

ALARAAJOJEN KUORMITTUMINEN PALJASJALKAJUOKSUSSA

kirjallisuuskatsaus

Anita Haapasaari
Nyyti Saikkonen

Opinnäytetyö
Joulukuu 2012

Fysioterapian koulutusohjelma
Sosiaali-, terveys-, ja liikunta-ala





Tekijä(t) HAAPASAARI, Anita SAIKKONEN, Nyyti	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 10.12.2012
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkajulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi ALARAAJOJEN KUORMITTUMINEN PALJASJALKAJUOKSUSSA- kirjallisuuskatsaus		
Koulutusohjelma Fysioterapian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) KUUKKANEN, Tiina		
Toimeksiantaja(t) Feelmax		
<p>Yhtenä juoksuharrastuksen nykytrendeistä on siirtyminen lähemmäksi niin sanottua luonnollista juoksupapaa, kohti paljasjalkajuoksua tai minimalististen juoksukenkien käyttöä. Luonteenomaisena paljasjalkajuoksulle pidetään päkiäaskellusta. Ajanmukainen juoksun ja sen monimutkaisuuden ymmärtäminen auttaa fysioterapeuttia tunnistamaan ja kuntouttamaan erilaisia juoksuun liittyviä vammoja.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kirjallisuuskatsauksen avulla alaraajojen kuormittumista paljasjalkajuoksussa verrattuna juoksuun perinteisillä juoksukenkineillä. Tutkimuskysymykset olivat: Miten alaraajan kuormittuminen eroaa paljain jaloin ja perinteisillä juoksukenkineillä juoksussa? Voidaanko saatua tietoa hyödyntää rasitusvammojen ehkäisyssä ja kuntoutuksessa? Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Feelmax.</p> <p>Opinnäytetyön kirjallisuuskatsaus koostui yhteensä viidestätoista tutkimuksesta. Tutkimusten mukaan paljasjaloin juostessa askelfrekvenssi oli tiheämpi, sekä askelpituus ja kontaktiaika lyhyempiä. Myös törmäysvoimat olivat tutkimusten pohjalta paljasjaloin pienempiä, riippuen kuitenkin askellustavasta. Paljasjalkajuoksu vaikuttaisi lisäksi siirtävän kuormitusta distaalisemmaksi lonkasta ja polvesta kohti nilkan aluetta. Tutkimukset osoittivat myös, että paljasjaloin jalkaterän eversio oli pääosin pienempi, sekä nilkan plantaarifleksio ja plantaarifleksoreiden esiaktiivisuus oli suurempi.</p> <p>Monessa tutkimuksessa lähtökohtana oli, että paljasjalkajuoksuun tottumattomia henkilöitä asetettiin juoksemaan paljain jaloin, mutta tottumattomuus saattaa kuitenkin nostaa kuormitustasoa. Kaiken kaikkiaan laajemmalle, laadukkaalle tutkimukselle paljasjalkajuoksusta olisi tarvetta.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Paljasjalkajuoksu, juoksu, kuormitus, alaraaja, kirjallisuuskatsaus		
Muut tiedot		



Author(s) HAAPASAARI, Anita SAIKKONEN, Nytyi	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 10122012
	Pages 54	Language Finnish
		Permission for web publication (X)
Title LOAD ON THE LOWER EXTREMITIES IN BAREFOOT RUNNING – literature review		
Degree Programme Physiotherapy		
Tutor(s) KUUKKANEN, Tiina		
Assigned by Feelmax		
Abstract <p>One of the trends in recreational running is moving towards so called natural running. In other words, running barefoot or in minimalistic running shoes. Characteristic to barefoot running is the forefoot contact instead of rear foot contact. In order to identify and properly rehabilitate different kinds of running injuries, a physiotherapist needs sufficient and up-to-date understanding of running.</p> <p>The aim of this thesis was to identify the differences between barefoot and shod running with regard to the load on the lower extremities by using literature review. The research questions were: How does the load on the lower extremities vary between barefoot and shod running? Is it possible to use the reported information in the rehabilitation and treatment of stress injuries? The thesis was assigned by Feelmax.</p> <p>The literature review for the thesis consisted of fifteen studies. According to the studies, step frequencies were higher and step lengths and contact time shorter in barefoot running. In addition, the impact forces were lower but dependable on the way of ground contact. It seems that barefoot running moves the loading in the lower extremities more distally from the hip and knee towards the ankle area. The studies also implied that the forefoot eversion was mainly smaller in barefoot running and that plantar flexion and pre-activity in the plantar flexors were higher.</p> <p>The starting point with many of the studies in the literature review was that runners were unfamiliar with running barefoot, which may change the loading during running. In total there is a need for more extensive and high-quality research in the field of barefoot running.</p>		
Keywords barefoot running, running, load, lower extremity, literature review		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	2
2 PALJASJALKAJUOKSU	3
3 ALARAAJOJEN TOIMINNALLINEN ANATOMIA.....	6
3.1 Nilkka ja jalkaterä.....	6
3.1.1 Nilkan nivelet ja niiden toiminta.....	6
3.1.2 Jalkaterän nivelet ja toiminta	9
3.1.3 Jalkaterän kaarirakenteet	10
3.1.4 Wind lass -ilmiö.....	12
3.2 Polvi.....	12
3.3 Lonkka.....	15
3.3.1 Lonkkanivelen rakenteet	15
3.3.2 Lonkkanivelen lihaksisto	16
4 JUOKSUN BIOMEKANIikka	17
4.1 Biomekaniikka	17
4.1.1 Juoksuun aikana vaikuttavat voimat.....	17
4.1.2 Vipuvarsimekaniikka	18
4.1.3 Ratsmekaniikka	19
4.2 Kineettinen ketju	19
4.3 Juoksun vaiheet ja lihasaktivaatio.....	20
4.3.1 Tukivaihe.....	22
4.3.2 Heilahdusvaihe	23
4.3.3 Juoksunopeuden vaikutus juoksusykliin	24
5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	25
5.1 Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä.....	25
5.2 Opinnäytetyön tiedonhankinta	26
6 TUTKIMUKSET	28
7 YHTEENVETO.....	32
7.1 Polven, säären, nilkan ja jalkaterän liikkeet	32
7.2 Jalan jäykkyys.....	34
7.3 Lihasaktivaatiot.....	35

7.4	Nivelten kuormitus	36
7.5	Askelpituus, kontaktiaika, askelfrekvenssi	37
7.6	Törmäysvoimat	38
7.7	Taloudellisuus.....	39
7.8	Keskeisimmät tulokset.....	39
8	POHDINTA.....	40
8.1	Tulosten pohdinta	40
8.2	Pohdintaa tutkimuksista	44
8.3	Oman työprosessin analysointi	45
9	OMIA KOKEMUKSIA PALJASJALKAJUOKSUSTA JA FEELMAX OSMA – JUOKSUKENGÄSTÄ.....	48
	LÄHTEET	51
 KUVIOT		
KUVIO 1.	Nilkan ja jalkaterän rakenne.....	7
KUVIO 2.	A. Supinaatio ja B. pronaatio painoa kannattelemattomassa jalassa	8
KUVIO 3.	Jalkaterän supinaation ja pronaation muodostuminen	8
KUVIO 4.	Jalkaterän plantaaripuolen lihakset	11
KUVIO 5.	Polvinivel ja siihen vaikuttavat lihakset lateraalipuolelta kuvattuna....	14
KUVIO 6.	Jalkaan vaikuttavat voimat tukivaiheen aikana	18
KUVIO 7.	Juoksun vaiheet	21
KUVIO 8.	Lihaskivätykset juoksu syklin aikana.....	22
KUVIO 9.	Kirjallisuuskatsauksen tutkimusten sisäänotto.	27
 TAULUKOT		
TAULUKKO 1.	Kirjallisuuskatsauksen tutkimukset.....	28
TAULUKKO 2.	Paljasjalkajuoksun keskeisimmät erot kengillä juoksuun verrattuna.....	40

1 JOHDANTO

Esi-isämme liikkivat paljain jaloin tai yksinkertaisilla, ohutpohjaisilla mokkasiineilla. Miksi jalkineita alettiin jossakin vaiheessa käyttää? Johtiko kenkien yleistymiseen kävelyalustojen muuttuminen modernisaation kautta vai kenties turhamaisuus? Kuka päätti, että jalat eivät kestä juoksua ilman iskunvaimennuksia, tukia ja liikkeiden kontrollointia? Estävätkö kengät jalan luonnollista toimintaa? Nykyinen kiinnostus paljasjalkajuoksua kohtaan johtuu pitkälti siitä, että juoksusta johtuvat vammat eivät ole vähentyneet juoksukenkien kehittymisestä huolimatta. Monet paljasjalkajuoksun puolestapuhujat ovat sitä mieltä, että ihminen on luotu liikkumaan paljain jaloin, ja että biomekaaninen toiminta on tehokkaampaa ilman kenkiä. Ensimmäinen tutkimus, jossa paljasjalkajuoksun sanottiin olevan mahdollinen ratkaisu juoksuvammoihin, julkaistiin vuonna 1987. (Jenkins & Cauthon 2011.)

Paljasjalkajuoksun epävirallisena kummisetänä pidetään Ken Bob Saxtonia, joka juoksi ensimmäisen kilpailunsa paljain jaloin 1997. Hänen perustamansa internet-sivusto therunningnarefoot.com avattiin samana vuonna. Paljasjalkajuoksijoiden määrästä ei ole tarkkaa tietoa, mutta tuhansien arvioidaan juoksevan ainakin osan viikoittaisista kilometreistään paljain jaloin. Myös kansainvälisellä tasolla on ollut paljailla jaloilla menestyneitä juoksijoita, joskaan viimeiseen pariin vuosikymmeneen ei yhtäkään olympiamitalia ole saavutettu ilman jalkineita. Jo vuosikymmeniä paljasjalkajuoksua on kuitenkin käytetty osana harjoittelua eri tasoilla. (Jenkins & Cauthon 2011.)

Myös Suomessa paljasjalkajuoksu, tai ylipäätään paljain jaloin liikkuminen, on ollut pinnalla jo jonkin aikaa. Aikakausilehdissä urheilulehdistä ns. naisten lehtiin liputetaan kengättömyyden puolesta. Urheilukaupoissa erilaiset kevytjalkineet ovat vallanneet oman hyllytilansa. Paljaita jalkoja simuloivat ohutpohjaiset jalkineet lienevätkin Suomen olosuhteista välttämättömät suurimman osan vuodesta niille, jotka haluavat paljain jaloin liikkua.

Juoksu on suosittu harrastus kaikenikäisten ja -kuntoisten keskuudessa, ja juoksemiseen liittyvät rasitusvammat ovat yleisiä. Fysioterapeutti toimii oleellisena osana juoksuvammojen kuntoutuksessa ja ennaltaehkäisyssä, joten tietoutta vammamekanismeista ja erilaisista mahdollisuuksista tarvitaan. Lisäksi fysioterapeutilta odotetaan neuvoja myös juoksijan tekniikasta, harjoittelusta sekä kenkävalinnasta. Ajanmukainen juoksun ja sen monimutkaisuuden ymmärtäminen auttaa fysioterapeuttia tunnistamaan ja korjaamaan erilaisia juoksuun liittyviä vammoja. (Lohman, Sackiriyas & Swen 2011.)

Opinnäytetyömme toimeksiantaja on Feelmax®, jonka tavoitteena on tarjota erilaisia jalkojen mukavuutta ja terveyttä parantavia tuotteita. Ensimmäinen tuote oli varvassukat. Ensimmäiset paljasjalkakengät valmistettiin vuonna 2006. Feelmax-kenkien sanotaan olevan ainoat todelliset paljasjalkakengät markkinoilla. (Feelmax 2012.)

Opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus, jossa selvitetään, kuinka paljon paljasjalkajuoksua on tutkittu, mitä siitä on tutkittu ja onko esitetyille paljasjalkajuoksun hyödyille olemassa tutkimusnäyttöä. Vertailua tehdään paljasjalkajuoksun ja ns. perinteisillä juoksukengillä juoksun välillä. Opinnäytetyö on rajattu koskemaan juoksun biomekaniikkaa ja sitä kautta alaraajojen kuormittumista. Lisäksi pyritään selvittämään, voidaanko kirjallisuuskatsauksesta saatuja tuloksia hyödyntää rasitusvammojen ehkäisyssä ja kuntoutuksessa.

2 PALJASJALKAJUOKSU

Juoksuharrastus on nykypäivänä yksi suosituimmista lajeista sen tehokkuuden, halpuuden ja helppouden takia. Juoksulla on monta terveyttä edistävää vaikutusta sydän- ja verenkiertoelimistöön, tuki- ja liikuntaelimistöön sekä mielenterveyteen. Valitettavasti juoksuun liittyy myös omat riskinsä. Kenties yleisimpänä näistä on tuki- ja liikuntaelinvammat, jotka ovat seurausta vääränlaisesta kenkä-

valinnasta, virheellisestä harjoittelusta tai muista biomekaanisista kontaktivoimaan liittyvistä vaikutuksista. (Lohman ym. 2011.)

Yhtenä juoksun trendeistä on siirtyminen lähemmäksi niin sanottua luonnollista juoksutapaa, kohti paljasjalkajuoksua tai minimalististen juoksukenkien käyttöä. Suurimpana erona paljasjaloin ja kengillä juostessa on askelluksessa, tukivaiheen alkuosan maakontaktissa, jossa paljasjalka- tai minimalistisia kenkiä käyttävä juoksija astuu alustalle jalkaterän etu- tai keskiosalla kantapään sijaan (Kantaneva, 2011; Lohman ym. 2011).

Suoria todisteita siitä, että paljasjalkajuoksijoilla esiintyisi vähemmän vammoja, ei ole, mutta useissa tutkimuksissa on laboratorio-oloissa löydetty vammoja vähentäviä tekijöitä (Jenkins & Cauthon 2011). Yksi tällainen tekijä on nilkan proprioseptiikka eli asentotunto. Riittämättömän asentotunnon ajatellaan olevan yksi nilkkavammojen syy. Asentotunnon on havaittu olevan huomattavasti heikompi kengillä kuin ilman kenkiä. (Robbins, Waked & Rappel 1995.) Yhteys jalkapohjasta ja nilkasta aivoihin on välttämätöntä tasapainon ja pystyasennon säilyttämisen sekä liikkumisen kannalta. Paksu- ja jäykkäpohjainen kenkä estää kontaktin alustaan heikentäen jalkapohjan ihotuntoa ja edelleen asentotuntoa. (Jenkins & Cauthon 2011; Saarikoski 2012.)

Paljasjaloin liikkuen jalkaterä- ja nilkkanivelet liikkuvat monipuolisesti. Kengät voivat rajoittaa jalkaterän luonnollista liikettä, erityisesti jalkaterän etu- ja takaosien välillä. (Saarikoski 2012.) Kantanevan (2011) mukaan moderneissa, tuntuissa juoksukengissä kaikki luonnolliset liikkeet, jotka mahdollistavat jänteiden normaalin toiminnan on estetty seuraavalla tavalla:

- Jalkineen pohjan tukikaari estää jalkaholvin muodonmuutoksen (painumisen, energian -varastoinnin ja ponnahtamisen takaisin muotoonsa)
- Nilkan pronaation estää pronaatituki
- Ilmatyyny ohjaa akillesjänteen venymisen virheellisesti kantapään törmäykseen.

Myös metatarsaalien patologisia muutoksia on havaittu enemmän urbaaneissa oloissa elävillä kuin ilman kenkiä elävillä kansoilla. (Jenkins ja Cauthon 2011.)

Paljain jaloin liikkumisella esitetään olevan positiivisia vaikutuksia jalkaterän lihaksistoon. On esimerkiksi todettu, että intialaisilla, jotka eivät koskaan pidä tukevia kenkiä on joustavampi jalkaterä verrattuna britteihin, jotka liikkuvat pääsääntöisesti kengät jalassa. Lapsilla tehdyssä tutkimuksessa puolestaan havaittiin, että kenkien käyttö erityisesti varhaislapsuudessa haittaa normaalin mediaalisen pitkittäiskaaren kehittymistä. Tutkijat liittivät normaalin pitkittäiskaaren vahvempiin ja kehittyneempiin jalkaterän lihaksiin. (Jenkins ja Cauthon 2011.) Avojaloin liikuttaessa epätasainen alusta aktivoi jalkaterän pikkulihaksia. Myös pohjelihakset ja akillesjänteet vahvistuvat. Jo matalakin korko lyhentää akillesjännettä ja lisää pohjekireyttä heikentäen molempien toimintaa. (Saarikoski 2012.)

Marko Kantaneva kirjoittaa paljasjalkajuoksusta kirjassaan *Juoksemisen taito* (121–125, 2011), osoittaen muun muassa kritiikkiä ns. moderneja juoksukenkiä kohtaan. Juoksun aikana juoksijaan kohdistuu voimakkaita törmäysenergioita, erityisesti kantapäähän osuessa maahan. Nämä energiat, liikkueessaan vartaloa pitkien ylöspäin voivat pahimmillaan aiheuttaa kudonvaurioita ja rasisuammoja. Ihmiskehossa ja erityisesti jalkaterässä ja nilkassa on luonnostaan olemassa iskunvaimentimia ja elastisia rakenteita vastaanottamaan yllä mainittuja törmäysenergioita. Nykyaikaisiin juoksukenkiin on kehitetty ilmatyynyt vaimentamaan iskuja, mutta juoksuvammatilastojen valossa tämä ei näytä toimivan, niitä esiintyy enemmän kuin koskaan. Yksi syy Kantanevan mukaan tähän saattaa olla se, että kenkien ilmatyynyt eivät toimi kuten niiden kuuluisi, koska kantapää edellä astuttaessa nilkan ja jalkaterän luonnollinen toiminta estyy. Näin ollen nilkan ja jalkaholvien rakenteet, sekä akillesjänne eivät juoksuaskelluksessa pääse varastoimaan ja vapauttamaan elastista energiaa.

Paljas jalka on kengälliseen jalkaan verrattuna huomattavasti alttiimpi erilaisille vammoille, jotka johtuvat alustalla olevista terävistä esineistä, kuten kivistä ja lasinsiruista. Jalkapohjan iho on kuitenkin huomattavasti paksumpaa kuin iho

muualla vartalossa. Myös juoksualustan kylmyys tai kuumuus voi aiheuttaa vammoja jalkapohjiin. Lisäksi suojaamattomalla jalalla, varsinkin jos siinä on haavoja, on riski saada erilaisia infektioita. Varsinkin diabeetikkojen on noudatettava varovaisuutta paljain jaloin liikkueessaan, sillä heille jalkaterveydestä huolehtiminen on erityisen tärkeää. (Jenkins ja Cauthon 2011.)

3 ALARAAJOJEN TOIMINNALLINEN ANATOMIA

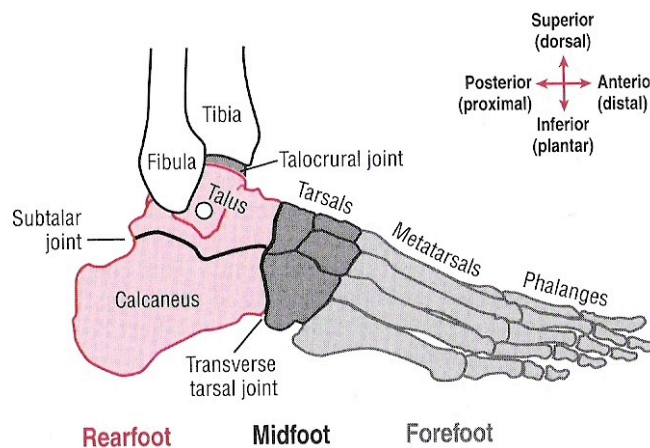
3.1 Nilkka ja jalkaterä

Nilkka ja jalkaterä muodostuvat useista luista, jotka toisiinsa nivelyen toimivat yhtenä toiminnallisena ryhmänä. Luiden muodot ja nivelyminen toisiinsa mahdollistavat nilkan ja jalkaterän toimimisen toisaalta joustavana vipuna ja toisaalta jäykkänä tukena. Jäykkyys on välttämätöntä vartalon painon kannattelemisen ja pystyasennon säilyttämisen kannalta. Joustavuus puolestaan mahdollistaa eteenpäin vievän voiman tuottamisen liikkueessa sekä epätasaiseen alustaan mukautumisen. Kineettisen ketjun alimpina jalkaterä ja nilkkanivel pystyvät lisäksi vaimentamaan iskuja sekä jakamaan kehoon vaikuttavia voimia. (Magee 2008, 844.)

3.1.1 Nilkan nivelet ja niiden toiminta

Ylempi nilkkanivel (art. talocruralis) on sarananivel, joka muodostuu tibian ja fibulan distaalisisista päistä sekä taluksen superiorisesta osasta (kuvio 1). Se mahdollistaa nilkan dorsi- ja plantaarifleksion. Nivel on melko epästabiili plantaarifleksiossa johtuen siitä, että taluksella on tässä asennossa enemmän tilaa liikkua tibian ja fibulan muodostamassa haarukassa. Dorsifleksioon osallistuvat lihakset sijaitsevat säären etuosassa: m. tibialis anterior, m. extensor digitorum longus, m. extensor hallucis longus ja m. peroneus tertius. Plantaarifleksioon puolestaan

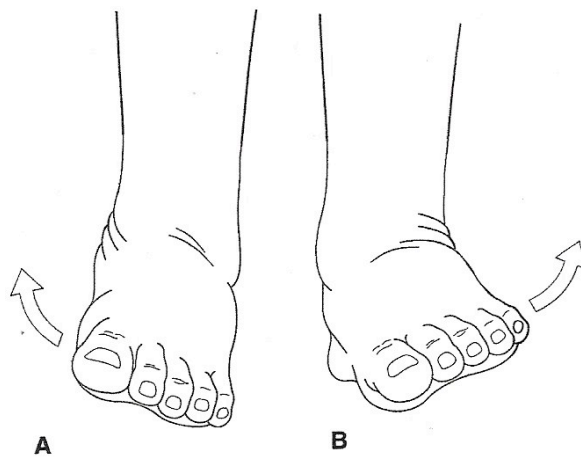
osallistuvat säären takaosan lihakset, joista tärkeimmät ovat m. gastrocnemius, m. soleus ja m. flexor digitorum longus. Lisäksi plantaarifleksiossa avustavat m. plantaris, m. tibialis posterior, m. hallucis longus sekä m. peroneus longus ja brevis. (Magee 2008, 882; Moore & Dalley 1999, 632.) Ylempää nilkkaniveltä tukevat mediaaliset ja lateraaliset kollateraalligamentit, jotka rajoittavat liiallista ever-siota ja inversiota. Suurin osa ligamenttien säikeistä kulkee antero-posteriorisessa suunnassa, joten ne rajoittavat myös taluksen etu-takasuuntaista liikettä. (Neumann 2002, 484–485.)



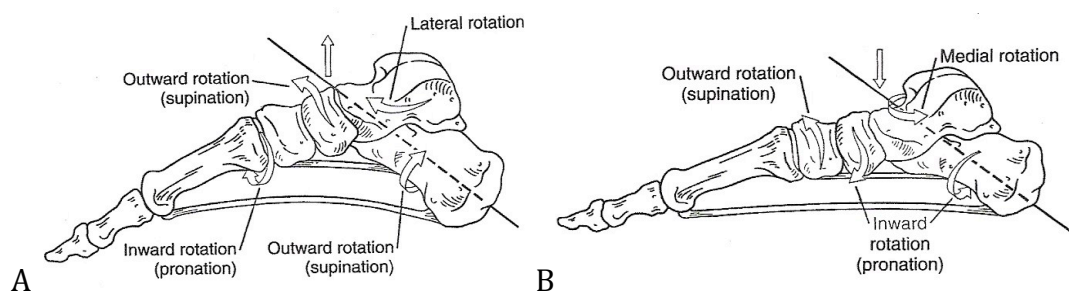
KUVIO 1. Nilkan ja jalkaterän rakenne. Rearfoot = jalkaterän takaosa, midfoot = jalkaterän keskiosa, forefoot = jalkaterän etuosa. (Neumann 2002, 478.)

Alempi nilkkanivel eli subtalaarinivel (art. subtalaris) on taluksen ja calcaneuksen välissä (kuvio 1). Inversio ja eversio tapatuvat pääosin tässä nivelessä. (Moore & Dalley 1999, 637.) Niveltä tukee kolme talocalcaneaalligamenttia; mediaalinen, posteriorinen ja lateraalinen ligamentti. Pääasiassa nivelen stabiliteetti riippuu kuitenkin jo aiemmin mainituista mediaalisista ja lateraalista kollateraalligamenteista. Lisäksi taluksen ja calcaneuksen välillä sinus tarsi -alueella kulkevat interosseus- ja cervicaalligamentit. (Neumann 2002, 489.) Jalkaterän supinaatiossa calcaneuksen inversioon ja ulospäin kiertymiseen yhdistyy jalkaterän etuosan adduktio, sisäänpäin kiertyminen tarsometatarsaalinivelissä ja ulospäin kiertyminen midtarsaalinivelissä sekä plantaarifleksio subtalaari- ja midtarsaalinivelissä. Näin ollen mediaalinen pitkittäiskaari kohoaa (kuviot 2 ja 3). Lisäksi

supinaatiossa sääri kiertyy ulospäin suhteessa jalkaterään. Supinaatio tekee jalkaterästä jäykän rakenteen, jolloin tehokas ponnistus eteenpäin on mahdollista. Jalkaterän pronaatiossa puolestaan jalkaterä on huomattavasti liikkuvampi, ja tarvitaan enemmän lihastyötä säilyttämään stabiilitetti tukivaiheessa. Pronaatioissa calcaneuksen eversioon ja sisäänpäin kiertymiseen yhdistyy jalkaterän etuosan abduktio, ulospäin kiertyminen tarsometatarsaalinivelissä ja sisäänpäin kiertyminen midtarsaalinivelissä, taluksen mediaalirotaatio sekä dorsifleksio subtalaari- ja midtarsaalinivelissä (kuviot 2 ja 3). Lisäksi sääri kiertyy sisäänpäin. Näiden liikkeiden seurauksena jalkaterän mediaalinen pitkittäiskaari laskeutuu. (Magee 2008, 853–854.)



KUVIO 2. A. Supinaatio ja B. pronaatio painoa kannattelemattomassa jalassa (Magee 2008, 856).



KUVIO 3. Jalkaterän supinaation ja pronaation muodostuminen. A. Tibian ulkokierron aiheuttama supinaatio ja B. sisäkierron aiheuttama pronaatio (Magee 2008, 856).

Jalkaterän pronaatio on tarpeellinen liikkumisen kannalta. Kontrolloitu pronaatio edistää jalkaterän keskiosan joustavuutta, jolloin jalkaterä pystyy mukautu-

maan alustan muotoihin. Liiallinen pronaatio tukivaiheen aikana sen sijaan aiheuttaa virheasentoja muualle alaraajaan. Tukivaiheen loppuosan aikana alaraaja siirtyy sisäkierrosta ulkokiertoon ja jalkaterä pronaatiosta supinaatioon. Supinoitunut jalkaterä yhdessä kohonneen ja jännittyneen mediaalisen pitkittäiskaaren kanssa tekevät jalkaterän keskiosasta jäykän, minkä ansiosta säären takaosan lihasten voima välittyy akillesjänteen kautta metatarsaalien päihin ja mahdollistaa tehokkaan työntövaiheen. Mikäli pronaatio säilyy tukivaiheen loppuun saakka, jalkaterän keskiosan stabilointi hankaloituu, ja jalkaterän lihakset ylikuormittuvat. Pitkällä aikavälillä tämä voi johtaa erilaisiin kivuliaisiin oireyhtymiin. (Neumann 2002, 501–502.)

3.1.2 Jalkaterän nivelet ja toiminta

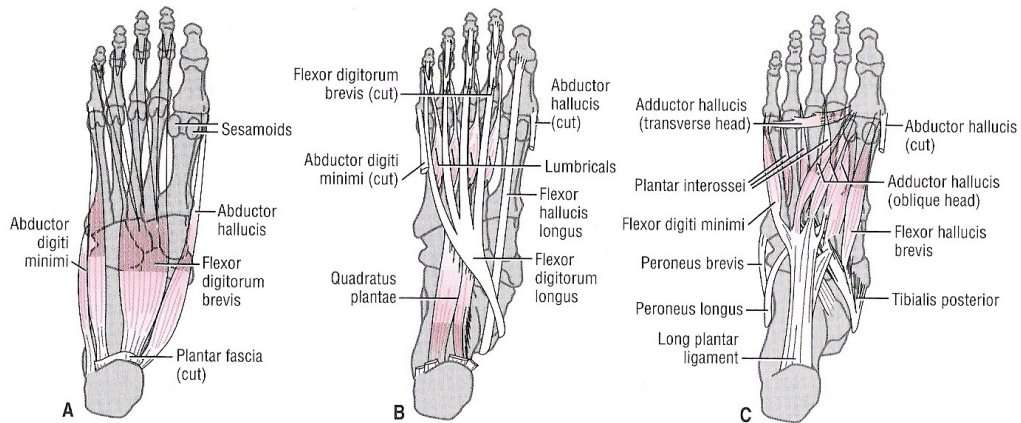
Jalkaterän luiset rakenteet voidaan jakaa kolmeen osaan. Takaosan muodostavat talus ja calcaneus sekä subtalaarinivel. Jalkaterän keskiosaan kuuluvat keskitalusaali- ja distaaliset intertarsaalnivelet. Jalkaterän etuosan muodostavat tarsometatarsaali-, metatarsofalangeaali- ja interfalangeaalnivelet. (Neumann 2002, 493.) Jalkaterän luiset rakenteet on esitetty kuviossa 1.

Jalkaterän keskiosan nivelet. Jalan takaosan ja keskiosan välinen nivelyminen tapahtuu kantaluun ja kuutioluun sekä telaluun ja veneluun välillä. Tätä nivellinjaa kutsutaan keskitalusaali-, poikittaistarsaali- tai Chopartin niveleksi (Ahonen 1998, 233). Keskitalusaalinivel on voimaakkaasti toiminnallisessa yhteydessä subtalaariniveleen, ja yksistään keskitalusaalinivelessä liikettä tapahtuu harvoin. Jalan takaosan luiden väliset liikkeet vaikuttavatkin myös keskiosan liikkeisiin. Calcaneuksen ollessa fiksoituna pronaatio ja supinaatio tapahtuvat pääosin keskitalusaalinivelissä, kun taas calcaneus vapaana liikkeet ovat jalkaterän taka- ja keskiosien summaatio. (Neumann 2002, 491, 492–493.) Keskitalusaalinivelten pronaatiotarve voi kasvaa, jos takaosan joustopronaatio on jostain syystä rajoittunut (Ahonen 1998, 234). Distaaliset intertarsaalnivelet yhdessä toimiessaan avustavat keskitalusaalinivelten liikkeissä. Niiden päätehtävä on kuitenkin osallistua jalan poikittaiskaaren muodostamiseen. (Neumann 2002, 502.)

Jalkaterän etuosan nivelet. Tarsometatarsaalinivelet ovat metatarsaalien sekä vaajaluiden ja kuutioluun välillä. Tarsometatarsaalinivelistä alkavat jalan nk. säteet. Vähiten liikkuu II-säde, joka muodostaa jalan tukipilarin erityisesti tukivaiheen lopussa. Mediaalinen I-säde ja lateraalinen V-säde ovat liikkuvimpia. I-säteen pääasialliset liikkeet ovat dorsifleksio, johon yhdistyy inversio sekä plantaarifleksio, johon yhdistyy eversio. (Neumann 2002, 503.) Suljetussa kineettisessä ketjussa I-säteen liikkuvuus sekä toisaalta stabilointi mahdollistavat jalan mukautumisen epätasaista alustaa vasten ja tarvittaessa vakaan päätöstukivaiheessa. V-säde auttaa tasapainon ylläpitämisessä ja medio-lateraalisen liikkeen hallinnassa, kun kantapää on maassa. Kun kanta nousee irti alustasta, viidennen metatarsaalin distaalipää irtaoo alustasta ja sen merkitys tasapainolle katoaa. (Ahonen 1998, 235–236). Varpaiden tyvinivelissä, metatarsofalangeaalinivelissä, liikettä tapahtuu kahteen suuntaan: fleksio-ekstensio ja abduktio-adduktio. Etenkin isovarpaan tyvinivelen liikkuvuus on tärkeää liikkumisen kannalta. Jäykkä tyvinivel estää tehokkaan varvastyönnön. (Neumann 2002, 504–505). Interfalangeaalinivelet liittävät varpaiden luut, falangit, yhteen. Ne liikkuvat pääasiassa fleksio-ekstensio -suunnassa. (Neumann 2002, 505.)

3.1.3 Jalkaterän kaarirakenteet

Nilkan ja jalkaterän toimintaan ja tukevuuteen vaikuttavat paitsi ligamentit ja säären lihakset, joiden jänteet kulkevat nilkkanivelen eri puolilta alas jalkaterään, myös jalkaterän lihakset. Niiden lähtö- ja kiinnityskohdat sijaitsevat molemmat jalkaterän alueella. Yksittäisillä lihaksilla ei ole toiminnan kannalta suurta merkitystä, mutta yhdessä ne mm. tukevat jalkaterän kaarirakenteita ja auttavat jalkaterää mukautumaan epätasaisella alustalla. Jalkaterän dorsaalipuolella on vain yksi lihas, m. extensor digitorum brevis, jonka lähtö- ja kiinnityskohdat ovat jalkaterässä. Plantaaripuolella lihakset ovat neljässä kerroksessa (kuvio 4). (Moore & Dalley 1999, 596; Neumann 2002, 518–520.)



KUVIO 4. Jalkaterän plantaaripuolen lihakset. A. ensimmäinen kerros, B. toinen kerros, C. kolmas ja neljäs kerros. (Neumann 2002, 519.)

Jalkaterän luut muodostavat useita toiminnallisia kaaria, joiden muoto ja korkeus vaihtelevat askeleen eri vaiheiden aikana. Mediaalinen pitkittäiskaari on joustava, ja se sijoittuu jalkaterän sisäreunalle calcaneuksen alimman luukyhmyyn (tuber calcanei) ja ensimmäisen jalkapöydänluun distaalisen pään väliin. Mediaaliseen kaareen kuuluvat lisäksi talus, navicularis ja sisin cuneiformis. Kaaren lakipiste on veneluun kohdalla. (Ahonen 1998, 227, 246.) Kaaren korkeuteen ja muotoon vaikuttaa eniten plantaarifaskia sekä lisäksi ligamentit ja mediaalisten tarsometatarsaalinelvten stabiliteetti. Näitä rakenteita kutsutaan passiivisiksi voimiksi. Mediaalista pitkittäiskaarta ylläpitävä aktiivinen voima sen sijaan muodostuu säären ja jalkaterän lihasten toiminnasta. Passiiviset voimat riittävät yleensä kaaren ylläpitoon esimerkiksi seistessä, mutta dynaamisissa tehtävissä, kuten juoksussa, tarvitaan myös aktiivisia lihasvoimia. (Neumann 2002, 496.)

Mediaalisen pitkittäiskaaren tehtävänä on toimia painoa kannattavana ja iskuja vaimentavana rakenteena. Ilman kaarirakennetta jalkaterän luut eivät välttämättä kestä suuria ja nopeita voimia esimerkiksi juoksun aikana. Muut jalkaterän luihin vaikuttavia voimia pienentäviä rakenteita ovat rasvapatjat, pinnallinen plantaarifaskia sekä isovarpaan sesamluut. (Neumann 2002, 496.) Lateraalisen pitkittäiskaaren tehtävä puolestaan on riittävän tuen antaminen askeleen aikana, ja se kestääkin kuormitusta suuria määriä. Lateraalinen kaari onkin jäykkä, ja siihen kuuluvat calcaneus, cuboideum ja kaksi lateraalista jalkapöydänluuta. Se

on mediaalista kaartta matalampi ja normaalisti kosketuksissa maahan seistäessä. (Ahonen 1998, 246–247; Moore & Dalley 1999, 640.)

Jalkaterän poikittainen kaari muodostuu metatarsaaliluiden distaalisten päiden kohdalle. Kuormitettuna poikittaiskaari laskee hieman, jolloin kehon paino jakautuu tasaisesti metatarsaaliluiden päille. Poikittaista kaartta ylläpitävät jalkaterän ja säären lihakset, plantaarifaskia sekä keskimmäinen cuneiformis. Se jaetaan joskus kolmeen osaan: tarsaalinen, posteriorinen metatarsaalinen ja anteriorinen metatarsaalinen (Magee 2008, 861; Neumann 2002, 502–503.) Ahosen (1998, 247) mukaan varsinaisesta kaarirakenteesta ei voida kuitenkaan puhua, koska kuormitettuna metatarsaaliluiden distaalipäät ovat kaikki kosketuksissa alustaan pehmytkudosten ja ensimmäisessä metatarsaalissa sesam-luiden kautta.

3.1.4 Wind lass -ilmiö

“Wind lass” tarkoittaa veiviä tai vintturia. Jalan biomekaniikassa sillä tarkoitetaan ilmiötä, jossa isovarpaan ekstensio kiristää kantakalvon tiukaksi jänteeksi. Tämän seurauksena kantapää ja jalan etuosa lähentyvät toisiaan aiheuttaen jalan pitkittäisten kaarirakenteiden kohoamisen. Erityisen tärkeä ilmiö on tukivaiheen lopussa, kun kuormitus on jalkaterän etuosalla. Virheellinen askeltaminen, jossa jalka poikkeaa abduktioon, estää isovarpaan riittävän ekstension ja siten wind lass -mekanismin. Jalan sisäkaari ei pääse kohoamaan, eikä nilkan supinaatio pääse käynnistymään ajallaan. Tällöin jalan plantaariset rakenteet venyvät aiheuttaen toiminnallisen häiriön ja kompensatioita ylempänä liikeketjussa. (Ahonen 1998, 265–266.)

3.2 Polvi

Mekaanisesta näkökulmasta polvessa yhdistyy kaksi hyvin erilaista vaatimusta; ylläpitää voimakasta stabiliteettia, kun polvinivel on täysin ojentunut ja mahdol-

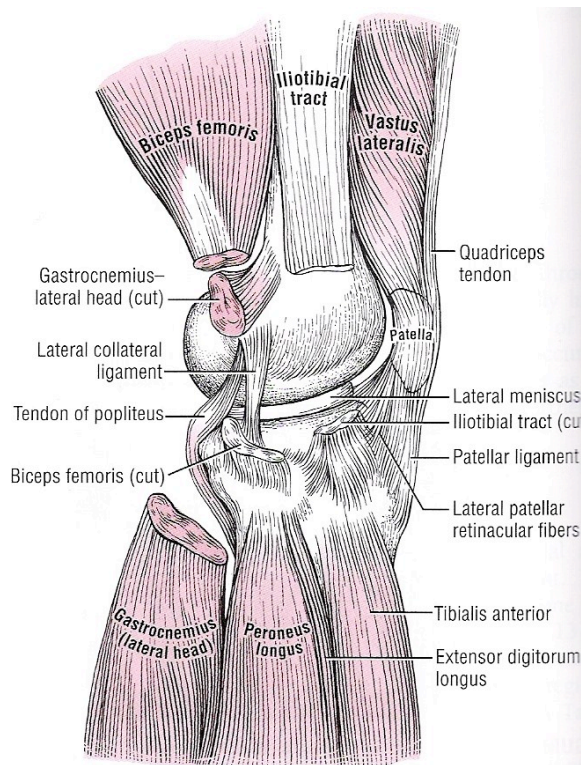
listaa hyvän liikkumiskyky kun polvinivel on koukistunut. Jälkimmäinen ominaisuus on tärkeä esimerkiksi juoksun kannalta. (Kapandji 1997, 72.)

Polvinivel on pääasiassa yhden liikesuunnan sarananivel, joka sallii alaraajan alaosan koukistus- ja ojennusliikkeet. Toisin sanoen se sallii vartalon ja alustan välisen etäisyyden vaihdella ja toimii siten pääasiassa pystyakselin suuntaisen painovoiman puitteissa. Polvinivelellä on lisäksi niin kutsuttu toissijainen liikesuunta, joka tarkoittaa säären pitkittäisakselin suuntaista kiertoa. Tämä voidaan saada aikaan vain kun polvi on koukistunut. Lisäksi polvinivelessä tapahtuu sivusuuntaista joustoa. (Ahonen 1998, 292; Kapandji 1997, 72.)

Polvinivelen joustavan toiminnan mahdollistaa monimutkainen mekaaninen järjestelmä. Tibiofemoraalinivel on kehon suurin nivel, joka muodostuu tibian ja femurin distaalista päistä, sekä patellasta, eli polvilumpiosta. Patella kuuluu tärkeänä osana polvinivelen toimintaa välittäen m. quadricepsin voimaa tibiaan. Tibian ja femurin nivelpinnat eivät ole yhtenevät, mikä mahdollistaa näiden luiden erisuuruisen, lihasten ja ligamenttien ohjaaman liikkeen. Tibian nivelpinta jakaantuu kahteen horisontaaliseen osaan, jonka päällä on kaksi nivelkierukkaa, yksi mediaalisella ja yksi lateraalilla puolella (kuvio 5). Nämä nivelkierukat toimivat polven iskunvaimentimina ja tasaavat kuormituksen molemmille puolille. (Ahonen 1998, 293, 295; Magee 2008, 727.)

Polven sisällä sijaitsevat ristisiteet (lig. cruciata) rajoittavat anteriorista ja posteriorista liukumista ja liian suuria äkkiliikkeitä. Etummainen ristiside, ACL (anterior cruciate ligament) rajoittaa tibian liikettä eteenpäin suhteessa reiteen, kun taas taempi ristiside, PCL (posterior cruciate ligament) puolestaan rajoittaa tibian liikettä taaksepäin. Polven sivusiteet (lig. collaterale) nimensä mukaisesti vastaavat sivusuuntaisesta tukevuudesta. Mediaalinen sivuside estää säärtä kääntymästä abduktioon reiteen nähden ja lateraalinen sivuside vastaavasti estää säären adduktiota reiteen nähden. Kollateraalisten nivelsiteiden sijainti on sellainen, että polven ollessa täysin suorana siteet kiristyvät estäen kaiken sivusuuntaisen liikkeen ja rotaation. Polven koukistuminen löysää siteet ja sallii niveleen edellä mainitut liikkeet. (Ahonen 1998, 295.) Polviniveltä ojentamassa on pääasiassa

yksi lihas, m. quadriceps femoris. Polviniveltä koukistavat lihakset ovat m. biceps femoris, m. semitendinosus, m. semimembranosus, m. gracilis, m. sartorius, m. popliteus ja m. gastrocnemius (kuvio 5). (Magee 2008, 749.)



KUVIO 5. Polvinivel ja siihen vaikuttavat lihakset lateraalipuolelta kuvattuna (Neumann 2002, 440).

Eräs juoksun kannalta huomionarvoinen asia polven kuormituksen muutoksista on, että Ahosen (1998, 279) mukaan polven joustamattomuus kuormittumisvaiheessa (polvi suorana, kun sääri pyrkii kiertymään) rasittaa polvea kuormituksen pysyessä yhdessä osassa polvea liian kauan. Poikkeava toiminta aiheuttaa myös translatorisen voiman, joka rasittaa etummaista ristisidettä ja nivelkapselin takaosaa. Samalla polven puuttuva joustoliike siirtää tarvittavan iskuvaimennuksen nilkkaan ja lonkkaan, joihin syntyy liian suuret joustoliikkeet. Lisäksi kuormituksen alaisena oleva raaja kiertyy lonkasta suureen sisäkiertoon ja samalla syntyy tibia varus- virheasento. Nämä yhdessä aiheuttavat nilkan subtalaarinivelen liiallisen eversion ja jalkaterän ylipronaaation.

3.3 Lonkka

Lonkka on pallonivel, jossa tapahtuu liikettä kaikilla kolmella liiketasolla ja kaikkien kolmen liikeakselin ympäri. Näin ollen sillä on muotonsa puolestaan lähes rajaton liikkuvuus, mutta lihasten, nivelkapselin ja nivelsiteiden kireys asettavat yksilölliset rajat lonkkanivelen liikkuvuudelle. (Ahonen 1998, 312) Lonkka on kehon tukevin nivel ja sen tehtävinä ovat liikkuminen ja kehon painon tukeminen (Kapandji 1997, 10). Lonkkanivelen toiminta kaikessa pystyasennossa tapahtuvassa liikkeessä on erittäin suuri, koska se välittää kineettisessä ketjussa alaraajan toiminnan osaksi lantion ja selän toimintaa (Ahonen 1998, 312).

3.3.1 Lonkkanivelen rakenteet

Suoliluun alaosassa sijaitseva kovera syvennys, acetabulum muodostaa lonkkanivelen ylemmän nivelpinnan. Sen paikka lantiossa voi vaihdella, ollen edempänä tai taaempana, mikä taas puolestaan vaikuttaa alaraajan ohjautumiseen ja linjautumiseen. Normaalia taaempana sijaitseva nivelkuoppa helpottaa ulkokiertoa, kun taas edempänä oleva sisäkiertoa. Lonkan nivelsiteistä erityisesti kävelyn kannalta huomioitavia ovat nivelen etuosassa sijaitsevat lig. iliofemorale ja lig. pubofemoralis, jotka nivelkapselin kannalta rajoittavat lonkan ekstensiota, abduktiota ja ulkokiertoa. Mikäli lonkan koukistajalihaksissa ja/tai ligamenteissa on kireyttä, ne rajoittavat tukivaiheen ekstensiota, jolloin lantio kiertyy anteriorisesti ja liike siirtyy alaselkään aiheuttaen usein selän kipeytymistä. (Ahonen 1998, 314–315.) Sama koskee juoksua, jossa lonkan ekstensiosuuntainen liike on myös näkyvissä tukivaiheen lopussa ja heilahdusvaiheen alussa. Juoksuvauhdin kasvu vaatii lonkalta suurempaa hyperekstensiota heilahdusvaiheen aikana (Lohman ym. 2011).

3.3.2 Lonkkanivelen lihaksisto

Lonkan fleksioon vaikuttavat useat eri lihakset; m. iliopsoas, m. rectus femoris, m. tensor fascia latae, m. gluteus minimus ja medius, m. pectineus, m. sartorius, sekä m. adductor longus. Edellä mainituista lihaksista mikä tahansa voi kiristyä, jolloin se rajoittaa lonkan ekstensiota. Mikäli kireä lihas on m. tensor fascia latae tai m. sartorius, vaikuttaa se myös säären liikkeisiin suhteessa reiteen, sekä kääntää reittä abduktioon tai adduktion lonkan ekstensiossa. (Ahonen 1998, 317.)

Lonkan ekstension suorittaa lihasten ryhmä, joista yksi on pääasialliselta tehtävältään lonkan ojentaja, osa vaikuttaa myös polven fleksioon ja yksi on lähentäjä. M. gluteus maximus on vahva lonkan ojentaja ja ulkokiertäjä, jonka ylimmät säikeet avustavat abduktiota. (Ahonen 1998, 318.) M. gluteus maximuksen rooli kävelyssä on lähes olematon, mutta sen aktiivisuus juoksun aikana ja juoksu-
vauhdin kiihtyessä kasvaa merkittävästi. M. gluteus maximuksen tärkeimmät tehtävät juoksun aikana ovat vartalon fleksion kontrollointi tukivaihetta suoritavan jalan puolella ja hidastaa heilahdusvaiheessa olevaa jalkaa. Tukivaiheen puoleisen m. gluteus maximuksen supistuminen saattaa myös auttaa lonkan fleksion kontrolloinnissa ja ekstensoida reittä. (Lieberman ym. 2006.)

Lohman ja muut (2011) kirjoittavat artikkelissaan, että lantion alueen heikentyneestä lihasvoimasta johtuva epänormaali lantion kinetiikka, liian suuren sisärotaation ja/tai adduktion väitetään olevan syynä tai vähintään edistävän yleisiä juoksuvammoja, kuten iliotibiaalisyndroomaan, patellofemoraalisyndroomaan, nilkan nyrjähdyksiin ja jopa alaselkäkipuun. Lonkan loitontajat ja ulkokiertäjät toimivat eksentrisesti rajoittaen lonkan lähennystä ja sisärotaatiota tukivaiheen ensimmäisen puolikkaan aikana. Näiden lihasten heikkous on läheisesti yhteydessä lonkan suurentuneeseen adduktion ja varukseen. Nämä liikkeen ja lihas-toiminnan ongelmat ovat yleisempiä kengillä juoksevilla, kuin paljasjalkajuoksijoilla, jotka eivät kanta-askella painon vastaanoton aikana.

4 JUOKSUN BIOMEKANIikka

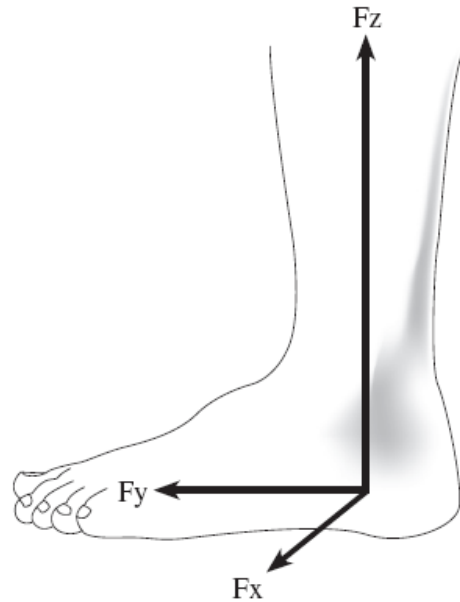
4.1 Biomekaniikka

Biomekaanista tietoutta vaaditaan, jotta voidaan ymmärtää miksi ihmiskehon liikkeet noudattavat tiettyjä kaavoja ja miksi jonkin osan virheellinen toiminta aiheuttaa aina korvaavan toiminnan myös muualla kehossa (Ahonen 1998, 118). Fysioterapeutin kannalta näiden lainalaisuuksien oppiminen auttaa ymmärtämään kineettisen ketjun toimintaa, ihmisen pystyasennossa tapahtuvaa liikku- mista sekä tasapainon häiriintymistä ja toisaalta sen korjaamista. Opinnäytetyön aiheen puolesta on jouduttu pohtimaan fysiikan lakien vaikutusta juoksuun kai- kissa sen vaiheissa, samoin kuin näiden luonnonlakien vaikutusta alaraajan kuormitukseen.

4.1.1 Juoksuun aikana vaikuttavat voimat

Kuten kaikkeen liikkeeseen, myös juoksuun vaikuttavat mekaniikan peruslait (I, II, III) jatkavuuden, dynamiikan sekä voiman ja vastavoiman lait. Näistä kolmesta erityisesti viimeinen, eli voiman ja vastavoiman laki on oleellinen, kun käsitellään esimerkiksi juoksussa vaikuttavia törmäysvoimia. Mekaniikan kolmannen perus- lain mukaan kahden kappaleen välinen vuorovaikutus aiheuttaa molempiin kap- paleisiin yhtä suuret vastakkaiset voimat, vastavoimat (Kauranen & Nurkka 2010, 216). Juoksun kannalta tämä tarkoittaa, että mitä kovemalla voimalla jalka osuu maahan, sitä suuremmalla vastavoimalla maa vaikuttaa jalkaan. Kun juoksijan jalka osuu maahan, kohdistaa hän jalkapohjan kautta alustaan aktio- voiman, jolloin alusta tuottaa yhtä suuren, mutta vastakkaissuuntaisen reaktio- voiman. Mikäli juostaan käyttäen kantaiskua, reaktiovoima suuntautuu osittain etenemissuuntaa vastaan, minkä vuoksi kantaiskuvaihe hidastaa etenemistä. Keskitukivaiheessa reaktiovoima on kohdistunut ylöspäin ja työntövaiheessa taas etenemissuuntaan päin. (Kauranen & Nurkka 2010, 226–227). Juoksun kuormituksen kannalta erityisesti maakosketuksen aikaiset törmäysvoimat ovat

olleet kirjallisuuskatsauksen tutkimuksissa esillä. Jalkaan tukivaiheen aikana vaikuttavat voimat on esitetty kuviossa 6.



KUVIO 6. Jalkaan vaikuttavat voimat tukivaiheen aikana. Fz vertikaalinen voima, Fy antero-posteriorinen horisontaalinen voima, Fx mediolateraalinen horisontaalinen voima. (Lohman ym. 2011.)

Kehon osien liikkeeseen vaikuttaa kuitenkin muitakin, sekä ulkoisia, että sisäisiä voimia. Ulkoisina voimina voidaan pitää esimerkiksi painovoima, kitkavoima, tukivoima ja väliaineen vastus. Sisäisinä voimina voidaan pitää lihasvoimaa ja nivelten välisiä voimia. (Kauranen & Nurkka 2010, 218.)

4.1.2 Vipuvarsimekaniikka

Biomekaaniselta kannalta ihmiskeho on joukko vipuvarsia ja ratasmekanismeja, jotka vaikuttavat toistensa liikkeisiin. Vipuvarren ja liikeakselin suhteen syntyy liikkeessä, myös juoksussa, kiertomomentti (=M, torque). Kiertomomentin suuruus tietyn pisteen, eli akselin suhteen riippuu vaikuttavan voiman (=F) suuruudesta ja vipuvarren pituudesta (=I). Kiertomomentti voidaan laskea kertomalla vaikuttavan voiman suuruus vipuvarren pituudella $M = F \times I$. (Ahonen 1998, 134.)

Joissakin kirjallisuuskatsaukseen valituissa tutkimuksissa tarkastellaan juuri tätä vääntövoimaa, joka juostessa kohdistuu alaraajan niveliin.

4.1.3 Ratasmekaniikka

Ihmiskehossa on paljon osia, jotka noudattavat rattaiden välisiä keskinäisiä liikelainalaisuuksia. Nämä luovat perustan myös suljetun kinesteettisen ketjun periaatteiden ymmärtämiselle, näin ollen on myös tärkeää selvittää, kuinka erilaiset liikkeet vaikuttavat toisiinsa. Jos rattaat ovat toisissaan kiinni, yhden rattaan liike vaikuttaa toisen rattaan suorittamaan vastakkaiseen liikkeeseen, ihmiskehossa rattaiden liikkeitä havaitaan esimerkiksi lantion ja rintakehän välillä. Painovoima vaikuttaa kuitenkin osaltaan liikkeiden ja ryhdin hallintaan, joten lihasvoima, tasapainoasti ja liikkeiden hahmottamiskyky ovat oleellisia tekijöitä tasapainoisessa liikkeessä ja ryhdissä. Frontaalitasolla tapahtuva ratasliike voidaan havaita hyvin vaikkapa kävelyn tai juoksun tukivaiheen aikana. Normaalissa kävelyssä tukijalan vastakkainen lantion puolisko tippuu n. 5 astetta, mutta tukijalan puoleisen lihasten ollessa heikot, liike saattaa olla huomattavasti suurempi ja lantio ns. pettää sivusuunnassa. (Ahonen 1998, 137.)

4.2 Kineettinen ketju

Ihmiskehon toiminnot ja liikkuminen tapahtuvat kineettisenä eli liikeketjuna. Yhden nivelen liike vaikuttaa siis seuraavan nivelen toimintaan. Kineettinen ketju jaetaan avoimeen ja suljettuun ketjuun sen mukaan, onko kyseinen kehonosa kuormitettuna vai ei. Avoimessa ketjussa raajan distaalinen osa ei ole fiksoituna maahan tai muuhun liikkumattomaan esineeseen, jolloin se on vapaa liikkumaan, kuten esimerkiksi heittoliikkeessä tai kävelyn heilahdusvaiheessa. Varsinaista säännönmukaista ketjumaista nivelten liikettä ei kuitenkaan välttämättä tapahdu, ja nimitys avoin kineettinen ketju onkin hieman harhaanjohtava. Suljettu kineettinen ketju puolestaan tarkoittaa sitä, että ketjun distaalinen osa on fiksoitu-

na esimerkiksi maahan. Tällöin proksimaalinen osa on vapaa liikkumaan suhteessa distaaliseen osaan, kuten esimerkiksi juoksun tukivaiheen aikana. (Ahonen 1998, 138–139; Neumann 2002, 7–8.)

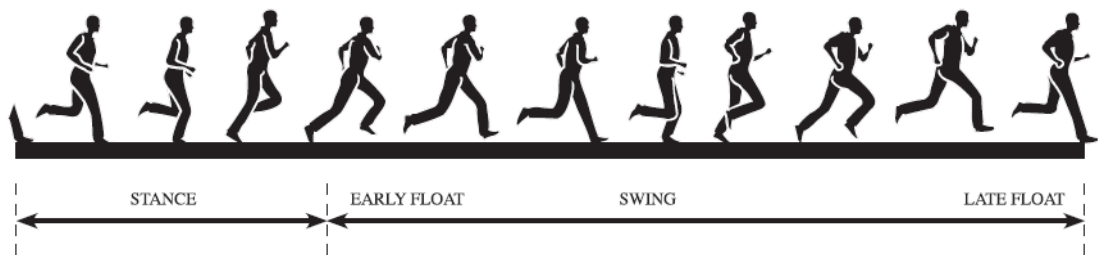
Suljetussa kineettisessä ketjussa liikkeet siis tapahtuvat kuormitetussa tilassa. Liikettä tapahtuu niin distaalisessa kuin proksimaalisessakin osassa: jalkaterä pysyy paikallaan alustalla ja sääri liikkuu suhteessa siihen nilkan nivelten välityksellä ja vastaavasti reisi suhteessa sääreen. Suljettu kineettinen ketju alkaa subtalaarinivelestä ja päättyy leukaniveleen. Normaalisti toimivassa suljetussa kineettisessä ketjussa nivelten toiminta on sarja joustavia pieniä liikkeitä. Toiminta voi kuitenkin häiriintyä usealla eri tavalla. Joustoliikkeet voivat puuttua kokonaan tai ne voivat olla liian suuria. Subtalaarinivelellä on merkittävä rooli kineettisessä ketjussa, ja sen häiriöt aiheuttavat usein häiriöitä myös muualle liikeketjuun. (Ahonen 1998, 139, 142.) Normaali liikkuminen muodostuu sekoituksesta avoimen ja suljetun ketjun liikkeitä. Suljettua ketjua edustavat tukivaiheet, joiden aikana syntyvät kontaktivoimat välittyvät muualle kehoon. Myös sensorinen tieto kantavien nivelten asennosta välittyy suljettua ketjua pitkin. Yhden nivelen liike aiheuttaa liikettä myös ylemmissä nivelissä, eriytynyt liike on mahdollista vain proksimaalisimmassa nivelessä. Avoimen ketjun liikkeissä eriytyneet liikkeet sen sijaan ovat mahdollisia missä tahansa osassa ketjua. (Brownstein & Bronner 1997, 3.)

4.3 Juoksun vaiheet ja lihasaktivaatio

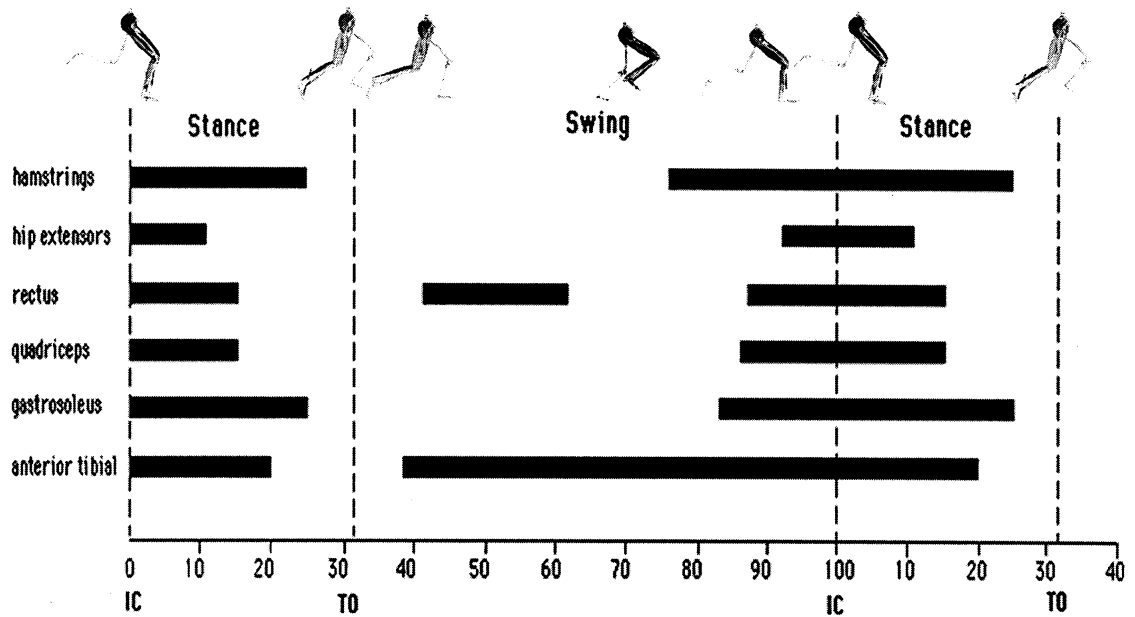
Vaikka juoksu on kävelyn luonnollinen jatkumo, ja niissä on monia yhtäläisyyksiä, myös merkittäviä eroavaisuuksia löytyy. Erona kävelyyn juoksusta puuttuu kaksoistukivaihe kokonaan. Sen sijaan juoksusykliin kuuluu kaksi lentovaihetta, jolloin kumpikaan jalka ei ole kosketuksissa maahan. Juoksun frekvenssillä (kadenssilla) tarkoitetaan askelten määrää tietyssä ajassa, esimerkiksi minuutissa. Askelparin pituus määritellään välimatkaksi saman jalan kahden peräkkäisen kontaktin välillä. Askelpituus puolestaan on välimatka kahden eri jalan peräkkäisen kontaktin välillä. Juoksussa temporaaliset ja spatiaaliset tekijät ovat yleensä

toisistaan riippuvaisia. Nopeuden lisääntyminen voidaan saada aikaan lisäämällä askelpituutta, jota seuraa suurempi frekvenssi. (Dugan & Bhat 2005; Lohman ym. 2011.)

Juoksusykli alkaa jalan osuessa maahan ja päättyy saman jalan osumiseen uudelleen maahan, eli se sisältää kaksi askelta. Juoksusykli voidaan jakaa tukivaiheeseen, heilahdusvaiheeseen ja lentovaiheeseen (kuvio 7). Tukivaiheen ensimmäisen puoliskon aikana tapahtuu voiman imeytymistä (absorption) ja jälkimmäisen puoliskon aikana puolestaan tuotetaan eteenpäin vievä voima (propulsion). Tukivaihe voidaan edelleen jakaa alkukontaktiin (kantaiskuun), keskitukivaiheeseen ja varvastyöntöön. Heilahdusvaihe jaetaan alku- ja loppuosaan. Lentovaiheet ovat heilahdusvaiheen alku- ja loppuosassa. (Dugan & Bhat 2005.) Juoksu-nopeuden kasvaessa heilahdusvaiheen kesto kasvaa ja myös sen suhteellinen osuus koko juoksusyklistä kasvaa. Hitaassa juoksussa tuki- ja heilahdusvaiheen suhde on noin 35:65, kun taas nopeammassa juoksussa se on noin 30:70. (Lohman ym. 2011.) Tyypillinen lihasten EMG-aktiivisuus juoksusyklin eri vaiheissa on esitetty kuviossa 8. Yleisesti ottaen lihasaktiivisuudet ovat korkeimmillaan juuri ennen alkukontaktia ja heti sen jälkeen (Novacheck 1998).



KUVIO 7. Juoksun vaiheet. Stance = tukivaihe, early float = ensimmäinen lentovaihe, swing = heilahdusvaihe, late float = toinen lentovaihe. (Lohman ym. 2011.)



KUVIO 8. Lihasaktivaatiot juoksusyklin aikana. Stance=tukivaihe, swing=heilahdusvaihe, IC=alkukontakti, TO=varvastyöntö. (Novacheck 1998.)

4.3.1 Tukivaihe

Alkukontaktissa kantapään lateraaliosa osuu maahan jalkaterä lievästi supinoituneena. Tämä on seurausta siitä, että sääri heilahtaa 8–14° toiminnallisessa varus-asennossa kohti keskilinjaa etenemissuuntaan nähden. Calcaneus on invertoitunut muutaman asteen. Toisin kuin kävelyssä, juoksussa ei kantauskun jälkeen ole plantaarifleksiota, vaan jalkaterällä on pyrkimys dorsifleksioon. Tämä lisää pronaation määrää alemmassa nilkkanivelessä. Pronaatiota tapahtuu tukivaiheen ensimmäisen viidenneksen aikana. Sitä seuraavat jalkaterän takaosan eversio ja tibian sisärotaatio. Tibialis anterior supistuu konsentrisesti stabiloidakseen nilkkaa ja mahdollisesti myös kiihdyttämään tibian liikettä maahan fiksoidun jalkaterän yli vauhdin ylläpitämiseksi tai lisäämiseksi. Samanaikaisesti gastrocnemius ja soleus supistuvat eksentrisesti kontrolloidakseen tibian liikettä ja osaltaan lisätäkseen nilkan stabiiliutta. Tibialis anteriorin eksentrisen supistuminen kontrolloi jalkaterän etuosan laskeutumista maahan. Pystysuuntainen kontaktivoima kantauskun alkuvaiheessa voi olla jopa yli kaksi kertaa kehon painon suuruinen, mikä on kaksinkertainen kävelyyn verrattuna. Tässä juoksusyklin

vaiheessa alaraajan tärkeä tehtävä onkin absorboida törmäysenergiaa. Se tapahtuu quadricepsin eksentrisen supistumisen avulla polven koukistuessa törmäyksen jälkeen. Mekanismin ansiosta kehon painopiste ei pääse laskemaan liikaa. Pääkiäjuoksussa nilkan plantaarifleksoreilla on merkittävä rooli törmäysvoiman vaimennuksessa. Myös dorsifleksio ja pronaatio nilkanivelessä sekä polven ja lonkan fleksio auttavat pienentämään alaraajaan kohdistuvia voimia. (Dugan & Bhat 2005; Novacheck 1998.)

Keskitukivaiheen lopussa ennen kantapään irtoamista maasta nilkan dorsifleksio on suurimmillaan, maksimissaan 20°, johtuen tibian liikkumisesta eteenpäin. Juuri ennen maksimaalista dorsifleksiota myös pronaatio on suurimmillaan. Heilahtavan jalan liikkeessä eteenpäin lantio kiertyy, minkä seurauksena tukijalka kiertyy ulospäin. Ulospäin kiertyvä tibia aiheuttaa calcaneuksen inversion ja edelleen jalkaterän supinaation. Pronaation muuttuessa supinaatioksi absorptiovaihe vaihtuu työntäväksi vaiheeksi. Heilahtavan jalan ja vartalon eteenpäin jatkuva liike valmistavat tukijalkaa aloittamaan työntövaiheen. Nilkan plantaarifleksio aloittaa tukijalan kiihtyvän liikkeen eteenpäin. Jalkaterän pysyessä edelleen maassa plantaarifleksio myös pidentää tukijalkaa, mikä minimoi painopisteen laskua vastakkaisen jalan heilahtaessa eteenpäin. Supinaatio alkaa kantapään irrotessa alustasta ja jatkuu tukivaiheen loppuun saakka. Supinaatio jäykistää jalkaterää ja valmistaa sitä työntövaiheeseen. Juoksusyklin tässä vaiheessa kontaktivoima on suurimmillaan, lähes kolminkertainen juoksijan painoon nähden. Alaraajan stabiliteetista tukivaiheen aikana huolehtivat lonkan lähentäjälihakset. Hamstring-lihakset yhdessä lonkan ojentajien kanssa ovat aktiivisina koko tukivaiheen ajan. Niiden tehtävä muuttuu polven tukemisesta lonkan ojentajiksi. Tukivaiheen lopussa myös polvi ojentuu quadricepsin supistuessa konsentrisesti. (Dugan & Bhat 2005.)

4.3.2 Heilahdusvaihe

Varvastyönnön jälkeen alkaa lentovaihe. Polvi ja lonkka koukistuvat ja lonkassa tapahtuu abduktiota. Nilkka on dorsifleksiossa. Lentovaiheen jälkeen vastakkainen jalka iskeytyy maahan, ja myös sen abduktorit aktivoituvat stabiloimaan lan-

tiota. Varvastyönnön jälkeen alkaa toinen lentovaihe. Heilahtava jalkaa valmistautuu jälleen osumaan maahan. Lonkan fleksio muuttuu ekstensioksi. Lentovaiheen lopussa lonkassa tapahtuu adduktiota, kun alaraajaa tuodaan juoksulinjalle. Jalan valmistautuessa osumaan maahan triceps surae aktivoituu. Tibialis anterior pysyy aktiivisena koko heilahdusvaiheen ajan ylläpitäen nilkan dorsifleksiota. (Dugan & Bhat 2005.) Rectus femoris supistuu heilahdusvaiheen alussa eksentrisesti estääkseen polven liiallisen koukistumisen. Heilahdusvaiheen lopussa myös hamstring-lihakset aktivoituvat eksentrisesti kontrolloiden tibian liikettä ja estäen polven yliojentumista. (Novacheck 1998.) Juoksussa suurin osa eteenpäin vievästä voimasta tuotetaan heilahtavalla jalalla, sen polven ja lonkan fleksiolla (Lohman ym. 2011).

4.3.3 Juoksunopeuden vaikutus juoksusykliin

Kuten edellä jo mainittiin, juoksunopeuden kasvaessa heilahdusvaiheen pituus ja sen osuus juoksusyklistä kasvaa. Juoksunopeus vaikuttaa myös lonkka- ja polvinivelten liikelaajuuteen. Heilahdusvaiheen alussa lonkan ekstensio suurenee juoksunopeuden kasvaessa sekä vastaavasti heilahdusvaiheen keski- ja loppuosassa polven ja lonkan fleksio suurenevat. Nilkan liike juoksun aikana ei ole riippuvainen juoksunopeudesta, eikä nilkkaniveleen konsentrisen voimantuotto työntövaiheessa ole suuressa roolissa eteenpäin tuotettavan voiman kannalta. Nilkkaniveleen vaikuttavien lihasten jänteet sekä ligamentit kuitenkin varastoivat energiaa tukivaiheen alussa ja vapauttavat sen tukivaiheen lopussa jousen tavoin. Mekanismi parantaa juoksun taloudellisuutta merkittävästi. Tärkein tällainen jousi on akillesjänne. Juoksunopeudella on vaikutusta myös muihin jalkaterän jänteisiin ja aponeurooseihin. Juoksunopeuden kasvaessa niihin kohdistuu suurempia voimia lihasten eksentrisen aktiivisuuden kasvaessa. (Lohman ym. 2011.)

Juoksussa askelkontakti voi tapahtua kolmella tavalla. Ensimmäisenä maahan voi osua joko calcaneus, jalkaterän etuosa tai etu- ja takaosat yhtä aikaa. (Lohman ym. 2011.) Askelkontaktin malli riippuu mm. juoksunopeudesta. Noin 80 %:lla kestävyysjuoksijoista kontakti tapahtuu kantapäällä, yleensä sen ulkoreunalla.

Lopuista suurimmalla osalla ensimmäisenä maahan osuu jalkaterän keskiosa. Pikajuoksussa kantapää ei kosketa lainkaan maahan, vaan koko askelkontakti tapahtuu päkiällä. Tällöin nilkka on hieman plantaarifleksiossa. (Dugan & Bhat 2005; Novacheck 1998.)

5 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kirjallisuuskatsauksen avulla alaraajojen kuormittumista paljasjalkajuoksussa verrattuna juoksuun perinteisillä juoksuajalkineilla.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten alaraajan kuormittuminen eroaa paljain jaloin ja perinteisillä juoksukengillä juoksussa?
2. Voidaanko saatua tietoa hyödyntää rasitusvammojen ehkäisyssä ja kuntoutuksessa?

5.1 Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

Kirjallisuuskatsaus on koottua tietoa joltakin rajatulta alueelta ja se tehdään yleensä vastauksena johonkin kysymykseen eli tutkimusongelmaan. (Leino-Kilpi 2007, 2.) Tutkimusongelmaan vastaamiseksi tai synteesin muodostamiseksi tehdään järjestelmällinen ja kriittinen kirjallisuuden kerääminen ja analysointi perustellusti muotoillun kysymyksen kautta. (Stolt & Routasalo 2007, 58.)

Johansson (2007, 2–3) kirjoittaa, että kirjallisuuskatsauksen avulla on mahdollista hahmottaa olemassa olevan tutkimustuloksen kokonaisuutta. Kokoamalla tutkimuksia tiettyyn aiheeseen liittyen saadaan kuva esimerkiksi siitä, miten paljon

tutkimustietoa on olemassa sekä millaista tutkimus sisällöllisesti ja menetelmällisesti on. On kuitenkin huomioitava, että kirjallisuuskatsauksen tarkoitus vaikuttaa oleellisesti siihen sisällytettävään tutkimusaineistoon. Johansson huomauttaa, että lisäksi tulee huomioida, että kirjallisuuskatsauksella voidaan tarkoittaa sekä laajaa tutkimuskokonaisuutta että jo kahden tutkimuksen yhteiskäsittelyä.

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on sekundaaritutkimus jo olemassa oleviin tarkasti rajattuihin ja valikoituihin tutkimuksiin. Se kohdistuu tiettyinä aikana tehtyihin, relevantteihin ja tarkoitusta vastaavaihin tutkimuksiin. Näin ollen sen katsotaankin olevan yhtenä mahdollisuutena löytää korkealaatuisesti tutkittuja tutkimustuloksia. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus eroaa muista katsauksista mm. spesifin tarkoituksen, erityisen tarkan tutkimuksen valinta- analysointi- ja syntetisointiprosessin vuoksi. Tässä kirjallisuuskatsaustyyppissä jokainen vaihe on tarkkaan määritelty ja kirjattu mm. katsauksen toistettavuuden mahdollistamiseksi. (Johansson 2007, 4–5.)

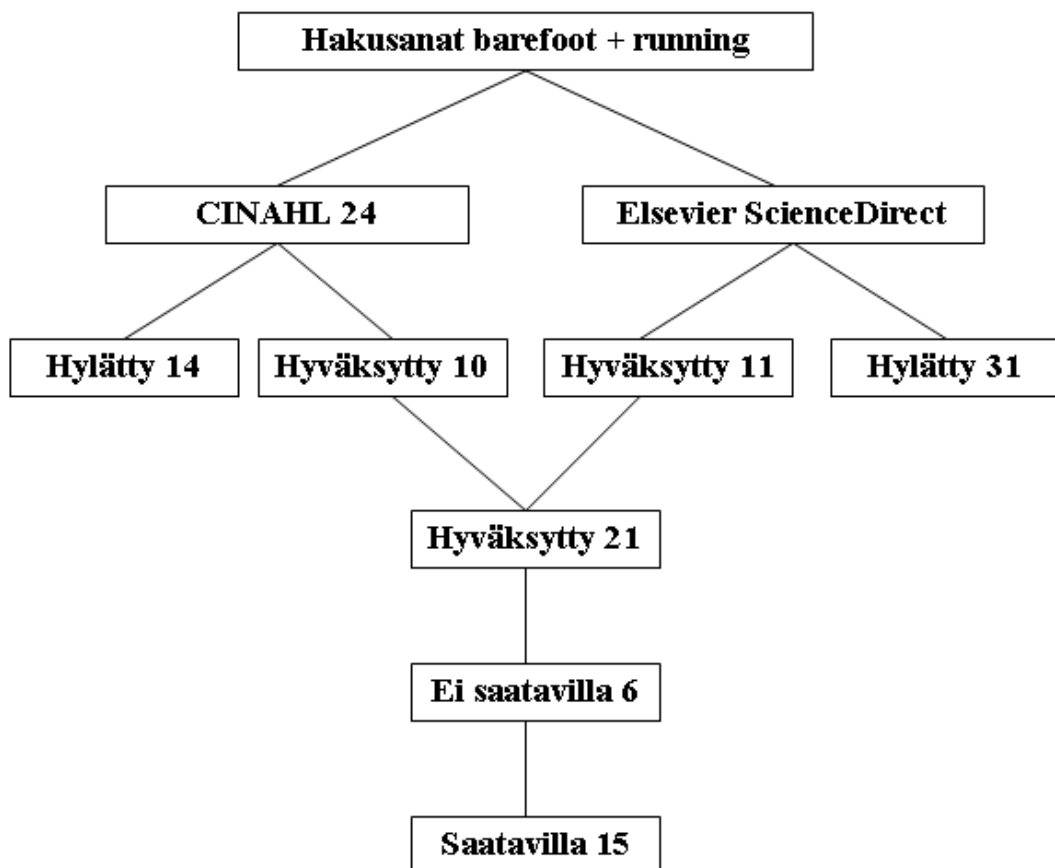
5.2 Opinnäytetyön tiedonhankinta

Opinnäytetyön teoriaosuuden koostaminen aloitettiin keväällä 2012 tutustumalla kirjallisuuteen. Sähköinen tiedonhaku toteutettiin kahdessa eri erässä elokuussa 2012. Opinnäytetyön tiedonhaussa pyrittiin käyttämään ajankohtaista tietoa rajaamalla tiedonhaku 2000-luvulla (2000–2012) tehtyihin tutkimuksiin ja artikkeleihin. Useiden kartoitusten jälkeen päädyttiin käyttämään hakuihimme kahta parhaan tuloksen antavaa tietokantaa, CINAHL ja Elsevier ScienceDirect-kantoja.

Hakusanoina käytettiin sanoja 'barefoot' AND 'running' joiden piti kummankin esiintyä tuloksissa. Alun perin tarkoituksena oli käyttää laajempaa hakusanavaliokimaa, joka sisältäisi esimerkiksi hakusanat "barefoot" "barefoot running" "barefoot+knee" "barefoot+ankle" "stress injury+barefoot" "shod running". Koska aihetta on tutkittu suhteellisen vähän, paras tulos saatiin yksinkertaisemmin hakusanalla 'barefoot' AND 'running'. CINAHL-tietokannan haut rajattiin sisältä-

mään vain tieteellisiä artikkeleita (research articles), ja Elsevier ScienceDirect-tietokannan haut tehtiin rajauksella "Journal Article".

CINAHL-tietokannan hausta saatiin yhteensä 24 osumaa. Otsikon ja abstraktin perusteella suljettiin pois yhteensä 14 tutkimusta, koska ne olivat aiheajauksen ulkopuolella. Jäljelle jäi kymmenen tutkimusta. Vain yksi jäljelle jääneistä löytyi tietokannasta kokonaisuudessaan (full text). Elsevier ScienceDirect-tietokannan hausta saatiin yhteensä 42 artikkeliosumaa, joista suljettiin pois kaksi aikaisemmassa haussa esiin tullutta artikkelia sekä yksi vieraan kielen takia. 29 artikkelia suljettiin pois joko otsikon tai abstraktin takia, joten jäljelle jäi 11 artikkelia. Yhteensä löytyi siis 21 opinnäytetyön aiheajaukseen sopivaa artikkelia. Näistä kuutta ei pystytty hankkimaan kokonaisuudessaan luettavaksi. Työn kirjallisuuskatsaus muodostuu siis yhteensä 15 artikkelista. Tutkimusten sisäänotto on esitetty kuviossa 9.



KUVIO 9. Kirjallisuuskatsauksen tutkimusten sisäänotto.

6 TUTKIMUKSET

Seuraavassa on esitetty taulukko kirjallisuuskatsaukseen valituista tutkimuksista ja niiden tärkeimmistä tuloksista. Tutkimukset ovat aakkosjärjestyksessä.

TAULUKKO 1. Kirjallisuuskatsauksen tutkimukset.

Tutkimus	Koehenkilöt	Menetelmät	Tulokset
Braunstein, B., Arampatzis, A., Eysel, P., Büggerman, G-P. 2010. Footwear affects the gearing at the ankle and knee joints during running.	n= 14 (miehiä, kestävyysjuoksijoita, 3-4 juoksukertaa viikossa, ikä 28,2±4,5)	Juoksun mekaniikan muutosten selvittäminen juostessa tartanilla viidellä erilaisella kengällä verrattuna paljasjaloin nurmikolla, keskittyen nilkan ja polven kuormittumiseen. Voimalevy, määrätty vauhti. Infrapunakamera kinematiikkaan. 20m juoksumatka.	Paljasjaloin + kuormittavuus (gear ratio) nilkassa tukivaiheen alussa, - tukivaiheen lopussa. Polven kuormittavuus (gear ratio) keskittukivaiheen aikana -. Kengillä mekaaninen etu nilkan ekstensorien voimanmuodostuksessa työntövaiheen aikana.
De Wit, B., De Clercq, C., Aerts, P. 2000. Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running.	n=9(m), ikä=27,3±9, paljasjaloin n=7. Hnkilöt olivat pitkänmatkanjuoksijoita.	Tutkittiin spatio-temporaalisia muuttujia, GRF, sekä sagittaali- ja frontaalitason kinematiikkaa tukivaiheen aikana paljasjaloin vtr. kengillä. 30m juoksumatka, neutraaleilla juoksukengillä, 3 eri nopeutta (3,5, 4,5, 5,5 m/s), 10 hyvää suoritusta, videointi, voimalevy. Paljasjaloin: voimamaton päälle painematto	Paljasjaloin: - askeleita, tiheämpään ja - kontaktiaika. Törmäysvoimapiikki tapahtui nopeammin ja keskittukivaihe saavutettiin nopeammin. - eversio iskun aikana. Polven fleksio ja nilkan plantaarifleksio paljasjaloin + maakosketuksen aikana → jalkaterän horisontaalisempi asento ja polven fleksion nopeus +. Kengillä maakontaktin alussa polven kulman muutos +, polven fleksio keskittukivaiheen aikana +. Erot hävisivät tukivaiheen lopussa. Alaraajan jäykkyys + paljasjaloin.

Divert, C., Mornieux, G., Baur, H., Mayer, F. & Belli, A. 2005. Mechanical comparison of barefoot and shod running.	n=35, ikä 27±7; harrastelija-juoksijoita, ei vammoja tutkimushetkellä	4 min juoksumatolla vauhdilla 3,33 m/s paljain jaloin ja tavallisella juoksukenkällä satunnaisessa järjestyksessä, kontakti kantapäällä, n. 60 askelta. 3D liikeanalyysi. EMG säären lihaksista.	Lentoaika, kontaktiaika ja askeleen kesto lyhyempiä, törmäysvoima pienempi, plantaarifleksoreiden esiaktiivisuus suurempi avojaloin kuin kenkällä
Donoghue, O.A., Harrison, A.J., Laxton, P. & Jones, R.K. 2008. Lower limb kinematics of subjects with chronic Achilles tendon injury during running.	n=22, 11 kh:llä taustalla krooninen lievä akillesvamma (ei tällä hetkellä), pronatointia, ikä 39.6±7.7; 11 "tervettä", ikä 45.2±8.1. Kaikki kh:t aktiivisia juoksijoita.	Juoksumatolla itse valitulla nopeudella. 3D liikeanalyysi.	Eversio ja polven fleksio suuremmat kenkällä vrt. avojaloin, ero suurempi akillesongelmaisilla.
Eslami, M., Begon, M., Farahpour, N. & Allard, P. 2007. Forefoot-rearfoot coupling patterns and tibial internal rotation during stance phase of barefoot versus shod running.	n=16, ikä 28.2±5.2	10 suoritusta avojaloin ja kenkällä (sandaalit) satunnaisessa järjestyksessä nopeudella 170 ask./min. Voimalevy ja kamera.	Tibian sisäkierrossa ei merkittäviä eroja paljasjaloin ja kenkällä. Jalkaterän etuosan add/abd ja takaosan ev/inv -liikkeet merkittävästi erilaisia suhteessa toisiinsa tukivaiheen aikana: kenkällä liikkeet enemmän samassa suhteessa toisiinsa, paljasjaloin etu- ja takaosan liikkeet ei synkronissa.
Kerrigan, D. C., Franz, J. R., Keenan, G. S., Dicharry, J., Croce, U. D., Wilder, R. P. 2009. The Effect of Running Shoes on Lower Extremity Joint Torques	n=68 harrastejuoksijoita, jotka tyypillisesti juoksevat kenkällä.	Juoksumatolla juoksu, määrättyllä nopeudella, samanlaisilla kenkällä (Brooks adrenaline) ja ilman. 3D- liikeanalyysi (videointi) ja GRF synkronoitiin.	Suuremmat nivelkuormittavuudet lonkassa, polvessa ja nilkassa kenkällä juostessa. Erityisen suuret erot olivat lonkan sisäkierroon (54 %) ja polven varuksen (38 %) ja fleksion (36 %) kuormituksessa.

<p>Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W.A., Daoud, A.I., D'Andrea, S., Davis, I.S., Mang 'Eni, R.O., Pitsiladis, Y. 2010. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners.</p>	<p>Kenkiä käyttävä aikuinen USA n= 8 (6/2) Viimeaikoina kenkiin siirtynyt aikuinen (paljasjaloin varttunut), Kenia n=14 (13/1) Paljasjalkajuoksu harrastava aikuinen USA n=8(7/1) Paljasjalkainen (ei koskaan kenkiä käyttänyt) nuori aikuinen Kenia n=16(8/8) Kenkiä käyttävä nuori aikuinen Kenia n=17 (10/7)</p>	<p>(Kanta)iskun kinematiikan vertailu radalla valinnaisella juoksunopeudella sekä paljasjaloin, että juoksukengillä.</p>	<p>Kenkiä käyttävät RFS (kantaisku) (1,5) sekä kengillä että paljasjaloin. Paljasjaloin varttuneet tai paljasjalkajuoksuun siirtyneet (2,4) käyttivät sekä kengillä että ilman, päkiäaskellusta (FSS), jota useimmiten seurasi kantapään kontakti. Kinemaattiset erot iskun aikana saivat aikaan huomattavia eroja törmäysvoimissa askellustyyppien välillä (FSS pienempiä).</p>
<p>Morio, C., Lake, M. J., Gueguen, N, Rao, G., Baly, L. 2009. The influence of footwear on foot motion during walking and running.</p>	<p>n=10 (miehiä, ikä$25,4\pm 6,4$) kaikki kantaastujia</p>	<p>Jalkineen liikkeen vaikutus jalkaterän etuosan ja takaosan verrattaiseen liikkeeseen kävelyn ja juoksun aikana, verrattuna paljasjaloin kävelyyn/juoksuun. Kahdet samanlaiset sandaalit, mutta pohjan keksiosan eri jäykkyys.</p>	<p>Paljasjaloin jalkaterän etuosassa enemmän eversiota ja sitä esiintyi aiemmin kuin jalkineilla. Jalkine rajoitti sekä eversio/inversiosuuntaista liikettä, sekä jalkaterän adduktiota. Paljain jaloin myös työntövaiheen eversio/inversioliike jalkaterässä vaihteli yksilöittäin, mutta jalkineilla liike inversio → jalkine rajoitti ja ohjasi liikettä.</p>
<p>Morley, J.B., Decker, L.M., Dierks, T., Blanke, D., French, J.A. & Stergiou, N. 2010. Effects of varying amounts of pronation on the mediolateral ground reaction forces during barefoot versus shod running.</p>	<p>n=30, ikä 24 ± 1.84, ei vammoja tutkimushetkellä</p>	<p>10 m pitkällä radalla itse valitulla nopeudella (ka. 3.41m/s), kantaaskelluksella 10 suoritusta sekä avojaloin että omilla juoksukengillä. Videointi ja voimalevy. Yksi askel analysoitiin kolmeen ryhmään eversioon suuruuden mukaan.</p>	<p>Eversio ja maks. eversioon kulunut aika pienempi, medio-lateraalinen kontaktivoima suurempi avojaloin kuin kengillä. Mediaalinen kontaktivoiman huippu ilmeni lähempänä maks. eversiota kuin lateraalinen erityisesti avojaloin.</p>

<p>Oleson, M., Adler, D., Goldsmith, P. 2004. A Comparison of forefoot stiffness in running and running shoe bending stiffness.</p>	<p>n=8 (4+4) norm.liikkuja</p>	<p>Määrittää jalkaterän etuosan (MP-nivel)jäykkyyttä juoksun aikana ja vertaasi sitä juoksukenkien taittojäykkyyteen/taipuisuuteen. Videokamera ja voimalevy.</p>	<p>Työntövaiheen aikana jalkaterän etuosan jäykkyys + voimakkaasti ja sitten - taiseesti. → Jalkaterän etuosa on aktiivinen mekanismi, joka saa aikaan hyvin aika-riippuvaista jäykkyyttä. → Passiivinen jäykkyys ei kenties palvele → juoksukenkä saattaa vaikuttaa juoksuun.</p>
<p>Sandrey, M.A., Zebas, C.J., Bast, J.D. 2001. Rear-foot motion in soccer players with excessive pronation under 4 experimental conditions.</p>	<p>n=40 (20m, 20n)</p>	<p>Henkilöt kuvattiin heidän juostessaan määrättyä rataa pitkin, jalkaterän takaosan liike määriteltiin jalkaterän takaosan ja nilkan kulman mittauksella tukivaiheen aikana. Paljasjaloin, ESS, holvituettu ESSAS ja pronaatio- tuettu ESSPLT kenkä.</p>	<p>Paljasjaloin pienempi pronaatio verrattuna kenkiin. Keskimääräisesti matalimmat arvot jalkaterän takaosan (talus-calcaneus) kulmalle.</p>
<p>Stacoff, A., Nigg, B.M., Rein-schmidt, C., van den Bogert, A.J. & Lundberg, A. 2000. Tibiocalcaneal kinematics of barefoot versus shod running.</p>	<p>n=5, ikä 28.6±4.3; ei vammahistoriaa, kliinisesti normaali jalka</p>	<p>9.35 m pitkällä juoksuralalla, nopeudella 2.5-3.0 m/s kanta-päkiä-askelluksella avojaloin, normaalilla kengällä ja viidellä eri tavoin muunnellulla kengällä. Kolme kameraa ja voimalevy. Markkerit kiinnitetty suoraan calcaneukseen ja tibiaan.</p>	<p>Erot tibian ja calcaneukset liikkeissä avojaloin vs. normaaleilla kengillä pieniä ja ei-systemaattisia.</p>
<p>R. Squadrone, R., Gallozzi, C. 2009. Biomechanical and physiological comparison of barefoot and two shod conditions in experienced barefoot runners.</p>	<p>n=8 (m), ikä=32±5, 10km juoksu- vauhti=40.3±4min. Juoksijat olivat tottuneita paljasjalkajuoksijoita.</p>	<p>Juoksumatolla 3x6min 12km/h, lepo 4min välillä (paljasjaloin, Vibram 5 fingers, neutraali jouksukenkä). The foot shoe-ground interface pressure distribution, alaraajan kinematiikka, hapenotto-kyky (vo2) ja syke mitattiin samanaikaisesti.</p>	<p>Paljasjaloin: laskeutuminen nilkka enemmän plantaarifleksiossa → - törmäysvoimapiikki, akselpituus ja - frekvenssi, ja konkaktiaika. Vibram 5 fingers:llä - VO2 ja törmäysvoimapiikki. V5F malli vaikuttaisi tehokkaalta paljasjal-kaolosuhteiden imitoimiseen.</p>

<p>Von Tscharnner, V., Goepfert, B. & Nigg, B.N. 2003. Changes in EMG signals for the muscle tibialis anterior while running bare-foot or with shoes resolved by non-linearly scaled wavelets.</p>	<p>n=40 miesjuok-sijaa (>25km/vko)</p>	<p>30 m pitkällä radalla nopeudella 4m/s. 5 yritystä avojaloin ja kahdella erilaisella (neutraali ja pronaatiotuettu) kengällä. Kanta-askellus. EMG tibialis anteriorista. 5 askeleen keskiarvo.</p>	<p>Avojaloin EMG-intensiteetti korkeampi kantaiskun jälkeen kuin ennen kantaiskua, kengillä päinvastoin. Kantaiskun jälkeen EMG-aktiivisuus aikaisemmin avojaloin kuin kengillä. Ennen kantaiskua EMG-aktiivisuuden ajoituksessa ei eroa kengillä ja avojaloin.</p>
<p>Williams, D.S., Green, D. & Wurzinger B. 2011. Lower extremity power absorption is reduced during forefoot striking and barefoot running (abstrakti).</p>	<p>n=16, ikä 20–30 v.</p>	<p>25m juoksu luonnollisella askelluksella sekä päkiäkontaktilla avojaloin ja kengillä. 3D liikeanalyysi. Reaktiivoimat.</p>	<p>Plantaarifleksoreiden eksentrisen kuormitus + sekä polven ja lonkan eks. kuormitus - päkiäkontaktilla vs. luonnollinen askellus; päkiäkontaktilla kengillä polvessa + kuormitus ja nilkassa - kuin avojaloin; alaraajan kokonaiskuormitus kengillä 23.3 % ja avojaloin 10.9 % - päkiäkontaktilla vs. kantakontaktilla; kontaktista riippumatta avojaloin 22.3 % - kuormitus alaraajoissa.</p>

7 YHTEENVETO

7.1 Polven, säären, nilkan ja jalkaterän liikkeet

Polven fleksiota tutkittiin kahdessa tutkimuksessa. Donoghue, Harrison, Laxton ja Jones (2008) havaitsivat, että polven fleksio tukivaiheen aikana oli suurempi kengillä kuin paljain jaloin juostessa. Myös De Witin, De Clercqin ja Aertsin (2000) tutkimuksessa polven maksimaalinen fleksio oli kengillä suurempi keski-

tukivaiheen aikana. Tukivaiheen lopussa ei polven fleksiossa ollut merkitseviä eroja. Juuri ennen tukivaihetta ja tukivaiheen alussa fleksio sen sijaan oli suurempi paljain jaloin. Tämän seurauksena sääri oli enemmän pystysuorassa. Kun tämän lisäksi nilkassa on suurempi plantaarifleksio, kontakti tapahtuu enemmän tasajalkapohjalla paljain jaloin juostaessa. Paljain jaloin juostessa plantaarifleksio oli suurempi myös juuri ennen kontaktia. Myös Squadronen ja Gallozzin (2008) tutkimuksessa havaittiin, että askelkontakti tapahtuu paljain jaloin juostessa nilkka enemmän plantaarifleksiossa verrattuna kengillä juoksuun.

Vastoin oletuksiaan Stacoff, Nigg, Reinschmidt, van den Bogert ja Lundberg (2000) eivät löytäneet merkitseviä eroja eversiossa ja tibian rotaatiossa tai näiden keskinäisessä suhteessa paljain jaloin ja kengillä juosten, vaan erot olivat pieniä ja ei-systemaattisia. Paljasjalkajuoksussa oli kuitenkin lievä tendenssi vähäisempään inversioon kengillä juoksuun verrattuna. Erot yksilöiden välillä olivat kuitenkin suurempia kuin erot kengillä ja paljain jaloin. Ainoat merkitsevät muutokset tibian ja calcaneuksen liikkeisiin saatiin reilusti levennetyillä ja pyöreäpohjaisilla kengillä (suurempi eversio) sekä calcaneuksen sustentaculum talia tukevalla ortoosilla (pienempi eversio). Myöskään Eslami, Begon, Farahpour ja Allard (2007) eivät havainneet eroa tibian sisärotaatiossa paljain jaloin ja kengillä.

Donoghuen ja muut (2008) havaitsivat eversion olevan suurempaa kengillä kuin paljain jaloin. Tutkimuksessa oli mukana myös akillesjänneongelmista kärsiviä juoksijoita. Niillä juoksijoilla, joilla oli taustalla akillesjänneongelmia, ero oli suurempi verrattuna ns. terveisiin juoksijoihin. Verrattaessa akillesongelmaisista ja terveistä, eversio oli suurempaa akillesongelmaisilla. Näillä juoksijoilla pronaatio oli alkututkimuksissa ollut merkittävää. Kengät eivät siis pystyneet kontrolloimaan eversioliikettä. Myös Morleyn, Deckerin, Dierksin, Blanken, Frenchin ja Stergioun (2010) tutkimuksessa eversio oli paljain jaloin pienempää kuin kengillä. Koehenkilöt oli jaettu kolmeen ryhmään kengillä juoksun perusteella arvioitun eversion suuruuden mukaan: matala, keskiverto ja suuri pronaatio. Kengillä juoksuun verrattuna eversio oli pienempää paljain jaloin juostessa kaikissa ryhmissä, joskaan matalan pronaation ryhmässä ero ei ollut merkitsevä. Eversion

suuruus vaihteli enemmän paljain jaloin kuin kengillä. Lisäksi paljain jaloin maksimieversio esiintyi aikaisemmin kuin kengillä juostessa kaikissa ryhmissä. Myös Sandreyn, Zebasin ja Bastin (2001) tutkimuksessa havaittiin pronaaation olevan pienempi paljasjaloin. Lisäksi De Wit ja muut (2000) havaitsivat jalan osuvan maahan kantaluu vähemmän eversiossa paljain jaloin verrattuna kengillä juoksuun. Vain Morion, Laken, Gueguen, Raon ja Balyn (2009) tutkimuksessa jalkaterässä tapahtui enemmän eversiota paljain jaloin kuin kengät jalassa. Eversio myös tapahtui aikaisemmin paljasjaloin. Jalkineen havaittiin rajoittavan eversio/inversio-suuntaista liikettä sekä jalkaterän adduktiota. Paljain jaloin työntövaiheen inversio/eversio-liike jalkaterässä vaihteli yksilöittäin, mutta jalkineet jalassa liike oli aina inversio.

Eslami ja muut (2007) tutkivat jalkaterän etu- ja takaosan liikkeitä suhteessa toisiinsa (coupling patterns). Jalkaterän etuosan adduktio/abduktio -liike ja takaosan eversio/inversio -liike olivat merkitsevästi erilaisia paljasjaloin ja kengillä tukivaiheen aikana. Kengillä liikkeet olivat synkronoidut, eli jalkaterän etu- ja takaosa liikkui yhtä paljon samassa ajassa. Paljasjaloin liikkeet puolestaan eivät tapahtuneet synkronoidusti, eli esimerkiksi adduktion määrä ei ollut yhteydessä eversion määrään.

7.2 Jalan jäykkyys

Odeson, Adler ja Goldsmith (2004) tutkivat jalkaterän etuosan (metatarsofalangeaalitason) jäykkyyttä juoksun aikana ja verraten sitä juoksukenkien taittojäykkyyteen. Tuloksena oli se, että työntövaiheen aikana jalkaterän etuosan jäykkyys kasvoi voimakkaasti ja sitten aleni tasaisesti, mistä voidaan päätellä, että jalkaterän etuosan on aktiivinen mekanismi, joka saa aikaan hyvin aikariippuvais- ta jäykkyyttä. Näin ollen juoksukenkien passiivinen jäykkyys ei kenties palvele parhaiten jalkaterää ainakaan juoksun työntövaiheen aikana. Kyseisten tutkijoiden mukaan juoksukenkä saattaa siis vaikuttaa juoksuun. Lisäksi De Wit ym. (2000) raportoivat tutkimuksessaan suuremmasta alaraajan jäykkyydestä paljasjaloin juostessa.

7.3 Lihasaktivaatiot

Divertin, Mornieux'n, Baurin, Mayerin ja Bellin (2005) tutkimuksessa vertailtiin säären eri lihasten aktivaatioita paljain jaloin ja kengillä juostessa. Plantaarifleksoreiden preaktivaatio oli merkitsevästi suurempi paljain jaloin kuin kengillä. Peroneus- ja tibialis-lihasten preaktivaatioissa ei sen sijaan ollut eroavaisuuksia. Myöskään missään vaiheessa kontaktivaihetta ei minkään lihaksen aktivaatiotasossa ollut eroa. Plantaarifleksoreiden suurempi aktivaatio ennen kontaktia on todiste päkiävoittoisemmasta askelluksesta. Samassa tutkimuksessa nimittäin havaittiin pienemmät törmäysvoimat paljain jaloin kuin kengillä. Tutkijat selittivät tätä sillä, että näin pitkässä ajassa juoksijat alkoivat muuttaa juoksuaan enemmän päkiävoittoiseksi välttääkseen kovat iskut kantapäähän.

Von Tschärner, Goepfert ja Nigg (2003) havaitsivat, että paljain jaloin tibialis anteriorin aktiivisuus on suurempaa kantauskun jälkeen kuin ennen kantauskua, kun taas kengillä intensiteetti on korkeampi ennen kantauskua kuin kantauskun jälkeen. Ennen kantauskua aktiivisuus on suurempaa kengillä kuin avojaloin, ja kantauskun jälkeen suurempaa paljain jaloin kuin kengillä. Lisäksi kantauskun jälkeen tibialis anterior aktivoitui aikaisemmin paljain jaloin kuin kengillä. Suurempi aktiivisuus kengillä ennen kantauskua voidaan selittää sillä, että dorsifleksion on oltava suurempaa kengillä kuin paljain jaloin juostessa. Vastaavasti kantauskun jälkeen kengillä juostessa ei tarvita niin suurta aktiivisuutta, koska kenkä vaimentaa törmäystä.

Ennen kantauskua tibialis anteriorilla on kaksi tehtävää: ylläpitää dorsifleksiota ja valmistaa jalkaterää törmäykseen. Asentoa ylläpitävät hitaat lihassolut. Kantauskun jälkeen tibialis anterior kontrolloi jalkaterän liikettä sen osuessa maahan. Tämä vaatii nopeiden lihassolujen aktivoitumista. Von Tschärnerin ja muiden (2003) tutkimuksessa havaittiin, että lihasaktiivisuudet suurimmilla frekvensseillä olivat lähimpänä kantauskua.

7.4 Nivelten kuormitus

Opinnäytetyön tutkimuksista Williams, Green ja Wurtzinger (2011), Kerrigan, Franz, Keenan, Dicharry, Croce ja Wilder (2009) sekä Braunstein, Arampatzis, Eysel ja Brüggemann (2010) ovat tutkineet suoraan alaraajan nivelten kuormituksia. Mainituista vain Kerrigan ja muut ilmoittivat pienemmistä kuormituksista (torque, vääntövoimia) kaikkien kolmen, nikka-, polvi- ja lonkkanivelen suhteen paljain jaloin verrattuna kenkiin. Kyseinen tutkijaryhmä ilmoitti erityisen suurista kuormituksista lonkan sisäkierron (54 %) ja polven varuksen (38 %) sekä fleksion (36 %) kuormitusmäärissä. Koeryhmä oli koottu harrastejuoksijoita, jotka yleensä juoksevat kengillä ja menetelmänä tutkimuksessa oli juoksumatolla tehty 3D- liikeanalyysi.

Williams ja muut (2011) olivat selvittäneet sagittaalitasolla nilkan, polven, lonkan ja jalan plantaarifleksoreiden kuormitusta avojaloin, sekä kengillä. Tutkijat vertasivat päkiäaskellusta luonnolliseen (eli kanta-) askeleeseen, käyttäen myös 3D-liikeanalyysiä. Plantaarifleksoreiden eksentrisen kuormitus osoittautui suuremmaksi päkiäkaskelluksella, kun taas polven ja lonkan eksentrisen kuormitus oli pienempi. Kengillä juosten päkiäaskelluksen aikana polvessa esiintyi suurempi, kun taas nilkassa pienempi kuormitus. Päkiäkontaktin osalta alaraajan kokonaiskuormitus oli kengillä juostessa 23.3 % ja avojaloin 10.9 % pienempi verrattuna kantakontaktiin. Kengillä juostessa päkiäaskellukseen siirtyminen vähentää siis kuormitusta yli kaksinkertaisesti, verrattuna avojaloin juoksuun. Kontaktista riippumatta avojaloin esiintyi kuitenkin 22.3 % pienempi kokonaiskuormitus alaraajoissa, johtuen pääosin polven kuormituksen vähenemiseen. Paljasjalkajuoksu näyttäisi siirtävän eksentrisen voimantuoton vaateen polvinivelestä nilkaan.

Hieman samankaltaisia tuloksia nilkka- ja polvinivelen suhteen saivat Braunstein ja muut (2010), jotka vertasivat avojaloin juoksua nurmikolla viiteen eri juoksumatallin tartanilla. Tarkoituksena oli selvittää juoksumekaniikan muutoksia edellä mainittujen olosuhteiden välillä. Ryhmä raportoi pienemmästä kuormi-

tuksesta (gear ratio) polvessa keskitukivaiheen aikana ja suuremmasta kuormituksesta nilkkanivelessä tukivaiheen alussa. Pienempi kuormitus nilkassa oli kuitenkin taas tukivaiheen lopussa. Tukijat esittivät myös, että kengillä juostessa saattaa olla mekaaninen etu nilkan ekstensoreiden voimantuotossa työntövaiheen aikana. Tulokset perustuivat tutkijoiden mukaan pääasiassa kontaktivoiman (GRF) vipuvarren pituuden muutoksiin. Vipuvarren pituuteen voivat heidän mukaansa kuitenkin vaikuttaa joko suoraan tai välillisesti myös juoksualustan jäykkyys, juoksutekniikka, kenkien geometria.

7.5 Askelpituus, kontaktiaika, askelfrekvenssi

Opinnäytetyöhön valitut tutkimukset osoittavat, että juoksukenkiä käyttävillä henkilöillä on tapana paljain jaloin juostessa siirtyä askelluksessa horisontaalisempaan jalkaterän asentoon jalan kuormitusta vähentääkseen. (De Wit ym. 2000; Divert ym. 2005; Squadrone & Gallozzi 2009). De Wit ja muut (2000) esittivät tämän mahdollisesti johtuvan siitä, että paikallista painetta kantapään alla voidaan vähentää ottamalla käyttöön jalkaterän litteämpi ja tasaisempi asento.

Sekä Divert ja muut (2005), De Wit ja muut (2000) sekä Squadrone ja Gallozzi, (2009) raportoivat tutkimuksissaan lyhyemmistä askelpituuksista, tiheämmästä askelfrekvenssistä ja lyhyemmästä kontaktiajasta avojaloin juostessa verrattuna kenkien kanssa juoksuun. Myös Kerrigan ja muut (2009) ilmoitti keskimäärin 6 % lyhyemmästä askelpituudesta paljain jaloin juostessa. De Witin ja muiden (2000) sekä Squadronen ja Gallozzin (2009) mukaan kyseiset kinemaattiset erot ovat pääasiassa seurausta paljasjalkajuoksulle tyypillisestä päkiäaskelluksen aiheuttamista muutoksista maakosketuksen geometriassa, eli horisontaalisemmasta jalkaterän asennosta. Jalkaterän asentoa valmistellaan jo lentovaiheen aikana ennen maakosketusta, lentovaiheen aikana, nilkan isomman plantaarifleksion ja polven fleksion kautta. Huomionarvoista askelpituuteen liittyen tuloksissa on se, että Squadronen ja Gallozzin (2009) mukaan askelpituus kasvoi jo siirryttäessä paljaasta jalasta Vibram Fivefingers- kevytjalkineeseen. De Wit ja muut

(2000) raportoivat myös suuremmasta jäykkyydestä alaraajassa paljain jaloin juostessa, mikä puolestaan suosii korkeampaa askelfrekvenssiä.

7.6 Törmäysvoimat

Lieberman, Venkadesan, Werbel, Daoud, D'Andrea, Davis, Mang 'Eni ja Pitsiladis (2010) liittävät päkiäaskelluksen, eli jalkaterän asennon ja nilkan joustavuuden pienempiin törmäysvoimiin. Samankaltaisia tuloksia esittävät myös Divert ja muut (2005), De Wit ja muut (2000) sekä Squadrone ja Gallozzi (2009.) Lisäksi Williams ja muut (2009) yhdistävät päkiäaskelluksen pienempään polven ja lonkan eksentriseen kuormitukseen, sekä nilkan plantaarifleksoreiden suurempaan eksentriseen kuormitukseen.

Lieberman ja muut (2010) esittävät tutkimuksessaan, että vertikaalinen voima-
piikki olisi paljain jaloin törmäyksen (impact) aikana jopa 3 kertaa matalampi päkiäaskeltajilla kuin kanta-astujilla. Tukivaiheen aikana päkiäaskeltajilla esiintyi 7 kertaa matalammat kuormitukset samoilla asetelmilla. Vertikaalinen joustavuus on päkiäaskelluksella suurempi törmäyksen aikana, joka puolestaan johtaa matalampaan kuormitukseen, johtuen pääasiassa 74 % suuremmasta massakeskipisteen alenemisesta, sekä nilkan dorsiflexiosta ja polven fleksiosta. Lieberman ja muut (2010) perustelevat päkiäaskelluksen pienempiä törmäyskuormituksia sillä, että kun kantaisku tapahtuu tyypillisesti juuri nilkan alla, jalan ja jalkaterän massakeskipisteen alapuolella ja vaihtelevalla plantaarifelksiolla, nilkka muuntaa vain vähän olemassa olevaa energiaa rotaatioenergiaksi. Päkiäiskussa törmäys taas tapahtuu kohti jalan etuosaa ja nilkka dorsifleksoituu kun kanta tippuu pohjelihasten ja akillesjänteen vaikutuksen alle. Näin ollen kontaktivoiman vääntömomentti siirtyy nilkkaan, joka muuntaa osan alaraajaan kohdistuvasta translationaalisesta kineettisestä energiasta rotaatienergiaksi kinesteettiseksi energiaksi.

Törmäysvoimapiikkiä tutkimuksissaan käsitelivät De Wit ja muut (2000), Squadrone ja Gallozzi (2009) sekä Morley ja muut (2010). De Witin ja muiden

(2000) mukaan törmäysvoimapiikki tapahtui paljasjaloin nopeammin kuin kengillä ja myöskin keskitukivaihe saavutettiin nopeammin. Squadrone ja Gallozzi (2009), jotka olivat vertailleet Vibram Fivefinger-kevytjalkinetta, paljasta jalkaa ja juoksukenkää, ilmoittivat törmäysvoimapiikin olleen huomattavasti suurempi juoksukengillä verrattuna kahteen muuhun olosuhteeseen. Merkittävää eroa ei kuitenkaan löytynyt työntövoimien osalta. Morley ja muiden (2010) puolestaan ilmoittivat mediolateraalisen törmäysvoimapiikin olleen suurempi paljain jaloin verrattuna kengillä.

7.7 Taloudellisuus

Juoksun taloudellisuudessa paljasjaloin ja kengillä juosten ei valikoitujen tutkimusten perusteella vaikuttaisi olevan huomattavaa eroa (Squadrone & Gallozzi, 2009), mutta etu on kuitenkin aavistuksen paljasjalkajuoksun puolella (Divert ym. 2005; Squadrone & Gallozzi 2009). Kuitenkin Liebermannin ja muiden (2010) mukaan perinteisellä kantaisku- juoksutyylillä maakontakti tapahtuu tyypillisesti juuri nilkan alla, jalan ja jalkaterän massakeskipisteen alapuolella ja vaihtelevalla plantaarifelksiolla. Näin ollen nilkka muuntaa vain vähän kineettistä energiaa liikkeessä käyttökelpoiseksi rotaatioenergiaksi. Päkiäjuoksussa (paljasjalkajuoksussa) kontakti taas tapahtuu kohti jalan etuosaa. Nilkka dorsifleksoituu, kun kantapää tippuu pohjelihasten ja akillesjänteen vaikutuksen alle. Näin ollen kontaktivoiman vääntömomentti siirtyy nilkkaan, joka muuntaa osan alaraajan kinesteettisestä energiasta rotaatioenergiaksi. Toisin sanoen juoksun taloudellisuus ja energiankäyttö paranee.

7.8 Keskeisimmät tulokset

Kirjallisuuskatsauksen tutkimuksista tehdyn yhteenvedon perusteella voidaan poimia joitakin eroja paljasjalkajuoksun ja kengillä juoksun välillä. Keskeisimmät erot on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Paljasjalkajuoksun keskeisimmät erot kengillä juoksuun verrattuna.

Askelfrekvenssi tiheämpi	Divert ym. 2005; De Wit ym. 2000; Squadrone & Gallozzi, 2009.
Askelpituus lyhyempi	Divert ym. 2005; De Wit ym. 2000; Squadrone & Gallozzi 2009; Kerrigan ym. 2009.
Kontaktiaika lyhyempi	Divert ym. 2005; De Wit ym. 2000; Squadrone & Gallozzi, 2009.
Plantaarifleksio suurempi	De Wit ym. 2000; Squadrone & Gallozzi 2008
Törmäysvoimat pienempiä	Lieberman ym. 2010; Divert ym. 2005; De Wit ym. 2000; Squadrone & Gallozzi 2009
Kuormitus lonkasta ja polvesta distaalisemmaksi kohti nilkkaa	Braunstein ym. 2010; Williams ym. 2011; Lieberman ym. 2010; Divert ym. 2005.
Eversio pienempi	De Wit ym. 2000; Donoghue ym. 2008; Morley ym. 2010; Sandrey ym. 2001

8 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, onko paljasjalkajuoksun ja ns. perinteisillä juoksukengillä juoksun välillä merkittäviä eroja. Kirjallisuuskatsauksen perusteella voidaan sanoa, että paljasjalkajuoksun ja kengillä juoksun välillä voidaan löytää joitakin eroavaisuuksia.

8.1 Tulosten pohdinta

Opinnäytetyöhön valittujen tutkimusten perusteella näyttää siltä, että paljasjaloin juostessa askelfrekvenssi olisi tiheämpi, askelpituus lyhyempi, sekä kontak-

ti aika pienempi verrattuna kengillä juoksuun. Opinnäytetyön tutkimusotoksista yksikään tutkimus ei antanut poikkeavia tuloksia. Tutkimustuloksissa näyttäisi vallitsevan yksimielisyys myös jalkaterän horisontaalisemmasta asennosta maakosketuksen aikana. Lähteissä kyseistä päkiävoittoista askellusta pidetään yleisesti paljasjalkajuoksun tunnusomaisena piirteenä. Vaikka mm. Divertin ja muiden (2005) tutkimuksessa juoksijoita oli ohjeistettu juoksemaan kantaaskelluksella, paljain jaloin askellus muuttui silti päkiävoittoisemmaksi. Tästä todisteena voidaan pitää plantaarifleksoreiden suurempaa esiaktiivisuutta paljain jaloin verrattuna kengillä juoksuun. Lyhyempi kontaktiaika ja plantaarifleksoreiden suurempi esiaktiivisuus paljasjalkajuoksussa voivat osaltaan mahdollistaa plantaarifleksoreiden elastisen energian tehokkaamman varastoitumisen ja hyödyntämisen. Tämä puolestaan voi osaltaan selittää sitä, miksi paljasjalkajuoksun on havaittu olevan kengillä juoksuun verrattuna taloudellisempaa. (Divert ym. 2005; Lieberman ym. 2010; Squadrone & Gallozzi 2009.)

Törmäysvoimia käsittelevistä tutkimuksista Lieberman ja muut (2010), Divert ja muut (2005), De Wit ja muut (2000) sekä Squadrone ja Gallozzi (2009) ilmoittivat suuremmista törmäysvoimista kengillä juostessa. Yksi tutkimus (Morley ym. 2010) kuitenkin viittasi suurempiin törmäysvoimiin avojaloin juostessa. Kyseisessä tutkimuksessa juoksijoiden askelkontakti tapahtui kantapäällä. Tutkimuksista, joissa paljasjaloin törmäysvoimat olivat pienemmät kuin kengillä, vain yhdessä kontakti tapahtui kantapäällä, lopuissa jalkaterän etuosalla. Näiden tulosten perusteella voidaan siis tehdä johtopäätös, että päkiävoittoisessa paljasjalkajuoksussa törmäysvoimat ovat pienemmät kuin kantavoittoisessa kengillä juoksussa. Divert ja muut (2005) esittävät, että lyhyempi kontakti- ja lentoaika sekä askelpituus paljasjalkajuoksussa ovat biomekaanista sopeutumista, jonka avulla törmäysvoimia voidaan pienentää.

Paljasjalkajuoksun nivelkuormituksesta tuli esille aavistuksen ristiriitaisia tuloksia. Vain yhdessä tutkimuksessa (Kerrigan ym. 2009) ilmoitettiin paljasjalkajuoksun nivelkohtaisen kuormituksen (vääntövoima, torque) olevan pienempi sekä nilkka, polvi, että lonkkanivelessä. Tutkimus ei kuitenkaan antanut selkeää vastausta siihen, miten koehenkilöt astuivat paljasjaloin juostessaan. Tutkijat mai-

nitsivat ainoastaan mahdollisuuden olevan olemassa, että koehenkilöt saattoivat mukauttaa askellustaan potentiaalisesti paljasjalkajuoksuun yhdistettyjen suurempien törmäysvoimien takia. Osittain suuremmista kuormituksista taas kirjoittavat Williams ja muut (2011) sekä Braunstein ja muut (2010). Ensiksi mainitusta tutkimuksesta on ollut ainoastaan abstrakti saatavilla, mikä luonnollisesti vaikeuttaa pohdintaa. Osa valituista tutkimuksista siis viittaa suoraan tai välillisesti kuormituksen muutoksista paljasjalkajuoksun aikana, ja niiden perusteella paljasjalkajuoksu saattaa siirtää kuormitusta polven- ja lonkan alueelta distaalisempaan suuntaan, kohti nilkkan ja säären rakenteita. (Braunstein ym. 2010; Divert ym. 2005; Lieberman ym. 2010; Williams ym. 2011). Tämä saattaa puolestaan altistaa paljasjalkajuoksijoiden sääret ja jalkaterän rakenteet, esimerkiksi akillesjänneet, suuremmalle rasitusvammariskille. (Lohman ym. 2011.) Voidaan siis ajatella, että henkilöille, joiden akillesjänneet kipeytyvät helposti, paljasjalkajuoksu ei välttämättä sovellu ainakaan suurissa määrin. Toisaalta polvi- tai lonkkaongelmista kärsivät saattaisivat hyötyä paljasjalkajuoksusta.

Liebermann ja muut (2010) kirjoittavat artikkelissaan, että iskuvaimennetut, korkeakantaiset juoksukengät helpottavat kantaiskujuoksua. Lisäksi monissa juoksukengissä holvituet ja jäykistetyt pohjat voivat johtaa myös heikompiin jalkaterän lihaksiin, heikentäen puolestaan holvien vahvuutta. Tämä heikkous voi johtaa liialliseen pronaatioon ja asettaa plantaarifascian suuremmalle kuormitukselle. Stacoffin ja muiden (2000) mukaan joissakin tutkimuksissa on havaittu, että liiallinen eversio sekä tibian sisärotaatio tukivaiheen alussa voivat olla yhteydessä erilaisiin juoksuvammoihin, mm. akillesjänneongelmiin ja patellafemoraaliseen kipusyndroomaan. Myös Donoghue ja muut (2008) kirjoittavat, että rakenteelliset ja biomekaaniset tekijät, kuten kantapään liiallinen varus-asento, voivat johtaa kompensoivaan pronaatioon, joka pitkään jatkuessaan voi aiheuttaa tibiaan kiertovoimia ja kuormittaa akillesjännettä. Koska pronaatiota on vaikea mitata sen kolmessa tasossa tapahtuvan liikkeen vuoksi, pronaatiota ja supinaatiota arvioitaessa mitataan usein kantaluun kulmaa eli eversion ja inversion määrää (Morley ym. 2010).

Tibian sisärotaatiassa ei havaittu merkitseviä eroja paljasjalkajuoksun ja kengillä juoksun välillä kummassakaan kirjallisuuskatsauksen tutkimuksessa. Eversion suhteen tulokset olivat hieman ristiriitaisia. Oletuksena voidaan pitää, että se olisi suurempaa paljain jaloin, koska kenkä stabiloii ja kontrolloi jalkaterän liikkeitä (Morley ym. 2010). Suurempi eversio paljain jaloin löydettiin kuitenkin vain yhdessä tutkimuksessa (Morion ym. 2009). Stacoffin ja muiden (2009) tutkimuksessa ero paljasjalkajuoksun ja kengillä juoksun välillä ei ollut merkitsevää. Lopuissa tutkimuksissa eversion todettiin olevan paljain jaloin pienempää kuin kengillä. Morley ja muut (2010) selittivät hypoteesin vastaista tulosta sillä, että juoksijat mukauttivat juokсутekniikkaansa paljain jaloin juostessaan lisäämällä plantaarifleksiota tukivaiheen alussa. Plantaarifleksioon on yhteydessä subtalaaririvelen supinaatio, johon liittyy calcaneuksen inversio. Kirjallisuuskatsauksen perusteella paljasjalkajuoksu ei siis näyttäisi ainakaan lisäävän pronaatiota eikä siten altistavan ylipronaation mahdollisesti aiheuttamille rasitusvammoille. Toisaalta De Witin ja muiden (2000) havaitsema pienempi eversio heti askelkontaktin alussa ei välttämättä ole juoksijalle edullista. Suurempi eversio helpottaisi osaltaan hidastusmekanismia kontaktivaiheen alussa. Näin ollen paljain jaloin juostaessa tukijalan liike (momentum) ei hidastuisi riittävästi. Tätä voidaan kuitenkin kompensoida polven liikkeellä. Tutkijat havaitsivatkin polven fleksion olevan nopeampaa tukivaiheen alussa paljasjalkajuoksussa verrattuna kengillä juoksuun. (De Wit ym. 2000.)

Kaikki alaraajojen segmenttien liikkeet tapahtuvat suhteessa toisiinsa. Hamil ja muut (1999) esittävät, että riittävä vaihtelu näissä liikkeissä on osa luonnollista liikkumista ja terveen raajan merkki. Vähäinen vaihtelu puolestaan voi kohdistaa kuormituksen pienelle alueelle esimerkiksi pehmytkudoksessa ja siten aiheuttaa siihen ennen pitkää rasitusvamman. Eslamin ja muiden (2007) tutkimuksessa havaittiin, että paljain jaloin vaihtelu jalkaterän etuosan adduktio/abduktioliikkeen ja eversio/inversio-liikkeen välillä oli suurempaa. Näin ollen paljasjalkajuoksu saattaisi olla kenkiin verrattuna nilkan ja jalkaterän pehmytkudoksia vähemmän kuormittavaa. Lisäksi jalkaterä on mukautuvaisempi alustaan ja kykenevämpi vastaanottamaan iskuja (Eslami ym. 2007).

8.2 Pohdintaa tutkimuksista

Monessa tutkimuksessa lähtökohtana oli, että paljasjalkajuoksuun tottumattomia henkilöitä asetettiin juoksemaan paljain jaloin. Yleensä koehenkilöt olivat vähintään harrastetason kenkäjuoksijoita, mutta täysin kokemattomia paljain jaloin juoksussa. Tämä tottuneisuussuhde kenkien ja ei-kenkien välillä ei välttämättä ole riittävän tasapainoinen, koska paljasjalkajuoksun kuormitus saattaa näyttää suuremmalta kuin mitä se olisi suhteessa yhtä tottuneella kenkäjuoksijalla. Toisin sanoen, se tottuneisuus paljasjalkajuoksuun saattaisi vähentää kuormitusta. Näin ollen kannattaisi kenties asettaa hieman enemmän painoarvoa niille tutkimuksille, joissa on tutkittu myös tottuneita paljasjalkajuoksijoita (Liebermann ym. 2010; Squadrone & Gallozzi 2009).

Osassa tutkimuksista koehenkilöt juoksivat paljain jaloin kanta-askelluksella, osassa päkiäaskelluksella. Joissakin tutkimuksissa askellustapaa ei ollut mainittu lainkaan. Tulosten valossa askellustapa näyttäisi olevan oleellinen tieto juoksun kuormituksen suhteen. Vaikka askellustavan vakioimisella samanlaiseksi kengät jalassa ja paljain jaloin on puolensa tulosten vertailtavuuden kannalta, on myös tärkeä muistaa, että paljasjaloin juostessa luonnollisen askelluksen esitetään olevan päkiävoittoinen (Kantaneva 2011; Lieberman 2010; Lohman 2011).

Osa tutkimusten mittauksista toteutettiin voimalevyn avulla, jossa analysoituja askeleita tulee suhteellisen rajattu määrä, mahdollisesti vain yksi. Tulos ei tällöin välttämättä vastaa todellisuutta, erityisesti jos vain yksi askel analysoidaan. Juoksija nimittäin pystyy sietämään koviakin törmäysvoimia yhden tai muutaman askeleen ajan, mutta pidempään jatkuvassa juoksussa alkaa mahdollisesti muuttaa juoksuaan sellaiseksi, että törmäysvoimat olisivat pienemmät (Divert ym. 2005). Lisäksi määrätyn, lyhyehkön juoksuradan- tai matkan kohdalla koehenkilöt saattavat joutua sovittamaan askeliaan, mikä voi osaltaan vaikuttaa tutkimustuloksiin. Voidaan siis kysyä kuinka hyvin nämä olosuhteet kuvastavat todellisuutta, ja kuinka paljon sillä puolestaan on käytännön merkitystä.

Joissakin tutkimuksia koehenkilöiden juoksuvauhti oli ennalta määrätty, toisissa taas itse valittu. Juoksuvauhdin tulisi olla sovitettu juoksijan yksilölliseen tasoon, jotta se voisi mittaustilanteessa olla mahdollisimman optimaalinen. Liian kova tai hidas vauhti saattaa muuttaa henkilön juoksutekniikkaa oleellisesti.

Muutamassa valituista tutkimuksista juoksijat käyttivät omia kenkiään, joiden ominaisuuksia ei ollut määritelty. Ne siis saattoivat olla hyvinkin erilaisia esimerkiksi tukevuudeltaan ja pohjan paksuudeltaan. Se, kuinka paljon tällä on merkitystä tulosten kannalta, on epäselvää. On myös muistettava, että eversion luotettava mittaaminen kengät jalassa hankalaa. Kenkään kiinnitetty markkeri mittaa kengän liikettä, ei esimerkiksi kantaluun. Vain yhdessä tutkimuksessa oli käytetty sandaaleja, jotka mahdollistavat markkereiden kiinnittämisen suoraan luuhun (Stacoff ym. 2000). Herää kuitenkin kysymys, vastaavatko nämä kengät esimerkiksi tukiominaisuuksiltaan normaalia juoksukenkää.

Tieteellisesti katsoen yllättävän suuri osa tutkimuksissa esiintyneistä johtopäätöksistä ja paljasjalkajuoksun vaikutuksista pohjautuvat mahdollisuuteen. Laajemmalle, laadukkaalle tutkimukselle olisi tarvetta paljasjalkajuoksun tiimoilta. Maailmasta löytyy edelleen kansoja jotka kulkevat läpi elämänsä lähes paljain jaloin, joten on hyvin mielenkiintoista, että tätä aihetta ei ole tutkittu enempää. Todenmukaista tietoa paljasjalkajuoksusta saataisiin, jos pystyttäisiin keräämään riittävän suuri otos tottuneista paljasjalkajuoksijoista ja tutkimaan heitä niin sanotusti luonnollisessa ympäristössä. Myös mittasuhteita ajatellen on kummallista, että juoksukengillä juoksusta tiedetään lähes kaikki mitä tietää voi, mutta historiallisessa mittakaavassa moninkertaisesti vanhemmasta juoksutavasta, paljasjalkajuoksusta, vain murto-osa.

8.3 Oman työprosessin analysointi

Olemme opinnäytetyötä tehdessä oppineet paljon uutta juoksusta, erityisesti sen biomekaanisesta näkökulmasta. Mielestämme olemme onnistuneet tuomaan esille paljasjalkajuoksun oleelliset erot niin sanottuun tavalliseen juoksuun

nähdessä, sekä hyvän näkemyksen ajankohtaiseen tutkimustietoon paljasjalkajuoksuun liittyen.

Hankalaksi opinnäytetyötä tehdessä koimme erityisesti biomekaanisen aihealueen. Emme ole kovinkaan paljon koulutuksen aikana opiskelleet biomekaniikkaa, joten joidenkin tutkimusten osalta pelkästään niiden ymmärtäminen oli haasteellista. Koska ne olivat kaikki englanninkielisiä, mutta erityisesti koska useille käsitteille ei ole olemassa, tai sitten vain heikkoja, suomenkielisiä vasteita. Tutkimuksien saatavuus oli myös haastavaa. Tässä kohtaa haluaisimmekin kiittää Jussi Peltosta, biomekaanikkoa ja itsekin paljasjalkajuoksun harrastajaa, joka mahdollisti meille laajemman artikkelikokoelman käytön.

Paremminkin olisimme voineet vielä onnistua tutkimusten analysoinnin suhteen. Se olisi voinut olla lopullisessa työssä kenties vieläkin systemaattisemmassa muodossa, esimerkiksi selkeästi aihekohtaisempi tai tutkimuskysymyskohtaisempi. Asiaa hankaloitti se, että suurimmassa osassa tutkimuksista tutkittiin montaa eri komponenttia, ja monet olivat niiltä osin myös päällekkäisiä. Lisäksi meillä oli opinnäytetyötä tehdessämme suhteellisen monta artikkelia työstettävänä, eivätkä ne aina olleet kovin yksinkertaisia. Nämä asiat aiheuttivat paljon työtä, sekä toivat aavistuksen sekavuutta analysointiin ja koko tekoprosessiin. Vaikka kirjallisuuskatsaus ei täyttänytäkään täysin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen kriteereitä, pyrimme valitsemaan tutkimukset järjestelmällisesti sekä raportoimaan artikkelihaut mahdollisimman tarkasti, mikä lisää katsauksen luotettavuutta. Toisaalta luotettavuutta ja systemaattisuutta vähensi se, että emme saaneet kaikkia artikkeleita käyttöömmemme, jolloin joitakin oleellisia tuloksia saattoi jäädä puuttumaan.

Opinnäytetyön tietokantojen valinta tehtiin loppujen lopuksi parhaan annin perusteella. Toteutimme hakuja useaan eri tietokantaan ja lopulliset valinnat sisälsivät joko samat tai paremmat tulokset kuin muut. Koska tutkimuksia paljasjalkajuoksusta on ylipäättään vähänlaisesti saatavilla, eivät hakutulokset olleet niin massiiviset kuin olimme luulleet. Näin ollen mahdollisuutemme valintoihin vähenivät myös huomattavasti. Hakusanojen vaihtoehdot rajautuivat samaten edellä mainitun myötä, ja käytimme lopulta niitä, jotka antoivat parhaaksi katso-

mamme tulokset. Vaihtoehtoiset kokeilemamme hakusanat antoivat mielestämme samanlaiset tai heikommat tulokset kuin ne, jotka valitsimme. Toki enemmän hakusanoja olisi voinut käyttää, mutta emme usko, että se olisi vaikuttanut hakutuloksiin.

Aihevalintamme perustui puhtaasti oman mielenkiintomme kohteisiin, joten tiedonhalullinen motivaatiomme oli alusta asti hyvällä tasolla. Palkitsevaa oli tutkia ja kirjoittaa ajankohtaisesta, erittäin mielenkiintoisesta aiheesta. Olimme kumpikin jo ennen opinnäytetyötä hieman perehtyneet aiheeseen, ja myös kokeilleet paljasjalkajuoksua. Toinen meistä oli paljasjalkajuoksulla saavuttanut positiivisia tuloksia ITB-syndroomaan (juoksijan polvi) viittaavien oireiden hoidossa. Toisaalta positiiviset asenteet ja kyseinen innostus aiheeseen vaikeuttivat kummankin osalta neutraalin näkökulman muodostamista opinnäytetyöhön. Onnistuimme kuitenkin mielestämme pohtimaan aihetta kriittisesti ja neutraalisti.

Paljasjalkajuoksun yleistyessä päkiäaskelluksen yhteyttä tiettyihin rasitusvammoihin tullaan varmasti tulevaisuudessa tutkimaan kattavammin. Tällä hetkellä paljasjalkajuoksun eroista, hyödyistä ja haitoista on saatavilla hyvin rajallinen määrä tietoa, osa pohjautuen vain harrastajien subjektiivisiin kokemuksiin paljasjalkajuoksusta. Joka tapauksessa kyseinen juoksutyylit ei ole ihmeeparannus kaikkiin juoksuvammoihin, mutta tarjoaa kenties joillekin monipuolisuutta tai vaihtoehtoja juoksu-harrastukseen. Kaikille se ei sovi, joten jokaisen juoksijan kohdalla tulisi arvioida tilanne yksilöllisesti. Kuten kaikkia uusia lajeja aloitettaessa, tulisi myös paljasjalkajuoksussa aluksi edetä varovasti, jotta vältetään mahdollisilta kivuilta tai rasitusvammoilta (Kantaneva 2011, 126; Lohman ym. 2011).

9 OMIA KOKEMUKSIA PALJASJALKAJUOKSUSTA JA FEELMAX OSMA -JUOKSUKENGÄSTÄ

Toimeksiantajamme Feelmaxin pyynnöstä liitämme opinnäytetyöhön myös omia kokemuksiamme paljasjalkajuoksusta.

Nyyti

Alun perin lähdin juoksemana ilman kenkiä skeptisyydestä lenkkikenkiä kohtaan. Huomaan usein suosivani luonnollista, oli kyse sitten ruoasta tai liikkumisesta, joten kenties siitä syystä aloin pohtimaan oliko lenkkipolulla yhä useammin esiintyvän polvikipuni taustalla kenties vääränlainen kenkä tai juoksutapa. Etsin jonkun verran tietoa kirjallisuudesta ja saattaa ollakin, että alkuperäinen kiinnostus paljasjalkajuoksua kohtaan on peräisin jostakin yksittäisestä lukemastani artikkelista. Onhan aihe kuitenkin ollut hyvin ajankohtainen jo jonkun aikaa. Suurempia ihmetarinoita en muista lukeneeni, mutta turhan lääkäri- ja fysioterapiakäynnin jälkeen päätin kokeilla itsediagnoosia ja juosta ilman kenkiä. Yllätykseni polvikipuja ei oikeastaan esiintynyt, joten päätin jatkaa. Nyt juoksen hieman ”kevyemmällä” lenkkikengillä sekä kevytjalkineilla, jälkimmäisiin vielä totutellen.

Pääasiallisimpana erona juoksutekniikoiden välillä sanoisin olevan kuormituksen, joka paljasjalkajuoksussa tuntuu hyvin selkeästi nilkan, akillesjänteen ja pohkeen alueella. Kengillä taas erityisesti reidet väsyvät helpommin. Päkiäaskelluksen poikkeavan rasituksen tuntee konkreettisesti jalassaan hyvin, heti juoksulenkin alusta lähtien. Kuormitus on mielestäni hyvin erilaiselta totuttuun, joten aluksi juoksumatkojen kanssa on pitänyt olla maltillinen, jottei rasittaisi kyseisiä rakenteita liikaa. Varsinkin ensimmäisten kokeilujen jälkeen pohkeet ja akillesjänteet olivat hellinä. Kaiken kaikkiaan sanoisin, että paljasjalkajuoksu tuntuu kevyemmältä, ryhdikkäämmältä ja kokonaisuudessaan enemmän juoksulta, kuin perinteisillä juoksukengillä meno.

Kevytjalkineina käytän Osma- kenkää, joka on Feelmaxin uusin juoksukenkä. Tämän jalkineen pohja on ohut ja joustava, joten olen yrittänyt suosia pehmeäm-

piä juoksualustoja, koska esimerkiksi asvaltilla olevat kivet tuntuvat jalkapohjissa. Kengän lesti on yllättävän leveä ja aluksi suhtauduin hieman epäillen sen ulkonäköön, mutta käytön myötä olen huomannut, että se mahdollistaa hyvin jalkaterän leviämisen ja jouston painon vastaanottamisvaiheessa. Kauniit, iloiset värit tosin olisivat plussaa. Juoksukelien suhteen kovilla pakkasilla tai suuremmalla lumimäärällä en ole vielä paljasjalkakenkiä kokeillut, mutta sekin varmasti on edessä. Henkilökohtaisesti paljasjalkajuoksu on tuonut loistavaa vaihtelua, uutta intoa ja kenties muutoksen koko juoksua koskevaan ajatusmaailmaan.

Anita

Entisenä kilpayleisurheilijana ilman kenkiä juokseminen, tai harjoittelu ylipääntään, on minulle tuttua jo yli 15 vuoden takaa. Etenkin kesäisin lähes jokaisessa harjoituksessa tehtiin jotakin ilman kenkiä, talvisinkin usein vähintään alku- tai loppuverryttely. Uskon, että valmentajan ajattelun taustalla tällöin oli ennemminkin maalaisjärki kuin tieteellinen tieto. Ilman kenkiä tehdyn koordinaatio-, juoksu- ja hyppelyharjoittelun ajateltiin vahvistavan jäniteitä ja lihaksia, harjoittavan tasapainoa sekä tuovan harjoitteluun vaihtelua. Itselle paljasjaloin liikkuminen onkin ollut luonnollinen osa harjoittelua ilman suurempaa pohdiskelua sen taustalla olevista mekanismeista. Vasta nyt viime aikoina paljasjalkajuoksun ja -kenkien yleisen kiinnostuksen lisääntyttyä, olen alkanut pohtia sitä tarkemmin.

Olen pitkään käyttänyt pronaatiotuettuja juoksukenkiä, joista joskus koin saavani avun säären kiputiloihin. Nyt olen kokeillut Feelmaxin Osma-juoksukenkää. Se on huomattavasti kevyempi, ja sen seurauksena juoksukin tuntuu kevyemmältä ja helpommalta. Mielestäni paljasjalkakenkä ohjaa askellusta päkiävoittoisemmaksi ja lyhyemmäksi tavalliseen juoksukenkään verrattuna. Ohut pohja asettaa omat vaatimuksensa juoksualustalle, sillä esimerkiksi terävät kivet tuntuvat helposti pohjan läpi. Ensimmäistä kertaa jalkaan laitettaessa Osma-kenkä tuntui ensin hieman oudolta ja vaikutti olevan liian iso leveän lestin vuoksi, mutta juostessa kenkä tuntui kuitenkin sopivalta jalassa. Edes ensimmäisellä juoksukerralla eivät akillesjänteet kipeytyneet tai pohkeet tuntuneet erityisesti väsyvän. Tämä johtuu

kenties siitä, että yleisurheiluharjoittelun myötä olen aina juossut enimmäkseen päkiävoittoisesti ja tottunut kyseiseen tapaan juosta.

LÄHTEET

Ahonen, J. 1998. Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. VK-Kustannus Oy.

Braunstein, B., Arampatzis, A., Eysel, P. & Brüggemann, G-P. 2010. Footwear affects the gearing at the ankle and knee joints during running. *Journal of Biomechanics* 43, 2120–2125.

Brownstein, B. & Bronner, S. 1997. Functional movement in orthopaedic and sports physical therapy: evaluation, treatment and outcomes. Churchill Livingstone.

De Wit, B. D., De Clercq, D. & Aerts, P. 2000. Biomechanical analysis of the stance phase during barefoot and shod running. *Journal of Biomechanics* 33, 269–278.

Divert, C., Mornieux, G., Baur, H., Mayer, F. & Belli, A. 2005. Mechanical comparison of barefoot and shod running. *International Journal of Sports and Medicine* 26, 593–598.

Donoghue, O.A., Harrison, A.J., Laxton, P. & Jones, R.K. 2008. Lower limb kinematics of subjects with chronic Achilles tendon injury during running. *Research in Sports Medicine* 16, 23–38.

Dugan, S.A. & Bhat, K.P. 2005. Biomechanics and analysis of running gate. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 16, 603–621.

Eslami, M., Begon, M., Farahpour, N. & Allard, P. 2007. Forefoot-rearfoot coupling patterns and tibial internal rotation during stance phase of barefoot versus shod running. *Clinical Biomechanics* 22(1), 74–80.

Feelmax. 2012. <http://feelmax.fi/>. Viitattu 28.11.2012.

Hamil, J., van Emmerik, R.E.A., Heiderscheit B.C. & Li, L. 1999. A dynamical systems approach to lower extremity running injuries. *Clinical Biomechanics* 14, 297–308.

Jenkins, D.W. & Cauthon, D.J. 2011. Barefoot running claims and controversies. A review of the literature. *Journal of the American Podiatric Medical Association* 101(3), 231–246.

Johansson, K. 2007. Kirjallisuuskatsaukset- huomio systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Teoksessa: Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L (toim.) 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja.

Kantaneva, M. 2011. Paljasjalkajuoksu. Teoksessa: Juoksemisen taito. WSOYpro Oy.

Kauranen, K., Nurkka, N. 2010. Kehon liikkeiden fysiikkaa. Teoksessa: Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Liikuntatieteellisen Seuran julkaisu nro 166. Helsinki.

Kapandji, I. A. 1997. Polvinivel. Teoksessa: Kinesiologia II. Alaraajojen nivelten toiminta. Medirehab kirjakustannus.

Kerrigan, D.C., Franz, J.R., Keenan, G.S., Dicharry, J., Croce, U.D. & Wilder, R.P. 2009. The effect of running shoes on lower extremity joint torques. *Physical medicine and rehabilitation* 1, 1058–1063.

Leino-Kilpi, H. 2007. Kirjallisuuskatsaus- tärkeää tiedon siirtoa. Teoksessa: Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L (toim.) 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja.

Lieberman, D. E., Raichlen¹, D. A., Pontzler¹, H., Bramble², D. M., Cutright-Smith³, E. 2006. The human gluteus maximus and its role in running. *The Journal of Experimental Biology* 209, 2143-2155.

Lieberman, D. E., Venkadesan, M., Werbel, W.A., Daoud, A.I., D'Andrea, S., Davis, I.S., Mang 'Eni, R.O., Pitsiladis, Y. 2010. Foot strike patterns and collision forces in habitually barefoot versus shod runners. *Nature* 463/28, January.

Lohman, E.B., Sackiriyas, K., B. & Swen, R.W. 2011. A comparison of the spatio-temporal parameters, kinematics and biomechanics between shod, unshod, and minimally supported running as compared to walking. *Physical therapy in sport* 12, 151–163.

Magee, D.J. 2008. *Orthopedic physical assesment*. Saunders. 5. painos.

Morio, C., Lake, M.J., Guegue, N., Rao, G. & Baly, L. 2009. The influence of footwear on foot motion during walking and running. *Journal of biomechanics* 42, 2081–2088.

Morley, J.B., Decker, L.M., Dierks, T., Blanke, D., French, J.A. & Stergiou, N. 2010. Effects of varying amounts of pronation on the mediolateral ground reaction forces during barefoot versus shod running. *Journal of Applied Biomechanics* 2, 205–214.

Neumann, D. A. 2002. *Kinesiology of the musculoskeletal system. Foundations for physical rehabilitation*. Mosby.

Novacheck, T.F. 1998. The biomechanics of running. *Gait and posture* 7, 77–95.

Oleson, M., Adler, M. & Goldsmith, P. 2005. A comparison of forefoot stiffness in running and running shoe bending stiffness. *Journal of biomechanics* 38, 1886–1894.

Robbins, S., Waked, E. & Rappel, R. 1995. Ankle taping improves proprioception before and after exercise. *British Journal of Sports Medicine* 29(4), 242–247.

Saarikoski, R. 2012. Paljasjaloin liikkuminen osaksi terveellistä elämäntapaa. *Fysioterapia* 2, 40–43.

Sandrey, M.A., Zebas, C.J. & Bast, J. 2001. Rear-foot motion in soccer players with excessive pronation under 4 experimental conditions. *Journal of sport rehabilitation* 10, 143–154.

Stacoff, A., Nigg, B.M., Reinschmidt, C., van den Bogert, A.J. & Lundberg, A. 2000. Tibiocalcaneal kinematics of barefoot versus shod running. *Journal of biomechanics* 33, 1387–1395.

Stolt, M. & Rauhasalo, P. 2007, Tutkimusartikkelien valinta ja käsittely. Teoksessa: Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, R-L (toim.) 2007. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja.

von Tscherner, V., Goepfert, B. & Nigg, B.N. 2003. Changes in EMG signals for the muscle tibialis anterior while running barefoot or with shoes resolved by non-linearly scaled wavelets. *Journal of biomechanics* 36, 1169–1176.

Williams, D.S., Green, D. & Wurtzinger, B. 2011. Lower extremity power absorption is reduced during forefoot striking and barefoot running. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy* 41(1), A49–50.