiin 3D-videoanalyysin perustella alaraajan ja keskivartalon liikkeen, alaraajaa kohdistuvien sisäisten voimien sekä alustaan kohdistuneiden voimien osalta.

Harjoitusohjelma koostui keskivartalon ja vartalon rotaatioharjoitteista (transversus abdominiksen aktivoinnista, sillasta, kylki- ja normaali lankutus liikkeestä) sekä askelkyykyistä. Vartaloa stabiloivia harjoitteita modifioitiin usealla eri tavalla. Ensimmäisessä vaiheessa harjoituksiin sisältyi kontrolloituja keskivartalon, lonkan ja käsien liikkeitä frontaali- ja transversaalitasolla. Toisessa vaiheessa harjoitteet suoritettiin epävakaaalla alustalla. Kolmannessa vaiheessa epävakaaseen alustaan lisättiin perturbaatiota. Jokaisen vaiheen kesto oli kaksi viikkoa. Interventioryhmällä oli ohjaaja valvomassa jokaista harjoittelukertaa, joka antoi palautetta oikean liikkeen saavuttamiseksi. Jokaisessa harjoituksessa oli 8–10 harjoitetta, joissa tehtiin 20 toistoa kolme sarjaa. Yhden harjoituksen kesto oli 10–14 minuuttia. (Whyte ym. 2017.)

Tutkimuksessa saatiin seuraavanlaisia tuloksia: a) harjoitusohjelmalla ei todettu vaikutusta keskivartalon, lantion tai polven kinematiikkaan tai kinetiikkaan, mutta ACL-vammalle altistavat biomekaaniset riskitekijät vähenivät varsinkin ennalta tiedostetuissa suunnanmuutoksissa. Harjoittelujakson jälkeen b) interventioryhmän lonkan ekstensiovoima oli kasvanut ($p=0.017$) ja polveen kohdistuvat valgusvoima ($p=0.026$) sekä rotationaalinen voima ($p=0.041$) vähentyi ennalta tiedostamattomassa suunnanmuutoksessa. Tutkimuksessa c) posterioriset kontaktivoimat vähenivät interventioryhmällä ennakoitussa suunnanmuutoksessa ($p=0.025$) sekä ennalta-arvaamattomassa ($p=0.030$) suunnanmuutoksessa. Tutkijat totesivat dynaamisella keskivartalon harjoittelulla olevan vähäinen vaikutus ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin riskitekijöihin.

Fatahin ym. (2018) tutkimuksessa tutkittiin kahdeksan viikon harjoittelujakson vaikutusta polveen kohdistuvaan anterioriseen leikkausvoimaan sekä polven fleksioon yhden jalan pudotushypyssä. Tutkimuksessa verrattiin 3D-analyysin avulla koko alaraajan kinetiikkaa ja kinematiikkaa yhden jalan pudotushypyssä liikeanalyysin sekä voimalevyn avulla. Tutkimusjoukko koostui 30 koripalloammattilaisesta, jotka jaettiin interventioryhmään ($n=15$, ikä 16.6 ± 0.9) ja kontrolliryhmään ($n=15$, ikä 16.8 ± 0.7). Tutkimuksessa käytettiin kahdeksan viikon harjoitusohjelmaa, joka suoritettiin valvotusti kolme kertaa viikossa ja yhden harjoituksen kesto vaihteli 25–50 minuutin välillä. Yksittäinen harjoitus sisälsi yhteensä kahdeksan voima- ja tasapainoharjoitetta, joita suoritettiin kolme kertaa 30 sekuntia. Harjoitteet olivat dynaamisia alaraajan ja keskivartalon voimaharjoitteita, joissa suoritustapa oli pääasiassa eksentris-konsentrinen. Harjoitteista ainoastaan yhden harjoitteen määrää lisättiin kahden viikon välein viisi sekuntia, mutta muuten harjoitteet pysyivät samoina koko harjoittelujakson ajan. (Fatahi ym. 2018.)

Tutkimusjakson aikana polven keskimääräinen fleksiokulma lisääntyi 5.24° interventioryhmällä (alkumittaus $3.08^\circ\pm 2.71$ vrt. loppumittaus $8.32^\circ\pm 2.71$) kun kontrolliryhmällä fleksiokulma pienentyi 0.06° ($4.23^\circ\pm 1.71$ vrt. $4.17^\circ\pm 2.45$). Interventioryhmän tulos oli tilastollisesti merkittävä alkumittausta verrattaessa loppumittaukseen ($p=0.003$), sekä ryhmien välisen (interventioryhmän loppumittaus vrt. kontrolliryhmän loppumittaukseen ($p=0.039$) eron osalta. Polveen kohdistuvan leikkausvoiman ei havaittu muuttuvan kummallakaan ryhmällä tilastollisesti merkittävästi kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen. (Fatahi ym. 2018.)

Yangin ym. (2018) laboratoriotutkimuksessa tutkittiin voima- ja plyometrista harjoittelua sisältävän harjoitusohjelman vaikutusta pysäytyshypyssä ja suunnanmuutoksessa polveen kohdistuviin voimiin ja polven fleksiokulmaan. Tutkimusjoukko koostui koripalloa ja lentopalloa pelaavista miehistä sekä naisista ($n=40$), jotka jaettiin interventio- ja kontrolliryhmään siten, että molempia sukupuolia oli tasaisesti molemmissa ryhmissä (miehiä $n=18$ ja naisia $n=18$). (Yang ym. 2018.)

Tutkimuksen seurantajakso kesti yhteensä 20 viikkoa ja mittaukset suoritettiin ennen interventiojaksoa sekä 4:n, 8:n, 12:sta, ja 20:n viikon jälkeen interventiojaksosta. Tutkimuksen alkumittauksen jälkeen interventoryhmä suoritti neljän viikon harjoittelujakson. Harjoittelujakson aikana interventoryhmä suoritti harjoitteita kolme kertaa viikossa normaalien lajiharjoitusten lisäksi. Interventiojaksoson harjoitteet koostuivat alkulämmittelystä, harjoitteista ja loppuverryttelystä. Alkulämmittely sisälsi keskivartalon vahvistamista, dynaamista venytystä, liikehallintaa ja proprioseptiivista harjoittelua. Tämän jälkeen suoritettiin harjoitteet, jotka koostuivat lonkan ekstensio-suuntaisesta voimaharjoittelusta (lantion nosto) sekä plyometrisista harjoitteista. Harjoituksen lopuksi suoritettiin loppuverryttely, jolla pyrittiin lihasten rentoutukseen erilaisilla staattisilla venytyksillä. Harjoittelujakson aikana harjoittelun volyyymiä nostettiin progressiivisesti lisäämällä liikkeiden haastavuutta sekä lisäämällä harjoitteiden määrää harjoittelujakson aikana. (Yang ym. 2018.)

Yang ym. (2018) tutkimuksessa miesten interventoryhmässä polven fleksiokulma lisääntyi posteriorisessa kontaktissa pysäytyshypyssä verrattuna alkumittauksiin ja kontrolliryhmään. Miesten polven fleksiokulma lisääntyi 4:n viikon harjoitusjakson aikana ja vaikutus säilyi vielä 16 viikkoa harjoittelujakson jälkeen. Suunnanmuutoksessa polven fleksiossa ei havaittu tilastollisesti merkittävää muutosta miesten interventoryhmällä 20 viikon aikana. Harjoitusohjelma ei vaikuttanut polveen kohdistuvaan posterioriseen tai vertikaaliseen voimaan pudotushypyssä tai suunnanmuutoksessa. (Yang ym. 2018.) Taulukossa 7 on nähtävillä yhteenveto Whyten ym. (2017), Fatahin ym. (2017) sekä Yangin ym. (2018) tutkimuksista.

Taulukko 7. Tutkimustulosten yhteenveto Whyte ym. (2017), Fatahi ym. (2018), Yang ym. (2018)

TULOKSET	Mitä tutkittiin?	Millä eri menetelmillä?	Tulokset
Whyte ym. 2017	Kuuden viikon dynaamisen keskivartalon harjoitusohjelman vaikutusta ennalta tiedostamattomassa- ja ennalta tiedostetussa suunnanmuutoksessa kaikissa eri liiketasoissa a) keskivartalon ja alaraajan kinematiikkaan b) kehon sisäisiin voimiin lonkassa, polvessa ja nilkassa sekä c) alustaan kohdistuvia voimia ennalta tiedostamattomassa- ja ennalta tiedostetussa suunnanmuutoksessa.	Alkumittauksissa mitattiin maksimaalinen horisontaalinen hyppy, josta yksilöitiin jokaiselle 70 % horisontaalinen hyppy. Testitulanteessa suoritettiin 70 % horisontaalinen hyppy, josta suoritettiin alastulo dominantilla jalalla, jonka jälkeen suoritettiin joko kahden metrin maksimaalinen liike 45°asteen kulmassa tai pysäytyshyppy. 3D-videoanalyysi.	a) harjoitusohjelmalla ei todettu vaikutusta keskivartalon, lantion tai polven kinematiikkaan tai kinetiikkaan, mutta ACL-vammalle altistavat biomekaaniset riskitekijät vähenivät varsinkin ennalta tiedostetuissa suunnanmuutoksissa. Harjoittelujakson jälkeen b) interventoryhmän lonkan ojennusvoima oli kasvanut ($p=0,017$) ja polveen kohdistuva valgusvoima ($p=0,026$) sekä rotationaalinen voima ($p=0,041$) vähentynyt ennalta tiedostamattomassa suunnanmuutoksessa. c) Posterioriset kontaktivoimat vähenivät interventoryhmällä ennakoitussa suunnanmuutoksessa ($p=0,025$) sekä ennalta-arvaamattomassa ($p,0,030$) suunnanmuutoksessa. Tutkijat totesivat dynaamisella keskivartalon harjoittelulla olevan vähäinen vaikutus ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin riskitekijöihin.
Fatahi ym. 2018	Kahdeksan viikon harjoittelujakson vaikutusta polveen kohdistuvan anteoriseen leikkausvoimaan sekä polven fleksioon yhden jalan pudotushyppyssä.	Tutkimuksessa verrattiin 3D analyysin avulla koko alaraajan kinetiikkaa ja kinematiikkaa yhden jalan pudotushyppyssä liikeanalyysin sekä voimalevyn avulla.	Tutkimusjakson aikana polven keskimääräinen fleksiokulma lisääntyi $5,24^\circ$ interventoryhmällä (alkumittauksissa $3,08^\circ \pm 2,71$ - loppumittauksissa $8,32^\circ \pm 2,71$) kun kontrolliryhmällä fleksiokulma pienentyi $0,06^\circ$ (alkumittauksissa $4,23^\circ \pm 1,71$, loppumittauksissa $4,17 \pm 2,45$). Kehittynyt tulos oli tilastollisesti merkittävä interventoryhmän (alku vs. loppumittaus, $p=0,003$) sekä ryhmien välisen (interventio loppu vs. kontrolliryhmä loppu, $p=0,039$) eron osalta. Polveen kohdistuvan leikkausvoiman ei havaittu muuttuvan kummallakaan ryhmällä tilastollisesti merkittävästi kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen, eikä ryhmien (alku vs. loppumittaus) välillä havaittu merkittävä eroa.
Yang ym. 2018	Neljän viikon voima- ja plyometrista harjoittelua sisältävän harjoitusohjelman vaikutusta pysäytyshyppyssä ja suunnanmuutoksessa polveen kohdistuviin voimiin ja polven fleksiokulmaan.	3D videoanalyysin avulla, viiden askeleen vauhti, jonka jälkeen joko pysäytyshyppy tai suunnanmuutos 45° kulmassa.	Tutkimuksessa miesten interventoryhmässä polven fleksiokulma lisääntyi- posteriorisessa kontaktissa pysäytyshyppyssä verrattuna viikkoon 0 ja kontrolliryhmään. Miesten polven fleksiokulma lisääntyi 4 viikon harjoitusjakson aikana ja vaikutus säilyi vielä 16 viikkoa harjoittelujakson jälkeen. Suunnanmuutoksessa polven fleksiassa ei havaittu tilastollisesti merkittävää muutosta miesten interventoryhmällä 20 viikon aikana. Harjoitusohjelma ei vaikuttanut polveen kohdistuvaan posteoriseen tai vertikaaliseen voimaan pudotushyppyssä tai suunnanmuutoksessa.

8 TUTKIMUSTULOKSET

Tutkimustulosten perusteella neuromuskulaarisilla harjoitusohjelmilla pystytään vaikuttamaan vain vähän ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin tekijöihin. Neuromuskulaarinen harjoitusohjelma näyttäisi lisäävän polven fleksiokulmaa pudotushyppyissä, mutta vaikutukset muihin ACL-vammalle altistaviin tekijöihin jäivät vähäisiksi. (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018; Yang ym. 2018.) Ainoastaan Whyten ym. (2017) tutkimuksessa saavutettiin tuloksia ennakoitussa ja ennalta-arvaamattomassa suunnanmuutoksessa, mutta muuten

vaikutukset suunnanmuutoksissa polveen kohdistuviin voimiin, kinetiikkaan ja kinematiikkaan jäivät vähäisiksi.

Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa ilman kontaktia tapahtuneet ACL-vammat vähenivät seurantajakson aikana 77 % FIFA 11+ harjoitusohjelmaa käyttäneillä jalkapalloilijoilla verrattuna kontrolliryhmään ($p=0.049$). Murrayn ym. (2017) mukaan voimaharjoittelu ennen kauden alkua vähensi ACL-vammoja amerikkalaista jalkapalloa pelaavilla miehillä. Myös plyometrinen harjoitusten hyödyntämien *athletic trainerin* läsnä ollessa näytti vähentävän ACL-vammoja. Websterin ja Hewettin (2018) mukaan miesten ACL-vammoja on onnistuttu vähentämään Shadogin ym. (2012) tutkimuksessa 85 % ja Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa 77 %.

Tässä systemaattisessa katsauksessa vähäisten alkuperäistutkimusten määrän, tutkimusten metodologisten eroavaisuuksien sekä tutkimusten harjoitusohjelmien sisällön takia ei voida luotettavasti arvioida neuromuskulaarisen harjoittelun vaikuttavuutta miesten primaaristen ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä. Neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutusta miesten ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn sekä miesten ACL-vammalle altistavia tekijöitä tulee jatkossa tutkia laajemmin, jotta vaikuttavuutta voidaan arvioida luotettavasti.

9 POHDINTA

Johtuen aiemman tutkimusnäytön puuttumisesta sekä tähän systemaattiseen katsaukseen päätyneiden tutkimusten eroavaisuuksista miesten ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn, on tämän tutkimuksen tuloksia vaikea verrata aikaisempaan tutkimustietoon.

Kahdessa tutkimuksessa tutkimusjoukko sisälsi naisia sekä miehiä (Murray ym. 2017; Yang ym. 2018). Vaikka harjoitusohjelmien sisältö ja toteutus ei eronnut sukupuolten välillä, harjoitusohjelmilla ei havaittu samanlaista vaikuttavuutta naisilla kuin miehillä. Eroavaisuudet harjoitusohjelmien vaikuttavuudessa sekä jo tiedossa olleissa anatomisissa, hormonaalisissa sekä neuromuskulaarisissa tekijöissä puoltavat sukupuolen huomioimista harjoitusohjelmia suunniteltaessa ja ACL-vammalle altistavia tekijöitä arvioitaessa.

Kaikissa viidessä tutkimuksessa, joissa eri harjoitusmuotoja oli kuvattu, kuului neuromuskulaariseen harjoitteluun voimaharjoittelua (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018; Murray ym. 2017; Silvers-Granelli ym. 2017; Yang ym. 2018). Kuten aiemmin on raportoitu, voidaan voimaharjoittelua pitää vaikuttavimpana vammojen ennaltaehkäisyn kannalta ja se toimi pohjana myös näissä tutkimuksissa (Lauersen ym. 2018). Taulukossa 7 on kuvattu harjoitusohjelmissä käytetyt harjoitusmuodot.

Taulukko 8. Tutkimusten harjoitusohjelmissä käytetyt harjoitusmuodot

Tutkimusten harjoitusohjelmat sisälsivät	Plyometrista harjoittelua	Voimaharjoittelua	Tasapainoharjoittelua	Perturbaatioharjoittelua	Alkulämmittely (AL) / Loppuverryttely (LV)
Silvers-Granelli ym. 2017	+	+	+	Ei käytetty	Ei käytetty
Murray ym. 2017	+	+	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Ei kuvattu
Webster & Hewett 2018	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Ei kuvattu
Whyte ym. 2017	Ei käytetty	+	+	+	Ei kuvattu
Fatahi ym. 2018	Ei käytetty	+	+	Ei käytetty	Ei kuvattu
Yang ym. 2018	+	+	+	Ei käytetty	AL = keskivartalon vahvistamista, dynaamista venyttelyä, liikehallintaa ja proprioseptiivista harjoittelua LV= Staattinen venyttely

Neljässä tutkimuksessa harjoitusohjelma sisälsi tasapainoharjoittelua (Fatahi ym. 2018; Silvers-Granelli ym. 2017; Whyte ym. 2017; Yang ym. 2018) ja vain Whyte ym. (2017) tutkimuksessa hyödynnettiin perturbaatioharjoittelua harjoittelujakson lopussa, viimeisen kahden viikon ajan. Johtuen tyypillisistä ACL:n vammamekanismeista muuttuvassa ympäristössä, on tasapainoharjoittelun ja perturbaatioharjoittelun kuvattu lisäävän hermoston kykyä reagoida ennalta-arvaamattomiin tilanteisiin suojaten ACL-vammalta. Kuitenkin ACL-vamman tapahtuessa nopeasti (alle 50 ms.), ei hermoston kykyä ole vielä onnistuttu harjoittamaan yhtä nopeaksi, jotta se suoraan suojaisi ACL:n vammautumiselta. (Weinhandl & O'Connor 2017; Gokeler ym. 2018.)

Taulukko 9. Yhteenvedo tutkimusten harjoitusohjelmien sisällöstä ja toteutuksesta

Harjoitusohjelmien sisältö ja toteutus	Kuinka pitkä seuranta- ja harjoittelujakso	Yksittäisen harjoituksen pituus ja harjoitusten määrä harjoitusjakson aikana	Kuvaus harjoitteista	Progressio	Valvonta ja ohjeistus
Silvers-Granelli ym. 2017	Syyskausi 2012 (elokuu-joulukuu) 5kk.	2-3 kertaa viikossa, 20minuuttia. IR = altistuminen peleissä 13,624 ja harjoituksissa 30,588 KR=peleissä 10,935 ja harjoituksissa 24,291	FIFA 11+ Voima-, ketteryy-, proprioseptiivista- sekä plyometrista harjoittelua, jotka voitiin suorittaa ilman välineitä.	Ei kuvattu	Ei raportoitu, tutkijat kontrolloivat harjoitteiden suorittamista viikoittain athletic trainerin välityksellä - tämän takia 4 joukkuetta jäi ulkopuolelle.
Murray ym. 2017	Syyskausi 2014 5kk.	Ei määritettyä yksittäisen harjoituksen aikaa, minkä tyyppisiä harjoitteita, pitäisikö harjoitteita suorittaa koko kauden?	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Kyselylomakkeen mukaan, lähes puolet suorittivat neuromuskulaarista harjoittelua yhdessä athletic trainerin kanssa (n=13 955, 51%)
Webster & Hewett 2018	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Ei kuvattu	Ei kuvattu
Whyte ym. 2017	Kuusi viikkoa	Kuusi viikkoa, kolme kertaa viikossa, Yksi harjoitus kesti 10-14minuuttia. Yhteensä 17,4±0,5 harjoituskertaa koko harjoittelujakson aikana. Osallistuivat omiin harjoituksiin / tapahduksiin IR = 22.3±2,1krt ja KR=21,9±1,8krt	Dynaamisia ja staattisia voimaharjoitteita (keskivartalo ja alaraaja). Alavartalon ja keskivartalon hallintaa, myös epävakaalla alustalla ja lopussa myös perturbaatiota.	Kyllä, kahden viikon välein	Harjoittelua suorittaneet saivat henkilökohtaista palautetta pitääkseen keskittymisen ja oikean suoritustekniikan.
Fatahi ym. 2018	Kahdeksan viikon harjoittelujakso	8 viikkoa, kolme harjoitusta viikossa, jokainen harjoitus kesti (25-50 minuuttia)	Yhteensä 8 harjoitetta, joita suoritettiin kolme kertaa 30 sekuntia. Dynaamisia alaraajan ja keskivartalon voimaharjoitteita. Pääasiassa eksentris-konsentrisia harjoitteita. Yhdessä harjoitteessa progressio kahden viikon välein, lisäys viisi sekuntia yhdessä sarjassa	Yhdessä harjoitteessa (reverse pendulum) +5sek toistoaikaa kahden viikon välein	IR suoritti kaikki harjoitukset valvotusti. KR suoritti myös tavalliset harjoitukset valvotusti.
Yang ym. 2018	Yhteensä 20 viikkoa, alkumittausten jälkeen 4 viikon interventiojakso, jonka jälkeen 12 viikon seurantajakso	4 viikkoa, harjoittelujakson aikana interventioryhmä suoritti harjoitteita kolme kertaa viikossa normaalien lajiharjoitusten lisäksi.	Pääasiassa lonkan ojennus voimaharjoittelua sekä plyometrista harjoitteita. Harjoitteita ei kuvattu tarkemmin.	Kyllä	Kaikissa interventioryhmän harjoitteissa oli valvoja varmistamassa laadukkaan suorittamisen

Kolmessa tutkimuksessa (Murray ym. 2017; Silvers-Granelli ym. 2017; Yang ym. 2018) suoritettiin plyometrista harjoittelua, jota voidaan pitää myös voimaharjoittelun muotona. Doeringerin ym. (2017) mukaan plyometrisen harjoittelun on kuvattu vähentävän polveen kohdistuvia voimia eksentrisistä lihastyötä vaativissa tilanteissa, kuten suunnanmuutoksessa tai alastuloissa. Kuitenkaan spesifisesti miesten ACL-vamman osalta ei vielä tarkkaan tiedetä mikä tai mitkä harjoittelumuodoista olisivat vaikuttavimmat vamman ennaltaehkäisemiseksi tai kuinka paljon sitä tulisi suorittaa.

Sugimoton ym. (2016) sekä Mehlin ym. (2017) mukaan suullisella ohjeistamisella ja vammamekanismeista kertomisella on kuvattu olevan positiivinen vaikutus ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä. Whyten ym. (2017), Fatahin ym. (2018) ja Yangin ym. (2018) tutkimuksissa interventioryhmät suorittivat liikkeet valvotuissa olosuhteissa ja saivat suullista palautetta oikean liikemallin suorittamiseksi. Tutkimuksissa ei kuitenkaan ollut kuvattu perustuiko palaute sisäiseen vai ulkoiseen palautteeseen, jolla on koettu Gokeler ym. (2018) mukaan olevan merkitystä motorisen oppimisen kannalta.

9.1 Tutkimustulosten luotettavuuden arviointi

Kohdan 1) mukaan tutkimustuloksia arvioitaessa tutkimuksen tyyppi ja tutkimusasetelma poikkesi useimmassa tutkimuksessa toisistaan eikä näin tutkimustuloksia voida vertailla keskenään. Tämän lisäksi Whyten ym. (2017), Fatahin ym. (2018) ja Yangin ym. (2018) tutkimuksissa harjoittelun vaikuttavuutta arvioitiin alku- ja loppumittausten avulla laboratorio-olosuhteissa, jotka heikentävät tulosten luotettavuutta, sillä ne eivät vastaa tutkimusjoukkojen lajiympäristöä. Myös Whyten ym. (2017), Fatahin ym. (2018) ja Yangin ym. (2018) tutkimuksissa kuvatut harjoittelujaksot olivat lyhyitä (4–8 viikkoa) ja tutkittava joukko oli vähäinen (N=30–36).

Kohdan 2) mukaan kolmessa tutkimuksessa, jotka tutkivat harjoitteluohjelmien vaikuttavuutta ACL-vammalle altistaviin tekijöihin, voidaan havaita harjoitusohjelmien sisällössä heikkoja tutkimustuloksia selittäviä tekijöitä. Yangin ym. (2018) tutkimuksessa heikkoa vaikuttavuutta suunnanmuutoksessa voidaan perustella sillä, ettei harjoitusohjelma sisältänyt ollenkaan suunnanmuutosta muistuttavia liikkeitä. Whyten ym. (2017) tutkimuksessa harjoitusohjelman liikkeet olivat samankaltaisia mitatun liikkeen kanssa, mutta harjoitusohjelman vaikuttavuus jäi kuitenkin vähäiseksi. Tutkijat perustelivat heikkoa tutkimustulosta lyhyellä perturbaatiojaksolla sekä tutkimusjoukolla, joka sisälsi ammattiuheilijoita. Tutkijat olettivat, että heidän kohdallaan perturbaatiojakso olisi saanut olla pidempi ja liikkeet olisivat saaneet olla vieläkin haastavampia, jotta muutosta olisi tapahtunut.

Kahdessa tutkimuksessa (Whyte ym. 2017; Fatahi ym. 2018), harjoitusohjelmat keskittyivät lähinnä polven, lantion sekä keskivartalon harjoitteisiin, vaikka

nilkan asennolla sekä pohkeen lihas-jänne yksiköllä on todettu alastulon yhteydessä Wahlstedin ja Rasmussen-Barrin (2014) sekä Bodenin ym. (2010) mukaan olevan vaikutusta polveen kohdistuviin voimiin. Fatahin ym. (2018) harjoitusohjelmassa minkään liikkeistä ei voida olettaa kehittävän pohkeen lihas-jänne-alueen toimintaa ja Whyten ym. (2017) tutkimuksessa ainoastaan askelkyykyissä eteen, sivulle ja taakse voidaan vaikutuksen olettaa kohdistuvan pohkeen lihas-jänne-alueelle. Nopeissa eksentrisissä liikkeissä jänneen ominaisuudet liikkeen tuottamisessa korostuvat, jolloin lihas-jänneyksikkö toimii ”jousimaisena” rakenteena tehokkaammin voimien vaimentamisessa sekä voimien tuottamisessa kuin pelkän lihaksen. Erityisesti pohkeen lihas-jänneyksiköllä on todettu olevan erityisen hyvä kyky siihen kohdistuvien voimien vaimentamisessa sekä voimien tuottamisessa. (Knudson ym. 2007, 75–76.)

Kohdan 3) mukaan Silvers-Granellin ym. (2017) sekä Murrayn ym. (2017) tutkimuksissa esitettiin ACL-vamman määriä tutkimusjakson aikana, mutta vain Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa oli eroteltu ilman kontaktia tapahtuneet ja kontaktitilanteessa tapahtuneet ACL-vammat. Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa viiden kuukauden seurantajakson aikana esiintyi ainoastaan 12 ilman kontaktia tapahtunutta vammaa, joista kaksi interventioryhmässä ja kymmenen kontrolliryhmässä. Vähäisen vammojen esiintyvyyden takia tutkimuksessa ilmoitettua 75 % ennaltaehkäisevää vaikutusta ei voida pitää luotettavana. Myös tutkimuksen tutkimusjoukko oli merkittävästi suurempi 2. divisioonan kontrolliryhmässä, jossa oli 425 pelaajaa kun taas interventioryhmässä oli 275 pelaajaa. Tämä voidaan ajatella vaikuttavan tulokseen, sillä tutkijat totesivat 2. divisioonan kontrolliryhmälle tapahtuneen tilastollisesti merkittävästi enemmän ACL-vammoja verrattaessa interventioryhmään.

Murrayn ym. (2017) tutkimustulosten raportointi oli heikkoa, eikä tutkimuksen tuloksia voida näin pitää luotettavina. Tutkimuksessa käytettyä neuromuskulaarista harjoitusohjelmaa ei ollut raportoitu, eikä siinä kerrottu kuinka usein harjoitusohjelmaa oli hyödynnetty. Lisäksi ei kerrottu kuinka säännöllisesti harjoitusohjelmaa oli noudatettu. Myöskään tutkimustulosten kerääminen ei ollut systemaattista, eikä vammojen mekanismeja ollut raportoitu. Näiden lisäksi tutkimustulosten luotettavuutta heikentää se, että tulokset saatiin vain 53,3 % tavoitetuista kouluista.

9.2 Hakuprosessin ja tutkimuksen luotettavuuden arviointi

Tutkimussuunnitelma määritteli tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen jokaista vaihetta. Työn jokainen vaihe kirjattiin tarkasti, jotta tutkimus olisi toistettavissa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen käytäntöjen mukaan. Hakutermin määrittely perustui tutkimuksen tarkoitukseen, koehakujen tuloksiin sekä kahden tutkijan laajaan perehtymiseen aiheesta, jonka jälkeen hakutermit hyväksyttiin vielä opinnäytetyön opponijalla sekä ohjaavilla opettajilla. Sisäänotto- ja poissulkukriteerien sekä aikarajauksen avulla huolehdittiin, että tutkimusaineisto vastasi tutkimuskysymykseen, ja että tutkimusaineisto käsittäisi laadukkaan ja tuoreen tutkimustiedon aiheesta.

Hakuprosessia hankaloitti naisten suuri esiintyvyys hakutulosten tutkimusjoukossa sekä vähäinen sukupuolten välinen erottelu tutkimustuloksissa. Tämän lisäksi käytettyjen harjoitusohjelmien tarkastelu aiheutti haasteita, sillä harvassa tutkimuksessa puhuttiin suoraan neuromuskulaarisesta harjoittelusta. Yhtenä hankaloittavana tekijänä oli myös aiheeseen liittyvien käsitteiden paljous esimerkiksi ACL-vamman kohdalla. Ennalta määriteltujen hakutermin mukaan hakutuloksia saatiin riittävästi, mutta lopulta vain pieni osa tutkimuksista täytti tutkimuksen sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Alkuperäistutkimusten vähäinen määrä sekä tutkimusten eroava tutkimusnäkökulma ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn heikentävät tämän tutkimuksen tutkimustuloksen luotettavuutta. Lopullisten tutkimusten määrää rajasi tutkimussuunnitelmassa ollut tavoite koota tuorein tällä hetkellä ollut tieto neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutuksesta. Johtuen vähäisestä tuoreesta tutkimustiedosta neuromuskulaarisesta harjoittelusta ACL-vamman ennaltaehkäisyssä miehillä, olisi yhtenä keinona ollut poiketa tutkimussuunnitelmassa olleesta aiheen ajallisesta rajauksesta (viisi vuotta). Tämän avulla tutkimukseen valikoituneet tutkimukset olisivat olleet homogeenisiä keskenään, jolloin tutkimusten tuloksia olisi pystynyt laajemmin vertailemaan samasta tutkimusnäkökulmasta.

9.3 Jatkotutkimusaiheet

Johtuen niukasta tutkimusnäytöstä neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutuksesta miesten ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä tarvitaan laajempaa tutkimusnäyttöä, jotta vaikuttavuutta voidaan luotettavasti arvioida. Jotta miehillä

voitaisiin tutkia mahdollisimman toimivia ACL-vamman ennaltaehkäiseviä keinoja, pitäisi laajemmin selvittää, mitkä ovat miesten neuromuskulaariset ja ympäristölliset tekijät, jotka altistavat ACL-vammalle. (Alentorn-Geli ym. 2014; Sugimoto ym. 2015a; Silvers-Granelli ym. 2017; Webster & Hewett 2018.)

Tulevaisuudessa tutkimuksissa vammojen raportointiin on tärkeä kiinnittää huomiota. Raportoinnissa tulisi huomioida ja arvioida eri vammalle altistavien tekijöiden vaikutusta (biomekaaniset, fysiologiset, psykologiset sekä muu harjoittelu), jotta harjoittelun vaikuttavuutta pystyttäisiin tarkastelemaan mahdollisimman tarkasti. (Gokeler ym. 2018.) Harjoitusohjelmien vaikuttavuutta arvioitaessa tärkeää on raportoida vamman syntymekanismi, onko vamma tapahtunut ilman kontaktia- vai kontaktitilanteessa sekä siihen, miten kontaktivamma ja ei-kontaktivamma on määritelty, sekä missä vaiheessa seurantajaksoa vamma on tapahtunut.

Harjoitusohjelmien vaikuttavuutta tulisi myös tarkastella pidempien seurantajaksojen avulla, jotta vaikuttavuutta ja vaikuttavuuden säilymistä pystyttäisiin arvioimaan, sillä tutkimuksissa on huomattu, että tähän mennessä harjoitteiden avulla saavutettujen muutosten on raportoitu olleen vain lyhytaikaisia (Benjaminse ym. 2015). Yksi syy tähän voi olla harjoitteiden aikana tapahtuva tietoinen keskittyminen polven hallintaan, sillä tiedostettujen liikkeiden suorittaminen ei ole motoristen taitojen oppimisen kannalta optimaalista lajeissa, joissa tilanteet tapahtuvat jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä (Kuva 15) (Gokeler ym. 2018). Myöskään harjoitusohjelmien sisältöjen kannalta neuromuskulaarisissa harjoitusohjelmissä ei välttämättä ole hyödynnetty ennalta tiedostetuista harjoitteista siirtymistä ennalta arvaamattomassa ympäristössä tapahtuviin kehon automaattista ohjausta vaativiin liikkeisiin. (Grooms & Onate 2015; Gokeler ym. 2018) Näiden tekijöiden on kuitenkin todettu vaikuttavan yksilön neuromuskulaarisiin tekijöihin ja yksilön riskiin vammautua.



Kuva 15. Motorisen oppimisen kannalta urheilijaa tulisi ohjeistaa hyödyntäen ulkoista palaute-mekanismia ”keskity pitämään tanko vaakatasossa” verrattuna sisäiseen palaute-mekanismiin ”pidä polvi samassa linjassa lonkan ja jalkaterän kanssa”. (Gokeler ym. 2018)

Myös erilaisen palautteen vaikutusta harjoitusohjelman vaikuttavuuteen olisi mielenkiintoista selvittää laajemmin, onko palautteella eroa tutkimusjoukon iän tai kilpailun tason muuttuessa (Benjaminse ym. 2015; Gokeler ym. 2018). Esimerkiksi videopalauttee yhdistettynä suulliseen palautteeseen on havaittu positiivisia vaikutuksia motorisessa oppimisessa verrattuna pelkkään suulliseen palautteeseen (Benjaminse ym. 2015). Olisi myös mielenkiintoista verrata harjoitusohjelman, ohjeistamisen/palautteen antamisen sekä näiden yhdistelmien vaikuttavuutta ACL-vammojen ennaltaehkäisyssä, sillä molemmilla näyttäisi olevan siihen positiivinen vaikutus.

LÄHTEET

Acevedo, R., Rivera-Vega, A., Miranda, G. & Micheo, W. 2014. Anterior Cruciate Ligament Injury. *Current Sports Medicine Reports*, 13(3), 186–191.

Agel, J., Evans, T., Dick, R., Putukian, M. & Marshall, S. 2007. Descriptive epidemiology of collegiate men's soccer injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988-1989 through 2002-2003. *Journal of athletic training*, 42(2), 270–277. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1941292/> [Viitattu 15.3.2020].

Alentorn-Geli, E., Mendiguchía, J., Samuelsson, K., Musahl, V., Karlsson, J., Cugat, R. & Myer, G. D. 2013a. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports—Part I: Systematic review of risk factors in male athletes. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 22(1), 3–15.

Amoako, A., Nassim, A. & Keller, C. 2017. Body Mass Index as a Predictor of Injuries in Athletics. *Current Sports Medicine Reports*, 16(4), 256–262.

Ardern, C., Ekås, G., Grindem, H., Moksnes, H., Anderson, A., Chotel, F., Cohen, M., Forssblad, M., Ganley, T., Feller, J., Karlsson, J., Kocher, M., LaPrade, R., McNamee, M., Mandelbaum, B., Micheli, L., Mohtadi, N., Reider, B., Roe, J., Seil, R., Siebold, R., Silvers-Granelli, H., Soligard, T., Witvrouw, E. & Engebretsen, L. 2018. 2018 International Olympic Committee consensus statement on prevention, diagnosis and management of paediatric anterior cruciate ligament (ACL) injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 52(7), pp.422–438.

Bahr, R. & Krosshaug, T. 2005. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British journal of sports medicine*, 39(6), 324–329.

Bahr, R., Alfredson, H., Järvinen, M., Järvinen, T., Khan, K., Kjaer, M., Matheson, G. & Maehlum, S. 2012. The IOC Manual of Sports Injuries: An Illustrated Guide to the Management of Injuries in Physical Activity. PDF-dokumentti. Saatavissa. https://www.researchgate.net/publication/267689017_The_IOC_Manual_of_Sports_Injuries_An_Illustrated_Guide_to_the_Management_of_Injuries_in_Physical_Activity [Viitattu 30.3.2020].

Barber-West, S. D. & Noyes, F. R. 2017. Effect of Fatigue Protocols on Lower Limb Neuromuscular Function and Implications for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Training: A Systematic Review. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(14), 3388–3396.

Benjaminse, A., Gokeler, A., Dowling, A., Faigenbaum, A., Ford, K., Hewett, T., Onate, J., Otten, B. & Myer, G., 2015. Optimization of the Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Paradigm: Novel Feedback Techniques to Enhance Motor Learning and Reduce Injury Risk. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 45(3), pp.170-182.

Benjaminse, A., Webster, K., Kimp, A., Meijer, M. & Gokeler, A. 2019. Revised Approach to the Role of Fatigue in Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention: A Systematic Review with Meta-Analyses. *Sports Medicine*. Volume 49, Issue 4, pp 565–586. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs40279-019-01052-6> [Viitattu 29.10.2019].

Boden, B., Torg, J., Knowles, S. & Hewett, T. 2009a. Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament Injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 37(2), 252–259.

Boden, B., Breit, I. & Sheehan, F. 2009b. Tibiofemoral alignment: contributing factors to noncontact anterior cruciate ligament injury. *The Journal of bone and joint surgery*. American volume, 91(10), 2381–2389.

Boden, B., Sheehan, F., Torg, J. & Hewett, T. 2010. Noncontact anterior cruciate ligament injuries: mechanisms and risk factors. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 18(9), 520–527.

Bourne, M., Webster, K. & Hewett, T. 2019. Is Fatigue a Risk Factor for Anterior Cruciate Ligament Rupture? *Sports Medicine*. Volume 49, Issue 11, pp 1629–1635.

Brukner, P. & Khan, K. 2017. *Clinical sports medicine*. 5. Paines. Australia: McGraw-Hill Australia Pty Ltd.

Cerulli, G., Benoit, D., Caraffa, A. & Ponteggia, F. 2001. Proprioceptive training and prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2001;31(II):655-66.

Dai, B., Herman, D., Liu, H., Garrett, W. & Yu, B. 2012. Prevention of ACL Injury, Part I: Injury Characteristics, Risk Factors, and Loading Mechanism. *Research in Sports Medicine*, 20(3-4), 180–197.

Dhillon, M., Bali, K. & Prabhakar, S. 2011. Proprioception in anterior cruciate ligament deficient knees and its relevance in anterior cruciate ligament reconstruction. *Indian journal of orthopaedics*, 45(4), 294–300.

Doeringer, J., Johnson, S., Norcorss, M. & Hoffman, M. 2017. Plyometric Exercises from a Knee Anterior Cruciate Ligament Prevention Program on the Rate of Isometric Torque Development and Vertical Jump Height. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://nsuworks.nova.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1711&context=ijahsp> [Viitattu 29.3.2020].

Doyle, T., Schilaty, N., Webster, K. & Hewett, T. 2018. Meta-analysis; Fatigue does not increase lower-limb injury risk. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/e266/e2c0661e377afedf419abe34b65a076d772c.pdf> [Viitattu 30.10.2019].

Dumont, G., Hogue, G., Padalecki, J., Okoro, N. & Wilson, P. 2012. Meniscal and Chondral Injuries Associated With Pediatric Anterior Cruciate Ligament Tears. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(9), 2128–2133.

Ellenbecker, T. & Bleacher, J. 2004. Proprioception and neuromuscular control. Teoksessa Andrews, J., Harrelson, G. & Wilk, Kevin. (toim.) *Physical rehabilitation of the injured athlete*. 3 painos. Philadelphia. Saunders an imprint of elsevier, 189–215.

Elomaa, L. & Mikkola, H. 2010. Näytön jäljillä. Tiedonhaku näyttöön perustavassa hoitotyössä. 5.uudistettu painos. Turku. Turun Ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 12. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://julkaisut.turkuamk.fi/isbn9789522161611.pdf> [Viitattu 6.10.2019].

Fatahi, F., Ghasemi, G. Karimi, M. & Beyranvand. R. 2018. Can eight weeks of stabilization exercise change the amount of knee flexion and anterior shear force. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/324873025_Can_eight_weeks_of_stabilization_exercise_change_the_amount_of_knee_flexion_and_anterior_shear_force [Viitattu 6.4.2020].

Fitzgerald, G., Piva, S., Gil, A., Wisniewski, S., Oddis, C. & Irrgang, J. 2011. Agility and Perturbation Training Techniques in Exercise Therapy for Reducing Pain and Improving Function in People With Knee Osteoarthritis: A Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy*, 91(4), 452–469.

Ford, K., Myer, G., Schmitt, L., Bogert, A. & Hewett, T. 2008. Effect of Drop Height on Lower Extremity Biomechanical Measures in Female Athletes: 859.

Fuller, C., Ekstrand, J., Junge, A., Andersen, T., Bahr, R., Dvorak, J., Häggglund, M., McCorory, P. & Meeuwisse, W. 2006. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures in studies of football (soccer) injuries. WWW-Dokumentti. Saatavissa: <https://bjsm.bmj.com/content/40/3/193> [Viitattu 31.10.2019].

Fuller, C., Molloy, M., Bagate, C., Bahr, R., Brooks, J., Donson, H., Kemp, S., McCrory, P., McIntosh, A., Meeuwisse, W., Quarrie, K., Raftery, M. & Wiley, P. 2007. Consensus statement on injury definitions and data collection procedures for studies of injuries in rugby union. *British Journal of Sports Medicine*. Volume 41, Issue 5 :328–331.

Gokeler, A., Seil, R., Kerkhoffs, G. & Verhagen, E. 2018. A novel approach to enhance ACL injury prevention programs. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 5(1).

Griffin, L., Agel, J., Albohm, M., Arendt, E., Garrett, W., Garrick, J., Hewett, T., Huston, L., Ireland, M., Johnson, R., Kibler, W., Lephart, S., Lewis, J., Lindendorf, T., Mandelbaum, B., Marchak, P., Marchak, C. & Wojtyls, E. 2000. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injuries: Risk Factors and Prevention Strategies. PDF-dokumentti. Saatavissa: http://www.pitt.edu/~neurolab/publications/2000/Articles/Griffin_2000_Noncontact%20ACL%20injuries%20-%20risk%20factors%20and%20prevention%20strategies.pdf [Viitattu 14.1.2020].

Grooms, D. & Onate, J. 2015. Neuroscience Application to Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 8(2), 149–152.

Hewett, T., Myer, G., Ford, K., Heidt, R., Colosimo, A., McLean, S., Bogert, A., Paterno, M. & Succop, P. 2005. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American journal of sports medicine*, 33 4, 492–501.

Hewett, T., Torg, J. & Boden, B. 2009. Video analysis of trunk and knee motion during non-contact anterior cruciate ligament injury in female athletes: lateral trunk and knee abduction motion are combined components of the injury mechanism. *British journal of sports medicine*, 43(6), 417–422.

Hewett, T., Ford, K., Hoogenboom, B. & Myer, G. 2010. Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *North American journal of sports physical therapy:NAJSPT*, 5(4), 234–251.

Hootman, J., Dick, R. & Agel, J. 2007. Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of athletic training*, 42(2), 311–319.

Häggglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H., & Ekstrand, J. 2013a. Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 738–742.

Häggglund, M., Atroshi, I., Wagner, P. & Waldén, M. 2013b. Superior compliance with a neuromuscular training programme is associated with fewer ACL injuries and fewer acute knee injuries in female adolescent football players: secondary analysis of an RCT. *British Journal of Sports Medicine*, 47(15), 974–979.

Häggglund, M. & Waldén, M. 2015. Risk factors for acute knee injury in female youth football. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(3), 737–746.

Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. 2016. Maksimivoimaharjoittelu. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. (toim.) *Huippu-urheiluväestön teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. Lahti. VK-Kustannus Oy, 250–264.

Ihara, H. & Nakayama, A. 1986. Dynamic joint control training for knee ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine*, 14(4), 309–315.

Johansson, K. 2007. Kirjallisuuskatsaukset-. Huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa: Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L. (toim.) *Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen*. Turku: Digipaino-Turun Yliopisto, 3–9.

Jones, H., Appleyard, R., Mahajan, S. & Murrell, G. 2003. Meniscal and Chondral Loss in the Anterior Cruciate Ligament Injured Knee. *Sports Medicine*, 33(14), 1075–1089.

Kapandji, I. 1997. Kinesiologia. Kehon nivelten rakenne ja fysiologinen toiminta diagrammeilla havainnollistettuna. Laukaa: Medirehab kirjakustannus.

Knudson, D. 2007. Fundamentals of Biomechanics. 2. painos. Yhdysvallat: Springer Science+Business Media, LLC.

Koga, H., Nakamae, A., Shima, Y., Bahr, R. & Krosshaug, T. 2017. Hip and Ankle Kinematics in Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury Situations: Video Analysis Using Model-Based Image Matching. *The American Journal of Sports Medicine*, 46(2), 333–340.

Krosshaug, T., Nakamae, A., Boden, B., Engebretsen, L., Smith, G., Slauterbeck, J., Hewett, T. & Bahr, R. 2007. Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury in Basketball. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), pp.359-367.

Lauersen, J., Bertelsen, D. & Andersen, L. 2014. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(11), 871–877.

Lauersen, J., Andersen, T. & Andersen, L. 2018. Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*. bjsports–2018–099078.

Leppänen, M., Pasanen, K., Kujala, U., Vasankari, T., Kannus, P., Äyrämö, S., Krosshaug, T., Bahr, R., Avela, J., Perttunen, J. & Parkkari, J., 2016. Stiff Landings Are Associated With Increased ACL Injury Risk in Young Female Basketball and Floorball Players. *The American Journal of Sports Medicine*, 45(2).

Lundblad, M., Waldén, M., Häggglund, M., Ekstrand, J., Thomeé, C. & Karlsson, J. 2016. No Association Between Return to Play After Injury and Increased Rate of Anterior Cruciate Ligament Injury in Men's Professional Soccer. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 4(10).

Meeuwisse, W. H., Tyreman, H., Hagel, B. & Emery, C. 2007. A Dynamic Model of Etiology in Sport Injury: The Recursive Nature of Risk and Causation. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(3), 215–219.

Mehl, J., Diermeier, T., Herbst, E., Imhoff, A., Stoffels, T., Zantop, T., Wolf Petersen, W. & Achtnich, A. 2007. Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG).

Monfort, S., Comstock, R., Collins, C., Onate, J., Best, T. & Chaudhari, A. 2015. Association Between Ball-Handling Versus Defending Actions and Acute Noncontact Lower Extremity Injuries in High School Basketball and Soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(4), 802–807.

- Murray, J., Renier, C., Ahern, J. & Elliott, B. 2017. Neuromuscular Training Availability and Efficacy in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injury in High School Sports. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(6), 524–529.
- Myer, G., Chu, D., Brent, J., & Hewett, T. 2008. Trunk and hip control neuromuscular training for the prevention of knee joint injury. *Clinics in sports medicine*, 27(3).
- Myer, G., Ford, K., Barber Foss, K., Liu, C., Nick, T. & Hewett, T. 2009. The Relationship of Hamstrings and Quadriceps Strength to Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 19(1), 3–8.
- Pandy, M. & Shelburne, K. 1997. Dependence of cruciate-ligament loading on muscle forces and external load. *Journal of Biomechanics*, 30(10), 1015–1024.
- Panics, G., Tallay, A., Pavlik, A. & Berkes, I. 2008. Effect of proprioception training on knee joint position sense in female team handball players. *British Journal of Sports Medicine*, 42(6), 472–476.
- Pasanen, K., Parkkari, J., Pasanen, M., Hiilloskorpi, H., Mäkinen, T., Järvinen, M. & Kannus, P. 2008. Neuromuscular training and the risk of leg injuries in female floorball players: cluster randomised controlled study. *BMJ (Clinical research ed.)*, 337(7661). PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.bmj.com/content/bmj/337/bmj.a295.full.pdf> [Viitattu 6.4.2020].
- Parkkari, J., Kannus, P. & Kujala, U. 2018. Liikuntavammat ja niiden ehkäisy. Lääkäriin käsikirjä Duodecim. Artikkelin tunnus: ykt01390 (019.002). WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/koti> [Viitattu 19.9.2019].
- Petersen, W. & Zantop, T. 2007. Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament with Regard to Its Two Bundles. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 454, 35–47.
- Pike, A., Patzkowski, J. & Bottoni, C. 2018. Meniscal and Chondral Pathology Associated With Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 1.
- Powers, S. & Howley, E. 2015. Exercise Physiology. Theory and application to fitness and performance. 9.painos. USA: McgrawHill Education.
- Read, P., Oliver, J., De Ste Croix, M., Myer, G. & Lloyd, R. 2016. Neuromuscular Risk Factors for Knee and Ankle Ligament Injuries in Male Youth Soccer Players. *Sports Medicine*, 46(8), 1059–1066. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.researchgate.net/publication/293644643_Neuromuscular_Risk_Factors_for_Knee_and_Ankle_Ligament_Injuries_in_Male_Youth_Soccer_Players/link/5a5499baaca2725638cbbad3/download [Viitattu 14.11.2019].
- Relph, N., Herrington, L. & Tyson, S. 2014. The effects of ACL injury on knee proprioception: a meta-analysis. *Physiotherapy*, 100(3), 187–195.

Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynnon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., Georgoulis, T., Hewett, T., Johnson, R., Krosshaug, T., Mandelbaum, B., Micheli, L., Myklebust, G., Roos, E., Roos, H., Schamasch, P., Shultz, S., Werner, S., Wojtys, E & Engebretsen, L. 2008. Non-contact ACL injuries in female athletes: An International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, vol. 42, no. 6, pp. 394-412.

Riemann, B. & Lephart, S. 2002. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/> [Viitattu 7.10.2019].

Risberg, M., Mørk, M., Jenssen, H. & Holm, I. 2001. Design and Implementation of a Neuromuscular Training Program Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 31(11), pp.620-631.

Rössler, R., Donath, L., Verhagen, E., Junge, A., Schweizer, T., & Faude, O. 2014. Exercise-Based Injury Prevention in Child and Adolescent Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(12), 1733–1748.

Silvers-Granelli, H., Mandelbaum, B., Adeniji, O., Insler, S., Bizzini, M., Pohlig, R. & Dvorak, J. 2015. Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(11), 2628–2637.

Simonsen, E., Magnusson, S., Bencke, J., Naesborg, H., Havkrog, M., Ebstrup, J. & Sorensen, H. 2000. Can the hamstring muscles protect the anterior cruciate ligament during a side-cutting maneuver? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 10(2), 78–84.

Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M. & Andersen, T. 2008. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 337(dec09 2), a2469–a2469.

Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H., Gabbett, T., Gleeson, M., Hägglund, M., Hutchinson, M., Janse van Rensburg, C., Khan, K., Meeusen, R., Orchard, J., Pluim, B., Raftery, M., Budgett, R. & Engebretsen, L. 2016. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), pp.1030-1041.

Soomro, N., Sanders, R., Hackett, D., Hubka, T., Ebrahimi, S., Freeston, J. & Cobley, S. 2016. The Efficacy of Injury Prevention Programs in Adolescent Team Sports. *The American Journal of Sports Medicine*, 44(9), 2415–2424.

Standring, S. 2016. Gray's anatomy. 41.painos The Anatomical Basis of Clinical Practice. Painos. Iso-Britannia: Elsevier Churchill Livingstone.

Stolt, M. & Routasalo, P. 2007. Tutkimusartikkelien valinta ja käsittely. Teoksessa: Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L. (toim.) Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: Digipaino-Turun Yliopisto, 58–70.

Sugimoto, D., Myer, G., Foss, K., & Hewett, T. 2014. Dosage effects of neuromuscular training intervention to reduce anterior cruciate ligament injuries in female athletes: meta- and sub-group analyses. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(4), 551–562. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3969416/> [viitattu 31.10.2019].

Sugimoto, D., Alentorn-Geli, E., Mendiguchía, J., Samuelsson, K., Karlsson, J. & Myer, G. D. 2015a. Biomechanical and Neuromuscular Characteristics of Male Athletes: Implications for the Development of Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Programs. *Sports Medicine*, 45(6), 809–822.

Sugimoto, D., Myer, G., Foss, K. & Hewett, T. 2015b. Specific exercise effects of preventive neuromuscular training intervention on anterior cruciate ligament injury risk reduction in young females: meta-analysis and subgroup analysis. *British journal of sports medicine*, 49 5, 282-9.

Sugimoto, D., Myer, G., Barber-Foss, K., Pepin, M., Micheli, L. & Hewett, T. 2016. Critical components of neuromuscular training to reduce ACL injury risk in female athletes: meta-regression analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(20), 1259–1266.

Taylor, J., Ford, K., Schmitz, R., Ross, S., Ackerman, T. & Shultz, S. 2018. Sport-specific biomechanical responses to an ACL injury prevention programme: A randomised controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 36(21), 2492–2501.

Timothy, F. & Cuoco, A. 2004. Plyometric training and drills. Teoksessa Andrews, J., Harrelson, G. & Wilk, Kevin. (toim.) *Physical rehabilitation of the injured athlete*. 3 painos. Philadelphia. Saunders an imprint of elsevier, 265–294.

Utturkar, G., Iribarra, L., Taylor, K., Spritzer, C., Taylor, D., Garrett, W. & De-frate, L. 2013. The effects of a valgus collapse knee position on in vivo ACL elongation. *Annals of biomedical engineering*, 41(1), 123–130. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3647681/> [Viitattu 14.3.2020].

Wahlstedt, C. & Rasmussen-Barr, E. 2014. Anterior cruciate ligament injury and ankle dorsiflexion. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(11), 3202–3207.

Waldén, M., Atroshi, I., Magnusson, H., Wagner, P. & Hägglund, M. 2012. Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial. *British Medical Journal*. 344(may03 1), e3042–e3042. doi:10.1136/bmj.e3042.

Waldén, M., Krosshaug, T., Bjørneboe, J., Andersen, T., Faul, O. & Hägglund, M. 2015. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1452–1460.

- Webster, K., Feller, J., Leigh, W. & Richmond, A. 2014. Younger Patients Are at Increased Risk for Graft Rupture and Contralateral Injury After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(3), 641–647.
- Webster, K. & Hewett, T. 2018. Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs. *Journal of Orthopaedic Research*®.
- Weinhandl, J., Earl-Boehm, J., Ebersole, K., Huddleston, W., Armstrong, B. & O'Connor, K. 2013. Anticipatory effects on anterior cruciate ligament loading during sidestep cutting. *Clinical Biomechanics*, 28(6), 655–663.
- Weinhandl, J. & O'Connor, K. 2017. Influence of ground reaction force perturbations on anterior cruciate ligament loading during sidestep cutting. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 1–9.
- Weitz, F., Sillanpää, P. & Mattila, V. 2019. The incidence of paediatric ACL injury is increasing in Finland. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00167-019-05553-9.pdf> [viitattu 18.12.2019].
- Whyte, E., Richter, C., O'Connor, S. & Moran, K. 2017. Effects of a dynamic core stability program on the biomechanics of cutting maneuvers: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 452–462.
- Williams, G., Chmielewski, T. Rudolph, K., Buchanan, T. & Lynn Snyder-Mackler, L. 2001. Dynamic Knee Stability: Current Theory and Implications for clinicians and scientists. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*.
- Wojtys, E., Huston, L., Taylor, P. & Bastian, S. 1996. Neuromuscular Adaptations in Isokinetic, Isotonic, and Agility Training Programs. *The American Journal of Sports Medicine*, 24(2), 187–192.
- Wulf, G., Höb, M. & Prinz, W. 1998. Instructions for Motor Learning: Differential Effects of Internal Versus External Focus of Attention. *Journal of Motor Behavior*, 30(2), 169–179.
- Yang, C., Yao, W., Garrett, W. E., Givens, D. L., Hacke, J., Liu, H. & Yu, B. 2018. Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks. *The American Journal of Sports Medicine* 1–9.

Kuvaluettelo

Kuva 1. Polven meniskit, I.dx (Paulsen & Waschke 2011)	10
Kuva 2. ACL:n posterolateraalinen sekä anteromediaalinen juoste (Petersen & Zantorp, 2007.).....	11
Kuva 3. Polven nivelsiderakenteet posteriorisesti I.dx (Paulsen & Waschke 2011)	12
Kuva 4. Reiden lihakset posteriorisesti ja anteriorisesti. I.dx (Paulsen & Waschke 2011)	14
Kuva 5. Urheiluvammaan vaikuttavat tekijät. (mukaillen Bahr & Krosshaug 2005.)	18
Kuva 6. Kudoksen biologinen adaptaatio rasitukseen. (mukaillen Soligard ym. 2016)	20
Kuva 7. Kudoksen palautumisen vaikutus kudoksen kapasiteettiin ja vammalle altistumiseen. (mukaillen Soligard ym. 2016.)	23
Kuva 8. Sensomotorinen systeemi. (mukaillen Riemann & Lephart 2002.)	25
Kuva 9. Somatosensorinen järjestelmä. (mukaillen Riemann & Lephart 2002)	26
Kuva 10. ACL-vamma tilanteessa, jossa paineistetaan pallollista pelaajaa. (Waldén ym. 2015)	30
Kuva 11. ACL-vamma puskuutilanteen jälkeen tapahtuvassa alastulossa (Waldén ym.2015).	30
Kuva 12. ACL vammaan vaikuttavia tekijöitä A) koripallossa B) baletissa. (mukaillen Bittencourt ym. 2016)	31
Kuva 13. ACL-vammalle altistava kontakti alustaan ja ei-vammaa aiheuttava kontakti alustaan. (mukaillen Carlson ym. 2016)	34
Kuva 14. Käytetyt hakutermit ja niiden käyttö hakuprosessissa.	40
Kuva 15. Motorisen oppimisen kannalta urheilijaa tulisi ohjeistaa hyödyntäen ulkoista palautemekanismia ”keskity pitämään tanko vaakatasossa” verrattuna sisäiseen palautemekanismiin ”pidä polvi samassa linjassa lonkan ja jalkaterän kanssa”. (Gokeler ym. 2018).....	62

Kuva 1. Polven meniskit, I. dx. Paulsen, F. & Waschke, J. 2011. Sobotta. Atlas of Human Anatomy. General Anatomy and Musculoskeletal System. 15. painos. Munchen: Elsevier GmbH. E-versio. Saatavissa: <https://www.sobotta.com/> [Viitattu 13.4.2020].

Kuva 2. ACL:n posterolateraalinen sekä anteromediaalinen juoste. Petersen, W., & Zantop, T. 2007. Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament with Regard to Its Two Bundles. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 454, 35–47.

Kuva 3. Polven nivelsiderakenteet posteriorisesti l.d.x. Paulsen, F. & Waschke, J. 2011. Sobotta. Atlas of Human Anatomy. General Anatomy and Musculoskeletal System. 15. painos. München: Elsevier GmbH. E-versio. Saatavissa: <https://www.sobotta.com/> [Viitattu 13.4.2020].

Kuva 4. Reiden lihakset post. ja ant. l.d.x. Paulsen, F. & Waschke, J. 2011. Sobotta. Atlas of Human Anatomy. General Anatomy and Musculoskeletal System. 15. painos. München: Elsevier GmbH. E-versio. Saatavissa: <https://www.sobotta.com/> [Viitattu 13.4.2020].

Kuva 5. Urheiluvammaan vaikuttavat tekijät. Bahr, R. & Krosshaug, T. 2005. Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 324–329.

Kuva 6. Kudoksen biologinen adaptaatio rasiin. Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H., Gabbett, T., Gleeson, M., Häggglund, M., Hutchinson, M., Janse van Rensburg, C., Khan, K., Meeusen, R., Orchard, J., Pluim, B., Raftery, M., Budgett, R. and Engebretsen, L. 2016. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), pp.1030-1041.

Kuva 7. Kudoksen palautumisen vaikutus kudoksen kapasiteettiin ja vammalle altistumiseen. Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H., Gabbett, T., Gleeson, M., Häggglund, M., Hutchinson, M., Janse van Rensburg, C., Khan, K., Meeusen, R., Orchard, J., Pluim, B., Raftery, M., Budgett, R. and Engebretsen, L. 2016. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), pp.1030-1041.

Kuva 8. Sensomotorinen systeemi sisältää kaikki afferentit, efferentit ja sentraaliset yhteydet sekä prosessointikomponentit, jotka kuuluvat toiminnalliseen nivelen stabiliteettiin. Riemann, B. & Lephart, S. 2002. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/> [Viitattu 7.10.2019].

Kuva 9. Somatosensorinen järjestelmä. Riemann, B. & Lephart, S. 2002. The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC164311/> [Viitattu 7.10.2019].

Kuva 10. ACL-vamma tilanteessa, jossa paineistetaan pallollista pelaajaa. Waldén, M., Krosshaug, T., Bjørneboe, J., Andersen, T., Faul, O. & Häggglund, M. 2015. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1452–1460.

Kuva 11. ACL-vamma puskutilanteen jälkeen tapahtuvassa alastulossa. Waldén, M., Krosshaug, T., Bjørneboe, J., Andersen, T., Faul, O. & Hägglund, M. 2015. Three distinct mechanisms predominate in non-contact anterior cruciate ligament injuries in male professional football players: a systematic video analysis of 39 cases. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1452–1460.

Kuva 12. ACL-vammaan vaikuttavia tekijöitä A) koripallossa B) baletissa. Bittencourt, N., Meeuwisse, W., Mendonça, L., Nettel-Aguirre, A., Ocarino, J. M., & Fonseca, S. 2016. Complex systems approach for sports injuries: moving from risk factor identification to injury pattern recognition—narrative review and new concept. *British Journal of Sports Medicine*, 50(21), 1309–1314.

Kuva 13. ACL-vammalle altistava asento ja ei-vammaa aiheuttava asento. Carlson, V., Sheehan, F., & Boden, B. 2016. Video Analysis of Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries: A Systematic Review. *JBJS reviews*, 4(11), e5. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5865503/> [Viitattu 9.4.2020].

Kuva 14. Käytetyt hakutermit ja niiden käyttö hakuprosessissa.

Kuva 15. Motorisen oppimisen kannalta urheilijaa tulisi ohjeistaa hyödyntäen ulkoista palautemekanismia ”keskity pitämään tanko vaakatasossa” verrattuna sisäiseen palautemekanismiin ”pidä polvi samassa linjassa lonkan ja jalkaterän kanssa”. Gokeler, A., Seil, R., Kerkhoffs, G., & Verhagen, E. 2018. A novel approach to enhance ACL injury prevention programs. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 5(1).

Taulukkoluetelo

Taulukko 1 Hakuprosessi.	41
Taulukko 2. Hakuprosessi ScienceDirect-tietokannasta.....	42
Taulukko 3. ScienceDirect-tietokannasta käytetyt hakuyhdistelmät ja hakutulokset	42
Taulukko 4. Tutkimuksen sisäänotto- ja poissulkukriteerit.....	43
Taulukko 5. Yhteenveto tutkimusten perustiedoista.	44
Taulukko 6. Tutkimustulosten yhteenveto Silvers-Granelli ym. (2017), Murray ym. (2017), Webster & Hewett (2018)	50
Taulukko 7. Tutkimustulosten yhteenveto Whyte ym. (2017), Fatahi ym. (2018), Yang ym. (2018).....	54
Taulukko 8. Tutkimusten harjoitusohjelmissä käytetyt harjoitusmuodot	56
Taulukko 9. Yhteenveto tutkimusten harjoitusohjelmien sisällöstä ja toteutuksesta	57

TERVE URHEILIJA[®] -lämmittely

Suomennettu FIFA 11+ -ohjelmasta

OSA 1 — JUOKSULÄMMITTELYT (8 MIN)

1 JUOKSU ETEENPÄIN



Merkitse rata kartioilla (6–10 paria, n. 5 m välein). Kaksi pelaajaa lähtee samanaikaisesti ensimmäisten kartioiden takaa. Hölkkää radan loppuun ja palaa takaisin. 2 kierrosta

2 JUOKSU + LONKAN ULKOKIERTO



Hölkää kevyesti. Pysähdy jokaisella kartiolla, nosta polvi eteen ja pyöräytä sivukautta taakse. Vaihda jalkaa jokaisen kartion kohdalla. 2 kierrosta

3 JUOKSU + LONKAN SISÄKIERTO



Hölkää kevyesti. Pysähdy jokaisella kartiolla, nosta polvi sivukautta ylös ja pyöräytä eteen. Vaihda jalkaa jokaisen kartion kohdalla. 2 kierrosta

4 JUOKSU + PARIN KIERTO



Juokse parin kanssa ensimmäisille kartioille. Kierra pari sivulaukoilla. Toista sama jokaisella kartiolla. Pidä painopiste matalalla. 2 kierrosta

5 JUOKSU + OLKAPÄÄKONTAKTI



Ponnista korkealle paria kohti osuen olkapäällä olkapäähän kartioiden kohdalla. Laskeudu pehmeästi molemmille jaloille. 2 kierrosta

6 JUOKSU ETEEN- JA TAKSEPÄIN



Juokse nopeasti toiselle kartiolle, palaa takaperin juoksulla ensimmäiselle kartiolle. Jatka juoksemalla kaksi kartiota eteenpäin, yksi taaksepäin. 2 kierrosta

OSA 2 — VOIMA, TASAPAINO, HYPPELYT (10 MIN)

7A LANKKUPITO 1



Hae hyvä lankkuasento ja pysy asennossa 20–30 s. Älä anna lantion tippua alas tai alaselän notkistua, muista lapatuki. 3 toistoa

7B LANKKUPITO 2



Hae hyvä lankkuasento. Nosta vuorotellen jalkoja ilmaan 2 s ajaksi. Jatka nostelua 40–60 s ajan. 3 toistoa

7C LANKKUPITO 3



Nosta toinen jalka 10–15 cm irti maasta ja pidä tämä asento n. 20–30 s. 3 toistoa / jalka

8A SIVULANKKU 1



Asetu kylkimakuulle, alimmainen polvi koukussa. Tue ylävartalo kyynävarteen. Nosta päällimmäinen jalka vaakatasoon. Säilytä asento 20–30 s. 3 toistoa / puoli

8B SIVULANKKU 2



Nosta itsesi sivulankkuasentoon. Pidä vartalo suorassa linjassa. Laske lonkkaa hitaasti kohti alustaa ja takaisin ylös. Toista 20–30 s ajan. 3 toistoa / puoli

8C SIVULANKKU 3



Nosta itsesi sivulankkuasentoon. Pidä vartalo suorassa linjassa. Nosta päällimmäinen jalka ylös ja laske hitaasti alas. Toista 20–30 s ajan. 3 toistoa / puoli

9A TAKAREIDET 1



Tee liike pehmeällä alustalla. Pidä vartalo suorassa linjassa. Nojaa eteenpäin, jarruta voimakkaasti takareisillä. Lopuksi ota liike vastaan käsillä. Toista 3–5 kertaa/min. 1 sarja

9B TAKAREIDET 2



Toista 7–10 kertaa/min. 1 sarja

9C TAKAREIDET 3



Toista 12–15 kertaa/min. 1 sarja

10A TASAPAINO 1



Seiso yhdellä jalalla. Pidä asento 30 s. Vaihda jalkaa ja toista. Lisää haastetta kuljettamalla palloa vartalon ympäri tai vapaan jalan polven alta. 2 sarjaa / jalka

10B TASAPAINO 2



Seiso yhdellä jalalla n. 3 m päässä parista. Pidä tasapaino ja heitä palloa parillisesti 30 s ajan. Vaihda jalkaa ja toista. 2 sarjaa / jalka

10C TASAPAINO 3



Seiso yhdellä jalalla käsi-varren mitan päässä parista. Horjuta paria työntämällä kevyesti eri kohdista eri suuntiin. Jatka 30 s ajan, vaihda jalkaa ja toista. 2 sarjaa / jalka

11A KYKKY + VARPAILLE NOUSU



Tee kykyt n. 90° kulmaan. Yläasennossa nouse varpaillesi. Laskeudu hitaasti takaisin aloitus-asentoon. Toista 30 s ajan. 2 sarjaa

11B ETENEVÄ ASKELKYKKY



Askella eteenpäin vartalo hallittuna, polvet ja varpaat suoraan eteenpäin. Etene 10 askelta / jalka ja hölkkää takaisin. 2 sarjaa

11C YHDEN JALAN KYKKY



Seiso yhdellä jalalla, kevyesti pariin tukeen. Laskeudu niin alas, kuin hallitusti pystyt. Älä anna polven painua sisään. Toista 10 kertaa / jalka. 2 sarjaa

12A KYKKYHYPPY



Seiso lantion leveysessä asennossa. Tee kykyt n. 90° kulmaan ja säilytä asento 2 s. Hyppää korkealle. Laskeudu pehmeästi. Älä anna polvien painua sisään. Toista 30 s ajan. 2 sarjaa

12B LUISTELULOIKKA



Hyppää hallitusti sivulle, laskeudu pehmeästi. Älä anna polven painua sisään. Säilytä tasapaino jokaisen hyppyn välissä. Toista 30 s ajan. 2 sarjaa

12C RISTIHYPPELY



Kuvittele, että allasi on risti, jonka keskellä seisot. Hypi eteen-taakse, sivulta-sivulle, kulmasta-kulmaan suuntaa vaihdellen niin nopeasti kuin pystyt. Toista 30 s ajan. 2 sarjaa

OSA 3 — JUOKSUHARJOITTEET (2 MIN)

13 JUOKSU



Juokse kentän poikki 75–90 % teholla maksiminopeudesta. 2 sarjaa

14 VUOROLOIKKA



Etene pitkällä loikilla kentän päähän. Korosta polven nostoa. Hölkkää takaisin. 2 sarjaa

15 SUUNNANMUUTOS



Juokse kentän läpi viistosti kartiolta toiselle. Tee nopea kiihdytys, pysähdy kartiolle ja vaihda suuntaa. Hölkkää takaisin. 2 sarjaa

Laji	Löydökset	Lähde
Nivelen kinetiikka		
Jalkapallo	- Suunnanmuutoksissa polveen kohdistuu suuremmat sisäiset ja ulkoiset sekä varus ja valgus voimat verrattuna juoksuun. Tuloksissa ei havaittu eroavaisuutta polveen kohdistuvissa fleksio-ekstensio suuntaisissa voimissa. - Sivuttaisliikkeen aikana polveen kohdistuu fleksio, valgus ja mediaalirotaatio suuntaista rasi- tusta ja harhautusliikkeen aikana polven fleksio-, varus- ja lateraalirotaatio suuntaista rasi- tusta.	Besier ym. 2001.
	Suunnanmuutoksissa jalan kontakti aiheuttaa kovemman rasiuksen mediaalisille rakenteille ja juokseminen suuremman rasiuksen jalkaterän ensimmäiselle ja toiselle säteelle.	Eils ym. 2004.
Koripallo	Sivuttaisliikkeen aikana suurempi esiintyvä polven valgus asento oli yhteydessä suurempaan lonkan fleksion ja mediaalirotaatio sekä valgus-asentoon.	McLean ym. 2005.
Jalkapallo ja koripallo	Polven abduktio-suuntaisessa voimapiikissä ei tapahtunut muutosta murrosikäisillä ja murrosiän ohittaneilla urheilijoilla.	Ford ym. 2010.
Koripallo ja hockey	Polvituki vähensi alustulossa alustasta kohdistuvaa vertikaalista voimaa verrattuna pelaajiin, joilla ei ollut polvitukea.	Rishiraj ym. 2012.
Am. jalka- pallo	Tekonurmikentällä jalkaterän keskiosaan aiheutui enemmän rasiusta ja varpaille vähemmän verrattuna luonnonnurmikenttään, kun taas luonnonnurmikentällä rasiusta aiheutui enemmän jalkaterän mediaali- ja lateraaliosille.	Ford ym. 2006.
Aus. jalka- pallo	Nilkan teippauksen avulla polveen kohdistuvat mediaalirotaatio- ja varus voimat vähenivät juoksun ja suunnanmuutoksen aikana, kun kyseessä oli ennakoitu ja ennalta arvaamaton ti- lanne.	Stoffel ym. 2010.
Yhdistelmä eri lajeista	- Jalkojen ollessa leveällä sekä vartalon ollessa vastakkaisessa suunnassa suunnanmuutoksen aikana, lisääntyivät polveen kohdistuvat valgus ja mediaalirotaatio voima - Jalan ollessa mediaalirotaatioissa suunnanmuutoksen aikana, polveen aiheutui vähemmän fleksio-ekstensio suuntaista voimaa verrattuna jalkojen ollessa leveässä asennossa	Dempsey ym. 2009.
	- Polven valgus lisääntyi alustulon yhteydessä, mikäli kiinnittotilanteessa pallo lähestyi kiinnittotajan ennakoitua tukijalkaa alustulossa. - Alustulossa jalkaterän kontaktissa alustaan polven ollessa ulkokerrossa, lonkan abduktiossa ja mediaalirotaatioissa sekä vartalon lateraalifleksiossa, lisääntyy polvessa valgus ja mediaa- lirotaatorasitus.	Dempsey ym. 2012.
	- Yhden jalan alastulo tai korkeampi putoamiskorkeus aiheuttavat suuremman alastulosta kehoon aiheutuvan voimapiikin. - Lisääntynyt pudotuskorkeus lisää polveen kohdistuvaa voimaa ja työtä.	Yeow ym. 2010; Ali ym. 2014
	- Yhden jalan alastulossa, lonkka ja nilkka vähensivät eniten sagittaalitasossa kohdistuvia voimia ja polvi frontaalitasossa kohdistuvia voimia. - Kahden jalan alastulossa, lonkka ja polvi vähensivät eniten sagittaalitasossa kohdistuvia voimia ja lonkka frontaalitasossa kohdistuvia voimia. - Frontaalitasossa, yhden jalan alastulossa tapahtuu suurempaa polven liikettä, voimaa ja voimien vähentämistä verrattuna kahden jalan alastuloon.	Yeow ym. 2011.
	Kehoon alustulossa kohdistuva vertikaalinen ja posteriorinen voimapiikki lisääntyy mitä korkeampi on vertikaalinen putoamiskorkeus. Kehoon kohdistuva posteriorinen voimapiikki lisääntyy myös mitä suurempi on alustulon horisontaalinen pituus.	Ali ym. 2014.
Polven kinematiikka		
Jalkapallo ja rugby	Suunnanmuutoksessa aiheutuu suurempaa maksimaalista polven fleksiota, abduktiota ja lateraalirotaatiota jalan kontaktivaiheen aikana verrattuna suoraan juoksemiseen.	McLean ym. 1998.

Laji	Löydökset	Lähde
Jalkapallo ja koripallo	Polven abduktio-suuntaisissa voimissa alastulossa ei havaittu eroa murrosikäisillä ja murrosiän ohittaneilla urheilijoilla.	Ford ym. 2010b.
Yhdistelmä eri lajeista	Suunnanmuutoksessa aiheutuu vähäisempää tibian mediaalirotaatiota tukivaiheen aikana, verrattuna heilahdusvaiheeseen ja siinä tapahtuvaan polven fleksioon.	Cross ym. 1989.
	Miesurheilijoilla, joiden lajissa tapahtuu suunnanmuutoksia, esiintyy vähemmän polven mediaalirotaatiota maksimaalisen lihastyön aikana verrattuna niihin, urheilijoihin, jotka osallistuvat lajeihin missä ei ole suunnanmuutoksia.	Wojtys ym. 2003.
	Polven fleksion lisääntyessä alastulossa, polveen kohdistuvat ekstensiovoimat lisääntyivät ja vertikaaliset ja posterioriset alustasta kohdistuvat voimat sekä hamstring voimat vähentyivät.	Podraza & White 2010.
	Anteriorisesti muokattu polvituki vähensi polven liikelaajuutta ja angulaarista kiihtyvyyttä verrattuna niihin, jotka eivät käyttäneet polvitukea. Polvituella ei ollut merkitystä alustasta polveen kohdistuneeseen anterioriseen tai vertikaaliseen voimapiikkiin.	Yeow ym. 2010.
	Yhden jalan alastulossa polvessa tapahtui enemmän liikettä frontaalitasossa verrattuna kahden jalan alastuloon.	Yeow ym. 2011.
	-Tibiaan kohdistuva anteriorinen voimapiikki aiheutuu alastulon alkuvaiheessa. -Tibian anteriorinen translaatio vaikutti polven valgus-kulmaan ja tibian lateraalinen translaatio vaikutti polven fleksion ja sisäkierron kulmaan alastulossa.	Torry ym. 2011.
	-Lisääntynyt pudotuskorkeus lisäsi polvessa ja vartalossa tapahtuvaa fleksiota. -Lisääntynyt horisontaalinen matka alastulossa lisää nilkan plantaarifleksiota, lonkan fleksiota ja vartalon fleksiota. -Alustasta aiheutuva vertikaalinen voima ei lisääntynyt nilkan plantaarifleksion ja polven fleksion kasvaessa pudotuskorkeuden kasvaessa. Lisääntynyt horisontaalinen pituus alastulossa lisäsi nilkan plantaarifleksiota, lonkan fleksiota ja vartalon fleksiota. Lisääntynyt pudotuskorkeus ei lisännyt alustasta aiheutuvaa vertikaalista voimapiikkia, nilkan plantaarifleksion ja polven fleksioliikelaajuuden kasvaessa -Alustasta aiheutuva posteriorinen voima ei ollut yhteydessä nilkan plantarifleksioon horisontaalisen matkan lisääntyessä alastulossa. Horisontaalisen matkan lisääntyessä alastulossa, alustasta aiheutuva posteriorinen voima ei vaikuttanut nilkan plantarifleksion liikelaajuuteen.	Ali ym. 2014.
Proprioseptiikka		
Jalkapallo	Jalkapalloilijoilla esiintyi parempaa polven rotationaalista proprioseptiikkaa verrattuna kontrolliryhmään.	Muaidi ym. 2008.
Lihassoima ja lihasten aktivoituminen		
Jalkapallo	Pelaajilla oli suurempi polven ekstensio-fleksio voima ja H/Q-suhde kuin kontrolleilla.	Ergün ym. 2004.
	Alaraajassa esiintyi valikoituja lihasten aktivaatiomalleja ennakoituissa tilanteissa, mutta ei ennalta arvaamattomissa tilanteissa.	Besier ym. 2003.
	Murrosiän jälkeen pojilla esiintyi suurempaa Q ja H-voimaa kuin murrosiässä tai ennen murrosikää.	Ahmad ym. 2006.
	Juoksun ja poikittaisliikkeen aikana esiintyi suurempaa lateraalisten kuin mediaalisten-hamstring lihasten aktiiviteettia	Landry ym. 2007.
	Jalkapalloilijoilla esiintyi suurempaa rotationaalista voimantuottoa verrattuna kontrolliryhmään.	Muaidi ym. 2008.
Koripallo	Murrosiän jälkeen pojilla esiintyi suurempaa quadricepsin voimaa kuin murrosiässä tai ennen murrosikää.	Buchanan ym. 2003.
Jalkapallo ja koripallo	Nilkan, polven ja lonkan jäykkyys ja polveen kohdistuva ulkoinen ekstensiovoima lisääntyi murrosiän aikana.	Ford ym. 2010.
	Lonkan abduktiovoima lisääntyi dominantilla sekä ei dominantilla puolella.	Wojtys ym. 2003.
Yhdistelmä eri lajeista	Suunnanmuutoksia sisältävissä lajeissa, lihastyön aikana nivel on tukevampi ja polveen kohdistuu suurempia voimapiikkejä polven ekstensio ja fleksio suunnassa verrattuna lajeihin, jossa ei tapahdu suunnanmuutoksia.	Wojtys ym. 2003.

Laji	Löydökset	Lähde
Yhdistelmä eri lajeista	Polveen vaikuttavien lihasten vähentynyt aktivaatio lisää polven fleksiota alastulon yhteydessä.	Podraza ym. 2010.
	- Kehon valmistautuessa alastuloon rectus abdominis, obliquus externus ja castrognemiuksen mediaaliosa olivat erityisen aktiivisia. - Vastus medialiksen ja gluteus maximuksen aktivoituminen ennen alastulokontaktia oli yhteydessä kehoon alustasta kohdistuvan vertikaalisen voiman vaimentamisessa. - Alastulossa jalan kontaktissa alustaan lonkka ja polvi fleksoitui ja nilkka oli plantaarifleksiossa. - Alastulossa alastulokontaktin jälkeen, lihasten aktivaatio ja alaraajan nivelten rotaatiot tapahtuivat distaalaisesta-proksimaaliseen.	lida ym. 2011.
	Yhden jalan alastulossa alustasta kehoon kohdistuvien voimien seurauksena soleus aiheutti tibiaan posteriorisen voiman yhdessä takareiden lihasten kanssa, samaa reaktiota ei havaittu gastrognemiuksen osalta.	Mokhtarzadeh ym. 2013.
Ennalta arvaamaton -ja ennakoitu tilanne		
Jalkapallo	Ennalta arvaamattomien sivuttais- ja poikittaisliikkeiden seurauksena polveen aiheutui enemmän varus-valgus sekä mediaali- ja lateraalirotaatio voimia kuin ennalta tiedostetuissa liikkeissä. Fleksio-ekstensio suuntaisissa voimissa ei havaittu eroa.	Besier ym. 2001.
	Ennalta arvaamattomissa sivuttaisliikkeissä, joissa lonkan lateraalioptaatio oli vähäistä, lonkan abduktio sekä polveen kohdistunut valgus voimapiikki oli suurempaa verrattuna ennalta tiedostetussa liikkeessä syntyviin voimiin.	Lee ym. 2013.
Yhdistelmä eri lajeista	- Ennalta arvaamattomassa alastulossa kontakti tapahtui pienemmillä lonkan abduktio, polven fleksio ja abduktio sekä nilkan plantaarifleksio nivelkulmilla verrattuna ennalta tiedostettuun alastulon kontaktiin. - Ennalta arvaamattomassa alastulossa kontakti tapahtui pienemmällä lonkan abduktionkulmalla ja suuremmalla nilkan plantaarifleksiokulmalla verrattuna ennalta tiedostetun alastulon nivelkulmiin. - Ennalta arvaamattomassa alastulo tapahtui polven abduktion ja nilkan inversion ollessa pienempää ja polven lateraalirotaatio ja nilkan dorsifleksion ollessa suurempaa kuin ennalta tiedostetussa alastulossa. - Ennalta arvaamattomassa alastulo tapahtui alahaisemilla lonkan abduktio ja polven mediaalirotaatiota sekä suuremmilla polven lateraalirotaatio ja nilkan dorsifleksio nivelkulmilla kuin tiedostetussa alastulossa. - Ennalta arvaamattomassa alastulossa kohdistui vähäisempiä polven ekstensio-, lateraalirotaatio- ja nilkan plantaarifleksio sekä suurempia lonkan abduktiovoimia kuin ennalta tiedostetussa alastuloissa. - Ennalta arvaamattomissa alastuloissa kohdistui vähäisempiä lonkan ekstensio, abduktio ja polven ekstensiovoimia verrattuna ennalta tiedostettuun alastuloon.	Mache ym. 2013.
Rasituksesta johtuva kehon väsymys		
Am. jalkapallo	Pelaajilla todettiin parempaa kestävyyttä polven ekstensoreissa sekä fleksoreissa verrattuna kontrolliryhmään.	Huston ym. 1996.
Yhdistelmä eri lajeista	Rasituksesta johtuvan kehon väsymyksen seurauksena tibiaan kohdistuva valgus- ja anteriorinen leikkaava voima lisääntyi ja polven fleksiokulma pienentyi alastulon sekä pysähtymisen yhteydessä.	Chappel ym. 2005.
	Rasituksesta johtuvan kehon väsymyksen seurauksena polven abduktio ja mediaalirotaatio voimat ja siirtymät lisääntyivät alastulon tukivaiheen aikana.	Mclean ym. 2007.
	Rasituksesta johtuvan kehon väsymyksen seurauksena lonkan ja polven fleksio sekä nilkan dorsifleksion liikelaaajuus sekä nilkan dorsifleksio voima lisääntyivät, kun taas lonkkaan kohdistuvat kompressio sekä anteriorinen leikkaava voima ja ekstensorivoima vähentyivät sekä polven kompressio ja ekstensorien tuottama voimapiikki, valgus sekä leikkaavat voimat vähentyivät alastulossa.	Kernozek ym. 2008.
Ei raportoitu	Kehoon kohdistuva väsymys ei vaikuttanut refleksikaariin quadricepsin tai hamstring-lihasten tai tibian anteriorisen translaation osalta.	Behrens ym. 2013.

Tutkimus	Mitä tutkittiin?	Millä menetelmällä?	Tulokset
<p>Silvers-Granelli, H. J., Bizzini, M., Arundale, A., Mandelbaum, B. R., & Snyder-Mackler, L. 2017.</p> <p>Does the FIFA 11+ Injury Prevention Program Reduce the Incidence of ACL Injury in Male Soccer Players?</p>	<p>1) miten FIFA 11+ harjoitusohjelman suorittaminen vaikuttaa ACL vammojen kokonaismäärään miehillä, jotka pelaavat jalkapalloa kilpailullisella tasolla</p> <p>2) onko ACL vammojen esiintyvyydellä eroa verrattaessa pelissä tapahtuvia vammoja harjoituksissa tapahtuviin vammoihin</p> <p>3) vaikuttaako pelaajan pelipaikka vammojen esiintyvyyteen</p> <p>4) vaikuttaako kilpailun taso (1 divisioona vs. 2 divisioona) tai</p> <p>5) onko kentän alustalla (luonnonnurmi vs. tekonurmi) vaikutusta ACL-vammojen esiintyvyyteen.</p>	<p>Tutkijat saivat viikoittain athletic trainereiden palautetun lomakkeen, johon oli kirjattu altistumisten määrä, vamma, vammamekanismi (kontakti vai ei kontakti vamma) ja paluu lajiin.</p> <p>Prospektiivinen, ryhmien mukaan satunnaistettu tutkimus, epidemiologinen tutkimus</p>	<p>1) Seurantajakson aikana ryhmissä tapahtui yhteensä 19 ACL-vammaa. Interventoryhmään kuuluvilla joukkueilla tapahtui näistä kolme, joista yksi oli kontakti-vamma, kun taas kontrolliryhmän joukkueilla ilman kontaktia tapahtui 10 ACL-vammaa ja kontaktin seurauksena 6 vammaa. Ilman kontaktia tapahtuneet ACL-vammat vähenivät seurantajakson aikana 77% FIFA 11+ harjoitusohjelmaa käyttäneillä jalkapalloilijoilla verrattuna kontrolliryhmään (p=0.049).</p> <p>2) Ottelussa ja harjoituksissa tapahtuneita ACL vammojen esiintyvyydessä ei havaittu tilastollista merkittävyyttä ryhmien välillä (interventoryhmässä 3 vammoista tapahtui pelissä, vs. kontrolliryhmällä 12 vammaa, p=0.073 ja interventoryhmällä 0 vammaa harjoituksissa vs. kontrolliryhmällä 4 vammaa, p=0,186).</p> <p>3) Pelaajan pelipaikka ei vaikuttanut ACL-vammojen esiintyvyyteen kummassakaan ryhmässä, puolustajiin (1 vs. 5), keskikenttäpelaajiin (2 vs.6), hyökkääjiin (0 vs. 5) sekä maalivahteihin (0 vs. 0).</p> <p>4) 1 divisioonassa pelanneiden jalkapalloilijoiden välillä ei havaittu eroa ACL vammojen määrissä ryhmien välillä (2 vs. 7, p=0.136), kun taas 2 divisioonassa vammojen esiintyvyys oli pienempi interventoryhmässä verrattuna kontrolliryhmään (1 vs. 9, p=0.042).</p> <p>5) Kentän alustan osalta ei havaittu eroa esiintyvyydessä (nurmella yhteensä 9 ACL-vammaa vs. tekonurmi 10 vammaa), kuitenkin tekonurmella kontrolliryhmälle ACL-vammoja sattui enemmän verrattaessa interventoryhmään (1 vs.9, p=0.049).</p>
<p>Murray, J., Renier, C. M., Ahern, J., & Elliott, B. A. 2017.</p> <p>Neuromuscular Training Availability and Efficacy in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injury in High School Sports: A Retrospective Cohort Study</p>	<p>Kuinka yleisesti neuromuskulaarista harjoittelua hyödynnetään ja mikä on sen vaikutusta ACL-vammoihin neljässä yleisimmässä lajissa (amerikkalainen jalkapallo, lentopallo sekä poikien ja tyttöjen jalkapallo) kun tuloksia vertaillaan sukupuolen, lajin sekä ympäristön (maalla vai kaupungissa) välillä.</p>	<p>High-schooleissa toimivien urheilusta vastaavien henkilöiden täyttämän kysely-lomakkeen perusteella vuoden 2014 syyskauden mukaan.</p> <p>Retrospektiivinen kohorttitutkimus</p>	<p>Miehillä ennen kautta suoritetun voimaharjoittelun havaittiin amerikkalaisessa jalkapallossa vähentävän ACL-vammoja.</p> <p>Poikien jalkapallossa, athletic trainerin mukanaolo, plyometristen harjoitteiden hyödyntäminen sekä mikäli plyometriset harjoitteet olivat vain osana kilpailukauden harjoittelua, vähensivät ACL-vammoja.</p>
<p>Webster, K. & Hewett, T. 2018.</p> <p>Meta-analysis of meta-analyses of anterior cruciate ligament injury reduction training programs</p>	<p>Tutkittiin neuromuskulaarisen harjoittelun vaikutusta ACL-vammojen ennaltaehkäisyyn, sekä pyrittiin määrittämään, onko harjoittelun vaikuttavuudella eroa sukupuolten välillä.</p>	<p>Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysien meta-analyysi</p>	<p>Tutkimukseen päätyneistä kahdeksasta tutkimuksesta kuuden tutkimuksen mukaan, naisilla ilman kontaktia syntyneiden ACL-vammojen todettiin vähenevän 64 – 73 %</p> <p>Miehillä Shadogin ym. (2012) tutkimuksessa miesten ACL-vammoja on onnistuttu vähentämään 85 % ja Silvers-Granellin ym. (2017) tutkimuksessa ACL-vammoja on vastaavasti saatu vähennettyä 77 %.</p>

Tutkimus	Mitä tutkittiin?	Millä menetelmällä?	Tulokset
<p>Whyte, E. F., Richter, C., O'Connor, S., & Moran, K. A. 2017.</p> <p>Effects of a dynamic core stability program on the biomechanics of cutting maneuvers: A randomized controlled trial</p>	<p>Kuuden viikon dynaamisen keskivartalon harjoitusohjelman vaikutusta ennalta tiedostamattomassa- ja ennalta tiedostetussa suunnanmuutoksessa kaikissa eri liiketaisoissa a) keskivartalon ja alaraajan kinematiikkaan b) kehon sisäisiin voimiin lonkassa, polvessa ja nilkassa sekä c) alustaan kohdistuvia voimia ennalta tiedostamattomassa- ja ennalta tiedostetussa suunnanmuutoksessa.</p>	<p>Alkumittauksissa mitattiin maksimaalinen horisontaalinen hyppy, josta yksilöittäin jokaiselle 70 % horisontaalinen hyppy. Testitilanteessa suoritettiin 70 % horisontaalinen hyppy, josta suoritettiin alastulo dominantilla jalalla, jonka jälkeen suoritettiin joko kahden metrin maksimaalinen liike 45°asteen kulmassa tai pysäytyshyppy. 3D-videoanalyysi.</p> <p>Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus</p>	<p>a) harjoitusohjelmalla ei todettu vaikutusta keskivartalon, lantion tai polven kinematiikkaan tai kinetiikkaan, mutta ACL-vammalle altistavat biomekaaniset riskitekijät vähenivät varsinkin ennalta tiedostetuissa suunnanmuutoksissa.</p> <p>Harjoittelujakson jälkeen b) interventoryhmän lonkan ekstensiovoima oli kasvanut ($p=0,017$) ja polveen kohdistuva valgusvoima ($p=0,026$) sekä rotationaalinen voima ($p=0,041$) vähentynyt ennalta tiedostamattomassa suunnanmuutoksessa.</p> <p>c) Posterioriset kontaktivoimat vähenivät interventoryhmällä ennakkoidussa suunnanmuutoksessa ($p=0,025$) sekä ennalta-arvaamattomassa ($p=0,030$) suunnanmuutoksessa.</p> <p>Tutkijat totesivat dynaamisella keskivartalon harjoittelulla olevan vähäinen vaikutus ACL-vammalle altistaviin biomekaanisiin riskitekijöihin.</p>
<p>Fatahi, F., Ghasemi, G. Karimi, M. & Beyranvand. R. 2018.</p> <p>Can eight weeks of stabilization exercise change the amount of knee flexion and anterior shear force</p>	<p>Kahdeksan viikon harjoittelujakson vaikutusta polveen kohdistuvan anteoriseen leikkausvoimaan sekä polven fleksioon yhden jalan pudotushypyssä.</p>	<p>Tutkimuksessa verrattiin 3D analyysin avulla koko alaraajan kinetiikkaa ja kinematiikkaa yhden jalan pudotushypyssä liikeanalyysin sekä voimalevyn avulla.</p> <p>Empiirinen interventionaalinen tutkimus</p>	<p>Tutkimusjakson aikana polven keskimääräinen fleksiokulma lisääntyi 5,24° interventoryhmällä (alkumittauksissa $3.08^{\circ} \pm 2.71$ - loppumittauksissa $8.32^{\circ} \pm 2.71$) kun kontrolliryhmällä fleksiokulma pienentyi 0,06° (alkumittauksissa $4.23^{\circ} \pm 1.71$, loppumittauksissa $4,17^{\circ} \pm 2.45$).</p> <p>Kehittynyt tulos oli tilastollisesti merkittävä interventoryhmän (alku vs. loppumittaus, $p=0,003$) sekä ryhmien välisen (interventio loppu vs. kontrolliryhmä loppu, $p=0,039$) eron osalta.</p> <p>Polveen kohdistuvan leikkausvoiman ei havaittu muuttuvan kummallakaan ryhmällä tilastollisesti merkittävästi kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen, eikä ryhmien (alku vs. loppumittaus) välillä havaittu merkitsevää eroa.</p>
<p>Yang, C., Yao, W., Garrett, W. E., Givens, D. L., Hacke, J., Liu, H., & Yu, B. 2018.</p> <p>Effects of an Intervention Program on Lower Extremity Biomechanics in Stop-Jump and Side-Cutting Tasks</p>	<p>Neljän viikon voima- ja plyometrista harjoittelua sisältävän harjoitusohjelman vaikutusta pysäytyshypyssä ja suunnanmuutoksessa polveen kohdistuviin voimiin ja polven fleksiokulmaan.</p>	<p>3D videoanalyysin avulla, viiden askeleen vauhti, jonka jälkeen joko pysäytyshyppy tai suunnanmuutos 45° kulmassa.</p> <p>Kontrolloitu laboratorio tutkimus</p>	<p>Tutkimuksessa miesten interventoryhmässä polven fleksiokulma lisääntyi- posteriorisessa kontaktissa pysäytyshypyssä verrattuna viikkoon 0 ja kontrolliryhmään. Miesten polven fleksiokulma lisääntyi 4 viikon harjoitusjakson aikana ja vaikutus säilyi vielä 16 viikkoa harjoittelujakson jälkeen. Suunnanmuutoksessa polven fleksiossa ei havaittu tilastollisesti merkittävää muutosta miesten interventoryhmällä 20 viikon aikana.</p> <p>Harjoitusohjelma ei vaikuttanut polveen kohdistuvaan posterioriseen tai vertikaaliseen voimaan pudotushypyssä tai suunnanmuutoksessa.</p>