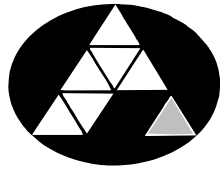


POHJOIS-KARJALAN AMMATTIKORKEAKOULU  
Fysioterapian koulutusohjelma

Juha Kankaanpää

JUOKSIJAN POLVEN RASITUSVAMMOJEN  
ENNALTAEHKÄISYN RATKAISUT JA MENETELMÄT  
– Patellofemoraalinen ja iliotibiaalinen oireyhtymä

Opinnäytetyö  
Marraskuu 2011



POHJOIS-KARJALAN  
AMMATTIKORKEAKOULU

**OPINNÄYTETYÖ**  
**Marraskuu 2011**  
**Fysioterapian koulutusohjelma**

Tikkarinne 9  
80200 JOENSUU  
p. (013) 260 6600

Tekijä(t)

Juha Kankaanpää

Nimeke

Juoksijan polven rasitusvammojen ennaltaehkäisyn ratkaisut ja menetelmät  
– Patellofemoraalinen ja iliotibiaalinen oireyhtymä

Toimeksiantaja

Kinetic Coaching / Vinc Oy

Tiivistelmä

Juoksulenkkeily on yksi suosituimmista liikuntamuodoista. Juoksun harrastajien rasitusvammat muodostavat merkittävän osan liikuntatapaturmista ja niiden ennaltaehkäisyllä on merkittävä rooli niin lääketieteelliseltä kuin taloudelliseltakin kannalta katsottuna.

Tässä toiminnallisessa opinäytetyössä tarkastellaan kahta juoksun harrastajilla yleisintä polven rasitusvammaa niiden ennaltaehkäisyn näkökannalta. Työn tuotoksena esitetään tutkimustietoon perustuvat ratkaisut ja menetelmät vammojen ennaltaehkäisyyn tähtäävien toimenpiteiden perusteiksi.

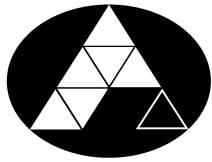
Sekä patellofemoraalisessa että iliotibiaalissa oireyhtymässä vammamekanismi on todettu perustuvan alaraajan linjaushäiriön aiheuttamaan kudosten yllirasitukseen. Juoksijan polven rasitusvammojen ennaltaehkäisyn menetelmäksi esitetään alaraajan stabiloinnin harjoituksia urheilijan harjoitukseen valmistautumisrutiiniin yhteydessä suoritettuna.

Kieli  
suomi

Sivuja 66  
Liitteet 1  
Liitesivumäärä 1

Asiasanat

polvi, rasitusvammat, urheiluvammojen ennaltaehkäisy



NORTH KARELIA  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

**THESIS**  
**November 2011**  
**Degree Programme in Physiotherapy**  
Tikkarinne 9  
FIN 80200 JOENSUU  
FINLAND  
Tel. 358-13-260 6600

Author(s)  
Juha Kankaanpää

Title  
Solutions and measures for injury prevention in overuse injuries of a runner's knee  
– Patellofemoral and iliotibial syndromes

Commissioned by  
Kinetic Coaching / Vinc Oy

#### Abstract

Running is one of the most popular forms of exercise. Running enthusiasts repetitive strain injuries form a significant part of the sports injuries and their prevention has an important role in both medical and economic sense.

In this thesis two most common overuse injuries of a runner's knee are studied from an injury prevention perspective. As a product evidence based solutions and measures for injury prevention are presented.

In both patellofemoral and iliotibial syndromes injury mechanism is based on the tissue overuse caused by lower extremity malalignment. Therefore, as measures for injury prevention, lower extremity stabilization exercises integrated into the athlete's warm-up routine are recommended.

Language  
Finnish

Pages 66  
Appendices 1  
Pages of Appendices 1

Keywords  
knee, overuse injuries, injury prevention

# SISÄLTÖ

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	Johdanto .....	3
2	Juoksuperäiset rasitusvammat ja niiden ehkäisy.....	5
2.1	Juoksuvammojen esiintyvyys .....	5
2.2	Urheiluvamman riskitekijät .....	6
2.3	Urheiluvammojen ehkäisy .....	9
3	Juoksijan polven rasitusvammat .....	10
3.1	Polven rasitusvammojen esiintyvyys .....	10
3.2	Patellofemoraalinen oireyhtymä.....	12
3.2.1	Anatomia ja biomekaniikka .....	12
3.2.2	Etiologia, patofysiologia ja riskitekijät juoksijoilla .....	14
3.2.3	Hoito ja ennaltaehkäisy.....	18
3.3	Iliotibiaalinen oireyhtymä.....	21
3.3.1	Anatomia ja biomekaniikka .....	21
3.3.2	Etiologia, patofysiologia ja riskitekijät juoksijoilla .....	23
3.3.3	Hoito ja ennaltaehkäisy.....	26
4	Alaraajan nivelten toiminnallinen stabiliteetti.....	27
4.1	Toiminnallinen stabiliteetti .....	27
4.2	Stabiloiva järjestelmä .....	28
4.3	Lonkan stabiliteetti .....	30
4.4	Polven stabiliteetti .....	32
4.5	Nilkan stabiliteetti .....	33
4.6	Stabiliteetin harjoittaminen .....	35
5	Urheilusuoritukseen valmistautuminen .....	36
5.1	Valmistautumisen tavoite .....	36
5.2	Valmistautumisrutiinin rakenne .....	38
6	Juoksijan polvivammojen ehkäisy menetelmät ja ratkaisut .....	39
7	Opinnäytetyön toteutus .....	42
7.1	Tarkoitus ja tehtävä .....	42
7.2	Aikataulu .....	43
7.3	Tiedonkeruu .....	43
7.4	Työn tuotos .....	44
7.5	Raportin kirjoittaminen .....	45
8	Pohdinta .....	47
	LÄHTEET.....	49

## LIITTEET

Liite 1 Toimeksiantosopimus

## 1 Johdanto

Juoksulenkkeily on Kansallinen liikuntatutkimus 2009-2010:n mukaan yksi voimakkaimmin suosiotaan kasvattaneista liikuntamuodoista. Juoksun harrastajia iältään 19-65 -vuotiasta suomalaisista on 639 000. Edelliseen vuosina 2005-2006 tehtyyn tutkimukseen nähden määrä on kasvanut 29% ja juoksulenkkeilyn aloittamisesta kiinnostuneiden potentiaalisten harrastajien määrä on kasvanut neljän vuoden aikana peräti 61%. Potentiaalisia uusia harrastajia on eniten ikäluokassa 26-35 -vuotiaiden naisten keskuudessa. Aikuisten lisäksi juoksulenkkeilyllä on 149 000 alle 18-vuotiasta ja 13 000 yli 66-vuotiasta harrastajaa (Suomen Liikunta ja Urheilu SLU ry.. 2011.)

Liikuntatapaturmat ovat yleisin tapaturmatyyppi Suomessa ja kattavat 32% kaikista tapaturmista. Liikuntatapaturmien määrä on puolitoistakertaistunut viimeisen kahdenkymmenen vuoden aikana. Juoksulenkkeily on tapaturmatilastossa kolmantena heti jalkapallon ja salibandyn jälkeen. Vuonna 2009 lenkkeilyssä sattuneita tapaturmia ilmoitettiin 30 000. (Haikkonen & Parkkari 2010, 27-28.)

Liikuntatapaturmista 36% vaati lääkärissä käynnin ja 23% vähintään vuorokauden mittaisen sairausloman (Haikkonen & Parkkari 2010, 30). Vuoden mittaisessa suomalaisessa seurantatutkimuksessa 65% juoksuperäisistä vammoista aiheutti tauon liikuntaharrastuksessa tai sairaspöissaolon työstä. (Parkkari, Kannus, Natri, Lapinleimu, Palvanen, Heiskanen, Vuori & Järvinen 2004, 212-215.) Liikuntatapaturmia sattuu erityisesti nuorille miehille, mutta nuorten naisten kohdalla on havaittu pitkäaikainen kasvutrendi. Juoksulenkkeilyyn liittyviä liikuntavammoja sattuu naisille miehiä enemmän. (Haikkonen & Parkkari 2010, 29-33.)

Liikuntavammojen Valtakunnallinen Ehkäisyohjelma käynnistettiin vuonna 2006 tavoitteenaan terveellisten ja turvallisten liikuntatottumusten edistäminen ja liikuntatapaturmien ja vammojen ehkäisy. Terve Urheilija -ohjelmalla pyritään edistämään nuorten urheilijoiden ja huippu-urheilijoiden terveyttä tukevaa valmennus- ja ohjausfilosofiaa sekä liikuntaturvallisuutta edistävien menetelmien viemistä käytännön valmennukseen. (Liikuntavammojen Valtakunnallinen Eh-

käisyohjelma, LiVE.) Voimavarojen suuntaminen vammojen ennaltaehkäisyyn nähdäänkin tärkeäksi keinoksi terveyttä edistävien liikuntaharrastusten tukemiseksi. Ehkäisyn merkityksestä kertoo jo sekin, että 27% liikuntavammoista on uusiutuneita vammoja (Parkkari, Kannus & Fogelholm 2004, 3891-3893.)

Tässä opinnäytetyössä perehdytään kahden kestävyysjuoksun harrastajalle tyypillisen polven rasitusvamman ennaltaehkäisyyn keskeisimpien vaikutettavissa olevien sisäisten riskitekijöiden hallinnan keinoin. Työssä noudatetaan TRIPP-kehysmallia, jossa edetään kolmosvaiheeseen eli ratkaisujen tunnistamiseen ja menetelmien kehittämiseen saakka.

Työn kohderyhmänä on juoksijoita asiakkainaan hoitavat fysioterapeutit ja liikuntalääketieteen ammattilaiset sekä niin kuntojuoksijoiden kuin kilpaurheilijoidenkin kanssa työskentelevät valmentajat ja liikunnanohjaajat. Opinnäytetyön toimeksiantaja on liikunta- ja terveysalan konsultointipalveluita tuottava Kinetic Coaching/Vinc Oy. Opinnäytetyön tuloksia tullaan hyödyntämään kuntoliikkujien urheiluvammoja ennalta ehkäisevän fysioterapeuttisen palvelukonseptin suunnittelussa sekä koulutusmateriaalin tuotannossa.

Vammojen ennaltaehkäisyn lisäksi työn tuloksia voidaan hyödyntää myös juoksijan polven rasitusvammojen kuntoutuksessa. Vammoja tarkastellaan kuitenkin tässä yhteydessä ensi sijassa juuri ehkäisyn näkökulmasta ja kuntoutuksen suunnittelua varten lisätietoa tarvitaan mm. niiden patofysiologiasta.

Työn viitekehyksen kuvaaminen aloitetaan katsauksella juoksuperäisten rasitusvammojen esiintyvyyteen ja riskitekijöihin sekä urheiluvammojen ehkäisyyn. Seuraavaksi perehdytään kahteen työn kohteeksi valittuun kestävyysjuoksijoille tyypilliseen polven rasitusvamman niitä koskevan tutkimustiedon katsauksella. Kirjallisuutta käsitellään TRIPP-kehysten kuvaamien vaiheiden 1-3 mukaisesti vammojen esiintyvyyden, etiologian ja ennaltaehkäisyyn soveltuvien mahdollisten ratkaisujen valossa. Sen jälkeen viitekehyksenä esitellään vammojen ehkäisyyn liittyen toiminnallisen stabiiliteetin käsite ja tarkastellaan valmistautumisen merkitystä urheilusuorituksessa. Luvussa 6 esitellään sitten opinnäytetyön tuloksena ratkaisut ja menetelmät juoksijan polven rasitusvammojen ehkäisyyn.

## 2 Juoksuperäiset rasitusvammat ja niiden ehkäisy

### 2.1 Juoksuvammojen esiintyvyys

Van Gentin ym. tutkimuskatsauksen mukaan 19,4-79,3% juoksijoista kärsii alaraajojen juoksuperäisistä vammoista (van Gent, Siem, van Middelkoop, van Os, Bierma-Zeinstra & Koes 2007, 470). Vuoden mittaisessa suomalaisessa seurantalutkimuksessa juoksuvammoja ilmaantui 3,6 tuhatta harrastustuntia kohti. (Parkkari ym. 2004, 212-215.)

Van Middelkoopin ym. tutkimuksessa Rotterdamin maratonille osallistuneista miespuolisista kuntojuoksijoista 54,8% kärsi alaraajan juoksuvammasta tapahtumaan edeltävän vuoden aikana. 15,6% juoksijoista vamma haittasi harjoittelua viimeisen kuukauden aikana ja heistä viidennes joutui luopumaan maratoninjuoksusta kokonaan tai keskeyttämään suorituksensa vamman takia. Matkaan lähteneistä juoksijoista 18,2% koki vammoja maratonin aikana ja heistä 53,4% pystyi jatkamaan liikuntaharrastuksiaan viikon sisällä tapahtumasta. (Van Middelkoop, Kolkman, Van Ochten, Bierma-Zeinstra & Koes 2008, 141-142.) 25,5% maratonin aikana tai kuukauden sitä ennen loukkaantuneista kärsi pitkittyneestä vammasta kolmen kuukauden seurantajakson aikana ja 24,2% joutui turvautumaan fysioterapiaan vaivojensa takia. (van Middelkoop, Kolkman, van Ochten, Bierma-Zeinstra & Koes 2007, 28.)

Buistin ym. tutkimuksessa seurattiin juoksijoita, jotka osallistuivat 6,2 kilometrin mittaiseen juoksupahtumaan valmistavaan kahdeksan viikon harjoitusohjelmaan. 31,6% tutkimukseen osallistuneista oli juoksijoina aloittelijoita, 43,7% juoksun uudelleen tauon jälkeen aloittaneita ja 24,6% harrasti juoksua säännöllisesti jo ennen harjoitusjaksoa. 25,9% juoksijoista kärsi harjoitusjakson aikana juoksuperäisestä vammasta. Vammojen esiintyvyys oli 30,1 tuhatta harjoitustuntia kohti. 38% vammautuneista juoksijoista jätti harjoitusohjelman kesken. Aloittelijoiden joukossa vammautuneista harjoittelun keskeytti 48%, kun kokeneiden juoksijoiden keskuudessa sama luku oli 24%. Miesten joukossa suurimmat vammautumisen riskitekijät olivat alhainen ikä ja vähäinen kokemus juoksukokemus ja naisilla korkea painoindeksi, aiempien liikuntaharrastusten

tyyppi ja vähäinen juoksukokemus. (Buist, Bredeweg, Bessem, van Mechelen, Lemmink & Diercks 2010.)

Juoksuperäisiä kipuja, jotka eivät kuitenkaan rajoittaneet harjoittelua, raportoi 34,5% Buistin ym. tutkimukseen osallistuneista. Naisilla kipuja oli enemmän kuin miehillä (37,5 ja 28,5%), kun taas vammojen suhteen tilanne oli päinvastainen (23,2 ja 31,4%). (Buist ym. 2010, 602.) Samanlaisen havainnon teki Lopes ym., joiden tutkimuksessa juoksutapahtumiin osallistuneista naisista 27% ja miehistä 20% ilmoitti kokeneensa juoksuperäisiä kipuja harjoittelunsa aikana. Pidempään juoksua harrastaneilla ja enemmän kilometrejä viikossa taittavilla esiintyi enemmän kipujakin. (Lopes, Costa, Saragiotto, Yamato, Adami & Verhagen 2011, 181-182.)

Teini-ikäisiä urheilijoita tutkineiden Tenfordin ym. mukaan 68% työistä ja 59% pojista on kärsinyt juoksuvammoista keskimäärin 2,5 vuotta kestäneen urheilu-uransa aikana. Vammariskin yhteys suuriin harjoitusmääriin ja korkeaan tehoon harjoittelussa on vahva. (Tenforde, Sayres, McCurdy, Collado, Sainani & Fredericson 2011.)

## **2.2 Urheiluvamman riskitekijät**

Meeuwisse ym. on esittänyt mallin urheiluvamman taustalta löytyvistä tekijöistä (kuvio 1). Vammoille altistavat riskitekijät voidaan jakaa kahteen luokkaan. Sisäiset riskitekijät (taulukko 1) ovat urheilijan ominaisuuksia kuten ikä, sukupuoli, fysiologiset ominaisuudet, aikaisemmat vammat ja harjoittelutausta. Ulkoiset riskitekijät ovat taas ympäristön tuomia kuten harjoittelu, sää ja välineet. Kumuloitessaan riskitekijät altistavat urheilijan vammoihin johtaville tapahtumille, joita voi olla esimerkiksi muuttunut harjoittelu. Pelkkä riskitekijöiden olemassaolo ei riitä vaan vammamekanismin laukaisemiseen tarvitaan ratkaiseva tapahtuma ("inciting event"). Onnistunut paluu lajin pariin vammautumisen jälkeen riippuu paitsi paranemisprosessista myös urheilijan kyvystä adaptoitua riskitekijöihin niin, että vamman uusiutumiselta vältytään. (Meeuwisse, Tyreman, Haggel & Emery 2007, 216-218.)



Taulukko 1. Urheiluvamman riskitekijöitä. (Parkkari, Kannus, Kujala, Palvanen & Järvinen 2003, 72)

Ulkoiset tekijät	Sisäiset tekijät
Altistus <ul style="list-style-type: none"> <li>• liikuntamuoto</li> <li>• altistusaika</li> <li>• kontaktien määrä</li> <li>• pelipaikka joukkueessa</li> <li>• kilpailu ja sen kesto</li> </ul>	Fyysiset ominaisuudet <ul style="list-style-type: none"> <li>• ikä</li> <li>• sukupuoli</li> <li>• ruumiinrakenne</li> <li>• aiemmat vammat, sairaudet</li> <li>• fyysinen kunto</li> <li>• nivelten liikkuvuus</li> <li>• lihasvoima, lihasten venyvyys</li> <li>• nivelsiteiden kunto</li> <li>• anatomiset rakennepoikkeavuudet</li> <li>• motorinen kyvykyys</li> <li>• lajikohtainen taito</li> </ul>
Harjoittelu <ul style="list-style-type: none"> <li>• tyyppi</li> <li>• useus</li> <li>• kesto</li> <li>• intensiteetti</li> </ul>	Psykkiset ominaisuudet <ul style="list-style-type: none"> <li>• motivaatiotaso</li> <li>• persoonallisuusprofiili</li> <li>• elämän vaikeuksien kasaantuminen</li> <li>• ahdistuneisuus, depressio</li> <li>• stressinsietokyky</li> </ul>
Ympäristö ja olosuhteet <ul style="list-style-type: none"> <li>• alusta</li> <li>• ulkona, sisällä</li> <li>• säätila</li> <li>• vuodenaika, harjoituskausi</li> <li>• inhimilliset tekijät (valmentaja, vastustaja, tuomari, yleisö)</li> </ul>	
Varusteet <ul style="list-style-type: none"> <li>• pelivälineet</li> <li>• suojaimet</li> <li>• jalkineet, vaatetus</li> </ul>	

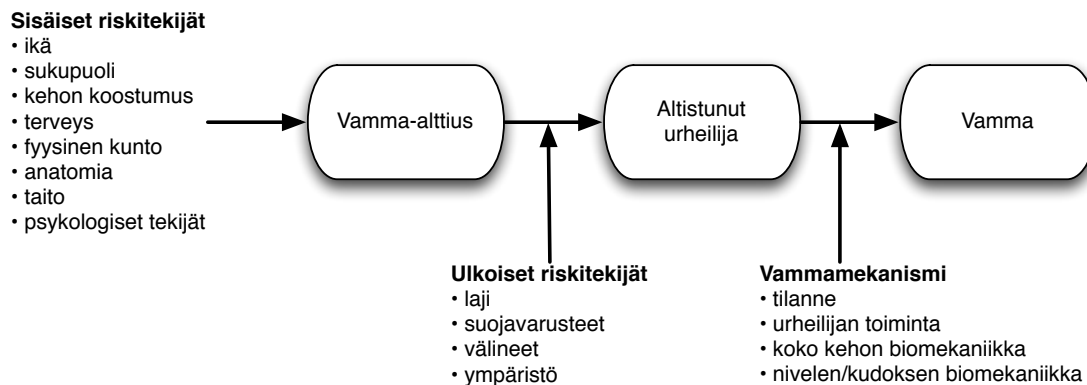
Biomekaniikan näkökulmasta katsottuna vamma on seuraus kudokseen kohdistuneesta voimasta. Kudoksen mekaaniset ominaisuudet määrittelevät miten se reagoi kuormitukseen. Urheiluvammojen ehkäisy perustuu kudoksen kuormituksen pienentämiseen parempien välineiden tai biomekaanisesti edullisemman suoritustekniikan avulla, tai kudoksen kuorimituskestävyyden kasvattamiseen urheilijan fyysisten ominaisuuksien harjoittamisella. (McIntosh 2005, 2.) Ulkoiset ja sisäiset riskitekijät sekä vammamekanismi vaikuttavat sekä kuormitukseen että kudoksen kuormituksensietokykyyn. Sisäiset tekijät määrittelevät pääosin kuormituksensietokyvyn ja ulkoiset sekä vammamekanismi kuormituksen. (Bahr & Krosshaug 2005, 325.)

McIntoshin esittämä biomekaaninen malli vamman syntymisestä tuo mukaan kuormituksen ja sen sietokyvyn kautta kaikki vammautumisen riskiin vaikuttavat tekijät, kuten harjoittelun, välineet, ympäristön ja psykkiset tekijät (McIntosh

2005). Mallin avulla voidaan huomioida myös urheilijan riskinottokykyyn vaikuttava riskitasapaino. Luokkaantumiselta suojaavien välineiden kun on havaittu saattavan rohkaista urheilijoita riskialttiimpaan toimintaan. (Bahr & Krosshaug 2005, 326.) Esimerkiksi tukevien ja voimakkaasti pehmustettujen juoksukenkien on havaittu vaikuttavan juoksijan askeleeseen jalan luonnollista iskuvaimennuskykyä heikentävästi (Squadrone & Gallozzi 2009).

Psyykkisiin riskitekijöihin riskinottokyvyn lisäksi kuuluvat mm. motivaatio ja kilpailuhenkisyys (Bahr & Krosshaug 2005, 327). Stephan ym. tutkivat juoksijoiden koettua vamma-altiutta. Urheilijoiden omalla käsityksellä alttiudesta juoksu-peräisiin vammoihin todettiin voimakas yhteys hänen aiempiin kokemuksiin urheiluvammoista, neuroottisuuteen ja pakkomielleiseen intohimoon juoksua kohtaan. Juoksijat uskoivat herkästi vammojensa uusiutumiseen. Negatiivisesti ja epäluuloisesti elämään yleisesti suhtautuvat uskoivat myös olevansa alttiimpia vammoille. Pakkomielteisen intohimoisesti juoksu-harrastukseensa suhtautuvat olivat herkkiä tunnistamaan vammojen riskit, mutta toisin kuin tasapainoisen intohimoisesti suhtautuvat he eivät välttämättä kyenneet huomioimaan niitä kyllin ajoissa harjoittelussaan. (Stephan, Deroche, Brewer, Caudroit & Le Scanff 2009.) Samankaltaisia havaintoja on tehty myös tanssijoista. Pakkomielteisesti tanssiin suhtautuvat ovat tiukasti kiinni harjoitusohjelmassaan, väheksyvät levon ja vammojen hoidon merkitystä ja ovat siten alttiimpia kroonisille rasitusvammoille. (Rip, Fortin & Vallerand 2006.) Urheilijan itse kokema vamma-alttius vaikuttaa hänen motivaatioonsa ja käyttäytymiseensä vammojen ehkäisyssä ja se tulee huomioida toimenpiteitä suunniteltaessa (Stephan ym. 2009).

Bahr & Krosshaug ovat laajentaneet Meeuwissen esittämää mallia vammamekanismia biomekaniikan kannalta tarkemmin käsitteleväksi (kuvio 1). Vammamekanismi puretaan mallissa neljään tasoon: 1) tilanne urheilusuorituksen kannalta, 2) urheilijan toiminta, 3) koko kehon biomekaniikka ja 4) nivelen/kudoksen biomekaniikka. Näiden neljän tason kuvauksen avulla vamman syntymekanismi ja taustalla vaikuttavat riskitekijät voidaan kuvata kyllin tarkasti vammojen ehkäisyssä kannalta. (Bahr & Krosshaug 2005, 327-328.)



Kuvio 1. Urheiluvamman riskitekijät ja vammamekanismi. Mukaellen (Bahr & Krosshaug 2005, 327.)

Vammojen ennaltaehkäisyyn kannalta riskitekijät voidaan jakaa kahteen ryhmään myös sen mukaan voidaanko niihin vaikuttaa vai ei. Harjoittelulla voidaan vaikuttaa esimerkiksi moniin urheilijan fyysisiin ominaisuuksiin ja valinnoilla välineisiin. Urheilijan ikään ja sukupuoleen ei taas voida vaikuttaa, mutta ne tulee kuitenkin huomioida vammoja ehkäiseviä toimenpiteitä suunniteltaessa. (Bahr & Holme 2003, 384-385.)

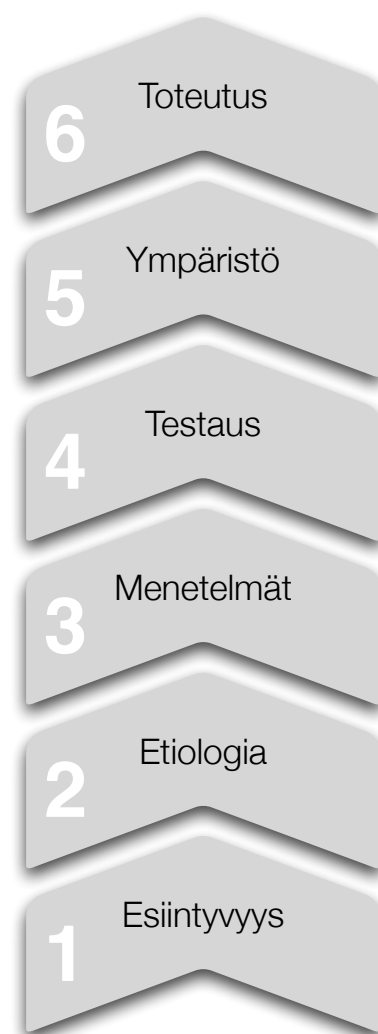
### 2.3 Urheiluvammojen ehkäisy

Finch on esittänyt urheiluvammojen ennaltaehkäisyyn kuusivaiheista kehysmallia, joka tarjoaa puitteet tutkimustietoon perustuvalla interventoiden suunnittelulle ja toteutukselle. TRIPP (Translating Research into Injury Prevention) korostaa tutkimusperäisen tiedon merkitystä prosessin kaikissa vaiheissa, joita ovat: a) yksityiskohtainen vamman etiologian tuntemus, b) vammamekanismiin sopivan intervention kehittäminen, c) intervention testaus valvotuissa olosuhteissa, d) intervention implementointi lajin ja urheilijan kontekstissa, e) niiden aiheuttamat muutostarpeet interventioon, f) intervention toteutuksen erityisvaatimukset ja g) intervention toteutuksen formaali evaluointi. (Finch 2006, 4-5.)

TRIPP:n ensimmäisessä (kuvio 2) vaiheessa selvitetään vamman esiintyvyyttä. Toisessa vaiheessa tutkitaan sen etiologia esimerkiksi Bahr & Krosshaugin mallin avulla, jonka jälkeen kolmannessa vaiheessa tunnistetaan aiempien vaiheiden aikana saadun tiedon perusteella mahdolliset ratkaisut ja kehitetään mene-

telmät riskitekijöiden hallintaan. Neljännessä vaiheessa menetelmiä kokeillaan ideaalisissa olosuhteissa palautteen saamiseksi. Viides vaihe pitää sisällään koekäytöstä saadun kokemuksen soveltamisen laajamittaisen käyttöönoton puitteissa ja selvitykset intervention implementointiin liittyvistä ympäristön tuomista tekijöistä kuten esimerkiksi kohderyhmän motivaatioista ja mahdollisista vammojen ehkäisytöimistä koskevista esteistä. Sen jälkeen kuudennessa ja viimeisessä vaiheessa ratkaisu voidaan implementoida laajamittaisesti ja sen tehoa voidaan mitata todellisessa toimintaympäristössä. (Finch 2006, 5-7.)

Klügl ym. tekivät katsauksen urheiluvammojen ennaltaehkäisyä käsittelevistä tutkimuksista TRIPP-kehukseen peilaten. Miltei 12000 tutkimusta käsittelevässä katsauksessa havaittiin harjoitusinterventioon keskittyvien TRIPP-vaiheiden 1-3 tutkimusten määrän nousseen voimakkaasti viime vuosien aikana. Sen sijaan vaiheisiin 4 ja 5 keskittyviä tutkimuksia löytyi vain muutamia. (Klügl, Shrier, McBain, Shultz, Meeuwisse, Garza & Matheson 2010, 409.) Vammoja ehkäisevien interventioiden ongelmana onkin pidetty juuri niiden implementoinnin puutteita (Finch 2006, 5).



Kuvio 2. TRIPP-kehysmalli.

### 3 Juoksijan polven rasitusvammat

#### 3.1 Polven rasitusvammojen esiintyvyys

Polven rasitusvammat ovat yleisimpiä kestävyysjuoksun harrastajien vammoja (van Gent ym. 2007, 470). Niiden osuus eri tasoisten juoksun harrastajien vammoista on 26-42% (Taunton, Ryan, Clement, McKenzie, Lloyd-Smith &

Zumbo 2002, 96; Van Middelkoop ym. 2008, 142; Tonoli, Cumps, Aerts, Verhagen & Meeusen 2010, 15; Lopes ym. 2011, 181). Tauntonin ym. tutkimuksessa noin 10% juoksijoista sai polvivaivoja 13 viikon harjoittelujakson aikana (Taunton, Ryan, Clement, McKenzie, Lloyd-Smith & Zumbo 2003, 241). Polvi-vaivat ovat selvästi yleisempiä naisilla kuin miehillä (Taunton ym. 2002, 96; Boling, Padua, Marshall, Guskiewicz, Pyne & Beutler 2010, 728).

Yleisimmät polven alueen rasitusvammat juoksijoilla ovat patellofemoraalinen oireyhtymä (Patello Femoral Pain Syndrome – PFPS) ja iliotibiaalinen hankausoireyhtymä (Iliotibial Band Syndrome – ITBS, myös Iliotibial Band Friction Syndrome – ITBFS). Muita polven alueen tyypillisiä vaivoja ovat nivelkierukoiden vammat ja patellajänteen tulehdus. (Taunton ym. 2002, 97.) Termiä "Anterior knee pain" käytetään usein kirjallisuudessa PFPS:n rinnalla samassa merkityksessä (Näslund, Näslund, Odenbring & Lundberg 2006, 106).

Tauntonin ym. tutkimuksessa PFPS oli yleisin polven rasitusvamma juoksijoilla ja sitä esiintyi 16,5%:lla juoksuperäisen vamman takia hoitoon hakeutuneista (Taunton ym. 2002, 96). Bolingin ym. tutkimuksessa laivaston sotilaista 13,5% kärsi PFPS:stä (Boling ym. 2010, 728). Amerikkalaisia koululaisurheilijoita koskeneessa tutkimuksessa 21% tytöistä ja 16% pojista ilmoitti kärsineensä PFPS:stä juoksu-uransa aikana (Tenforde ym. 2011). Koko väestön keskuudessa esiintyvyys on 15-33% aikuisista ja 21-45% nuorista ja lapsista (Lindberg, 1986, Näslund, 2006 mukaan).

Iliotibiaalisen oireyhtymän osuus juoksuperäisistä vammoista on jopa 12% (Lavinne 2010, 18). Taunton ym. tutkimuksessa se oli juoksijoiden polvivaivoista toiseksi yleisin ja edusti 8% kaikista juoksijoiden vammoista (Taunton ym. 2002, 96). Tenforde ym. tutki 13-18 -vuotiaiden urheilijoiden vammoja ja ITBS oli vaivannut 7%:a tytöistä ja 5%:a pojista (Tenforde ym. 2011). Oravan tutkimuksessa ITBS edusti 6,4%:a urheilijoiden rasitusvammoista (Orava 1978, 71).

## 3.2 Patellofemoraalinen oireyhtymä

Patellofemoraalinen oireyhtymä on yleiskäsite patellan seudun kiputiloille. Diagnoosiin ei lueta erityisiä polven anteriorisen osan patologioita, kuten nivelen sairaudet, patellan tendinopatia, bursiitit, plica-syndrooma, Sinding Larsen Johansonin syndrooma, Osgood-Slatterin syndrooma, Hoffan tauti tai muut harvinaiset patologiat. (Lieb & Perry, 1968, Witvrouw, Werner, Mikkelsen, Van Tiggelen, Vanden Berghe & Cerulli 2005, 123 mukaan.)

PFPS:ssä kipu ilmenee epämääräisesti patellan tienoilla polven kuormituksessa kuten kyykistyessä, juostessa tai portaissa kävellessä. Kipua ja jäykkyyttä saattaa aiheuttaa myös liikkeelle lähtö pitkään jatkuneen polvi koukistettuna istumisen jälkeen. Potilas voi kokea polvensa epästabiiliksi tai heikoksi. Turvotusta ei yleensä esiinny, vaikka polvi tuntuu jäykälle. (Dixit, Difiori, Burton & Mines 2007, 195–197.)

### 3.2.1 Anatomia ja biomekaniikka

Patella on ihmisen kehon suurin sesamoid-luu, jonka tehtävä on lisätä polven ojennusvoimaa nivelen vipuvartta pidentämällä, keskittää quadriceps-lihasten voima patellajänteeseen ja suojata tibiofemoraaliniveltä. Femurin distaalien pään kanssa se muodostaa patellofemoraalinivelen. (Tecklenburg, Dejour, Hoser & Fink 2006, 235.)

Patellan ja femurin kondylien välisen uran geometrian vuoksi polven ollessa täysin ojennettuna patellan lateraalinen stabilointi on pehmytosakudosten varassa. Polven fleksion alkuvaiheessa patella liukuu lateraalisen nivelrakenteen ohjaamana mediaaliseen suuntaan. Fleksiokulman suurenemisen myötä quadriceps-jänteen kohdistama posteriorinen voimakomponentti stabiloi patellan femurin päätä vasten. (Amis 2007, 49–50.) Patellan puristusvoima femurin kondyilia vasten voi juoksuaskeleen aikana olla jopa 7-11 -kertaa kehon painon suuruinen (Scott & Winter 1990, 367).

Polvinivelen 0-20° fleksiassa 50-60% patellan lateraalista stabiloinnista on mediaalisen patella-fomoraaliligamentin varassa. M. vastus medialiksen distaalisen osan poikittaiset säikeet (VMO) ovat kytköksissä polven mediaaliseen retinaculumiin, mikä yhdistää rakenteen staattisen ja dynaamisen tuen vaikutukset. Vastaavasti polven lateraalilla puolella on havaittu retinaculumin yhteys m. vastus lateralukseen ja tractus iliotibiaaliseen. Lateraalisen puolen kudosten kireys saattaa vaikuttaa patellan linjaukseen polven pienillä fleksiokulmilla. (Amis 2007, 51–54.) Peripatellaarisilla retinaculumeilla on havaittu myös olevan quadriceps-jänteen kuormitusta tasaavia toimintoja (Powers, Chen, Farrokhi & Lee 2006).

Quadriceps-kulma (Q-angle) on nelipäisen reisilihaksen ja patellajänteen välinen kulma, joka voidaan kliinisesti mitata suoliluun harjun (spina iliaca anterior superior) ja patellan keskipisteen sekä patellan keskipisteen ja tuberositas tibian linjojen välisenä kulmana (Insall, Falvo & Wise 1976, 2). Q-kulman on osoitettu kuvaavan quadriceps-lihasten ja patellajänteen voimaa ja vetosuuntaa (Schulthies, Francis, Fisher & Van de Graaff 1995, 29). Suuren Q-kulman voidaan teoreettisesti ajatella aiheuttavan patellan lateraalista siirtymää femurin pään suhteen (Schulthies ym. 1995, 29; Powers 2003, 643). Tämä on tutkimuksilla myös osoitettu (Huberti & Hayes 1984). Polven valgus-asento (genu valgus), jossa frontaalitasossa femurin distaalipää on adduktiossa lonkan suhteen ja/tai tibia on abduktiossa polven suhteen, aiheuttaa Q-kulman suurenemisen ja voi sitä kautta vaikuttaa patellan lateraaliseen linjautumiseen (Powers 2003, 643).

Tibian ja femurin kiertyminen vaikuttavat Q-kulmaan. Tibian ulkokierto lisää Q-kulmaa ja sisäkierto pienentää sitä. Vastaavasti femurin kiertyminen sisäänpäin suurentaa Q-kulmaa (Powers 2003, 640–641). Patella kiinnittyy proksimaalisti quadriceps-jänteeseen ja on riippumaton femurin liikkeistä. Magneettikuvauksen avulla tehdyn tutkimuksen mukaan yhden jalan kyykistyksellä kuormitetussa polvessa patellan virheellisen linjauksen merkittävin aiheuttaja on pienillä polvikulmilla nimenomaan femurin sisäkierto eikä niinkään patellan lateralisoituminen. (Powers, Ward, Fredericson, Guillet & Shellock 2003, 683.)

Femurin ja tibian kiertyminen vaikuttavat myös suoraan patellan linjaukseen. Tibian sisäkierto vetää patellajänteen kautta patellan distaalipäätä frontaalitasossa mediaalisuuntaan aiheuttaen sen proksimaalisen pään kiertymisen lateraalisesti. Femurin mediaalinen kiertyminen vaikuttaa taas patellofemoraaliniivelen geometriaan femurin mediaalikondyylin kautta työntäen patellaa lateraalisuuntaan. (Lee, Morris & Csintalan 2003, 688-691.) Tibiofemoraaliniivelen kiertymisen on havaittu vaikuttavan patellofemoraaliniivelen kontaktipinnan suuruuteen (Salsich & Perman 2007, 525-527).

Lantiokorin anteriorinen kallistuminen aiheuttaa reisiluun kiertymisen sisäänpäin ja sitä kautta vaikuttaa koko alaraajan ja polven linjaukseen frontaali- ja transversaalitasoilla (Shultz, Nguyen & Levine 2009, 6; Duval, Lam & Sanderson 2010, 638-640). Sama ilmiö näkyy alaraajan kineettisestä ketjua alhaalta ylöspäin tutkittaessa (Khamis & Yizhar 2007, 133).

### **3.2.2 Etiologia, patofysiologia ja riskitekijät juoksijoilla**

PFPS:n etiologiaa on kliinisesti luokiteltu patellan tai alaraajan linjausvirheestä, tai lihastoiminnan (lihasvoima, liikkuvuus, neuromuskulaarinen järjestelmä) häiriöistä johtuvaksi (Witvrouw ym. 2005, 125).

Patellofemoraaliniivelen linjausta ja Q-kulmaa pidettiin aiemmin tärkeimpänä PFPS:n selittävänä tekijänä ja patellan kondromalesiaa kivun aiheuttajana (Insall ym. 1976; Dye 2005, 100). Fulkerson sittemmin nimesi kuusi anatomista rakennetta patellofemoraalisen mahdollisiksi kivun lähteiksi: luu, nivelpinta, retinaculum, iho, lihas ja hermokudos. Yleisimmät kivun aiheuttajat ovat yllirasitus, patellofemoraaliniivelen linjausvirhe, trauma tai näiden tekijöiden yhdistelmä. (Fulkerson 2002, 447.) Dye ym. on tutkimuksissaan havainnut tulehdusreaktion merkkejä peripatellaarisessa synoviaali- ja rasvakudoksessa sekä kohonnutta luukudoksen metaboliaa patellassa (Dye 2005, 100). Sanchis-Alfonso ym. tutkivat peripatellaarisen pehmytosakudoksen neuraalisia muutoksia ja löysivät erityisesti lateraalista retinaculumista merkkejä hermokudoksen vaurioista. Vaurioiden aiheuttajana pidetään verenkierron häiriöistä johtuvaa iskemiaa. (Sanchis-Alfonso & Roselló-Sastre 2003, 698-701.) Teoriaa tukee Bakerin ym. tutki-



muksessa PFPS-oireisilla todetut häiriöt polven asentotunnossa (Baker, Bennell, Stillman, Cowan & Crossley 2002). Näslundin tutkimuksessa todettiin PFPS-potilailla patellan verenkierron heikkenemistä polven 90° fleksiassa (Näslund 2011).

PFPS:aa tulkitaan nykyään laajemmin patellan seudun kudosten homeostaasin häiriönä. Oireiden takana saattaa olla patellan linjaushäiriö, kondromalesia tai rakenteelliset seikat. Rasituksen muutos aiheuttaa homeostaasin järkkymisen peripatellaarisissa kudoksissa ja kivun, joka voi olla peräisin tulehdusreaktiosta tai hermoston toimintahäiriöstä. (Fulkerson 2002; Sanchis-Alfonso & Roselló-Sastre 2003; Dye 2005; Witvrouw ym. 2005; Näslund, 2006; Näslund 2011)

Patellan linjauksen yhteyttä PFPS:ään ei ole tutkimuksilla todistettu. Patellan kiertymisellä, kallistuksella tai sijainnilla mediaali/lateraalisuunnassa ei ole pystytty erottelemaan PFPS-oireilevia terveistä. (MacIntyre, Hill, Fellows, Ellis & Wilson 2006, 2602-2604.) Koko alaraajan linjausta tutkittiin Lun ym. tutkimuksessa, jossa yhteys PFPS:n kanssa löydettiin vain nilkan dorsifleksion, polven varus- asennon ja jalan etuosan varus-asennon kanssa (Lun, Meeuwisse, Stergiou & Stefanyshyn 2004, 263-264). Rauhlin ym. tutkimuksessa polven staattisen Q-kulman yhteys polvivammoihin havaittiin merkittäväksi. Juoksijoilla, joiden Q-kulma on yli 20°, todettiin olevan suurempi riski polven rasitusvammoihin. (Rauh, Koepsell, Rivara, Rice & Margherita 2007, 728-732.) Tutkimustulokset Q-kulman merkityksen suhteen ovat kuitenkin ristiriitaisia (Livingston 1998; Waryasz & McDermott 2008).

Polven alueen lihaksista m. vastus medialiksen roolia PFPS:n syntyyn on tutkittu runsaasti. Lihaksen poikittaiset säikeet (vastus medialis oblique, VMO) vaikuttavat patellan linjaukseen mediaaliseen suuntaan (Amis 2007, 53-54). VMO:n ja m. vastus lateraaliksen aktivoitumisen ajoituksella on todettu olevan yhteys PFPS:aan (Van Tiggelen, Cowan, Coorevits, Duvigneaud & Witvrouw 2009, 1101-1104; Cowan, Crossley & Bennell 2009, 586-587; Pal, Draper, Fredericson, Gold, Delp, Beaupre & Besier 2011, 5-7). Myös päinvastaisia tuloksia on saatu (Cavazzuti, Merlo, Orlandi & Campanini 2010, 292-294). Tutkimus-

katsauksissa VMO:n eriytetty harjoittaminen ja jopa koko VMO:n olemassaolo on asetettu kyseenalaiseksi (Mirzabeigi, Jordan, Gronley, Rockowitz & Perry 1999, 52-53; Smith, Nichols, Harle & Donell 2009; Smith, Bowyer, Dixon, Stephenson, Chester & Donell 2009). Juoksijoiden lihasaktivointia EMG:llä tutkinut Besier ym. eivät havainneet eroja m. vastus medialiksen ja lateraaliksen käyttäytymisessä PFPS-ryhmän ja verrokkien kesken. Sen sijaan PFPS-ryhmän juoksijoilla reiden quadriceps ja hamstring-lihasten co-contraction oli voimakkaampaa ja polven ojennusvoima pienempi. (Besier, Fredericson, Gold, Beaupré & Delp 2009, 902-904.) Lihaskireyksiä tutkinut Piva ym. havaitsi merkittävästi vähäisempää liikkuvuutta m. gastrocnemius, m. soleus, m. quadriceps ja hamstrings-lihaksissa PFPS-vaivaisilla (Piva, Goodnite & Childs 2005, 797-800).

Subtalaarinivelen (STJ) pronaatio on suorassa yhteydessä tibian sisäkiertoon (DeLeo, Dierks, Ferber & Davis 2004, 984). Tiberio on esittänyt teorian, joka selittää pronaation vaikutuksen polvessa. Sen mukaan STJ:n viivästynyt pronaatio askeleen tukivaiheessa pitää tibian sisäkierrossa, polven ojentumiseen liittyvä automaattinen ulkokierto (screw-home mechanism) estyy ja kompensoituu polvinivelessä patellan linjausta häiritsevänä femurin sisäkiertona. (Tiberio 1987, 163.) Teoriaa puoltaa Pohl & Buckeyn tutkimus (Pohl & Buckley 2008, 377-341). STJ:n eversio aiheuttaa myös tibian abduktion, joka taas suurentaa Q-kulmaa polvessa (Powers 2003, 643). PFPS onkin tutkimuksissa yhdistetty STJ:n yli-pronaatioon liittyvään kantaluun eversioon (Shultz ym. 2009; Duffey, Martin, Cannon, Craven & Messier 2000; Barton, Bonanno, Levinger & Menz 2010).

Viime vuosina PFPS:n tutkimus on keskittynyt selvittämään lonkan ja lantion hallinnan merkitystä (Heiderscheit 2010). Lukuisissa tutkimuksissa on todettu selvä yhteys PFPS:n ja lonkan lihasten heikkouden välillä (Prins & van der Wurff 2009). Ireland ym. löysi merkittävän yhteyden PFPS-oireisten naisten lonkan loitontajien ja ulkokiertäjien voimassa (Ireland, Willson, Ballantyne & Davis 2003). Kahdessa tutkimuksessa selvitettiin lonkan loitontajien ja ulkokiertäjien eksentristä voimaa samanlaisin tuloksin (Boling, Padua & Alexander Creighton 2009; Baldon, Nakagawa, Muniz, Amorim, Maciel & Serrão 2009). Puolieroja on

löydetty myös loukkaantuneen ja terveen alaraajan voimatasoista (Cichanowski, Schmitt, Johnson & Niemuth 2007). Cowanin ym. tutkimuksessa PFPS-oireisilla havaittiin vartalon lateraalifleksion heikkoutta ja viivästynyttä aktivointia lantion lihaksissa (Cowan ym. 2009). Keskivartalon lihasten merkitystä korostetaan myös Leetun ym. tutkimuksessa, jossa keskivartalon lihasten heikkous ennusti vamma-alttiutta urheilijoilla. (Leetun, Ireland, Willson, Ballantyne & Davis 2004). Bolgian ym. tutkimuksessa löydettiin heikkoutta lonkan lihaksissa, mutta heikentyneitä polven hallintaa portaalta alas astuttaessa ei PFPS-oireisten ryhmällä havaittu (Bolgla, Malone, Umberger & Uhl 2008). Wilson ym. havaitsivat PFPS-oireisilla juoksijoilla m. gluteus mediuksen aktivoinnin ajoitusongelmia ja yhdistivät ne liialliseen lonkan adduktioon ja sisäkiertoon (Willson, Kernozek, Arndt, Reznichuk & Scott Straker 2011, 737-740). Souza ym. havaitsivat korostuneen sisäkierron ja patellan lateralisoitumisen yhteyden PFPS-oireisilla (Souza, Draper, Fredericson & Powers 2010, 281-284).

Stafanyshyn ym. tutkivat juoksijoita kaksiosaisessa tutkimuksessaan. 20 PFPS-vaivaisen ja 20 terveen juoksijan vertailututkimuksessa havaittiin PFPS-ryhmän juoksijoiden polveen kohdistui selvästi suuremmat voimat abduktiosuuntaan kuin verrokkiryhmällä. Tutkimuksen toisessa osassa 80 testatun juoksijan joukosta kuudelle tuli 6 kuukauden aikana PFPS-oireita ja näiden juoksijoiden polven abduktiovoimat olivat suurempia jo tutkimuksen alussa ennen loukkaantumista. (Stefanyshyn, Stergiou, Lun, Meeuwisse & Worobets 2006.)

Dierks ym. selvitti tutkimuksessaan kineettisen ketjun distaalien ja proksimaalisen osan vaikutuksia polveen PFPS-vaivaisilla juoksijoilla ja havaitsi lonkan loitontajien heikkouden ja ennenaikaisen väsymisen juoksun aikana. Lonkan ulkokiertäjien voimatasolla ja nilkan pronaatiolla ei merkittävää roolia havaittu. PFPS-vaivaisilla juoksijoilla kompensatorinen lantion kontralateraalinen elevaatio oli voimakasta, mikä selittää lonkan loitontajien nopean uupumisen. (Dierks, Manal, Hamill & Davis 2008.)

Wilson & Davis päätyivät omassa tutkimuksessaan samansuuntaiseen tulokseen lonkan loitonnuksen suhteen. 20 PFPS ja 20 tervepolvisen naisen tutkimuksessa selvitettiin polven liikettä transversaali ja frontaalitasossa yhden jalan

kyykistyksessä, juoksussa ja yhden jalan hyppelyssä. Lonkan ja polven sisäkierron suhteen he saivat kuitenkin päinvastaisia tuloksia. Tutkimuksessa PFPS-oireisten polvessa esiintyi enemmän ulkokiertoa kuin verrokkiryhmässä. (Willson & Davis 2008.)

Souza & Powers:n tutkimuksessa merkittävä ero havaittiin lonkan ulkokierrossa muttei lonkan adduktiossa juoksun aikana. PFPS-ryhmän lihasvoima oli selvästi heikompi sekä lonkan loitontajien että ojentajien osalta. EMG-mittauksissa havaittiin PFPS-ryhmällä huomattavasti voimakkaampaa m. gluteus maximuksen aktivaatiota juoksun aikana. (Souza & Powers 2009.)

PFPS on jopa kaksi kertaa yleisempi naisilla kuin miehillä (Taunton ym. 2002, 96; Boling ym. 2010, 728). Syyksi on epäilty naisten anatomiasta johtuvia eroja alaraajan mekaniikassa (Ferber, Davis & Williams 2003, 355). Naisilla Q-kulma onkin lantion leveyden ja reisiluun pituuden suhteesta johtuen suurempi kuin miehillä (Horton & Hall 1989, 900). Merkittäviä eroja on mitattu muissakin PFPS:aan yhdistetyissä alaraajan mittasuhteissa kuten lantion anteriorinen kallistus, femurin sisäkierto ja polven valgus-asento (Nguyen & Shultz 2007, 392-396; Medina McKeon & Hertel 2009, 253-254). Sukupuolten välisiä eroja on tutkimuksissa havaittu myös alaraajan hallinnassa mm. hyppyjen alastulossa ja yhden jalan varassa tehtävissä harjoitteissa (Granata, Padua & Wilson 2002; Zeller, McCrory, Kibler & Uhl 2003; Hewett, Ford, Myer, Wanstrath & Scheper 2006; Jacobs, Uhl, Mattacola, Shapiro & Rayens 2007). Juoksuaskeleen tuki-vaiheessa naisilla on havaittu merkittävästi miehiä suurempi lonkan adduktio ja femurin sisäkierto (Ferber ym. 2003, 354-355; Chumanov, Wall-Scheffler & Heiderscheit 2008, 1263.)

### **3.2.3 Hoito ja ennaltaehkäisy**

PFPS:n hoidon ensimmäinen vaihe on patellofemoraalinivelen ja sen ympäristön pehmytosakudosten kuormituksen keventäminen. Juoksijoiden tulisi vähentää harjoittelua kivuttomalle tasolle tai siirtyä korvaavaan harjoiteluun. Kylmähoitoa voidaan käyttää kivun lievitykseen. (Dixit ym. 2007, 200.) Tuleh-

duskipuläläkkeiden tehosta on vain vähän näyttöä (Heintjes, Berger, Bierma-Zeinsträ, Bernsen, Verhaar & Koes 2004, 11).

Fredericson & Powers luokittelevat potilaat hoidon suunnittelua varten kolmeen ryhmään vamman etiologian perusteella: 1) epänormaali patetellofemoraaliniveleen mekaniikka, 2) alaraajan linjauksen tai kinematiikan muutokset ja 3) ylliräsi-tus. Patellofemoraaliniveleen voidaan vaikuttaa peripatellaaristen kudosten liik-kuvuutta parantavalla ITB:n venyttelyllä, patellan mobilisoinnilla, qudriceps-li-hasten vahvistamisella ja VMO:n eriytetyllä harjoituksella. Patellan asentoa voi-daan lisäksi korjata tuella tai teippauksella. Alaraajan linjauksen ongelmiin voi-daan taas vaikuttaa subtalaariniveleen pronäation ja lonkan sisäkierron hallinnan kautta tai askeleen poikkeavuuksien korjaamisella. (Fredericson & Powers 2002, 36-38.)

Fysioteräpia PFPS:n hoidossa on monimuotoista. Manuaalista teräpiaa voidaan käyttää patellan ja lantion alueella teräpeuttisen harjoittelun tukena (Cowan, Bennell, Crossley, Hodges & McConnell 2002; Crossley, Cowan, McConnell & Bennell 2005; van den Dolder & Roberts 2006; Iverson, Sutlive, Crowell, Mor-rell, Perkins, Garber, Moore & Wainner 2008; Lowry, Cleland & Dyke 2008). Pa-tellan ohjausta teippauksen tai tukien avulla käytetään hoitokeinoina, mutta tut-kimusnäyttö niiden toimivuudesta on ristiriitaista ja vähäistä (Dixit ym. 2007, 200). Pohjallisista voi olla apua potilailla, joilla on ylipronäatiota tai alaraajan lin-jaushäiriöitä (Gross & Foxworth 2003).

Quadriceps-lihasten ja erityisesti VMO:n harjoittamisella on saatu positiivisia vaikutuksia PFPS-oireisiin (Cowan ym. 2002; Santos, Bessa, Lins, Marinho, Sil-va & Brasileiro 2008; Bily, Trimmel, Mödlin, Kaider & Kern 2008). Sekä avoi-men, että suljetun kineettisen ketjun harjoitteilla on todettu samanlainen teho (Witvrouw, Danneels, Van Tiggelen, Willems & Cambier 2004; Herrington & Al-Sherhi 2007). Isometrisellä ja eksentrisellä harjoittelulla ei ole havaittu eroa (Thomeé 1997). Isokineettisellä harjoittelulla on havaittu myös polven asento-tuntoa parantava vaikutus (Hazneci, Yildiz, Sekir, Aydin & Kalyon 2005).

Lonkan loitontajien ja ulkokiertäjien harjoittamisen yhdistämisen quadriceps-lihasten vahvistamiseen on todettu parantavan harjoitusjakson tuloksia PFPS-oireisilla (Boling, Bolgia, Mattacola, Uhl & Hosey 2006, 1431-1434; Nakagawa, Muniz, Balton, Dias Maciel, de Menezes Reiff & Serrão 2008, 1054-1058; Fukuda, Rossetto, Magalhães, Bryk, Lucareli & de Almeida Aparecida Carvalho 2010, 739-741). Tapausraportissaan Mascal ym. esittelee kahden PFPS-potilaan kanssa lantion, lonkan ja keskivartalon lihasten harjoittelulla saatuja hyviä tuloksia (Mascal, Landel & Powers 2003, 655-658). Tyler ym. tutkimuksessa kuuden viikon harjoitusohjelmalla saatiin vähennettyä kipua, vahvistettua lonkan lihasvoimaa ja liikkuvuutta merkittävästi (Tyler, Nicholas, Mullaney & McHugh 2006, 632-636). Welsh ym. taas esittää caseraportissaan monipuolisen harjoitusohjelman, jolla saatiin hyviä tuloksia tanssijan PFPS-oireiden hoidossa (Welsh, Hanney, Podschun & Kolber 2010). Earl & Hoch saivat kahdeksan viikon harjoitusinterventiolla helpotettua PFPS-oireita, parannettua toimintakykyä, vahvistettua lonkan voimaa loitonnuksessa ja ulkokierrossa ja vähennettyä polven abduktiomomenttia juoksun aikana (Earl & Hoch 2011, 585-562). Ferber ym. raportoivat jo kolmen viikon mittaisella lonkan loitontajien harjoittelulla saaduista tuloksista (Ferber, Kendall & Farr 2011, 145).

Noehren ym. havaitsi tutkimuksessaan, että PFPS-oireiset juoksijat kehittyivät lonkan loitonnuksen ja ulkokierron suhteen merkittävästi juoksutekniikan harjoittelulla. Tämä taas johti merkittävään kipujen lieventymiseen. Juoksijat harjoittelivat juoksumatolla saaden reaaliaikaista palautetta lonkan loitonnukselta havainnoivalta mittalaitteelta. Tulokset säilyivät harjoittelun jälkeen kuukauden tarkkailuajakson ajan. (Noehren, Scholz & Davis 2010, 3-6.) Crowellin tutkimuksessa juoksijat kykenivät muuttamaan askellustaan tibian rasitusta vähentävään suuntaan visuaalisen palautteen avulla juoksumatolla harjoitellen (Crowell & Davis 2011, 81-82). Tutkimuksessa on myös todettu jo pelkästään askeltiheyden nostamisella 5-10% olevan lonkan adduktiota ja sisäkiertoa vähentävä vaikutus (Heiderscheit, Chumanov, Michalski, Wille & Ryan 2010).

### 3.3 Iliotibiaalinen oireyhtymä

ITBS:n oireena on kipu polven lateraaliosella puolella femurin epikondylin tienoil- la. Kipu ilmenee juoksun, pyöräilyn tai muun polven toistuvan koukistus- ja oj- ennusliikkeen aikana tai jälkeen. Kosketusarkuutta havaitaan femurin epikondy- lin ja nivelraon välisellä alueella. (Orava 1978, 70; Noble 1979, 51; Hariri, Sa- vidge, Reinold, Zachazewski & Gill 2009, 1417; Lavine 2010, 18.) Kipu tuntuu erityisesti juoksuaskeleen tukivaiheen alussa, kun polvi on noin 20-30° fleksios- sa (Fredericson & Wolf 2005, 453; Hamill, Miller, Noehren & Davis 2008, 1019; Grau, Krauss, Maiwald, Best & Horstmann 2008, 579). Oireet voivat pahentua alamäkeen juostaessa ja ilmaantua myös kävellessä ja portaissa kulkiessa (Noble 1979, 51; Fredericson & Wolf 2005, 453).

#### 3.3.1 Anatomia ja biomekaniikka

ITB (Iliotibial band, Tractus iliotibialis) on sidekudoskalvo, joka ulottuu reiden lateraaliosella puolella iliumin harjasta tibian proksimaaliseen päähän. Proksi- maalisesti se muodostuu m. tensor fascia latae, gluteus maximus ja gluteus medius -lihasten faskioiden yhteenliittymästä. (Hamill ym. 2008, 1018.) ITB voi- daan myös tulkita koko reiden ympäröivän sidekudoskalvon fascia lataen late- raaliseksi paksuuntumaksi (Kaplan 1958, 829; Fairclough, Hayashi, Toumi, Lyons, Bydder, Phillips, Best & Benjamin 2006, 309; Falvey, Clark, Franklyn-Mil- ler, Bryant, Briggs & McCrory 2010, 583). Fairclough ym. jakaa ITB:n proksi- maaliseen "jänteiseen" ja distaaliin "ligamenttiseen" osaan (Fairclough ym. 2006, 316; Fairclough, Hayashi, Toumi, Lyons, Bydder, Phillips, Best & Benja- min 2007, 76).

Proksimaalisesti ITB muodostuu kahdesta lehdestä, joiden väliin m. tensor fas- ciae latae (TFL) asettuu. Alempi lehti kiinnittyy lonkkanivelkapseliin ja ylempi lehti iliacuksen harjanteeseen TFL:n välityksellä. ITB etenee distaalisesti tro- chanter majorin yli ja gluteus major liittyy siihen laajalla alueella erillään lihaksen trochanter majoriin kiinnittyvästä osasta. (Kaplan 1958, 825-828; Birnbaum, Siebert, Pandorf, Schopphoff, Prescher & Niethard 2004, 439-440; Falvey ym. 2010, 583-585.) Trochanter majorin alapuolelta lähtien ITB kiinnittyy intermus-

kulaarisen septumin välityksellä femuriin linea asperan mukaisesti aina femurin lateraaliseen epikondyliin saakka. (Kaplan 1958, 828; Vieira, Vieira, da Silva, Berlfein, Abdalla & Cohen 2007, 271; Falvey ym. 2010, 583-585.)

Polvinivelen yläpuolella ITB jakautuu kolmeen lehteen. Pinnallisimmat kalvora-kenteet kiinnittyvät patellaan muodostaen pinnallisen lateraalisen retinaculumin. Leveä osa jatkaa polvinivelen yli kiinnittyen Gerdyn tuberkeliin tibian proksi-maalisessa päässä. Pinnallisen kalvorakenteen alla ITB kiinnittyy vahvalla liga-mentilla femurin lateraaliseen epikondyliin. Aivan alimmat ITB:n kalvorakenteet kiinnittyvät polven nivelkapseliin. (Vieira ym. 2007, 270-272.)

Polven fleksiossa ITB liikkuu posteriorisesti lateraalisen epikondylin yli (Kaplan 1958, 830; Orchard, Fricker, Abud & Mason 1996, 377-378). Fairclough ym. esittää magneettikuvausten perusteella, että liike tapahtuu pikemminkin late-raalis-mediaaliseen suuntaan (Fairclough ym. 2006, 315; Fairclough ym. 2007, 75). Rakenteiden välinen pinne on kuvattu suurimmaksi polven 20-30° fleksion alueella (Orchard ym. 1996, 377; Fairclough ym. 2006, 315; Hamill ym. 2008, 10190).

ITB:n yhteydestä femurin lateraaliseen epikondyliin on esitetty ristiriitaisia näkemyksiä. Useissa anatomian tutkimuksissa on havaittu selkeä ja vahva kiin-nitys lateraaliseen epikondyliin (Kaplan 1958, 828; Fairclough ym. 2006, 315; Fairclough ym. 2007, 75; Vieira ym. 2007, 270-272; Falvey ym. 2010, 585) tai hiukan sen yläpuolelle (Birnbau ym. 2004, 440; Fairclough ym. 2006, 315; Fairclough ym. 2007, 75). ITB:n ja femurin lateraalisen kondylin välistä bursaa ei ole löydetty (Muhle, Ahn, Yeh, Bergman, Boutin, Schweitzer, Jacobson, Hag-highi, Trudell & Resnick 1999, 106; Fairclough ym. 2006, 315; Falvey ym. 2010, 585), tai bursan kaltaista tulehtunutta kudosta on havaittu (Orava 1978, 71; No-ble 1979, 53) ja jopa tulehtuneen bursan poistos on käytetty hyvin tuloksin hoi-tona ITBS:ssa (Hariri ym. 2009). ITB:n alta on löydetty rasvakudosta, jossa on vahva hiussuonisto ja paljon proprioseptisessä tehtävässä toimivia hermopäät-teitä. (Muhle ym. 1999, 106; Fairclough ym. 2006, 315.)



ITB muodostaa lujan ligamentin kaltaisen rakenteen iliacuksen harjanteen ja tibian välille. Proksimaalisesti m. tensor faciae latae ja gluteus maximus aktivoituessaan kiristävät sen aiheuttaen koko reiden lihaksia ympäröivän fasciae lataen kiristymisen. ITB on kiinnittynyt lujasti femurin linea asperaan vastus lateralsen ja biceps femoriksen välistä intermuskulaarisen septumin välityksellä sekä femurin lateraaliseen suprakondylaariseen alueeseen. Polviniveleeseen lihaksilla ei ole vaikutusta. Fascia lataen kiristymisen ohella TFL:n jännittyminen aiheuttaa lonkan fleksion ja sisäkierron ja gluteus maximuksen jännittyminen lonkan ekstension ja ulkokierron. Yhdessä lihakset ja ITB toimivat lonkan adduktiota rajoittavana lantion stabiloijana pystyasennossa ja yhdellä jalalla seisottaessa. (Kaplan 1958, 828; Fredericson, Cookingham, Chaudhari, Dowedell, Oestreicher & Sahrmann 2000; Birnbaum ym. 2004, 439-440.) Fasciaalisen rakenteensa ja femuriin kiinnittymisen takia ITB venyvyys on hyvin vähäistä. Koko kompleksin pituuden muutokset johtuvatkin TFL:n ja m. gluteus maximuksen liikkuvuuden lisääntymisestä. (Falvey ym. 2010, 585-586).

Femurin lateraalisen epikondylin ja Gerdyn tuberkelin välissä ITB muodostaa lateraalisen kollateraalligamentin ja etummaisesta ristisiteen kanssa polviniveltä anterolateraalisesti tukevan rakenteen. (Kaplan 1958, 829; Vieira ym. 2007, 270-272.) ITB:n distaalisen päänsä kiinnittymisen vuoksi tibian sisäkierto kiristää sitä (Fairclough ym. 2006, 316; Noehren, Davis & Hamill 2007, 952). ITB:n kuormitus ei aiheuta tibian ulkokiertoa ekstensiossa, mutta yli 15° fleksiossa tibian ulkokierto on huomattava (Merican & Amis 2009, 1542).

### **3.3.2 Etiologia, patofysiologia ja riskitekijät juoksijoilla**

ITBS-oireyhtymän on arveltu syntyvän kun ITB hankautuu anteroposteriorisesti femurin lateraalista kondyilia vasten (Orava 1978, 69; Khaund & Flynn 2005, 1545; Lavine 2010, 580). Falvey ym. mukaan ITB on kuitenkin lujasti sidekudossäikeillä kiinni femurin epikondylissä ja se on osa koko reiden lihaksia ympäröivää sidekudoskalvoa, mikä tekee hankaavan liikkeen anatomian kannalta epätodennäköiseksi (Falvey ym. 2010, 585). Fairclough ym. tutki myös ITB:n anatomiaa ja päätteli, että ap-suuntaista liikettä ei pääse syntymään vaan

kyse on ITB:n kiristymisestä ja löystymisestä polven fleksio/ekstensiossa ja ongelma syntyy ITB:n puristuessa femurin kondyilia vasten (Fairclough ym. 2006, 315; Fairclough ym. 2007, 75). Matemaattisen mallinnuksen avulla on ITB:n ja lateraalisen epykondylin välisen rasituksen yhteys ITBS:ään saatu todennettua (Miller, Lowry, Meardon & Gillette 2007, 410-411; Hamill ym. 2008). Kontakti femurin lateraalista kondyilia vasten on voimakkaimmillaan polven 20-30° fleksiokulmalla. (Orchard ym. 1996, 377; Fairclough ym. 2006, 315; Hamill ym. 2008, 1019.)

Kivun aiheuttajaksi on epäilty ITB:n alle puristukseen jäävän kudoksen yllirasituksesta aiheutuvaa tulehdusreaktiota (Orava 1978, 71; Noble 1979, 53; Muhle ym. 1999, 109; Miller ym. 2007, 407; Hariri ym. 2009). Fairclough ym. mukaan ITB:n alla olevassa rasvakudoksessa on paljon proprioseptisessä tehtävässä toimivia hermopäätteitä, jotka saattavat reagoida puristukseen aiheuttamalla kipua. Yllirasitus saattaa aiheuttaa rasvakudoksessa paikallista ödeemaa, mikä voidaan tulkita kuvannuksessa väärin tulehdukseksi. (Fairclough ym. 2006, 315.)

ITBS-oireisilla juoksijoilla on todettu heikkoutta lonkan loitontajissa. Puutteellinen eksentriinen lihasvoima johtaa askeleen tukivaiheessa lonkan liialliseen adduktioon. (MacMahon, Chaudhari & Andriacchi 2000; Fredericson ym. 2000, 172-175; Noehren ym. 2007, 954; Ferber, Noehren, Hamill & Davis 2010, 54.) Niemuthin ym. tutkimuksessa erilaisista jalkavaivoista mm. ITBS kärsivillä juoksijoilla havaittiin vammautuneen jalan puoleisten lonkan loitontajien heikkouden lisäksi lonkan lähentäjien voiman olevan suurempi vammattomaan puoleen verrattuna (Niemuth, Johnson, Myers & Thieman 2005, 18-19). Toisaalta Grau ym. mittasi ITBS-vaivaisten juoksijoiden lonkan loitontajien lihasvoimaa löytämättä eroja vertailuryhmän terveisiin juoksijoihin tai vammautuneiden juoksijoiden alaraajojen puolieroja. Myöskään lonkan lähentäjien ja loitontajien voimien suhteesta ei löydetty eroja. (Grau, Krauss, Maiwald, Best & Horstmann 2008, 581-582.) Uudemmassa tutkimuksessaan sama ryhmä mittasi päinvastoin vähemmän lonkan adduktiota ITBS-oireisilla kuin oireettomilla juoksijoilla (Grau, Krauss, Maiwald, Axmann, Horstmann & Best 2011, 187). Tutkimustulosten tul-

kintaa haittaa se, että tutkimuksia on tehty sekä prospektiivisesti että retrospektiivisesti ja lihasheikkoudet voidaan tulkita ITBS:n syyksi tai seuraukseksi (Noehren ym. 2007, 955; Grau ym. 2011, 187-188).

Millerin ym. tutkimuksessa ITBS-vaivaisilla juoksijoilla havaittiin juoksun aiheuttaman väsymyksen myötä ilmenevää polven sisäkiertoa (Miller ym. 2007, 410-412). Noehren ym. teki prospektiivisessa tutkimuksessaan ITBS:n vaivakseen saavilla juoksijoilla saman havainnon vaikka tibian sisäkierto osoittautui verrokiryhmän juoksijoita pienemmäksi. Polven korostunut sisäkierto osoittautuikin johtuvan femurin korostuneesta ulkokierrosta, jonka arveltiin johtuvan lonkan sisä- ja ulkokiertäjien aktivoinnin häiriöistä. (Noehren ym. 2007, 954-955.) Kumpikin polven kiertomekanismi voi lisätä ITB:n puristusta femurin lateraalista epikondyilia vasten (Fairclough ym. 2006, 316; Noehren ym. 2007, 952). ITBS-ryhmässä havaittiin myös nilkan eversioista aiheutuvaa tibian sisäkiertoa. (Noehren ym. 2007, 955.) Yleisemmin ITBS-oireisilla juoksijoilla on havaittu normaalia vähemmän pronaatiotaipumusta (Messier, Edwards, Martin, Lowery, Cannon, James, Curl, Read JR & Hunter 1995, 958; Noehren ym. 2007, 955). Ferber ym. taas totesivat ITBS-ryhmälään enemmän polven sisäkiertoa ja suuremman nilkan invertiomomentin, vaikka nilkan eversiossa ei ero kontrolliryhmään ollutkaan (Ferber ym. 2010, 54).

ITBS:n oireet tuntuvat voimakkaimmin polven ollessa 20-30° fleksiossa (Fredericson & Wolf 2005, 453). ITBS-vaivaisten juoksijoiden polven maksimifleksion juoksuaskeleen tukivaiheen aikana ei kuitenkaan ole havaittu eroavan oireettomista juoksijoista (Orchard ym. 1996, 376-377; Noehren ym. 2007, 953; Hamill ym. 2008, 1023; Grau ym. 2011, 187-188). Miller ym. tutkimuksessa koehenkilöt juoksivat väsymykseen saakka ja ITBS-oireisilla polven fleksiokulma oli testin lopussa suurempi, mikä saattaa viitata lihasväsymyksen yhteydestä ITBS:aan (Miller ym. 2007, 410-412). Polvea koukistavien ja ojentavien lihasten voimatasojen epäsuhdalla on havaittu yhteys ITBS:aan (Devan, Pescatello, Faghri & Anderson 2004, 267).

### 3.3.3 Hoito ja ennaltaehkäisy

Tutkimuskatsauksessaan Ellis ym. löysivät vain neljä kliinistä tutkimusta, jotka selvittivät konservatiivisten menetelmien tehoa ITBS:n hoidossa. Oireiden akuutissa vaiheessa pistoksena annetuilla kortikosteroideilla ja kroonisissa tapauksissa tulehduskipu- ja särkylääkkeiden yhdistelmällä fysioterapiaan lisäksi käytettynä näyttää olevan positiivinen vaikutus. Sen sijaan poikkittaissuuntaisen hieronnan lisääminen fysioterapiassa ultraäänihoitoon ja venyttelyyn ei edistä oireista toipumista. Hydrokortisonivoiteen antaminen fotofooresina edisti paranemista pelkkään kylmähoitoon ja tulehduskipulääkkeisiin verrattuna. (Ellis, Hing & Reid 2007, 205-207.)

Hoidon akuutissa vaiheessa suositellaan kylmähoitoa, tulehduskipulääkkeitä ja kuormittavan harjoittelun keskeyttämistä. Paikallista tulehdusta voidaan hoitaa myös kortikosteroidipistoksella. Tulehdusvaiheesta päästyä kuntoutus aloitetaan ITB:hen kohdistuvilla venytyksillä ja lihaskalvojen kireyksiä helpottavalla käsittelyllä, jonka jälkeen siirrytään lonkan loitontajien harjoittamiseen. (Fredericson & Wolf 2005, 455-456.)

ITB:n venyttelyä suositellaan yhtenä menetelmänä ITBS:n kuntoutuksessa (Fredericson & Wolf 2005, 456; Khaund & Flynn 2005, 1548). Fredericson ym. kuvaavat raportissaan kolme venyttelytekniikkaa, jolla saivat mitattavia muutoksia ITB:n pituuteen (Fredericson, White, MacMahon & Andriacchi 2002). Devan ym. tutkimuksessa ITB:n kireyttä mitattiin Oberin testillä eikä yhteyttä ITBS:aan todettu (Devan ym. 2004, 267). Anatomiaan viitaten ITB:n venyttelyä pidetään mahdottomana tehtävänä (Fairclough ym. 2007, 75; Lavine 2010, 21; Falvey ym. 2010, 585). Lonkan liikkuvuus frontaalitasossa on ITBS-oireisilla havaittu rajoittuneeksi ja lonkan lihasten liikkuvuuden parantamista suositellaan hoitokeinoksi (Fredericson & Wolf 2005, 456; Grau ym. 2011, 188). Case-raportissaan Pedowitz kuvaa osteopaattisen käsittelymenetelmän, jolla hän sai hyviä tuloksia aikaan ITBS-vaivaisen potilaansa kanssa (Pedowitz 2005).

Lonkan loitontajien harjoittelulla on saatu tuloksia ITBS:n hoidossa. Kuuden viikon venyttelyä ja voimaharjoittelua käsittäneellä interventiolla parannettiin lon-

kan loitontajien voimaa merkittävästi ja 22 juoksijaan 24:stä toipui oireistaan ja pystyivät palaamaan harjoittelun pariin. Kuuden kuukauden seurantajakson aikana yhdenkään oireet eivät uusiutuneet. (Fredericson ym. 2000, 173.) Beersin ym. tutkimuksessa saatiin lonkan loitontajien voiman ja oireiden suhteen samansuuntaisia tuloksia. Kontrolliryhmän puuttuminen tosin jättää avoimeksi fysioterapian merkityksen. (Beers, Ryan, Kasubuchi, Fraser & Taunton 2008, 187.) Pettitt & Dolksi taas kertovat case-raportissaan onnistuneesta hoidosta lantion hallinnan harjoitusten ja pehmytkudoskäsittelyn yhdistelmällä (Pettitt & Dolksi 2000).

## **4 Alaraajan nivelten toiminnallinen stabiliteetti**

### **4.1 Toiminnallinen stabiliteetti**

Elphinstonin mukaan toiminnallinen stabiliteetti tarkoittaa kehon kykyä vastata tehtävän asettamiin kuormituksen ja hallinnan vaatimuksiin. Toiminnalliseen stabiliteettiin kuuluu:

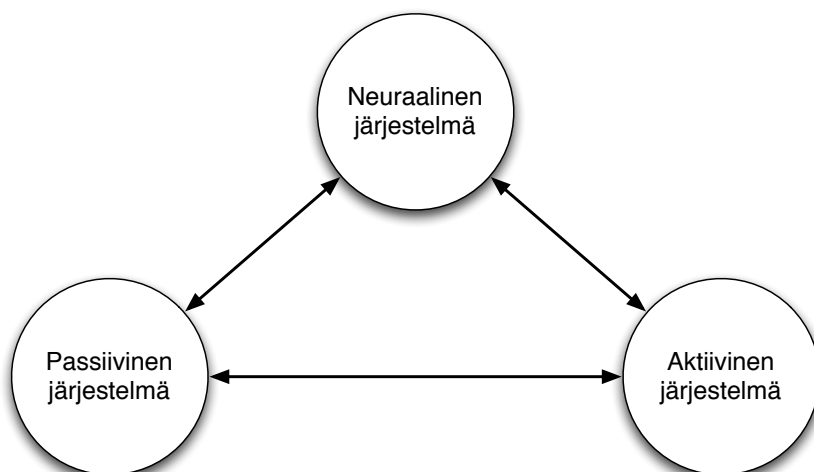
- Toiminnallinen liikkuvuus: vaaditun toiminnon mukainen täysi liikelaajuus
- Tasapaino: kehon tarkka ja nopea keskitys tukipisteen päälle
- Asennon hallinta: nivelten liikkeen, lihasten toiminnan ja kehon hallinnan optimoima neuro/muskulo/skeletaalinen kokonaisuus
- Optimaalinen toiminnallinen liikemalli: lihastoiminnan ajoitus, mitoitus ja synkronointi
- Neuromuskulaarinen kontrolli: liikkeeseen valmistava automaattinen niveliä tukevien lihasten aktivointi
- Liikesymmetria: liikkeen ja vastaliikkeen tasapainoinen suoritus kehon hallitun keskiakselin suhteen

(Elphinston 2008, 11-12.)

Urheilussa toiminnallinen stabiileetti tuo suoritukseen tehokkuuden ja sen myötä turvallisuuden. Tehokas suoritus tuottaa parhaan tuloksen käytettävissä olevilla voimavaroilla. Kestävyysslajeissa suoritustekniikan biomekaaninen tehokkuus on myös suoja rasitusvammoja vastaan. (Elphinston 2008, 13-14.)

#### 4.2 Stabiiloiva järjestelmä

Panjabi on kuvaillut lannerankaa stabiiloivan järjestelmän koostuvan kolmesta toisistaan riippuvasta osasta (kuvio 3): passiiviset ja aktiiviset rakenteet sekä neuraalinen järjestelmä, joka aistielimiltä keräämänsä palautteen perusteella ohjaa rangan stabiointia staattisissa ja dynaamisissa kuormitustilanteissa. Hallinnan ongelma voi aiheutua puutteellisesta toiminnasta missä tahansa järjestelmän kolmesta osasta. (Panjabi 1992, 384-386.)



Kuvio 3. Stabiiloiva järjestelmä. Mukaellen (Panjabi 1992, 384)

Neuraalisen järjestelmän ongelmat voivat ilmetä lihasten yli- tai aliaktiivisuutena tai vääränä aktivointijärjestyksenä. Lihakset voivat toimia tehtävänsä nähden liian pienellä tai liian suurella voimalla ja ne voivat aktivoitua liian aikaisin tai liian myöhään. Toiminnan häiriö voi johtua keskushermoston ohjauksesta tai hermo-lihasliitoksesta. Neuraalisen järjestelmän toimintahäiriöt aiheuttavat lisäkuormitusta aktiivisille ja passiivisille rakenteille. (Panjabi 1992, 385.)

Bergmark luokitteli stabiloivat lihakset rakenteen ja toiminnan perusteella lokaaleiksi tai globaaleiksi (Bergmark 1989). Comerford ja Mottram täydentävät luokittelua jakamalla lihakset kolmeen ryhmään: syvät stabiloivat (local stabilisers), pinnalliset stabiloivat (global stabilisers) ja pinnalliset liikuttavat (global mobilisers) lihakset (Comerford & Mottram 2001). Elphinston nimeää luokat osuvasti nivelen kontrolloijiksi, liikkeen kontrolloijiksi ja liikkeen tuottajiksi (Elphinston 2008, 33).

Syvien stabiloivien lihasten tehtävä on säilyttää nivelen neutraali asento. Ne toimivat toonisesti segmentiaalisella tasolla, koko nivelen liikeradalla ja kaikkiin liikesuuntiin aktivoituen liikettä ennakoivasti. Pinnalliset stabiloivat lihakset hallitsevat nivelen stabilititeettia konsentrisella, isometrisella sekä eksentrisella toimintatavalla liikesuuntaan ja sitä vastaan. Lisäksi ne osallistuvat rotaatio-suunnan hallintaan. Pinnalliset liikuttavat lihakset tuottavat aktiivisesti liikkeen nivelen koko liikeradalla. Erityisen tehokkaita ne ovat sagittaalisella tasolla. Lisäksi niillä on stabilointia avustava rooli korkean kuormituksen tilanteissa. (Comerford & Mottram 2001)

Syvät ja pinnalliset lihakset toimivat yhdessä tarkkaan koordinoitulla tavalla. Stabiloivien lihasten puutteellinen toiminta esimerkiksi kivun, väsymyksen tai väärin liikemallien takia johtaa kompensatorisiin liikemalleihin, joissa pinnalliset liikuttavat lihakset ottavat stabilointitehtävän hoidettavakseen. Normaalisti liikettä tuottavien lihasten rakenne ei ole optimaalinen tarkkuutta vaativaan segmentiaaliseen hallintaan, vaan kompensatio johtaa toiminnalliseen instabiiliteettiin ja biomekaanisiin ongelmiin. (Elphinston 2008, 33-36.)

Kompensatoristen liikemallien aiheuttaman toiminnallisen instabiiliteetin takana voi olla heikko asentotunto, liikkuvuuden rajoitukset, toiminnallinen jäykkyys, puutteellinen lihasvoima, huono tasapaino, vajavaiset liikemallit, puutteellinen käsitys liikevaatimuksista, ongelmat harjoittelussa tai stressi. (Elphinston 2008, 26-30.)

### 4.3 Lonkan stabiliteetti

Kibler ym. määrittelee keskivartalon kontrollin merkityksen raajojen toiminnalle (korostus tämän kirjoittajalta):

The muscles and joints of the hip, pelvis and spine are centrally located to be able to perform many of the stabilising functions that the body will require in order for the distal segments (e.g. the limbs) to do their specific function, providing **the proximal stability for the distal mobility** and function of the limbs.

Keskivartalo on keskeinen elementti miltei kaikissa kineettisissä liikeketjuissa, joten sen voima, hallinta ja liikkuvuus kaikissa kolmessa liiketasossa on tärkeää kaikelle ala- ja yläraajojen toiminnalle. (Kibler, Press & Sciascia 2006, 189-190.)

Liikettä tuottavat lihakset tarvitsevat tukipisteen, jota vasten voimansa suunnata. Toiminnallinen stabiliteetti pitää liikkeen tuettuna oikeassa tasossa ja estää voiman vuotamisen väärään suuntaan. Juoksussa liike tapahtuu sagittaalitasossa ja kaikki ylimääräinen frontaalitason suuntainen liike syö suorituksen biomekaanista tehokkuutta. Stabiliteetti ei myöskään saa pettää liiketason suunnassa. Juoksussa se tarkoittaa lantion putoamista ja istuvaa juoksuasentoa. Vaikka liike tapahtuukin sagittaalitasossa, juoksussakin tärkeää on vartalon akselien ympäri tapahtuva transversaalitason kiertoliike. Alaraaja kiertyy nilkasta lonkkaan askeleen eri vaiheissa ja lantion kierto vaatii rintarangan vastakierron. (Elphinston 2008, 14-21.)

Juoksuaskeleen tukivaihe on suljetun kineettisen ketjun toiminto, jonka aikana alaraajan proksimaalinen stabiliteetti hallitsee juoksijan massan painovoiman vertikaalisen komponentin aiheuttamat väännöt lantiossa. Lantion kontralateraalisen puolen putoaminen frontaalitasossa on merkki lantion stabiliteetin puutteista. (Burnet & Pidcoe 2009, 284.)

Askelen tukivaiheen alussa lonkanivel kääntyy 14-16° adduktioon. Samaan aikaan vartalo menee lateraalifleksioon ja lantion vastakkainen puoli laskeutuu. Adduktiosuunnan liikettä pidetään iskua vaimentavana mekanismina. (Schache, Bennell, Blanch & Wrigley 1999, 39.) Lantion frontaalitason liikkeet eriyttävät



alaraajan toiminnan ja vaimentavat ylävartalon liikettä frontaalitasossa (Novacheck 1998). Abduktiosuunnan vääntömomentti lonkkanivelessä ilmenee heti juoksuaskeleen tukivaiheen alussa ja kestää aivan sen loppuun saakka. Ponnistusvaiheen lopussa vääntömomentti kääntyy adduktiosuuntaan. Heilahdusvaiheen aikana frontaalitason voimat lonkassa ovat pieniä. (Hamner, Seth & Delp 2010, 2712; Schache, Blanch, Dorn, Brown, Rosemond & Pandy 2011, 1264-1265.) Juoksunopeuden nostaminen 3,5 m/s:sta 8,95 m/s:iin nosti lonkkaan kohdistuvan vääntömomentin 1,65-kertaiseksi (Schache ym. 2011, 1264-1265).

Lonkan tärkeimmät suljetun kineettisen ketjun toiminnoissa lateraalisen suunnan stabiloinnista vastaavat lihakset ovat m. gluteus medius ja minimus (Willson, Dougherty, Ireland & Davis 2005, 318). Gottschalk ym. korostavat TFL:n roolia lonkan loitontajana ja pitävät gluteus mediusta ja minimusta lonkkaa stabiloivina lihaksina (Gottschalk, Kourosh & Leveau 1989, 184-188). Abduktiosuunnan vääntöön askeleen tukivaiheessa vastaa ekstentrisellä lihastyöllä pääosin m. gluteus medius. Työntövaiheeseen tultaessa työ muuttuu konsentriseksi. (Novacheck 1998, 86-87.) EMG-tutkimuksissa gluteus medius on havaittu aktivoituvan voimakkaasti heti tukivaiheen alussa (Cappellini, Ivanenko, Poppele & Lacquaniti 2006, 3431; Gazendam & Hof 2007, 608; Hamner ym. 2010, 2713). Gazendam ym. havaitsivat lisäksi toisen aktivaatiohuipun askeleen työntövaiheeseen tultaessa (Gazendam & Hof 2007, 608).

Lantion ja lonkkanivelen kiertyminen transversaalitasossa juoksuaskeleen tukivaiheeseen tultaessa poikkeaa oleellisella tavalla kävelyaskeleesta. Kävelyssä lantio kiertyy askelpituuden maksimoimiseksi sisäänpäin ja lonkkanivel suhteellisesti ulospäin, kun taas juoksun tukivaiheen edellä lentovaiheessa, kun molemmat jalat ovat irti maasta, lantio alkaa kiertyä ulospäin, jolloin lonkkanivel kiertyy vastaavasti alaraajan asennon säilyttämiseksi sisään. Lantion ulkokierto on maksimissaan tukivaiheen keskivaiheessa. Loppuvaiheessa lantio alkaa kiertyä sisäänpäin ollen ponnistusvaiheessa neutraalissa asennossa. Lantion ulkokierto tukivaiheessa pienentää horisontaalisen voiman vaikutusta. (Ounpuu 1994, 852-853; Novacheck 1998, 81-84; Schache ym. 1999, 40-42.)

Lonkkaan transversaalitasossa kohdistuvat voimat pysyvät tukivaiheen alun eksternaalisen vääntömomentin jälkeen tasaisempana, mutta nousevat vauhdin myötä yli kaksinkertaisiksi (Hamner ym. 2010, 2712; Schache ym. 2011, 1266). Työtä tässä tasossa lonkan lihaksista tekevät m. gluteus maximus, gluteus medius, piriformis, superior/inferior gemelli, quadratus femoris, obturatore externus/internus (Gottschalk ym. 1989, 184-188; Willson ym. 2005, 318).

#### **4.4 Polven stabiliteetti**

Juoksuaskeleen tukivaiheessa polvi koukistuu kosketushetken 15-30°:sta jopa 40-60°:een oieten taas ponnistusvaiheessa keskimäärin 25°:seen (Ounpuu 1994, 852-853; Novacheck 1998, 82; Hamner ym. 2010, 2711).

Tukivaiheen ensimmäisen 60% ajan lihakset tekevät eksentrisesti työtä kehon painopistettä jarruttaen. Noin puolet eteenpäin menevän liikkeen jarrutukseen ja vertikaaliseen painopisteen kannatteluun tarvittavasta voimasta tuottavat eksentrisesti etureiden quadriceps-lihakset ja toisen puolet lonkan ojentajat. (Hamner ym. 2010, 2713.) Quadriceps-lihakset aktivoituvat jo askeleen heilahdusvaiheen lopussa jalan ojentuessa eteen ennen kontaktia maahan. Tukivaiheessa m. vastus medialis ja vastus lateralis aktivoituivat voimakkaimmin. (Montgomery, Pink & Perry 1994, 273-275; Gazendam & Hof 2007, 607; Hamner ym. 2010, 2713.) Vastus medialiksen aktivointumistaso on vähiten riippuvainen juoksunopeudesta (Gazendam & Hof 2007, 607). Ponnistusvaiheessa polven ojentajat tuottavat juoksunopeudesta riippuen 14-22% eteenpäin vievästä voimasta (Novacheck 1998, 87).

M. vastus medialiksen ja vastus lateraliksen voimien tasapainoa ja aktivoitumista on patellan linjauksen kannalta tutkittu sekä anatomiaan perehtyen että matemaattisesti mallintaen (Lee, Sandusky, Adeli & McMahon 2002; Amis 2007; Cavazzuti ym. 2010, 290; Dhaher & Kahn 2002; Elias, Cech, Weinstein & Cosgrea 2004). EMG-tutkimuksessa eivät tosin ole löydetty yhteyttä PFPS-oireisiin (Besier ym. 2009, 903; Cavazzuti ym. 2010, 294).

Frontaali- ja transversaalitasoilla polveen kohdistuu tukivaiheen alussa juoksu-  
vauhdin myötä voimakkaasti kasvava vääntömomentti adduktion ja sisäkierron  
suuntiin (Schache ym. 2011, 1264-1266). McClay & Manal mittausten mukaan  
jopa 18,9% työstä polvinivelessä juoksuaskeleen tukivaiheen aikana tehdään  
frontaalitasossa (McClay & Manal 1999). Varus/valgussuunnissa polvinivelen  
dynaaminen stabilitetti perustuu quadriceps- ja hamstringslihasten ko-kontrakti-  
oon. TFL, gracilis ja sartorius myös osallistuvat valgussuunnan stabilointiin var-  
sinkin pienillä polvikulmilla. (Lloyd & Buchanan 2001, 1264-1266.) Bezierin ym.  
tutkimuksessa PFPS-oireisilla havaittiin poikkeavuutta quadriceps/hamstrings  
-ko-kontraktiossa (Besier ym. 2009).

#### **4.5 Nilkan stabiliteetti**

Nilkan pronaatio juoksuaskeleen tukivaiheen kaltaisessa suljetun kineettisen  
ketjun liikkeessä muodostuu kolmesta liikekomponentista: talocrulaarinivelen  
dorsifleksiosta, subtalaarinivelen eversioista ja jalan etuosan abduktiosta. Supi-  
naatioon vastaavasti kuuluu talocrulaarinivelen plantaarifleksio, subtalaarinive-  
len inversio ja jalan etuosan adduktio. (Dugan & Bhat 2005, 605.) Subtalaarini-  
velessä (STJ) tapahtuu vastaavasti eversio, abduktio ja dorsifleksio os. calca-  
neuksen suhteessa os. talukseen nähden (Donatelli 1993, (DeLeo ym. 2004,  
984) mukaan). Kun calcaneus ei maakontaktin takia pääse abduktoitumaan, ta-  
lus adduktoituu ja kiertyy mediaalisesti. Tämä taas aiheuttaa talocrulaarinive-  
lessä tibian sisäkierron. Juoksuaskeleen tukivaiheen alussa polvinivel fleksio-  
tuu, joka vahvistaa tibian sisäkiertoa. Tukivaiheen lopussa ponnistusvaihetta  
kohti nivelten liikesuunta kääntyy vastaiseksi. (DeLeo ym. 2004, 984.) Pro-  
naation ja tibian sisäkierron yhteys havaittiin mm. McClayn ja Manalin tutkimuk-  
sessa (McClay & Manal 1998). Pronaatio on suurimmillaan askeleen tukivai-  
heen 40% kohdalla ja 70%:ssa palannut jo neutraaliksi. STJ:n supinaatio  
jäykistää tarsaalnivelen lukittumisen kautta jalan etuosan ponnistusta varten.  
(Novacheck 1998, 90.) Lukitusmekanismi saattaa toimia myös pehmytosaku-  
dosten välityksellä (Pohl, Messenger & Buckley 2007, 300-301).

Noin 80% kestävyysjuoksijoista on kanta-astujia (Novacheck 1998, 78; Kerr ym. 1983 Stackhouse, Davis & Hamill 2004 mukaan). Päkiällä tai koko jalalla askeleen tukivaiheeseen tulevilla on tutkimuksissa todettu vähäisempi taipumus kantaluun eversioon (Stackhouse ym. 2004; Pohl & Buckley 2008).

Subtalaarinivelen eversiota askeleen tukivaiheessa hallitsevista lihaksista tärkein on m. tibialis posterior. M. gastrocnemius ja soleus jarruttavat eksentrisellä työllä nilkan dorsifleksiota, mutta se toimii kantaluun asennosta riippuen myös invertioijana tai evertioijana. (Klein, Mattys & Rooze 1996, 28; Ness, Long, Marks & Harris 2008, 332; Lee & Piazza 2008, 3368-3370.) O'connorin ym. tutkimuksissa ei tosin saatu havaintoa kantaluuta invertioivien lihasten aktiivisuuden kohoamisesta pronaatiota korostavilla kengillä juostessa, mikä kyseenalaistaa niiden merkityksen pronaation hallinnassa (O'Connor & Hamill 2004; O'Connor, Price & Hamill 2006). Peroneus longus puolestaan toimii pronaation hallinnan apuna ykkössäteen (mediaalinen cuneiform, 1. metatarsaali ja isovarvas) stabiloijana (Subotnick 1975 Bellew, Frilot, Busch, Lamothe & Ozane 2010 mukaan).

Tibialis anteriorin merkitystä pronaation hallinnassa on tutkittu sen vääntövirtaa arvioimalla ja sen vaikutus on todettu riippuvan STJ:n asennosta. Kun nilkka on valmiiksi eversiossa, tibialis anterior toimii evertioijana ja invertioijana vasta, kun STJ on inversiossa. (Klein ym. 1996, 28; Lee & Piazza 2008, 3368-3370.) Sen aktivoituminen poikkeaa pohjelihaksista oleellisella tavalla. Tibialis anterior aktivoituu tukivaiheen lopussa juuri ennen heilahdusvaihetta ja aktiivisuus huipentuu ko-kontraktiona triceps suraen kanssa juuri ennen kantapään maakontaktia, minkä jälkeen aktiivisuus häviää nopeasti. (Cappellini ym. 2006, 3431; Sasaki & Neptune 2006, 2009; Gazendam & Hof 2007, 608.)

Jalan intrinsic-lihaksien (m. abductor digiti minimi, extensor digitorum brevis, dorsal interosseus, abductor hallucis flexor digitorum brevis ja flexor hallucis brevis) on havaittu osaltaan toimivan mediaalisen pitkittäisholvin kannattajina ja siten olevan mukana pronaation hallinnassa (Mann & Inman 1964, 476-480; Fiolkowski, Brunt, Bishop, Woo & Horodyski 2003, 329). Jalkaterän lihasten väsymisen onkin todettu aiheuttavan pitkittäisholvin laskeutumista ja subtalaari-

nivelen ylipronaatiota (Headlee, Leonard, Hart, Ingersoll & Hertel 2008, 423-424). Passiivisista rakenteista plantaarifaskia vastustaa pronaatiota windlass-mekanismiin kautta tukemalla jalan mediaalista pitkittäisholvia askeleen varvastyöntövaiheessa (Hicks 1954; Boissonnault & Donatelli 1984; Aquino & Payne 1999; Fuller 2000; Dugan & Bhat 2005, 608).

#### **4.6 Stabiiliteetin harjoittaminen**

Stabiiliteetin harjoittamisessa tulee huomioida sekä syvä että pinnallinen järjestelmä. Syviä stabiloivia lihaksia harjoitetaan nivelen neutraalissa asennossa. Kuormituksen taso on matala ja harjoittelu kohdistuu lihasten hallintaan, eikä voimaan tai liikkuvuuteen. Pinnallisia stabiloivia lihaksia taas harjoitetaan pettävään liikesuuntaan koko liikeradalla. Harjoittelu aloitetaan eriytyillä liikkeillä ja edistyksen myötä siirrytään integroituihin ja toiminnallisiin harjoituksiin. (Cowan, Bennell, Hodges, Crossley & McConnell 2001.)

Motorisen kontrollin harjoittelun jälkeen voidaan jatkaa pinnallisen stabiloivan järjestelmän voimaharjoitteluun, joka valmistaa lihakset korkean kuormituksen tilanteisiin. Harjoitus kohdistuu useisiin lihaksiin yhdessä ja siinä huomioidaan sekä nopeat että hitaat lihassolut. Rotaatiosuunnan harjoittaminen tulee mukaan tässä vaiheessa. (Comerford 2004.) Stabiiloinnin harjoittelussa korostetaan lihaskestävyyden harjoittamisen merkitystä (Hibbs, Thompson, French, Wrigley & Spears 2008, 999-1000). Pitkäkestoisissa urheilusuorituksissa on havaittu aiheuttavan lihasten väsymistä ja siitä johtuvia muutoksia juoksu-tekniikassa (Millet & Lepers 2004, 106-107; Gerlach, White, Burton, Dorn, Leddy & Horvath 2005; Miller ym. 2007; Saldanha, Nordlund Ekblom & Thorstensson 2008; Dierks ym. 2008).

Lihask-hermojärjestelmän haastamiseksi harjoittelua voidaan tehostaa nivelten stabiiliteetin harjoittelulla kokontraktion avulla, tasapainoharjoittelulla, epävakaa alustan käytöllä, hyppyharjoituksilla ja urheilulajin erityistaitojen harjoittamisella. Stabiiloinnin harjoittelua tulisi suorittaa urheilusuorituksen mukaisissa asennoissa ja liiketasoissa. (Akuthota & Nadler 2004, 90-91.) Siirtovaiku-

tuksen tehostamiseksi harjoittelun tulisi olla toiminnallista ja spesifistä (Hibbs ym. 2008, 1000).

Matalatehoinen staattinen tai alhaisella liikenopeudella suoritettu stabiiliteettiharjoittelu vaikuttaa neuraalisen järjestelmän kautta. Harjoittelu kehittää motoristen yksiköiden rekrytointia ja synkronointia sekä keskushermoston ohjausta. (Hibbs ym. 2008, 1005.) Neuraalinen adaptaatio näkyy jo yhden harjoituksen jälkeen ja jopa saman harjoituksen aikana. Jo muutaman testiliikkeen suorituksen on aiheuttavan voimantuottonopeuden tehostumisen. (Calder & Gabriel 2007; Peterson, 2009.)

Voimaharjoittelu vaikuttaa lihaksen voimantuottokykyyn lihasten morfologisten muutosten ja lihashermojärjestelmän toiminnan tehostumisen kautta (Folland & Williams 2007). Neuromuskulaarisen järjestelmän toiminnan tehostumisella on suuri merkitys lihasten suorituskyvyn paranemisessa erityisesti lyhyellä aikavälillä. Havainnot lihasvoiman nopeasta kasvusta heti harjoittelun alkuvaiheessa ja voimaharjoittelun kontralateraalista siirtovaikutuksista korostavat lihasten neuraalisen ohjauksen merkitystä. (Gabriel, Kamen & Frost 2006; Folland & Williams 2007; Peterson, 2009.) Neuraalista adaptaatiota voimaharjoitteluun on havaittu sekä keskushermostossa että perifeeraalisesti lihas-hermoliitoksessa (Carroll, Riek & Carson 2002; Gabriel ym. 2006; Peterson, 2009).

## **5 Urheilusuoritukseen valmistautuminen**

### **5.1 Valmistautumisen tavoite**

Urheilusuoritusta edeltävän valmistautumisen tavoitteena on valmistella urheilijan elimistö suorituksen vaatimalle tasolla ja vähentää vammautumisen riskiä (Woods, Bishop & Jones 2007, 1090). Lyhytaikaisissa maksimaalista ponnistusta vaativissa urheilusuorituksissa valmistautumisen tärkein tehtävä on lihasten lämpötilan nostaminen. Lämpötilan nousu vähentää lihasten ja nivelten jäykkyyttä ja nopeuttaa hermoston toimintaa sekä solujen aineenvaihduntaa. Useampia minutteja kestävä submaksimaalista suoritusta edeltävällä val-

mistautumisella pyritään lisäksi nostamaan elimistön hapenkulutus lähemmäs suorituksen vaatimaa tasolle ja näin pienentämään suorituksen ensi minuuttien aikana mahdollisesti syntyvä happivelka. Urheilusuorituksen pidentyessä ja sen tehon laskiessa valmistautumisen merkitys pienenee. (Bishop 2003, 485-492.)

Passiivisessa valmistautumisessa lihasten lämpötilaa nostetaan ulkoisen lämmön avulla. Aktiivisessa valmistautumisessa urheilija lämmittää elimistönsä kevyen liikunnan avulla. Aktiivinen lämmittely voi olla yleistä tai lajispesifistä. (Bishop 2003, 484.)

Asianmukaisella valmistautumisella on todettu olevan sekä suorituskykyä kohtava että vammoja ehkäisevä vaikutus (Fradkin, Gabbe & Cameron 2006, 216; Woods ym. 2007, 1094; Fradkin, Zazryn & Smoliga 2010, 143-145). Stabiilivien lihasten voimaa ja hallintaa kehittävien harjoitusten lisäämisen urheilijoiden valmistautumisrutiinin osaksi on useissa tutkimuksissa todettu vähentävän akuutteja alaraajavammoja eri palloilulajeissa (Holm, Fosdahl, Friis, Risberg, Myklebust & Steen 2004; Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme & Bahr 2005; Pasanen, Parkkari, Pasanen, Hiilloskorpi, Mäkinen, Järvinen & Kannus 2008; Soligard, Myklebust, Steffen, Holme, Silvers, Bizzini, Junge, Dvorak, Bahr & Andersen 2008; Hägglund, Waldén & Atroshi 2009). Grandstrand ym. tutkimuksessa aktivoivalla lämmittelyohjelmalla ei todettu olevan vaikutuksia naisjalkapalloilijoiden polven hallintaan hyppytestin alastulossa (Grandstrand, Pfeiffer, Sabick, DeBeliso & Shea 2006). Neuromuskulaarisen järjestelmän aktivoinnilla on todettu olevan myös polven asentotuntoa parantava vaikutus (Bartlett & Warren 2002).

Vammojen ehkäisy tarkoitettu neuromuskulaarinen harjoitusohjelma sopii hyvin urheilusuoritukseen valmistautumisen yhteydessä suoritettavaksi. Harjoitus vaatii vain vähän aikaa mikä tekee sen hyväksymisen helpommaksi ja harjoitteet tulee tehtyä useammin. Harjoitteet myös toimivat paremmin ennen varsinaista harjoitusta tuorein voimin. (Bien 2011, 271-273.)

## 5.2 Valmistautumisrutiinin rakenne

Fradkin ym. mukaan Safran ym. suosittelee urheilusuoritukseen valmistautumisrutiiniin kolmea komponenttia: yleistä aerobisesta elimistön lämpötilaa nostavaa jaksoa, lajispesifisestä lihasten venyttelyä ja suoritukselle oleellisten liikemallien aktivointia (Fradkin ym. 2006, 215).

Valmistautumisrutiinin suunnittelussa tulee ottaa huomioon sen kesto, intensiteetti ja palautuminen ennen suoritusta. Lyhyeen korkeatehoiseen suoritukseen valmistautumiseen suositellaan 5-10 minuutin mittaista noin 40-60% VO<sub>2</sub>max tehoista liikuntaa viiden minuutin palautumisen kera. Hapenottokyvyn kannalta vaativammissa suorituksissa lämmittelyn teho tulee olla lähempänä suoritusten tehoa kuitenkin niin että lämmittely ei ole liian rasittava ja lihasten energiavarastoja kuluttava. Valmistautumisrutiinin yleisen osan jälkeen suositellaan suoritusten kannalta oleellisten lihasryhmien neuromuskulaarista aktivointitasoa korottavia korkeatehoisia lajispesifisiä osioita. (Bishop 2003, 492-496.)

Staattisen pitkäkestoisien venyttelyiden on useissa tutkimuksissa todettu vaikuttavan negatiivisesti urheilijan suorituskykyyn erityisesti nopeaa voimantuottoa ja lihaskestävyyttä vaativissa suorituksissa (Nelson, Kokkonen & Arnall 2005; Nelson, Driscoll, Landin, Young & Schexnayder 2005; Vetter 2007). Suoritusta edeltävän staattisen venyttelyn on todettu heikentävän myös urheilijan reaktiokykyä, tasapainoa ja liikenopeutta (Behm, Bambury, Cahill & Power 2004). Staattisen venyttelyn sijaan suositellaankin dynaamisia ja tulevaa suoritusta muistuttavia liikeosioita sisältävää lämmittelyä (McMillian, Moore, Hatler & Taylor 2006; Little & Williams 2006; Fletcher & Monte-Colombo 2010). Venyttelyn haittavaikutuksia on voitu lievittää sen jälkeen suoritettavalla lajinomaisella harjoituksella tai kevyellä aerobisella liikunnalla (Taylor, Sheppard, Lee & Plummer 2009; Murphy, Di Santo, Alkanani & Behm 2010). Pearce ym. tutkimuksessa tosin ei tälläistä vaikutusta havaittu (Pearce, Kidgell, Zois & Carlson 2009).



## 6 Juoksijan polvivammojen ehkäisyn menetelmät ja ratkaisut

Urheiluvammojen ehkäisyyn tähtäävien interventioiden suunnittelua ja toteutusta ohjaavan TRIPP-kehysmallin ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa perehdytään tutkimustiedon valossa urheiluvamman esiintyvyyteen ja etiologiaan.

Luvussa 2 esitetyn kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan nimetä patellofemoraaalisen ja iliotibiaalisen oireyhtymän ulkoiset ja sisäiset riskitekijät (taulukko 2) sekä kuvata niiden vammamekanismit Bahrin ja Krosshaugin kehittämän mallin mukaisesti (taulukko 3).

Taulukko 2. Polvivammojen riskitekijöitä. (Witvrouw ym. 2005; Dixit ym. 2007; Waryasz & McDermott 2008; Beers ym. 2008; Grau ym. 2011)

PFPS	ITBS
<p><b>Sisäiset riskitekijät</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• vastus medialis/medialis heikkous</li> <li>• vastus medialis/lateralis lihastaspainon ja aktivoitumisen puutteet</li> <li>• pes cavus/planus</li> <li>• ylipronaatio</li> <li>• nilkan valgus</li> <li>• alaraajan heikkous ja lihaskireydet yleisesti</li> <li>• gastrocnemiuksen/soleuksen kireys</li> <li>• yleinen nivelten yliliikkuvuus</li> <li>• hamstringien heikkous/kireys</li> <li>• lonkan koukistajien/loitontajien/lähentäjien heikkous/hallinnan ongelmat</li> <li>• ITB:n kireys</li> <li>• korostunut Q-kulma (genu valgum)</li> <li>• quadricepsien heikkous/kireys</li> <li>• patellan huono liikkuvuus/virheasento</li> <li>• patellan yliliikkuvuus</li> </ul> <p><b>Ulkoiset riskitekijät</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• äkilliset muutokset harjoittelussa</li> <li>• liiallinen harjoittelu</li> <li>• huonot juoksukengät</li> </ul>	<p><b>Sisäiset riskitekijät</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• lonkan loitontajien heikkous</li> <li>• lonkan ulkokiertymien heikkous</li> <li>• lonkan liikkuvuuden puutteet</li> <li>• polven varus-asento</li> <li>• korostunut Q-kulma</li> <li>• polven koukistusikulma tukivaiheessa</li> <li>• ITB:n kireys</li> <li>• nilkan ylipronaatio</li> <li>• korkeaholvinen ja jäykkä jalkaterä</li> </ul> <p><b>Ulkoiset riskitekijät</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• äkilliset muutokset harjoittelussa</li> <li>• liiallinen/liian vähäinen harjoittelu</li> <li>• liiallinen alamäkien juoksu</li> <li>• huonot juoksukengät</li> </ul>

Taulukko 3. Vammamekanismit.

	PFPS	ITBS
<b>Tilanne</b>	Juoksun aiheuttama kuormitus	
<b>Urheilija</b>	Juoksutekniikka, kuormitustaso suorituskykyyn nähden	
<b>Koko kehon biomekaniikka</b>	Askelpituus ja -frekvenssi, koko kehoon kohdistuvat voimat, alaraajan linjaus, nivelkulmat lonkassa, polvessa ja nilkassa	
<b>Nivelen/kudoksen biomekaniikka</b>	Patellan linjaus femurin pään suhteen	ITB:n liike femurin lateraalisen epikondylin suhteen

TRIPP-mallin kolmannen vaiheen mukaisesti riskitekijöiden ja vammamekanismien tarkastelulla voidaan tunnistaa ratkaisut ja kehittää menetelmät juoksijan vammautumisalttiuden vähentämiseksi.

Molemmissa polven rasitusvammassa keskeinen vammamekanismi on alaraajan linjauksesta johtuva biomekaniikan häiriötilanne. PFPS:ssä se johtaa patellan epäedulliseen asentoon femurin pään suhteen ja sitä kautta peripatellaaristen kudosten yllirasitukseen. ITBS:ssä femurin lateraalisen epikondylin ja sen yli kulkevan ITB:n välinen puristus kasvaa aiheuttaen näiden välisen kudoksen ärsytystä.

Juoksuaskeleen tukivaiheen kannalta keskeisiä toiminnallisen stabiliteetin vaatimuksia kohdistuu lonkkaniveleeseen frontaali- ja transversaalitasossa ja alempaan nilkkaniveleeseen frontaalitasossa. Lonkan adduktio ja sisäkierto muuttavat alaraajan linjausta molempien rasitusvammojen vammamekanismien kannalta epäedulliseen suuntaan.

Alaraajan linjaukseen voidaan vaikuttaa proksimaalisesti lonkka- ja distaalisesti nilkkanivelen kautta. Lonkkaan juoksuaskeleen tukivaiheen alussa kohdistuvaa lähennys- ja sisäkiertomomenttia voidaan vastustaa lonkan loitontaja- ja ulko-kiertäjäliahasten eksentrisellä työllä. Nilkan ylipronaatio tukivaiheessa taas aiheuttaa tibian sisäkierron, joka muuttaa patellan linjausta ja lisää ITB:n puristusta lateraalista epikondylyä vasten. Ylipronaatioon voidaan vaikuttaa juoksukenkien valinnalla, mutta myös nilkan asentoa hallitsevien lihasten harjoittelulla.

Alaraajan linjaushäiriön ja nilkan ylipronaaation lisäksi PFPS:n osalta etureiden polvea ojentavien quadriceps-lihasten voiman tasapainon ja aktivoinnin ajoituksen puutteet ovat merkittäviä vammojen riskitekijöitä, joihin kaikkiin harjoittelulla voidaan vaikuttaa.

Toiminnallisen stabiliteetin harjoitteet suoritetaan lajinomaisesti pystyasennossa ja harjoitteiden valinnassa pyritään suosimaan unilateraalisia liikkeitä. Liikkeiden valinnalla tulisi pyrkiä myös dynaamisen liikkuvuuden ja tasapainon harjoittamiseen esimerkiksi suorittamalla harjoitteita yhdellä jalalla seisten sekä epävakaiden alustojen käytöllä. Tukijalan stabilointia voidaan haastaa vapaan jalan juoksuaskeleen tapaisilla sagittaalitasoon liikkeillä. Suoritustekniikassa pyritään tarkkuuteen ja täsmällisyyteen. Liikkeet pyritään suorittamaan rauhallisella tempolla, mutta osana harjoitusta suositellaan käytettäväksi myös nopeaa voimantuottoa aktivoivia harjoitteita, esimerkiksi yhden jalan varassa suoritettavia hyppyjä ja loikkia. Liikkeiden ja toistojen määrä pidetään alhaisena, millä vältetään lihasten väsyminen ennen varsinaista urheilupäivän suoritusta.

Harjoitusohjelma suositellaan toteutettavaksi juoksuharjoitusta edeltävän valmistautumisrutiinin osana ja sillä pyritään lihasten aktivointitasoon kohottamiseen varsinaisen harjoituksen vaatimalle tasolle neuraalisen adaptaation keinoin. Valmistautumisen osana toteutetut stabilointiharjoitukset toistuvat harjoittelussa päivittäin ja näin saadun toistokertymän kautta ne vaikuttavat myös pitkällä aikavälillä harjoitettavien lihasten voiman lisääntymiseen morfologisten muutosten kautta.

Kolmiosaisessa valmistautumisrutiinin rakenteessa lajinomaiset harjoitteet kuuluvat sen viimeiseen vaiheeseen. Harjoituksen tavoitteesta riippuen valmistautuminen voidaan kuitenkin toteuttaa hyvin erilaisilla tavoilla (kuvio 4). Kevyen harjoituksen alla harjoitusohjelma voi ainoa valmistava osakin. Juoksuharjoitusta edeltävään valmistautumisrutiiniin liitettynä harjoitusohjelma on vaivaton suorittaa ja tulee helpommin tehtyä säännöllisesti. Se tulisi voida toteuttaa erilaisissa olosuhteissa niin sisällä kuin ulkonakin. Kestoltaan ohjelman tulisi olla 5-10 minuuttia. Harjoitusohjelman ei tulisi vaatia mitään erityisiä välineitä tai suorituspaikkoja.

## Tehoharjoitus tai kilpailu



## Normaali harjoitus



Kuvio 4. Harjoitusohjelma erilaisten harjoitukseen valmistautumisrutiinien osana.

## 7 Opinnäytetyön toteutus

### 7.1 Tarkoitus ja tehtävä

Opinnäytetyön tarkoitus on tuoda esille ratkaisut ja menetelmät kahden esimerkiksi valitun kestävyysjuoksijan polven rasitusvamman ennaltaehkäisyyn. Työn tehtävä on koota yhteen vammojen esiintyvyyteen, etiologiaan ja ehkäisyyn liittyvä tutkimustieto ja sen perusteella tunnistaa tehokkaat ratkaisut ja kehittää menetelmät niiden ennaltaehkäisyn toimenpiteiden suunnittelun lähtökohdaksi. Työn tulosten perusteella voidaan lähteä suunnittelemaan erilaisille kohderyhmille soveltuvia harjoitusohjelmia ja niiden käyttöönottoa. Menetelmiä voidaan soveltaen hyödyntää myös juoksijan polven rasitusvammojen kuntoutuksessa.

Työ on toiminnallinen opinnäytetyö. Työn tuotos on tämä raportti, jossa kuvataan tutkimustietoon perustuva vammojen ennaltaehkäisyn ratkaisuiden ja menetelmien valinta. Työn kohderyhmä on fysioterapeutit ja liikuntalääketieteen ammattilaiset. Tuloksia voivat hyödyntää myös kestävyysjuoksijoiden harjoitte-

lua suunnittelevat valmentajat sekä rasitusvammojen ennaltaehkäisystä kiinnostuneet juoksun harrastajat.

## **7.2 Aikataulu**

Työ tekeminen alkoi toukokuussa 2010, jolloin valitsin aiheen työlleni ja tein ensimmäisen version työsuunnitelmasta. Tietoperustan kokoaminen työtä varten alkoi seuraavana syksynä jatkuen aina työn viimeistelyyn saakka. Raportin kirjoittaminen alkoi loppusyksystä 2010 ja sen viimeistelyvaiheeseen pääsin syksyllä 2011.

## **7.3 Tiedonkeruu**

Tiedonkeruu työtä varten alkoi juoksijoille tyypillisiin rasitusvammoihin perehtymisellä. Työn aihe tarkentui pian polven vammoihin ja niistä kahteen yleisimpään, jotka muodostavat merkittävä osan juoksun harrastajien vammoista.

Tiedonhankinnassa päätin keskittyä kansainvälisten julkaisuartikkelien käyttöön. Vapaasti Internetin välityksellä (PubMed, Google Scholar) saatavilla olevien ja Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulun kirjaston tarjoamien tutkimustietokantojen anti osoittautui hyvin rajalliseksi, joten päädyin käyttämään tiedonhaussa pääasiassa Helsingin yliopiston Meilahden kampuskirjaston ja Jyväskylän yliopiston kirjaston palveluita. Etäyhteyksien käyttö tiedonhaussa on yliopistoissa rajattu vain niiden omille opiskelijoille, joten artikkelien hakeminen tietokannoista merkitsi useita vierailuja näissä kirjastoissa.

Tutkimustiedon keräämisen aloitin hakemalla tietokannoista tuoreimpia tutkimuskatsauksia, joiden kautta pääsin käsiksi alkuperäisiin tutkimuksiin. Tutkimusten viiteluetteloiden kautta pääsin taas askeleen syvemmälle. Näin keskeinen tutkimustieto aiheen tiimoilta alkoi selkiintyä, kun samat tutkijat ja tutkimukset nousivat toistuvasti esiin.

Bahrin ja Krosshaugin malli vammojen riskitekijöiden ja vammamekanismien analysoimiseksi osoittautui oleellisen tärkeäksi välineeksi vammoista kertyneen

laajan tutkimustietoaaineiston jäsentämisessä. Malli tarjosi systemaattisen tavan lokeroida tutkimukset paikoilleen ja hahmottaa niiden välisiä suhteita.

Jo työn alkuvaiheista lähtien olin kiinnostunut nimenomaan rasitusvammojen ennaltaehkäisystä. Niinpä laajensin tiedonhakua koskemaan urheiluvammojen ennaltaehkäisyä ja sen metodiikkaa. Vaikka urheiluvammojen ennaltaehkäisyn merkitys on viime aikoina noussut esiin, perusteltuja esityksiä systemaattisiksi menetelmiksi interventioden suunnitteluun ja toteutukseen ei juurikaan ole tehty. Finchin esittämä TRIPP-kehysmalli osoittautui työni kannalta erittäin toimivaksi ja sen avulla työn aiheen rajauskin tarkentui opinnäytetyön työmäärän nähden sopivaksi. Malli tarjoaa myös selkeät suuntaviivat työni jatkamiseksi juoksijan polvivammojen ehkäisyinterventiona.

Vammojen etiologian ja hoitomenetelmien tietämyksen syventymisen myötä ennaltaehkäisyn ratkaisut ja menetelmien suuntaviivat alkoivat hahmottua ja täydensin viitekehystä alaraajan stabiloinnin harjoittamiseen sekä urheilusuoritukseen valmistautumiseen liittyvällä tutkimustiedolla.

#### **7.4 Työn tuotos**

Laajan ja osittain ristiriitaisenkin patellofemoraalista ja iliotibiaalista oireyhtymää käsittelevän tutkimustiedon jäsentymisen myötä ennaltaehkäisyn ratkaisut ja menetelmät alkoivat hahmottua mielessäni. Riskitekijöiden ja vammamekanismien analysointi nosti selkeästi esiin alaraajan linjauksen ja stabiloinnin harjoittelun merkityksen. Kappaleessa 6 kuvattu TRIPP-mallin kolmannen vaiheen mukainen ennaltaehkäisyn ratkaisuiden ja menetelmien määrittely oli loppujen lopuksi varsin suoraviivainen tehtävä.

Opinnäytetyön rajauksen myötä varsinaisten harjoitusohjelman ja -liikkeiden suunnittelun olen jättänyt työni jatkajien tehtäväksi. Ratkaisuni perustuu täysin opinnäytetyön työmäärän rajauksen tarpeisiin. Kahden tekijän työnä koko TRIPP-prosessin läpikäynti olisi ollut järkevän kokoinen hanke.

Ennaltaehkäisyn menetelmiä pohtiessani laadin erilaisia harjoitusohjelmia ja koekelin niitä käytännössä eri tasoisten juoksijoiden kanssa. Käytin erilaisia harjoitusohjelmia ja kehittelin niihin sopivia liikkeitä myös koko opinnäytetyöprosessin ajan osana omaa juoksuharjoitteluani.

Harjoitusohjelman liittäminen juoksuharjoituksen valmistavaan osaan perustui suurelta osin juoksuharrastajilta saamiini kommentteihin. Erillinen harjoitusohjelma koetaan helposti tarpeelliseksi vasta sitten kun vaivoja ilmaantuu. Juoksuharjoituksen yhteyteen sijoitettu harjoitusohjelma taas tuntui luontevammalta ja siitä muodostui monelle osa lenkille lähdön rutiineja. Harjoitusohjelmaa pidettiin jopa eräänlaisena keskittymisrituaalina, jonka avulla arjen kiireistä siirryttiin juoksuharjoituksen pariin.

Alaraajan stabiloinnin harjoittamisen merkitystä vahvisti tutkimustiedon lisäksi myös henkilökohtaiset kokemukseni kehonhallintaa korostavien liikuntalajien, kuten joogan ja pilateksen parissa. Useita vuosia kestänyt harrastus on opettanut ajattelemaan kehon toimintaa lihasten ja hermoston yhteistyötä korostavalta näkökannalta. Fysioterapian opinnoissa kertyneeseen tietoon ja kokemukseen yhdistettynä omista harrastuksista ja kiinnostuksen kohteista onkin ollut suunnattomasti hyötyä opinnäytetyön tekemisessä.

## **7.5 Raportin kirjoittaminen**

Raportin kirjoittamisen aloitin heti työn tietoperustan selvittämisen rinnalla. En pitänyt varsinaista opinäytetäpäiväkirjaa, vaan kirjasin esiin tulevia asioita suoraan raportin runkoon.

Raportin rakenne eli jatkuvasti. Alkuvaiheessa työn rajaus ei ollut lainkaan selvä. Alussa opinäytetyön tuotos oli harjoitusohjelma, mutta työmäärän rajoittamiseksi ohjauskeskusteluissa alettiin pian puhua suosituksesta harjoitusohjelmaksi. Finchin TRIPP-mallin kehys jäseni urheiluvamman ennaltaehkäisyn intervention vaiheet ja sen avulla rajasin työni lopullisesti muotoonsa. Samalla raportti löysi rakenteensa ja matkan varrella kirjoittamani tekstit paikkansa siinä.

Raportin kirjoittamista häiritsi se, että työstä puuttui toiminnallisella opinäyte-työlle ominainen tuotos. Erillinen tuotos ja raportti sen syntyyn johtaneen prosessin kuvauksena on selkeä jako. Nyt raportti ja tuotos kehittyivät käsi kädessä eikä kirjoittaessa aina ollut helppo erottaa niitä toisistaan.



## 8 Pohdinta

Juoksulenkkeily on suosittu liikuntamuoto, jonka harrastajien määrä kasvaa voimakkaasti. Polvivaivat ovat yleisiä juoksijoiden keskuudessa ja ne aiheuttavat paljon harmia niin innokkaille harrastajille kuin kilpaurheilijoillekin. Vammoista saattaa jopa muodostua merkittävä este juoksu-harrastukselle. Erityisesti aloittelevien juoksijoiden into lopahtaa helposti vaivoihin.

Rasitusvammoihin puututaan tehokkaimmin ennalta ehkäisevästi. Tässä opinäytetyö on perehdytty kahteen kestävyysjuoksun harrastajalle tyypillisen polven rasitusvamman ennaltaehkäisyyn liittyviin kysymyksiin. Urheiluvamman ennaltaehkäisyä on tarkasteltu systemaattisena ja tieteellisen tutkimuksen tarjoamaan tietoon perustuvana prosessina. Työn tuloksena on tunnistettu ratkaisut ja kehitetty menetelmät, joita voidaan käyttää rasitusvammojen ehkäisytoimien suunnittelun perusteina.

Työn tuloksena määritellyt ratkaisut ja menetelmät kahden esimerkiksi valitun kestävyysjuoksun harrastajalle tyypillisen polven rasitusvamman ennaltaehkäisyyn tarjoavat hyvän lähtökohdan interventioiden suunnittelulle ja toimeenpanolle. Työn tuloksia voivat hyödyntää niin urheilijoiden ja kuntoilijoiden parissa työskentelevät fysioterapeutit ja liikuntalääketieteen ammattilaiset kuin valmentajat tai oman harjoittelunsa kehittämisen kiinnostuneet juoksun harrastajatkin. Ennaltaehkäisyyn lisäksi työn tuloksia voidaan käyttää myös kyseisistä vammoista kärsivien juoksijoiden kuntoutuksen suunnittelussa.

Työssä käyttämäni TRIPP-kehysmalli antaa selkeät suuntaviivat ehkäisytoimien seuraaviksi vaiheiksi. Mallia voi tässä opinäytetyössä käytetyllä tavalla soveltaa myös muiden vammojen ja tapaturmien ehkäisyyn suunnittelussa. Luvun 3 kirjallisuuskatsaus tarjoaa perusteellisen luotauksen patellofemoraalisesta ja iliotibiaalisesta oireyhtymästä saatavilla olevaan tutkimustietoon. Lisätietoa kaipaava voi vielä halutessaan syventää tietämystään laajan lähdeluettelon avulla.

Työni perustuu laajaan tutkimuskatsaukseen. Lähteinä olen käyttänyt tuoreinta saatavilla ollutta tutkimustietoa. Työssä esitetyt ratkaisut ja menetelmät vammojen ehkäisyn toimepiteiksi perustuvat tutkimustietoon, mutta edustavat kuitenkin vain omia näkemyksiäni ja tulkintojani. Työn aiheena olevista rasitusvammoista on tehty paljon tutkimusta, mutta yhteisymmärrystä niiden etiologiasta tai riskitekijöistä saati sitten hoidosta tai ennaltaehkäisystä ei ole syntynyt. Tässäkin työssä tarjoan vain katsauksen tutkimustietoon ja esittelen siitä esiin nousevat mahdolliset menetelmät ja ratkaisut fysioterapian asiantuntijan näkökulmasta.

Työ lähti liikkeelle henkilökohtaisesta kiinnostuksestani aiheeseen. Juoksuharrastus ja omat kokemukset erilaisista urheiluvammoista herättivät halun tutustua rasitusvammojen ehkäisyn mahdollisuuksiin opinäytetyön puitteissa. Työ tarjosikin mielenkiintoisen ja antoisan tilaisuuden tutustua paitsi syvällisesti kahteen aiheeksi valittuun rasitusvammaan myös yleisemmin vammojen ja tapaturmien ehkäisyn suunnittelussa käytettäviin menetelmiin. Opinäytetyöprosessi aikana opin käyttämään tieteellisiä tutkimuksia lähteenä ja käsittelemään keräämääni tietoa systemaattisesti sekä analysoimaan sitä kriittisesti.

Työtäni seuraavat jatkotutkimukset lähtevät luontevasti TRIPP-mallin seuraavien vaiheiden mukaisesti polven rasitusvammojen ehkäisyyn soveltuvan harjoitusohjelman suunnittelusta ja testauksesta valitulla koeryhmällä. Sen jälkeen voidaan edetä laajamittaisen intervention suuntaan ensin valittuun kohderyhmään liittyvien ympäristötekijöiden analyysillä, intervention toteutuksella ja lopuksi sen vaikutusten evaluoinnilla.

## LÄHTEET

- Akuthota, V. & Nadler, S.F. 2004. Core strengthening. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 85 (1), 86-92.
- Amis, A.A. 2007. Current concepts on anatomy and biomechanics of patellar stability. *Sports Med Arthrosc*. 15 (2), 48-56.
- Aquino, A. & Payne, C. 1999. Function of the plantar fascia. *The foot*. 9 (2), 73-78.
- Bahr, R. & Holme, I. 2003. Risk factors for sports injuries--a methodological approach. *British journal of sports medicine*. 37 (5), 384-392.
- 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.
- Baker, V., Bennell, K., Stillman, B., Cowan, S. & Crossley, K. 2002. Abnormal knee joint position sense in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*. 20 (2), 208-214.
- Baldon, R.d.e. M., Nakagawa, T.H., Muniz, T.B., Amorim, C.F., Maciel, C.D. & Serrão, F.V. 2009. Eccentric hip muscle function in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of athletic training*. 44 (5), 490-496.
- Bartlett, M.J. & Warren, P.J. 2002. Effect of warming up on knee proprioception before sporting activity. *British journal of sports medicine*. 36 (2), 132.
- Barton, C.J., Bonanno, D., Levinger, P. & Menz, H.B. 2010. Foot and ankle characteristics in patellofemoral pain syndrome: a case control and reliability study. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 40 (5), 286-296.
- Beers, A., Ryan, M., Kasubuchi, Z., Fraser, S. & Taunton, J.E. 2008. Effects of Multimodal Physiotherapy, Including Hip Abductor Strengthening, in Patients with Iliotibial Band Friction Syndrome. *Physiotherapy Canada. Physiothérapie Canada*. 60 (2), 180-188.
- Behm, D.G., Bambury, A., Cahill, F. & Power, K. 2004. Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and science in sports and exercise*. 36 (8), 1397-1402.
- Bellew, J.W., Frilot, C.F., Busch, S.C., Lamothe, T.V. & Ozane, C.J. 2010. Facilitating activation of the peroneus longus: electromyographic analysis of exercises consistent with biomechanical function. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 24 (2), 442-446.
- Bergmark, A. 1989. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta orthopaedica Scandinavica. Supplementum*. 230, 1-54.
- Besier, T.F., Fredericson, M., Gold, G.E., Beaupré, G.S. & Delp, S.L. 2009. Knee muscle forces during walking and running in patellofemoral pain patients and pain-free controls. *Journal of biomechanics*. 42 (7), 898-905.

- Bien, D.P. 2011. Rationale and implementation of anterior cruciate ligament injury prevention warm-up programs in female athletes. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 25 (1), 271-285.
- Bily, W., Trimmel, L., Mödlin, M., Kaider, A. & Kern, H. 2008. Training program and additional electric muscle stimulation for patellofemoral pain syndrome: a pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 89 (7), 1230-1236.
- Birnbaum, K., Siebert, C.H., Pandorf, T., Schopphoff, E., Prescher, A. & Niethard, F.U. 2004. Anatomical and biomechanical investigations of the iliotibial tract. *Surgical and radiologic anatomy : SRA*. 26 (6), 433-446.
- Bishop, D. 2003. Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 33 (7), 483-498.
- Boissonnault, W.G. & Donatelli, R.A. 1984. The influence of hallux extension on the foot during ambulation. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 5 (5), 240.
- Bolgia, L.A., Malone, T.R., Umberger, B.R. & Uhl, T.L. 2008. Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 38 (1), 12-18.
- Boling, M., Padua, D., Marshall, S., Guskiewicz, K., Pyne, S. & Beutler, A. 2010. Gender differences in the incidence and prevalence of patellofemoral pain syndrome. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 20 (5), 725-730.
- Boling, M.C., Bolgia, L.A., Mattacola, C.G., Uhl, T.L. & Hosey, R.G. 2006. Outcomes of a weight-bearing rehabilitation program for patients diagnosed with patellofemoral pain syndrome. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 87 (11), 1428-1435.
- Boling, M.C., Padua, D.A. & Alexander Creighton, R. 2009. Concentric and eccentric torque of the hip musculature in individuals with and without patellofemoral pain. *Journal of athletic training*. 44 (1), 7-13.
- Buist, I., Bredeweg, S.W., Bessem, B., van Mechelen, W., Lemmink, K.A. & Diercks, R.L. 2010. Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event. *British journal of sports medicine*. 44 (8), 598-604.
- Burnet, E.N. & Pidcoe, P.E. 2009. Isometric gluteus medius muscle torque and frontal plane pelvic motion during running. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2009 (8), 284-288.
- Calder, K.M. & Gabriel, D.A. 2007. Adaptations during familiarization to resistive exercise. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 17 (3), 328-335.
- Cappellini, G., Ivanenko, Y.P., Poppele, R.E. & Lacquaniti, F. 2006. Motor patterns in human walking and running. *Journal of neurophysiology*. 95 (6), 3426-3437.

- Carroll, T.J., Riek, S. & Carson, R.G. 2002. The sites of neural adaptation induced by resistance training in humans. *The Journal of physiology*. 544 (2), 641-652.
- Cavazzuti, L., Merlo, A., Orlandi, F. & Campanini, I. 2010. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Gait & posture*. 32 (3), 290-295.
- Chumanov, E.S., Wall-Scheffler, C. & Heiderscheidt, B.C. 2008. Gender differences in walking and running on level and inclined surfaces. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 23 (10), 1260-1268.
- Cichanowski, H.R., Schmitt, J.S., Johnson, R.J. & Niemuth, P.E. 2007. Hip strength in collegiate female athletes with patellofemoral pain. *Medicine and science in sports and exercise*. 39 (8), 1227-1232.
- Comerford, M. 2004. Core Stability: Priorities in rehabilitation of the athlete. *SportEX Medicine*, August 2004. , 15-22.
- Comerford, M.J. & Mottram, S.L. 2001. Functional stability re-training: principles and strategies for managing mechanical dysfunction. *Manual therapy*. 6 (1), 3-14.
- Cowan, S.M., Bennell, K.L., Crossley, K.M., Hodges, P.W. & McConnell, J. 2002. Physical therapy alters recruitment of the vasti in patellofemoral pain syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*. 34 (12), 1879-1885.
- Cowan, S.M., Bennell, K.L., Hodges, P.W., Crossley, K.M. & McConnell, J. 2001. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 82 (2), 183-189.
- Cowan, S.M., Crossley, K.M. & Bennell, K.L. 2009. Altered hip and trunk muscle function in individuals with patellofemoral pain. *British journal of sports medicine*. 43 (8), 584-588.
- Crossley, K.M., Cowan, S.M., McConnell, J. & Bennell, K.L. 2005. Physical therapy improves knee flexion during stair ambulation in patellofemoral pain. *Medicine and science in sports and exercise*. 37 (2), 176-183.
- Crowell, H.P. & Davis, I.S. 2011. Gait retraining to reduce lower extremity loading in runners. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 26 (1), 78-83.
- DeLeo, A.T., Dierks, T.A., Ferber, R. & Davis, I.S. 2004. Lower extremity joint coupling during running: a current update. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 19 (10), 983-991.
- Devan, M.R., Pescatello, L.S., Faghri, P. & Anderson, J. 2004. A Prospective Study of Overuse Knee Injuries Among Female Athletes With Muscle Imbalances and Structural Abnormalities. *Journal of athletic training*. 39 (3), 263-267.
- Dhaher, Y.Y. & Kahn, L.E. 2002. The effect of vastus medialis forces on patello-femoral contact: a model-based study. *Journal of biomechanical engineering*. 124 (6), 758-767.
- Dierks, T.A., Manal, K.T., Hamill, J. & Davis, I.S. 2008. Proximal and distal influences on hip and knee kinematics in runners with patellofemoral pain during a prolonged run. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 38 (8), 448-456.

- Dixit, S., Difiori, J.P., Burton, M. & Mines, B. 2007. Management of patellofemoral pain syndrome. *The Knee*. 75 (2), 194-202.
- Duffey, M.J., Martin, D.F., Cannon, D.W., Craven, T. & Messier, S.P. 2000. Etiologic factors associated with anterior knee pain in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*. 32 (11), 1825-1832.
- Dugan, S.A. & Bhat, K.P. 2005. Biomechanics and analysis of running gait. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*. 16 (3), 603-621.
- Duval, K., Lam, T. & Sanderson, D. 2010. The mechanical relationship between the rearfoot, pelvis and low-back. *Gait & posture*. 32 (4), 637-640.
- Dye, S.F. 2005. The pathophysiology of patellofemoral pain: a tissue homeostasis perspective. *Clinical orthopaedics and related research*. 436, 100.
- Earl, J.E. & Hoch, A.Z. 2011. A proximal strengthening program improves pain, function, and biomechanics in women with patellofemoral pain syndrome. *The American journal of sports medicine*. 39 (1), 154-163.
- Elias, J.J., Cech, J.A., Weinstein, D.M. & Cosgrea, A.J. 2004. Reducing the lateral force acting on the patella does not consistently decrease patellofemoral pressures. *The American journal of sports medicine*. 32 (5), 1202-1208.
- Ellis, R., Hing, W. & Reid, D. 2007. Iliotibial band friction syndrome--a systematic review. *Manual therapy*. 12 (3), 200-208.
- Elphinston, J., 2008. *Stability, Sport, and Performance Movement: Great Technique Without Injury*. Chichester, UK: Lotus Publishing.
- Fairclough, J., Hayashi, K., Toumi, H., Lyons, K., Bydder, G., Phillips, N., Best, T.M. & Benjamin, M. 2006. The functional anatomy of the iliotibial band during flexion and extension of the knee: implications for understanding iliotibial band syndrome. *Journal of anatomy*. 208 (3), 309-316.
- Fairclough, J., Hayashi, K., Toumi, H., Lyons, K., Bydder, G., Phillips, N., Best, T.M. & Benjamin, M. 2007. Is iliotibial band syndrome really a friction syndrome? *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*. 10 (2), 74-6; discussion 77-8.
- Falvey, E.C., Clark, R.A., Franklyn-Miller, A., Bryant, A.L., Briggs, C. & McCrory, P.R. 2010. Iliotibial band syndrome: an examination of the evidence behind a number of treatment options. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 20 (4), 580-587.
- Ferber, R., Davis, I.M. & Williams, D.S. 2003. Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 18 (4), 350-357.
- Ferber, R., Kendall, K.D. & Farr, L. 2011. Changes in knee biomechanics after a hip-abductor strengthening protocol for runners with patellofemoral pain syndrome. *Journal of athletic training*. 46 (2), 142-149.
- Ferber, R., Noehren, B., Hamill, J. & Davis, I.S. 2010. Competitive female runners with a history of iliotibial band syndrome demonstrate atypical hip and knee kinematics. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 40 (2), 52-58.
- Finch, C. 2006. A new framework for research leading to sports injury prevention. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*. 9 (1-2), 3-9; discussion 10.

- Fiolkowski, P., Brunt, D., Bishop, M., Woo, R. & Horodyski, M. 2003. Intrinsic pedal musculature support of the medial longitudinal arch: an electromyography study. *The Journal of foot and ankle surgery : official publication of the American College of Foot and Ankle Surgeons*. 42 (6), 327-333.
- Fletcher, I.M. & Monte-Colombo, M.M. 2010. An investigation into the effects of different warm-up modalities on specific motor skills related to soccer performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 24 (8), 2096-2101.
- Folland, J.P. & Williams, A.G. 2007. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports medicine*. 37 (2), 145-168.
- Fradkin, A.J., Gabbe, B.J. & Cameron, P.A. 2006. Does warming up prevent injury in sport? The evidence from randomised controlled trials? *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*. 9 (3), 214-220.
- Fradkin, A.J., Zazryn, T.R. & Smoliga, J.M. 2010. Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 24 (1), 140-148.
- Fredericson, M. & Powers, C.M. 2002. Practical management of patellofemoral pain. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 12 (1), 36-38.
- Fredericson, M. & Wolf, C. 2005. Iliotibial band syndrome in runners: innovations in treatment. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 35 (5), 451-459.
- Fredericson, M., Cookingham, C.L., Chaudhari, A.M., Dowdell, B.C., Oestreicher, N. & Sahrmann, S.A. 2000. Hip abductor weakness in distance runners with iliotibial band syndrome. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 10 (3), 169-175.
- Fredericson, M., White, J.J., MacMahon, J.M. & Andriacchi, T.P. 2002. Quantitative analysis of the relative effectiveness of 3 iliotibial band stretches. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 83 (5), 589-592.
- Fukuda, T.Y., Rossetto, F.M., Magalhães, E., Bryk, F.F., Lucareli, P.R. & de Almeida Aparecida Carvalho, N. 2010. Short-term effects of hip abductors and lateral rotators strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 40 (11), 736-742.
- Fulkerson, J.P. 2002. Diagnosis and treatment of patients with patellofemoral pain. *The American journal of sports medicine*. 30 (3), 447.
- Fuller, E.A. 2000. The windlass mechanism of the foot. A mechanical model to explain pathology. *Journal of the American Podiatric Medical Association*. 90 (1), 35.
- Gabriel, D.A., Kamen, G. & Frost, G. 2006. Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 36 (2), 133-149.
- Gazendam, M.G. & Hof, A.L. 2007. Averaged EMG profiles in jogging and running at different speeds. *Gait & posture*. 25 (4), 604-614.

- Gerlach, K.E., White, S.C., Burton, H.W., Dorn, J.M., Leddy, J.J. & Horvath, P.J. 2005. Kinetic changes with fatigue and relationship to injury in female runners. *Medicine and science in sports and exercise*. 37 (4), 657-663.
- Gottschalk, F., Kourosh, S. & Leveau, B. 1989. The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *Journal of anatomy*. 166 , 179-189.
- Granata, K.P., Padua, D.A. & Wilson, S.E. 2002. Gender differences in active musculoskeletal stiffness. Part II. Quantification of leg stiffness during functional hopping tasks. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 12 (2), 127-135.
- Grandstrand, S.L., Pfeiffer, R.P., Sabick, M.B., DeBeliso, M. & Shea, K.G. 2006. The effects of a commercially available warm-up program on landing mechanics in female youth soccer players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 20 (2), 331-335.
- Grau, S., Krauss, I., Maiwald, C., Axmann, D., Horstmann, T. & Best, R. 2011. Kinematic classification of iliotibial band syndrome in runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 21 (2), 184-189.
- Grau, S., Krauss, I., Maiwald, C., Best, R. & Horstmann, T. 2008. Hip abductor weakness is not the cause for iliotibial band syndrome. *International journal of sports medicine*. 29 (7), 579-583.
- Gross, M.T. & Foxworth, J.L. 2003. The role of foot orthoses as an intervention for patellofemoral pain. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 33 (11), 661-670.
- Haikkonen, K. & Parkkari, J. 2010. Liikuntatapaturmat. Teoksessa Haikkonen, K. & Lounamaa, A. (toim.) *Suomalaiset tapaturmien uhreina 2009*. Helsinki: Terveystieteiden ja hyvinvoinnin laitos, 27-34.
- Hamill, J., Miller, R., Noehren, B. & Davis, I. 2008. A prospective study of iliotibial band strain in runners. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 23 (8), 1018-1025.
- Hamner, S.R., Seth, A. & Delp, S.L. 2010. Muscle contributions to propulsion and support during running. *Journal of biomechanics*. 43 (14), 2709-2716.
- Hariri, S., Savidge, E.T., Reinold, M.M., Zachazewski, J. & Gill, T.J. 2009. Treatment of recalcitrant iliotibial band friction syndrome with open iliotibial band bursectomy: indications, technique, and clinical outcomes. *The American journal of sports medicine*. 37 (7), 1417-1424.
- Hazneci, B., Yildiz, Y., Sekir, U., Aydin, T. & Kalyon, T.A. 2005. Efficacy of isokinetic exercise on joint position sense and muscle strength in patellofemoral pain syndrome. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*. 84 (7), 521-527.
- Häggglund, M., Waldén, M. & Atroshi, I. 2009. Preventing knee injuries in adolescent female football players - design of a cluster randomized controlled trial [NCT00894595]. *BMC musculoskeletal disorders*. 10 , 75.



- Headlee, D.L., Leonard, J.L., Hart, J.M., Ingersoll, C.D. & Hertel, J. 2008. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 18 (3), 420-425.
- Heiderscheit, B.C. 2010. Lower Extremity Injuries: Is It Just About Hip Strength? *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 40 (2), 39-41.
- Heiderscheit, B.C., Chumanov, E.S., Michalski, M.P., Wille, C.M. & Ryan, M.B. 2010. Effects of Step Rate Manipulation on Joint Mechanics during Running. *Medicine and science in sports and exercise*. .
- Heintjes, E., Berger, M.Y., Bierma-Zeinstra, S.M., Bernsen, R.M., Verhaar, J.A. & Koes, B.W. 2004. Pharmacotherapy for patellofemoral pain syndrome. *Cochrane database of systematic reviews (Online)*. (3), CD003470.
- Herrington, L. & Al-Sherhi, A. 2007. A controlled trial of weight-bearing versus non-weight-bearing exercises for patellofemoral pain. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 37 (4), 155-160.
- Hewett, T.E., Ford, K.R., Myer, G.D., Wanstrath, K. & Scheper, M. 2006. Gender differences in hip adduction motion and torque during a single-leg agility maneuver. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*. 24 (3), 416-421.
- Hibbs, A.E., Thompson, K.G., French, D., Wrigley, A. & Spears, I. 2008. Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 38 (12), 995-1008.
- Hicks, J.H. 1954. The mechanics of the foot. II. The plantar aponeurosis and the arch. *Journal of anatomy*. 88 (1), 25-30.
- Holm, I., Fosdahl, M.A., Friis, A., Risberg, M.A., Myklebust, G. & Steen, H. 2004. Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 14 (2), 88-94.
- Horton, M.G. & Hall, T.L. 1989. Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. *Physical therapy*. 69 (11), 897-901.
- Huberti, H.H. & Hayes, W.C. 1984. Patellofemoral contact pressures. The influence of q-angle and tendofemoral contact. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 66 (5), 715-724.
- Insall, J., Falvo, K.A. & Wise, D.W. 1976. Chondromalacia patellae. A prospective study. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 58 (1), 1.
- Ireland, M.L., Willson, J.D., Ballantyne, B.T. & Davis, I.M. 2003. Hip strength in females with and without patellofemoral pain. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 33 (11), 671-676.
- Iverson, C.A., Sutlive, T.G., Crowell, M.S., Morrell, R.L., Perkins, M.W., Garber, M.B., Moore, J.H. & Wainner, R.S. 2008. Lumbopelvic manipulation for the treatment of patients with patellofemoral pain syndrome: development of a clinical prediction rule. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 38 (6), 297-309; discussion 309-12.

- Jacobs, C.A., Uhl, T.L., Mattacola, C.G., Shapiro, R. & Rayens, W.S. 2007. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. *Journal of athletic training*. 42 (1), 76-83.
- Suomen Liikunta ja Urheilu SLU ry.. 2011. Kansallinen liikuntatutkimus 2009-2010. Helsinki: Suomen Liikunta ja Urheilu SLU ry..
- Kaplan, E.B. 1958. The iliotibial tract; clinical and morphological significance. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 40 (4), 817.
- Khamis, S. & Yizhar, Z. 2007. Effect of feet hyperpronation on pelvic alignment in a standing position. *Gait & posture*. 25 (1), 127-134.
- Khaund, R. & Flynn, S.H. 2005. Iliotibial band syndrome: a common source of knee pain. *American family physician*. 71 (8), 1545-1550.
- Kibler, W.B., Press, J. & Sciascia, A. 2006. The role of core stability in athletic function. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 36 (3), 189-198.
- Klein, P., Mattys, S. & Rooze, M. 1996. Moment arm length variations of selected muscles acting on talocrural and subtalar joints during movement: an in vitro study. *Journal of biomechanics*. 29 (1), 21-30.
- Klügl, M., Shrier, I., McBain, K., Shultz, R., Meeuwisse, W.H., Garza, D. & Matheson, G.O. 2010. The prevention of sport injury: an analysis of 12 000 published manuscripts. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 20 (6), 407.
- Lavine, R. 2010. Iliotibial band friction syndrome. *Current reviews in musculoskeletal medicine*. 3 (1-4), 18-22.
- Lee, S.S. & Piazza, S.J. 2008. Inversion-eversion moment arms of gastrocnemius and tibialis anterior measured in vivo. *Journal of biomechanics*. 41 (16), 3366-3370.
- Lee, T.Q., Morris, G. & Csintalan, R.P. 2003. The influence of tibial and femoral rotation on patellofemoral contact area and pressure. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 33 (11), 686-693.
- Lee, T.Q., Sandusky, M.D., Adeli, A. & McMahan, P.J. 2002. Effects of simulated vastus medialis strength variation on patellofemoral joint biomechanics in human cadaver knees. *Journal of rehabilitation research and development*. 39 (3), 429-438.
- Leetun, D.T., Ireland, M.L., Willson, J.D., Ballantyne, B.T. & Davis, I.M. 2004. Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine and science in sports and exercise*. 36 (6), 926-934.
- Liikuntavammojen Valtakunnallinen Ehkäisyohjelma, LiVE. Terve Urheilija osana LiVE-ohjelmaa. Terve Urheilija. <http://www.terveurheilija.fi/terveurheilija>. 01.10.2011.
- Little, T. & Williams, A.G. 2006. Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 20 (1), 203-207.
- Livingston, L.A. 1998. The quadriceps angle: a review of the literature. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 28 (2), 105.
- Lloyd, D.G. & Buchanan, T.S. 2001. Strategies of muscular support of varus and valgus isometric loads at the human knee. *Journal of biomechanics*. 34 (10), 1257-1267.

- Lopes, A.D., Costa, L.O., Saragiotto, B.T., Yamato, T.P., Adami, F. & Verhagen, E. 2011. Musculoskeletal pain is prevalent among recreational runners who are about to compete: an observational study of 1049 runners. *Journal of physiotherapy*. 57 (3), 179-182.
- Lowry, C.D., Cleland, J.A. & Dyke, K. 2008. Management of patients with patellofemoral pain syndrome using a multimodal approach: a case series. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 38 (11), 691-702.
- Lun, V., Meeuwisse, W.H., Stergiou, P. & Stefanyshyn, D. 2004. Relation between running injury and static lower limb alignment in recreational runners. *British journal of sports medicine*. 38 (5), 576-580.
- MacIntyre, N.J., Hill, N.A., Fellows, R.A., Ellis, R.E. & Wilson, D.R. 2006. Patellofemoral joint kinematics in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 88 (12), 2596-2605.
- MacMahon, J.M., Chaudhari, A.M. & Andriacchi, T.P., 2000, ISBS-Conference Proceedings Archive, Biomechanical injury predictors for marathon runners: striding towards iliotibial band syndrome injury prevention.
- Mann, R. & Inman, V.T. 1964. Phasic activity of intrinsic muscles of the foot. *The Journal of Bone and Joint Surgery*. 46 (3), 469.
- Mascal, C.L., Landel, R. & Powers, C. 2003. Management of patellofemoral pain targeting hip, pelvis, and trunk muscle function: 2 case reports. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 33 (11), 647-660.
- McClay, I. & Manal, K. 1998. A comparison of three-dimensional lower extremity kinematics during running between excessive pronators and normals. *Clinical Biomechanics*. 13 (3), 195-203.
- McClay, I. & Manal, K. 1999. Three-dimensional kinetic analysis of running: significance of secondary planes of motion. *Medicine and science in sports and exercise*. 31 (11), 1629-1637.
- McIntosh, A.S. 2005. Risk compensation, motivation, injuries, and biomechanics in competitive sport. *British journal of sports medicine*. 39 (1), 2-3.
- McMillian, D.J., Moore, J.H., Hatler, B.S. & Taylor, D.C. 2006. Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 20 (3), 492-499.
- Medina McKeon, J.M. & Hertel, J. 2009. Sex differences and representative values for 6 lower extremity alignment measures. *Journal of athletic training*. 44 (3), 249-255.
- 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 : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 17 (3), 215-219.
- Merican, A.M. & Amis, A.A. 2009. Iliotibial band tension affects patellofemoral and tibiofemoral kinematics. *Journal of biomechanics*. 42 (10), 1539-1546.

- Messier, S.P., Edwards, D.G., Martin, D.F., Lowery, R.B., Cannon, D.W., James, M.K., Curl, W.W., Read JR, H.M. & Hunter, D. 1995. Etiology of iliotibial band friction syndrome in distance runners. *Medicine and science in sports and exercise*. 27 (7), 951.
- Miller, R.H., Lowry, J.L., Meardon, S.A. & Gillette, J.C. 2007. Lower extremity mechanics of iliotibial band syndrome during an exhaustive run. *Gait & posture*. 26 (3), 407-413.
- Millet, G.Y. & Lepers, R. 2004. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*. 34 (2), 105-116.
- Mirzabeigi, E., Jordan, C., Gronley, J.K., Rockowitz, N.L. & Perry, J. 1999. Isolation of the vastus medialis oblique muscle during exercise. *The American journal of sports medicine*. 27 (1), 50-53.
- Montgomery, W.H., Pink, M. & Perry, J. 1994. Electromyographic analysis of hip and knee musculature during running. *The American journal of sports medicine*. 22 (2), 272.
- Muhle, C., Ahn, J.M., Yeh, L., Bergman, G.A., Boutin, R.D., Schweitzer, M., Jacobson, J.A., Haghghi, P., Trudell, D.J. & Resnick, D. 1999. Iliotibial band friction syndrome: MR imaging findings in 16 patients and MR arthrographic study of six cadaveric knees. *Radiology*. 212 (1), 103-110.
- Murphy, J.R., Di Santo, M.C., Alkanani, T. & Behm, D.G. 2010. Aerobic activity before and following short-duration static stretching improves range of motion and performance vs. a traditional warm-up. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquée, nutrition et métabolisme*. 35 (5), 679-690.
- Nakagawa, T.H., Muniz, T.B., Baldon, R.d.e. M., Dias Maciel, C., de Menezes Reiff, R.B. & Serrão, F.V. 2008. The effect of additional strengthening of hip abductor and lateral rotator muscles in patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled pilot study. *Clinical rehabilitation*. 22 (12), 1051-1060.
- Näslund, J. 2011. In Search of the Etiology of Anterior Knee Pain. Teoksessa Sanchis-Alfonso, V. (toim.) *Anterior Knee Pain and Patellar Instability*. London: Springer-Verlag, 21-32.
- Näslund, J., Näslund, U.B., Odenbring, S. & Lundeberg, T. 2006. Comparison of symptoms and clinical findings in subgroups of individuals with patellofemoral pain. *Physiotherapy theory and practice*. 22 (3), 105-118.
- Näslund J. 2006. Patellofemoral pain syndrome: Clinical and pathophysiological considerations. Karolinska Institutet. Thesis.
- Nelson, A.G., Driscoll, N.M., Landin, D.K., Young, M.A. & Schexnayder, I.C. 2005. Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *Journal of sports sciences*. 23 (5), 449-454.
- Nelson, A.G., Kokkonen, J. & Arnall, D.A. 2005. Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 19 (2), 338-343.

- Ness, M.E., Long, J., Marks, R. & Harris, G. 2008. Foot and ankle kinematics in patients with posterior tibial tendon dysfunction. *Gait & posture*. 27 (2), 331-339.
- Nguyen, A.D. & Shultz, S.J. 2007. Sex differences in clinical measures of lower extremity alignment. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 37 (7), 389.
- Niemuth, P.E., Johnson, R.J., Myers, M.J. & Thieman, T.J. 2005. Hip muscle weakness and overuse injuries in recreational runners. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 15 (1), 14-21.
- Noble, C.A. 1979. The treatment of iliotibial band friction syndrome. *British journal of sports medicine*. 13 (2), 51.
- Noehren, B., Davis, I. & Hamill, J. 2007. Prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 22 (9), 951-956.
- Noehren, B., Scholz, J. & Davis, I. 2010. The effect of real-time gait retraining on hip kinematics, pain and function in subjects with patellofemoral pain syndrome. *British journal of sports medicine*. 45 (9), 691-696.
- Novacheck, T.F. 1998. The biomechanics of running. *Gait & posture*. 7 (1), 77-95.
- O'Connor, K.M. & Hamill, J. 2004. The role of selected extrinsic foot muscles during running. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 19 (1), 71-77.
- O'Connor, K.M., Price, T.B. & Hamill, J. 2006. Examination of extrinsic foot muscles during running using mfMRI and EMG. *Journal of electromyography and kinesiology : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*. 16 (5), 522-530.
- Olsen, O.E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I. & Bahr, R. 2005. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical research ed.)*. 330 (7489), 449.
- Orava, S. 1978. Iliotibial tract friction syndrome in athletes--an uncommon exertion syndrome on the lateral side of the knee. *British journal of sports medicine*. 12 (2), 69-73.
- Orchard, J.W., Fricker, P.A., Abud, A.T. & Mason, B.R. 1996. Biomechanics of iliotibial band friction syndrome in runners. *The American journal of sports medicine*. 24 (3), 375.
- Ounpuu, S. 1994. The biomechanics of walking and running. *Clinics in sports medicine*. 13 (4), 843-863.
- Pal, S., Draper, C.E., Fredericson, M., Gold, G.E., Delp, S.L., Beaupre, G.S. & Besier, T.F. 2011. Patellar maltracking correlates with vastus medialis activation delay in patellofemoral pain patients. *The American journal of sports medicine*. 39 (3), 590-598.
- Panjabi, M.M. 1992. The stabilizing system of the spine. Part I. Function, dysfunction, adaptation, and enhancement. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*. 5 (4), 383.
- Parkkari, J., Kannus, P. & Fogelholm, M. 2004. Liikuntavammat – suurin tapaturmaluokka Suomessa. *Suomen lääkirilehti*. 59 (41), 3889-3895.

- Parkkari, J., Kannus, P., Kujala, U., Palvanen, M. & Järvinen, M. 2003. Liikuntavammat ja niiden ehkäisy. Suomen lääkäri-lehti. 1 (2003), 71-76.
- Parkkari, J., Kannus, P., Natri, A., Lapinleimu, I., Palvanen, M., Heiskanen, M., Vuori, I. & Järvinen, M. 2004. Active living and injury risk. International journal of sports medicine. 25 (3), 209-216.
- 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 , a295.
- Pearce, A.J., Kidgell, D.J., Zois, J. & Carlson, J.S. 2009. Effects of secondary warm up following stretching. European journal of applied physiology. 105 (2), 175-183.
- Pedowitz, R.N. 2005. Use of osteopathic manipulative treatment for iliotibial band friction syndrome. The Journal of the American Osteopathic Association. 105 (12), 563-567.
- Peterson CR. 2009. Acute neural adaptations to resistance training performed with low and high rates of muscle activation. University of Iowa. Thesis.
- Pettitt, R. & Dolski, A. 2000. Corrective neuromuscular approach to the treatment of iliotibial band friction syndrome: a case report. Journal of athletic training. 35 (1), 96-99.
- Piva, S.R., Goodnite, E.A. & Childs, J.D. 2005. Strength around the hip and flexibility of soft tissues in individuals with and without patellofemoral pain syndrome. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 35 (12), 793-801.
- Pohl, M.B. & Buckley, J.G. 2008. Changes in foot and shank coupling due to alterations in foot strike pattern during running. Clinical biomechanics (Bristol, Avon). 23 (3), 334-341.
- Pohl, M.B., Messenger, N. & Buckley, J.G. 2007. Forefoot, rearfoot and shank coupling: effect of variations in speed and mode of gait. Gait & posture. 25 (2), 295-302.
- Powers, C.M. 2003. The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 33 (11), 639-646.
- Powers, C.M., Chen, Y.J., Farrokhi, S. & Lee, T.Q. 2006. Role of peripatellar retinaculum in transmission of forces within the extensor mechanism. The Journal of bone and joint surgery. American volume. 88 (9), 2042-2048.
- Powers, C.M., Ward, S.R., Fredericson, M., Guillet, M. & Shellock, F.G. 2003. Patellofemoral kinematics during weight-bearing and non-weight-bearing knee extension in persons with lateral subluxation of the patella: a preliminary study. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy. 33 (11), 677-685.
- Prins, M.R. & van der Wurff, P. 2009. Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: a systematic review. The Australian journal of physiotherapy. 55 (1), 9-15.

- Rauh, M.J., Koepsell, T.D., Rivara, F.P., Rice, S.G. & Margherita, A.J. 2007. Quadriceps angle and risk of injury among high school cross-country runners. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 37 (12), 725-733.
- Rip, B., Fortin, S. & Vallerand, R.J. 2006. The relationship between passion and injury in dance students. *Journal of Dance Medicine & Science*, 10. 1 (2), 14-20.
- Saldanha, A., Nordlund Ekblom, M.M. & Thorstensson, A. 2008. Central fatigue affects plantar flexor strength after prolonged running. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 18 (3), 383-388.
- Salsich, G.B. & Perman, W.H. 2007. Patellofemoral joint contact area is influenced by tibiofemoral rotation alignment in individuals who have patellofemoral pain. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 37 (9), 521-528.
- Sanchis-Alfonso, V. & Roselló-Sastre, E. 2003. Anterior knee pain in the young patient--what causes the pain?" Neural model". *Acta orthopaedica Scandinavica*. 74 (6), 697.
- Santos, E.P., Bessa, S.N.F., Lins, C.A.A., Marinho, A.M.F., Silva, K.M.P. & Brasileiro, J.S. 2008. Electromyographic activity of vastus medialis obliquus and vastus lateralis muscles during functional activities in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Revista brasileira de fisioterapia*. 12 (4), 304-310.
- Sasaki, K. & Neptune, R.R. 2006. Differences in muscle function during walking and running at the same speed. *Journal of biomechanics*. 39 (11), 2005-2013.
- Schache, A.G., Bennell, K.L., Blanch, P.D. & Wrigley, T.V. 1999. The coordinated movement of the lumbo-pelvic-hip complex during running: a literature review. *Gait & posture*. 10 (1), 30-47.
- Schache, A.G., Blanch, P.D., Dorn, T.W., Brown, N.A., Rosemond, D. & Pandy, M.G. 2011. Effect of running speed on lower limb joint kinetics. *Medicine and science in sports and exercise*. 43 (7), 1260-1271.
- Schulthies, S.S., Francis, R.S., Fisher, A.G. & Van de Graaff, K.M. 1995. Does the Q angle reflect the force on the patella in the frontal plane? *Physical therapy*. 75 (1), 24-30.
- Scott, S.H. & Winter, D.A. 1990. Internal forces at chronic running injury sites. *Medicine and science in sports and exercise*. 22 (3), 357.
- Shultz, S.J., Nguyen, A.D. & Levine, B.J. 2009. The Relationship Between Lower Extremity Alignment Characteristics and Anterior Knee Joint Laxity. *Sports health*. 1 (1), 54-60.
- Smith, T.O., Bowyer, D., Dixon, J., Stephenson, R., Chester, R. & Donell, S.T. 2009. Can vastus medialis oblique be preferentially activated? A systematic review of electromyographic studies. *Physiotherapy theory and practice*. 25 (2), 69-98.
- Smith, T.O., Nichols, R., Harle, D. & Donell, S.T. 2009. Do the vastus medialis obliquus and vastus medialis longus really exist? A systematic review. *Clinical anatomy (New York, N.Y.)*. 22 (2), 183-199.
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., Junge, A., Dvorak, J., Bahr, R. & Andersen, T.E. 2008. Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ (Clinical research ed.)*. 337 , a2469.

- Souza, R.B. & Powers, C.M. 2009. Differences in hip kinematics, muscle strength, and muscle activation between subjects with and without patellofemoral pain. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 39 (1), 12-19.
- Souza, R.B., Draper, C.E., Fredericson, M. & Powers, C.M. 2010. Femur rotation and patellofemoral joint kinematics: a weight-bearing magnetic resonance imaging analysis. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 40 (5), 277-285.
- Squadrone, R. & Gallozzi, C. 2009. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 49 (1), 6-13.
- Stackhouse, C.L., Davis, I.M.C. & Hamill, J. 2004. Orthotic intervention in forefoot and rearfoot strike running patterns. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 19 (1), 64-70.
- Stefanyshyn, D.J., Stergiou, P., Lun, V.M., Meeuwisse, W.H. & Worobets, J.T. 2006. Knee angular impulse as a predictor of patellofemoral pain in runners. *The American journal of sports medicine*. 34 (11), 1844-1851.
- Stephan, Y., Deroche, T., Brewer, B.W., Caudroit, J. & Le Scanff, C. 2009. Predictors of Perceived Susceptibility to Sport-Related Injury among Competitive Runners: The Role of Previous Experience, Neuroticism, and Passion for Running. *Applied Psychology*. 58 (4), 672-687.
- Taunton, J.E., Ryan, M.B., Clement, D.B., McKenzie, D.C., Lloyd-Smith, D.R. & Zumbo, B.D. 2002. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *British journal of sports medicine*. 36 (2), 95-101.
- Taunton, J.E., Ryan, M.B., Clement, D.B., McKenzie, D.C., Lloyd-Smith, D.R. & Zumbo, B.D. 2003. A prospective study of running injuries: the Vancouver Sun Run "In Training" clinics. *British journal of sports medicine*. 37 (3), 239-244.
- Taylor, K.L., Sheppard, J.M., Lee, H. & Plummer, N. 2009. Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component. *Journal of science and medicine in sport / Sports Medicine Australia*. 12 (6), 657-661.
- Tecklenburg, K., Dejour, D., Hoser, C. & Fink, C. 2006. Bony and cartilaginous anatomy of the patellofemoral joint. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 14 (3), 235-240.
- Tenforde, A.S., Sayres, L.C., McCurdy, M.L., Collado, H., Sainani, K.L. & Fredericson, M. 2011. Overuse injuries in high school runners: lifetime prevalence and prevention strategies. *PM & R : the journal of injury, function, and rehabilitation*. 3 (2), 125-31; quiz 131.
- Thomé, R. 1997. A comprehensive treatment approach for patellofemoral pain syndrome in young women. *Physical therapy*. 77 (12), 1690-1703.
- Tiberio, D. 1987. The effect of excessive subtalar joint pronation on patellofemoral mechanics: a theoretical model. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 9 (4), 160-165.
- Tonoli, C., Cumps, E., Aerts, I., Verhagen, E. & Meeusen, R. 2010. Incidence, risk factors and prevention of running related injuries in long-distance running: a systematic review. *Sport & Geneeskunde*. (5), 12-18.



- Tyler, T.F., Nicholas, S.J., Mullaney, M.J. & McHugh, M.P. 2006. The role of hip muscle function in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *The American journal of sports medicine*. 34 (4), 630-636.
- van den Dolder, P.A. & Roberts, D.L. 2006. Six sessions of manual therapy increase knee flexion and improve activity in people with anterior knee pain: a randomised controlled trial. *The Australian journal of physiotherapy*. 52 (4), 261-264.
- van Gent, R.N., Siem, D., van Middelkoop, M., van Os, A.G., Bierma-Zeinstra, S.M. & Koes, B.W. 2007. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: a systematic review. *British journal of sports medicine*. 41 (8), 469-80; discussion 480.
- van Middelkoop, M., Kolkman, J., van Ochten, J., Bierma-Zeinstra, S. & Koes, B.W. 2007. Course and Predicting Factors of Lower-Extremity Injuries After Running a Marathon. *Clinical journal of sport medicine : official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*. 17 (1), 25.
- Van Middelkoop, M., Kolkman, J., Van Ochten, J., Bierma-Zeinstra, S.M. & Koes, B. 2008. Prevalence and incidence of lower extremity injuries in male marathon runners. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 18 (2), 140-144.
- Van Tiggelen, D., Cowan, S., Coorevits, P., Duvigneaud, N. & Witvrouw, E. 2009. Delayed vastus medialis obliquus to vastus lateralis onset timing contributes to the development of patellofemoral pain in previously healthy men: a prospective study. *The American journal of sports medicine*. 37 (6), 1099-1105.
- Vetter, R.E. 2007. Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. 21 (3), 819-823.
- Vieira, E.L., Vieira, E.A., da Silva, R.T., Berlfein, P.A., Abdalla, R.J. & Cohen, M. 2007. An anatomic study of the iliotibial tract. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 23 (3), 269-274.
- Waryasz, G.R. & McDermott, A.Y. 2008. Patellofemoral pain syndrome (PFPS): a systematic review of anatomy and potential risk factors. *Dynamic medicine : DM*. 7, 9.
- Welsh, C., Hanney, W.J., Podschun, L. & Kolber, M.J. 2010. Rehabilitation of a female dancer with patellofemoral pain syndrome: applying concepts of regional interdependence in practice. *North American journal of sports physical therapy : NAJSPT*. 5 (2), 85-97.
- Willson, J.D. & Davis, I.S. 2008. Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 23 (2), 203-211.
- Willson, J.D., Dougherty, C.P., Ireland, M.L. & Davis, I.M. 2005. Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 13 (5), 316-325.

- Willson, J.D., Kernozek, T.W., Arndt, R.L., Reznichak, D.A. & Scott Straker, J. 2011. Gluteal muscle activation during running in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Clinical biomechanics* (Bristol, Avon). .
- Witvrouw, E., Danneels, L., Van Tiggelen, D., Willems, T.M. & Cambier, D. 2004. Open versus closed kinetic chain exercises in patellofemoral pain: a 5-year prospective randomized study. *The American journal of sports medicine*. 32 (5), 1122-1130.
- Witvrouw, E., Werner, S., Mikkelsen, C., Van Tiggelen, D., Vanden Berghe, L. & Cerulli, G. 2005. Clinical classification of patellofemoral pain syndrome: guidelines for non-operative treatment. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 13 (2), 122-130.
- Woods, K., Bishop, P. & Jones, E. 2007. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Medicine*. 37 (12), 1089-1099.
- Zeller, B.L., McCrory, J.L., Kibler, W.B. & Uhl, T.L. 2003. Differences in kinematics and electromyographic activity between men and women during the single-legged squat. *The American journal of sports medicine*. 31 (3), 449-456.