

**AKILLESJÄNTEEN PAKSUUDEN, NEOVASKULARISAATION ESIINTYMISEN  
JA ISOMETRISEN VOIMANTUOTON MUUTOKSET 12 VIIKON EKSENTRISEN  
HARJOITTELUN AIKANA AKILLESJÄNTEEN KIVUISTA KÄRSIVILLÄ  
HENKILÖILLÄ**

Pasi Vainio

Biomekaniikan pro gradu- tutkielma  
Kevät 2015  
Liikuntabiologian laitos  
Jyväskylän Yliopisto

## TIIVISTELMÄ

Pasi Vainio (2015). Akillesjänteen paksuuden, neovaskularisaation esiintymisen ja isometrisen voimantuoton muutokset 12 viikon eksentrisen harjoittelun aikana akillesjänteen kivuista kärsivillä henkilöillä. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, biomekaniikan pro gradu -tutkielma, 75 s.

Pohkeen lihakset ovat tärkeässä roolissa jokapäiväisessä liikkumisessamme. Erilaisten liikuntasuoritusten aikana tuotetut voimat pohkeen ja säären lihaksissa välittyvät akillesjälanteeseen ja voivat osaltaan olla aiheuttamassa urheilussa usein yleisiä akillesjälanteen kuormitusvammoja, kuten akillesjälanteen tulehduksia tai repeämiä.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää akillesjälanteen vaivoista kärsivien akillesjälanteen anatomiaa sekä voimantuoton muutoksia kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakson aikana. Anatomian osalta tarkastelun kohteena olivat akillesjälanteen paksuuden ja uudisverisuonituksen (neovaskularisaation) esiintymisen muutokset. Akillesjälanteen vaivoista kärsivien ja terveiden vapaaehtoisten voimantuoton muutoksia pohjelihaksiston osalta tutkittiin selvittämällä, miten kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakso vaikutti maksimaalisiin nilkanojennusvoimiin.

Tutkittaviksi rekrytoitiin 18-35 -vuotiaita vapaaehtoisia miehiä ja naisia. Tutkimukseen osallistui 10 kroonisesta akillesjälanteen kivusta kärsivää henkilöä (ikä  $28 \pm 4$  vuotta) sekä 10 kontrollihenkilöä (ikä  $28 \pm 4$  vuotta). Kipupotilailla oli ilmennyt kipua akillesjälanteen seudulla vähintään kuusi viikkoa. Akillesjälanteen paksuuden ja neovaskularisaation tutkiminen ultraäänellä suoritettiin Jyväskylän yliopiston tiloissa ennen lihasvoimamittauksia, jotka toteutettiin Turun valtakunnallisessa PET -keskuksessa. Kipupotilaat suorittivat mittaukset ennen ja jälkeen kuntoutusjakson. Kuntoutusjakso kesti kolme kuukautta, jonka aikana kipupotilaiden tavoitteena oli suorittaa kaksi eksentristä harjoitetta päivässä.

Tutkimus osoitti, että potilaiden terveen jalan maksimaalinen isometrinen voima (MVC) oli samantasoista kuin kontrollihenkilöiden voima. Sen sijaan kipujalan maksimaalinen voimantuottokyky oli ennen kuntoutusta merkitsevästi 13 % ( $163,7 \pm 151,6$  N,  $p < 0,05$ ) matalampi kuin terveen jalan voimantuottokyky. Kipujalan MVC nousi kuntoutuksen seurauksena terveen jalan tasolle. Tutkimuksessa kipupotilailla ei ollut havaittavissa neovaskularisaatiota doppler-ultraäänikuvantamisen avulla yhdenkään tutkittavan kohdalla ennen tai jälkeen kuntoutusjakson. Lisäksi kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutuksen jälkeen tutkimuksessa havaittiin, että akillesjälanteen paksuus kasvoi kipupotilaiden oireilevassa raajassa, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi. Ultraäänitutkimusten osalta tuloksiin saattaa vaikuttaa se, että ainoastaan viidelle kymmenestä saatiin täydellinen ultraäänidata, eli suoritettua ultraäänitutkimukset ennen ja jälkeen eksentrisen harjoittelun. Tutkimustulokset tukevat aiempien tutkimusten tuloksia siltä osin, että maksimaalinen isometrinen voima lisääntyi kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakson aikana oireilevassa jalassa. Jotta myös eksentrisen kuntoutuksen aikaisissa akillesjälanteen anatomisissa muutoksissa saataisiin eroja esiin, tulisi koehenkilömäärän olla suurempi.

Avainsanat: eksentrisen harjoittelu, akillesjälanteen paksuus, neovaskularisaatio, maksimaalinen isometrinen voima

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1	JOHDANTO .....	5
2	AKILLESJÄNNE .....	6
	2.1 Akillesjänteen rakenne.....	6
	2.2 Akillesjänteen osat.....	7
	2.3 Akillesjänteen mekaaniset ominaisuudet.....	8
3	SÄÄREN JA POHKEEN LIHAKSET .....	10
	3.1 Kolmipäinen pohjelihas .....	10
	3.1.1 Kaksoiskantalihas.....	11
	3.1.2 Leveä kantalihas .....	12
	3.2 Iso varpaan pitkä koukistajalihas.....	13
4	AKILLESJÄNNEVAMMOJEN TERMINOLOGIA .....	14
5	AKILLESJÄNNEVAMMOJEN PATOFYSIOLOGIA JA EPIDEMIOLOGIA .....	16
6	AKILLESJÄNNE VAMMOJEN ETIOLOGIA .....	19
	6.1 Sisäiset etiologiset tekijät .....	19
	6.2 Ulkoiset etiologiset tekijät .....	22
7	AKILLESJÄNNEVAMMOJEN DIAGNOSOINTI.....	24
	7.1 Potilashistoria .....	24
	7.2 Kliininen tutkimus .....	25
	7.3 Kuvantamismenetelmät .....	26
	7.3.1 Ultraäänitutkimus .....	27
	7.3.2 Magneettikuvaus .....	31
8	AKILLESJÄNNEVAMMOJEN HOITOMENETELMÄT.....	33
	8.1 Eksentrisen harjoittelu.....	33
9	POHJELIHASTEN AKTIVAATIOMALLIT .....	39
	9.1 Elektromyografia ja isometrinen voimamittaus.....	40
10	Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat .....	43
11	TUTKIMUSMENETELMÄT.....	44
	11.1 Koehenkilöt.....	44

11.2	Tutkimusprotokolla.....	45
11.3	Kuntoutusohjelma.....	48
11.4	Mittaukset .....	48
11.4.1	Akillesjänteen ja verisuonituksen kasvun havainnointi ultraäänitutkimuksella.....	48
11.4.2	Lihaskvoimamittaukset .....	49
11.5	Tilastollinen analyysi.....	51
12	TULOKSET .....	52
13	POHDINTA .....	55
	LÄHTEET .....	58
	LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Akillesjänne eli kantajänne on ihmisen vahvin ja suurin jänne. Siihen kohdistuvat voimat ovat kuitenkin niin suuria, että varsinkin jatkuvasti rasitettuna akillesjänne kuormittuu liikaa, josta mahdollisena seuraksena on jonkinasteinen akillesjännevamma. Akillesjänteen nimi juontaa juurensa jo antiikin Kreikasta. Kreikkalainen sotapäällikkö Akilles haavottui kuolettavasti nuolen lävistäessä hänen kantapäänsä, mikä oli ainoa suojaamaton osa hänen kehoaan. Akhilleuksen syntyessä annettu ennustus povasi tälle väkivaltaista kuolemaa ja siksi Akhilleuksen äiti, meren jumalatar Thetis päätti tehdä poikansa haavoittumattomaksi kastamalla tämän Styks -jokeen. Hän kuitenkin piti kiinni poikaa tämän kantapäästä, mikä näin jäi suojaamatta. Tästä tunnetusta tarinasta johtuen akillesjänne usein mielletään yhdeksi ihmiskehon heikoksi kohdaksi.

Pohkeen lihakset ovat tärkeässä roolissa jokapäiväisessä liikkumisessamme. Erilaisten liikuntasuoritusten aikana tuotetut voimat pohkeen ja säären lihaksissa välittyvät akillesjänteeseen ja voivat osaltaan olla aiheuttamassa urheilussa usein yleisiä akillesjänteen kuormitusvammoja, kuten akillesjännetulehduksia tai akillesjänteen repeämiä. Akillesjännevammat ovat yleisiä varsinkin niillä, joiden harjoittelu ja liikkuminen sisältää paljon juoksua ja hyppäämistä (Kvist 1994). Esimerkiksi juoksijoilla akillesjännevammat kattavat lähteestä riippuen 5 – 18 % juoksijoiden jalkavammoista (Brunet 1990).

Toiminnallisista hoitomenetelmistä suosituksi tutkimuksen kohteeksi on noussut eksentrisen harjoittelu. Lupaavista tutkimustuloksista huolimatta eksentrista harjoittelusta ja sen tehokkuudesta ei ole vielä täysin kiistatonta näyttöä (Kingma et al. 2007). Tässä tutkimuksessa on eksentrisen harjoittelun tehokkuutta tutkittu maksimaalisen isometrisen voimantuoton (MVC) näkökulmasta. Samalla tarkasteltiin eksentrisen kuntoutusjakson fysiologisia ja anatomisia vaikutuksia selvittämällä tapahtuuko akillesjänteen paksuudessa ja uudisverisuonituksen eli neovaskularisaation esiintymisessä muutoksia ennen ja jälkeen eksentrisen kuntoutusjakson.

## 2 AKILLESJÄNNE

### 2.1 Akillesjänteen rakenne

Jänteet yhdistävät lihakset luihin ja siirtävät lihasten tuottaman voiman luihin mahdollistaen nivelten liikkeitä. Jänne sisältää proteoglykaanin ja veden muodostamassa väliaineessa eli matriksissa kollageenia (lähinnä tyyppiä I) 65-80 % ja elastiinia n. 1-2 % kuivapainosta (Kannus 2000, 312-320). Terveet jänteet ovat väriltään kirkkaan valkoisia, elastisia ja omaavat hyvän vetolujuuden. Vähäinen verisuonten määrä on selitys jänteiden valkoiselle värille (O'Brien 1997).

Akillesjänne on ihmiskehon vahvin ja suurin jänne, joka liittyy kolmipäisen pohjelihaksen (m. triceps surae) kantaluuhun (calcaneus). Akillesjänne on kolmipäisen pohjelihaksen muodostavien kaksoiskantalihaksen (m.gastrocnemius) ja leveän kantalihaksen (m. soleus) yhteinen jänne, jonka pituus on noin 15 cm ja paksuus 0,5 – 1,0 cm. Ikä, fyysinen harjoittelu ja henkilön koko ovat tekijöitä jotka vaikuttavat akillesjänteen kokoon (Michna & Hartman 1989). Myös geneettisillä tekijöillä on mahdollisesti merkitystä jänteen kokoon (Jozsa & Kannus 1997, 78-85).



KUVA 1. Akillesjänteen ja kolmipäisen pohjelihaksen sijainti. Muokattu lähteestä <http://www.unshodrunner.com/2010/02/09/achilles-tendonitis/>

Normaalisti kaksoiskantalihaksen lihassolut kiinnittyvät janteeseen 11-26 cm proksimaalisesti jänteen kantaluussa olevasta kiinnityskohdasta. Leveän kantalihaksen lihassolut kiinnittyvät lähemmäksi kantaluuta, 3-11 cm kiinnityskohdan yläpuolelle (Leppilahti 1996). Akillesjänteen syyt kiertyvät spiraalimaisesti lihasjänneliitoksesta luujänneliitokseen (Ahmed

ym. 1998, 591 – 596). Noin neljä senttimetriä kantaluun yläpuolella akillesjänne on muodoltaan pyöreä, mutta tämän kohdan alapuolella se alkaa levitä ennen kiinnittymistään kantaluun takapintaan (Koivunen-Niemelä 1995).

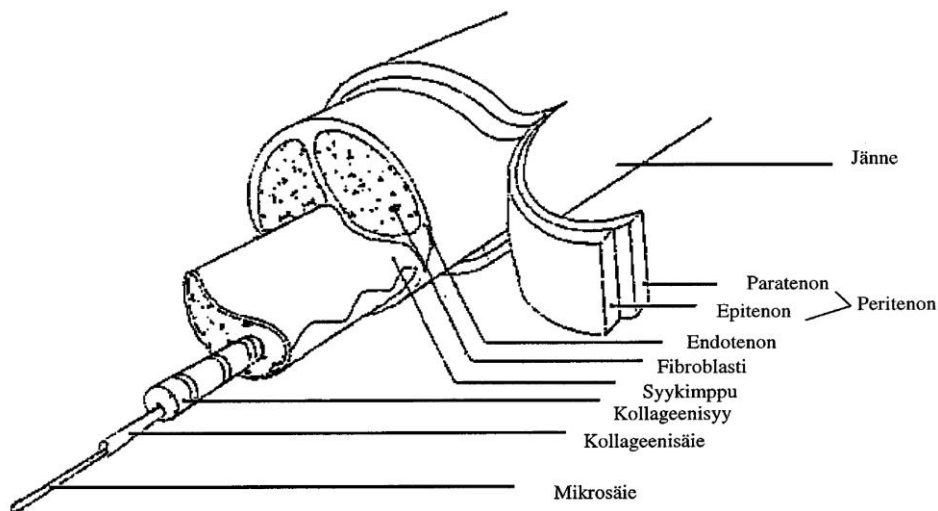
Varsinaista jännetuppea akillesjanteella ei ole. Sen sijaan akillesjännettä ympäröivät sidekudosrakenteet (paratenon, epitenon ja endotenon), jotka toimivat elastisena suojana janteen ympärillä vähentäen kitkaa ja mahdollistaen sen vapaan liikkumisen (Schmidt-Rohlfing ym. 1992). Sidekudosrakenteet mahdollistavat akillesjanteen liikkumisen pituussuunnassa noin puolitoista senttimetriä suhteessa ympäröiviin kudoksiin (Kvist 1991a, 17).

## **2.2 Akillesjanteen osat**

Endotenon on jännesyökkimppujen ympärillä ja sisällä sijaitseva löyhä sidekudos. Endotenonin tehtävänä on sitoa jännesyökkimppuja, mutta se myös mahdollistaa hermojen sekä veri- ja imusuonten pääsyn jännesyiden kautta akillesjanteen syvempiin osiin. Koko jännettä ympäröi epitenon. Epitenonin sisäpinta on kiinni endotenonissa ja ulkopinta paratenonissa. Epitenon muodostuu pitkittäisistä, vinoista ja poikittaisista kollageenisyistä. Epitenonin kollageenisyyt ovat levossa noin 60 asteen kulmassa janteen syihin nähden. Kulma pienenee jännettä venytettäessä noin 30 asteeseen. Tämän kulmamuutoksen uskotaan toimivan rasituksen aikana janteen suojaimekanismina ylikuormitusta vastaan. (Jozsa & Kannus 1997.)

Jännettä löyhänä ympäröivä uloin sidekudos on paratenon (O'Brien 1997). Paratenonin jännetuppea muistuttava rakenne mahdollistaa janteen vapaan liikkumisen suhteessa ympäröiviin kudoksiin. Paratenon koostuu elastisista syistä sekä tyypin I ja II kollageenisyistä. Paratenonia ja sen alla sijaitsevaa epitenonia kutsutaan yhteisellä nimellä peritenon. (Kannus 2000, 312-320.)

Janteen ja lihaksen yhtymäkohtaa kutsutaan lihasjänneliitokseksi. Lihasjänneliitoksessa lihasolujen tuottama voima kulkeutuu solun sisäisten proteiinien kautta solun ulkoisiin sidekudosproteiineihin eli kollageenisäikeisiin (Jozsa & Kannus 1997). Luujänneliitos puolestaan on alue jossa jänne kiinnittyy luuhun. Alueella janteen kollageenisäikeet muuttuvat Sharpeyn säikeiksi ja janteen endotenon yhtyy luukalvoon. Viskoelastinen jänne siirtää lihasten synnyttämän voiman jäykkään luuhun (O'Brien 1997).



KUVA 2. Jänteen rakenne. Kuva muokattu lähteestä Kirkendall ym. 1977.

### 2.3 Akillesjänteen mekaaniset ominaisuudet

Akillesjänne on erittäin kestävä jänne. Jänteen kestävyys riippuu kollageenimäärästä ja paksuudesta (Fyfe & Stanish 1992). Mekaanista kuormitusta lisää kuitenkin se, että akillesjänne sijaitsee kaukana nilkan nivelestä. Kuormitus on erityisen suurta silloin, kun nilkkaa ojennetaan polven ollessa suorana. Näin tapahtuu mm. juoksuaskeleen tukivaiheen loppuosassa (Peltokallio 2003, 488-489).

Akillesjänteen kuormitusta vähentävät merkittävästi kaksoiskantalihas ja leveä kantalihas, jotka toimivat jänneelle iskunvaimentimena. Alastulossa liike-energia osittain absorboituu näihin lihaksiin, jolloin akillesjänneelle jää liike-energiasta vain osa vastaanotettavaksi (Tulikoura 2000, 20-21). Akillesjänne lisää mekaanista tehoa varastoimalla ja myöhemmin vapauttamalla elastista potentiaalienergiaa (Kvist 1991a, 17). Yli 90 % voimasta joka aiheuttaa jänteen venytykseen, vapautuu työntövaiheessa kun askel irtoaa maasta (Novacheck 1997). Lichtwark ja Wilson (2005) puolestaan esittivät omassa tutkimuksessaan, jossa tutkittiin yhden jalan toistohypelyn avulla akillesjänteen potentiaalienergiakapasiteettia, että yhdellä jalalla suoritettavan hypyn aikana 74 % jänteen venytyksen aiheuttavasta voimasta vapautuu työntövaiheessa. Tämä vastaa 16 % eli huomattavaa osaa hypyn mekaanisesta kokonaisenergiasta.



Akillesjänteen kestävyydelle on merkittävää kuormituksen laatu. Suoraa vetoa jänne kestää hyvin, mutta kun vetorasitus on viistoa, jänne vaurioituu huomattavasti helpommin. Siksi on suurta merkitystä sillä, kuinka puhtaita liikesuoritukset ovat (Tulikoura 2000). Juoksussa akillesjanteeseen kohdistuu joka askeleella 6-8 kertainen voima kehon painoon nähden (Baumhauer ym. 1997).

### 3 SÄÄREN JA POHKEEN LIHAKSET

Alaraajassa, reiden alapuolella sijaitsevat lihakset jaetaan sijaintinsa mukaisesti anteriorisiin lihaksiin eli säären lihaksiin ja posteriorisiin lihaksiin eli pohkeen lihaksiin. Säären lihaksia ovat etummainen säärilihäs (m. tibialis anterior) varpaiden pitkä ojentajalihas (m. extensor digitorum longus), isovarpaan pitkä ojentajalihas (m. extensor hallucis longus), pitkä pohjeluulihas (m. peroneus longus) ja lyhyt pohjeluulihas (m. peroneus brevis). (Platzer, 2009, 258-261.)

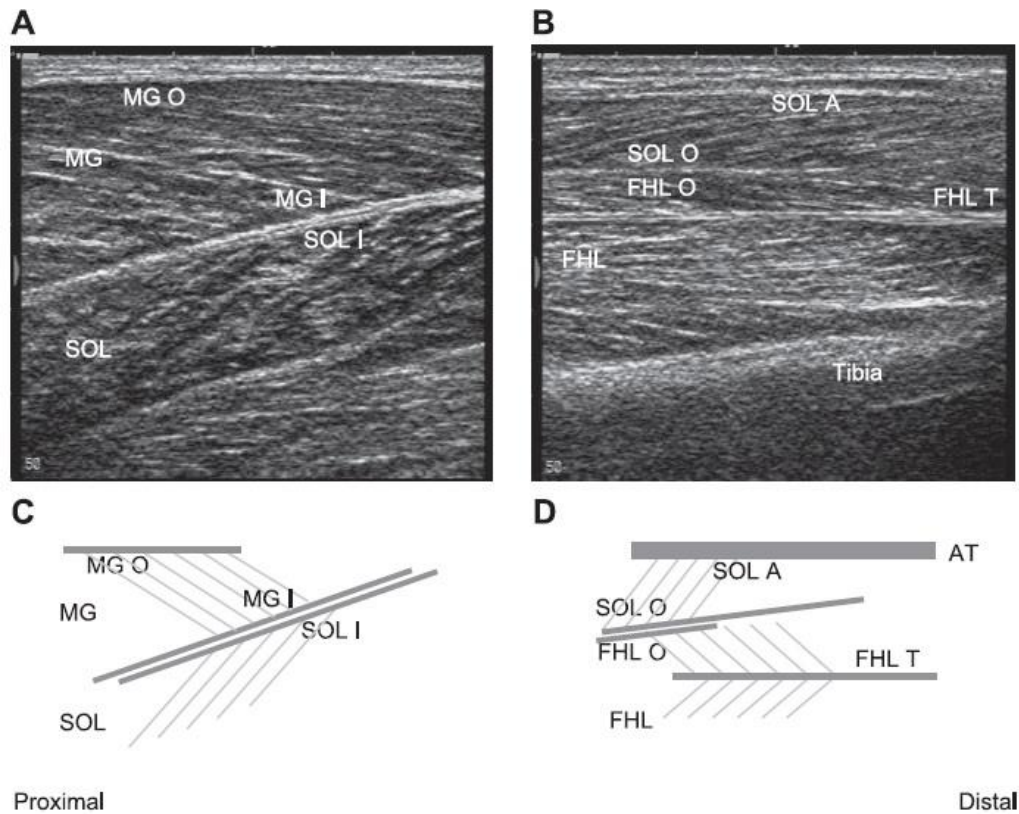
Pohkeen lihaksia ovat pinnalla sijaitsevat kolmipäinen pohjelihas (m. triceps surae), joka muodostuu leveästä kantalihaksesta (m. soleus) ja kaksoiskantalihaksesta (m. gastrocnemius) sekä hoikka kantalihas (m. plantaris). Syvällä sijaitsevia posteriorisia lihaksia ovat takimmainen säärilihäs (m. tibialis posterior) ja isovarpaan pitkä koukistajalihas (m. flexor hallucis longus). (Platzer, 2009, 262-265.)

Säären ja pohkeen lihakset työskentelevät miltei kaikessa liikkumisessa. Pohkeen lihasten pääasiallisena tehtävänä on nilkkanivelen ojennus eli plantaarifleksio varpaille nousussa sekä kävelyn, juoksun ja hyppyjen ponnistusvaiheessa. Pohjelihakset myös tukevat polvea estäen sen yliojennuksen. Säären lihakset työskentelevät kaikkein aktiivisimmin nilkkanivelen koukistuksessa eli dorsifleksiossa. Säären lihakset joutuvat koville reippaassa kävelyssä ja lajeissa, joissa vaaditaan nopeita suunnan muutoksia, kuten sulkapallossa ja salibandyssä. Lisäksi säären ja pohkeen lihakset osallistuvat supinaation eli jalan sisäsyrjän nostoon sekä pronaatioon eli jalan ulkosyrjän nostoon. (Ahonen, 2004, 143-146.) Tässä opinnäytetyössä tutkimuksen kohteena ovat kolmipäiväisen pohjelihaksen yhdessä muodostat leveä kantalihas ja kaksoiskantalihas sekä isovarpaan pitkä koukistajalihas.

#### 3.1 Kolmipäinen pohjelihas

Kaksipäinen kaksoiskantalihas (m. gastrocnemius) ja leveä kantalihas (m. soleus) yhdessä muodostavat säären takapuolella sijaitsevan kolmipäisen pohjelihaksen (m. triceps surae). Lihakset muodostavat 75 % pohkeen ja säären lihasmassasta ja absorboivat liikkeen aikana huomattavassa määrin rasitusta (Peltokallio 2003, 488-489). Kaksoiskantalihaksen lähtökohdat ovat reisiluun lateraaliossa ja mediaaliossa nivelnastassa, kun taas leveän kantalihaksen lähtökohta sijaitsee pohjeluun posterioriossa. Molemmat kiinnittyvät akillesjänteen avulla kantaluuhun (calcaneus). Kolmipäinen pohjelihas muuttuu suurelta

osalta jänteiseksi jo säären puolivälistä. Tämän vuoksi sääri on pohkeesta paksumpi kuin alempaa (Nienstedt ym. 1997, 160). Kuvasta 3 käy ilmi kaksoiskantalihaksen ja leveän kantalihaksen sijainti suhteessa akillesjätteeseen ja pohjeluuhun (tibia) säären proksimaali- ja distaaliosassa.



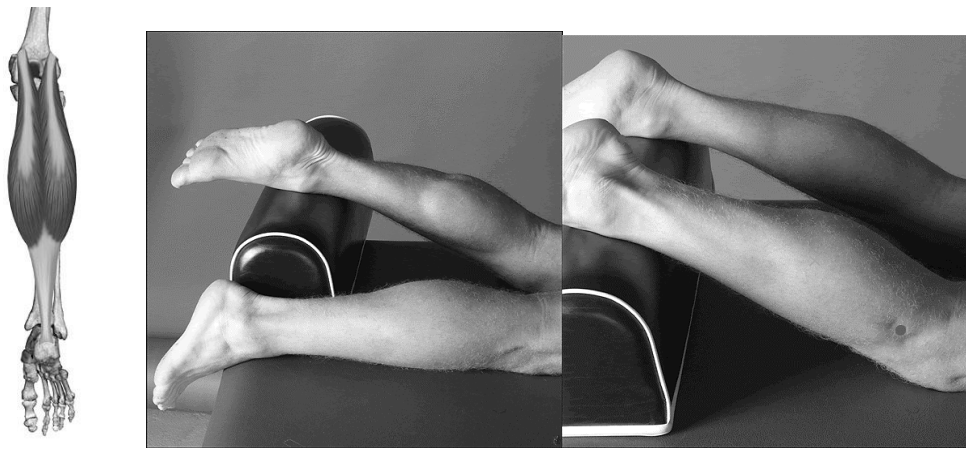
KUVA 3. Ultraäänikuvat, josta näkyvät jalan plantaarifleksioon osallistuvien lihasten proksimaaliset (A) ja distaaliset (B) osat. Kuvassa SOL on leveä kantalihas ja MG kaksoiskantalihas. SOL I ja MG I ovat edellä mainittujen kalvojänteen kiinnittymiskohdat eli insertiot ja MG 0 sekä SOL 0 jännekalvojen lähtökohdat eli origot. MG 0 jää kuvassa pintakudoksen alle. FHL tarkoittaa isovarpaan pitkää koukistajalihasta, FHL T isovarpaan pitkän koukistajalihaksen janteen insertiota, mikä kulkee kuvan B läpi. FHL 0 on isovarpaan pitkän koukistajalihaksen kalvojänne. Piirroksat (C ja D) havainnollistavat edellämainittuja kuvia (A ja B). (Bojsen-Møller et al. 2010)

### 3.1.1 Kaksoiskantalihas

Kaksoiskantalihas on pinnallisin pohkeen lihaksista. Kaksoiskantalihas on sukkulamainen, kaksipäinen ja kahden nivelen yli ulottuva lihas, jonka mediaalinen pää on hiukan lateraalista päätä suurempi ja ulottuu hieman lähemmäs kantaluuta. Lihassolut ulottuvat 11-26 cm proksimaalisesti kantaluussa olevasta kiinnityskohdasta (Leppilahti 1996).

Kaksoiskantaliuksen lihassyty ovat pääosin vertikaalisuunnassa, minkä ansiosta lihas pystyy tuottamaan nopeita liikkeitä juoksemisen ja hyppäämisen aikana (Moore 1999, 577-593). Eri tutkimusten mukaan kaksoiskantaliuksessa nopeiden lihassolujen (tyyppi II) osuus on vaihdellut 46 prosentista (Coyle 1978) 57 prosenttiin (Johnson 1973).

Kaksoiskantaliuksen tehtäviä ovat nilkan plantaarifleksio polven ollessa ojennettuna ja polven fleksio. Vaikka kaksoiskantalihas osallistuu sekä polvi- että nilkkanivelen toimintaan, se ei pysty tuottamaan täyttä tehoa molempiin samanaikaisesti. (Moore 1999, 577-593.)



KUVA 4. Kaksoiskantalihas. Harmaa piste tarkoittaa elektrodin suositeltavaa kiinnityskohtaa EMG- mittauksessa (SENIAM).

### 3.1.2 Leveä kantalihas

Leveä kantalihas on litteä lihas joka sijaitsee kaksoiskantaliuksen takana. Sijainnistaan huolimatta se voidaan palpoida molemmin puolin kaksoiskantaliuksesta, kun henkilö seisoo varpaillaan. Lihassolut ulottuvat kaksoiskantaliuksesta lähemmäksi kantaluuta, 3-11cm kiinnityskohdan yläpuolelle (Leppilahti 1996). Leveä kantalihas on voimakas, mutta suhteellisen hidas lihas. Tutkimuksissa nopeiden lihassolujen(tyyppi II) osuus on vaihdellut 14 prosentista (Johnson 1973) 16 prosenttiin (Elder 1982). Leveä kantalihas toimii yhdessä kaksoiskantaliuksen kanssa nilkan plantaarifleksiossa, mutta ei osallistu polvinivelen toimintaan.



KUVA 5. Leveä kantalihas. Harmaa rasti tarkoittaa elektrodin suositeltavaa kiinnityskohtaa EMG- mittauksessa (SENIAM).

### 3.2 Iso varpaan pitkä koukistajalihas

Flexor hallucis longus on isovarpaan pitkä koukistajalihas, joka suorittaa isovarpaan plantaarifleksiota ja myös osittain koko jalan ja nilkan plantaarifleksiota. Lihaksen lähtökohta on sääriluun takaosassa ja sen jänne kulkee sääriluun mediaalisen malleolin takaa kiinnittyen isovarpaan distaaliseen falangiin (Platzer, 2009, 264.) Kuvasta 3 näkee, miten isovarpaan pitkän koukistajalihaksen jänne kulkee säären distaaliosassa.



KUVA 6. Isovarpaan pitkä koukistajalihas (SENIAM).

#### 4 AKILLESJÄNNEVAMMOJEN TERMINOLOGIA

Akillesjänteen vammat voidaan jakaa seuraaviin luokkiin: jännettä ympäröivän kudoksen tulehdus eli ”peritendiitti”, jänteen tulehdus eli ”tendiitti”, jänteen rappeutuminen eli ”tendinoosi”, jänteen osittainen tai täydellinen repeämä eli ”ruptuura”, jänteen kiinnitysalueen tulehdustila kantaluussa tai lihas-jänneliitoksen tulehdustila, ”insertiitti”, sekä akillesjänteen ja kantapään kiinnityskohdan alueella olevan limapussin tulehdus. ”bursiitti”. Bursiitit ovat yleensä seurausta insertiitista. (Williams 1986, 114-135). ”Achillodynia”- termiä puolestaan käytetään yleisenä terminä akillesjänteen kiputiloista (Schmitgen & Haasters 1990, 45-47) tai jos ei pystytä antamaan yksiselitteistä syytä kiputilalle (Åström 1997).

Ei ole olemassa mitään yksiselitteistä määritelmää, jonka perusteella akillesjännevamma voitaisiin luokitella akuutiksi tai krooniseksi. El Hawary, Stanish ja Curvin (1997, 347-358) sekä Bordelon (1988) ehdottavat, että oireet jotka ovat kestäneen alle kaksi viikkoa ovat akuutteja, 2– 6 viikkoa kestäneet oireet subakuutteja ja yli kuusi viikkoa kestäneet kroonisia. Nämä ehdotukset eivät perustu histopatologisiin tai kliinisiin löydöksiin, vaan ovat enemmän tai vähemmän mielivaltaisesti päätettyjä.

Terminologia jota käytetään akillesjänteen kiputiloista on sekavaa ja monet termit eivät kuvasta jänteessä ilmenevän ongelman patologiaa. Aikaisemmin kivuliaita jännevammoja ollaan kuvattu yleensä termillä ”tendiniitti”. Myös termit ”tenoniitti” ja ”tendoniitti” ovat paljon käytettyä siitäkkin huolimatta, että jänteessä ei ole voitu biopsian avulla osoittaa joissain kroonisissa tapauksissa olevan tulehdussoluja vaikka edellä mainittujen termien määritelmät niin edellyttävätkin (Williams 1986, 114-135).

Histopatologian tuntemuksen lisääntyttyä myös muita termejä on tullut käyttöön. Termit eivät ole kuitenkaan vakiintuneet ja toisaalta histologisesti erityyppiset muutokset saattavat muistuttaa kliinisesti samaa tilaa. Samanlaista akillesvammaa voidaan kuvata termeillä: ”tendiniitti”, ”tendinopatia”, ”tenopatia”, ”tenoniitti”, ”tendinoosi” ja ”osittainen ruptuura”. (Järvinen ym. 1997, 86-95.) Akillesvammoista käytetään myös termejä: ”achillodynia”, ”paratenoniitti”, ”tenovaginiitti” ja ”peritendiniitti”, joka on suomessa vakiintunein nimi kuvaamaan jänteen ympärillä olevan kudoksen vammaa. Peritendiniitti diagnoosina ei kuitenkaan sulje pois jänteen sisäisen patologian mahdollisuutta (Kannus 2000, 312-320).

Akillesjänteen ylirasitusvamman kliinistä kuvaa johon liittyy kipu, turvotus ja toiminnan häiriö, suositellaan kutsuttavaksi ”akilles tendinopatiaksi”. Histopatologisten löydösten perusteella tendinopatia voidaan jakaa ”peritendiniittiin” ja ”tendinoosiin”, mutta kliinisesti tätä jakoa on vaikea tehdä (Paavola ym. 1997, 634-641). Termit ”peritendiniitti” ja ”tendinoosi” tulisikin Åströmin (1997) mukaan varata tapauksiin joissa patologia on vahvistettu kirurgisin toimenpitein tai histologisten löydösten avulla.

Termiä ”osittainen ruptuura” on käytetty tapauksissa, joissa akillesjanteessa ilmenee makroskooppisia vaurioita. Näissä tapauksissa akillesjänteen repeämän laajuus on voinut vaihdella koko akillesjänteen paksuudesta muutaman jännesäikeeseen jolloin oikeastaan olisi kysymys akillesjänteen täydellisestä ruptuurasta ja paikallisesta rappeumasta eli ”tendinoosista” (Paavola, 2001).

Akillesjänteen alaosassa, sen kiinnitysalueella on limapussi ihon ja jänteen välissä sekä jänteen ja kantaluun välissä. Pinnallinen bursa tulehtuu harvoin, yleensä kengän reunan hankauksesta. Syvän bursan tulehtuminen johtuu siitä, että akillesjänne hankaa kantapään ulkonemaan jolloin niiden väliin jäävä limapussi voi tulehtua. Näistä molemmista limapussitulehdustapauksista käytetään yleisesti nimeä ”bursiitti”.

Tätä opinnäytetyötä tehdessä kiinnitin myös huomiota siihen seikkaan, että suomenkielisessä kirjallisuudessa puhutaan usein akillesjännevammoista, kun taas englanninkielisessä kirjallisuudessa käytetään suoraan käännettäessä akillesjännevammoista puhuttaessa nimitystä akillesjänteen ylirasitusvammot (achilles tendon overuse injuries).

## 5 AKILLESJÄNNEVAMMOJEN PATOFYSIOLOGIA JA EPIDEMIOLOGIA

Useimmat jänteen yllirasitusvammat aiheutuvat toistuvista mikrotraumoista. Jänteen kuormituskestävyys ja uusiutumiskyky saattaa heiketä jos jänteeeseen kohdistuu toistuvaa vetoa, joka on 4-8 % alkuperäisestä pituudesta. Jänne palautuu kuormitukselta, mikäli aikaa annetaan riittävästi. (Kannus, 1997, 78-85.) Toistuva rasitus johtaa mikroskooppisiin ja/tai makroskooppisiin muutoksiin mm. kollageenissa, matriksissa ja verisuonituksessa, joiden seurauksena voi olla tulehdus, kipu ja turvotus. Patologiset muutokset ilmenevät todennäköisesti ensimmäiseksi jännettä ympäröivässä kudoksessa, eli paratenonissa, joka johtaa peritendiniittiin. Mikäli yllirasitus jatkuu, tulehdus muuttuu krooniseksi. Seurauksena on fibroosi eli tiiviin sidekudoksen muodostuminen muun kudoksen tilalle eli toisin sanoen arpeutumisen ja paratenonin paksuuntuminen. (Hyman & Rodeo 2000, 267-288.)

Peritendiitilla tarkoitetaan kivuliasta tulehdusta jänteen ulkopuolisissa kerroksissa. Aluksi ilmenee turvotusta ja tulehdusta minkä jälkeen tulehdusnesteet voivat täyttää jänteen liukukudoksen aiheuttaen mahdollisesti narinaa, eli krepitaatiota (Kvist 1991b, 188-201). Kroonisessa peritendiniitissä liukukalvorakennelma eli paratenon tulee makroskooppisesti paksummaksi. Paratenonin hypertrofia aiheuttaa hankausta jänteen ympärillä. Akillesjänteen ympärillä on havaittu vähentyntä aerobista- ja lisääntyntä anaerobista aineenvaihduntaa sekä katabolista aktiivisuutta. Mainittujen löydösten johdosta morfologiset muutokset paratenonissa häiritsevät huomattavasti kroonisesti tulehtuneen paratenonin liukumista, millä on katsottu olevan suurin oireiden aiheuttajana. (Józsa & Kannus 1997.)

Jänteen kiinnityskohdan tulehduksiin eli insertiitteihin liittyy usein kiinnityskohdan ympäristön tulehdukset, varsinkin limapussin tulehdukset, eli bursiitit. Akillesjänteen kiinnityskohdan lähellä on kaksi bursaa: retrocalcaneal bursa kantaluun ja jänteen välillä sekä superficial bursa ihon ja jänteen välillä posteriorisesti. Akuutissa akillesjänteen insertiitissä esiintyy turvotusta, kollageenikimppujen löystymistä ja fokaalista solujen nekroosia. Insertiiteissä mikrorepeämiä tavataan usein myös rustossa jänne-luu liitoksessa. (Józsa & Kannus 1997.)

Tendinoosiin liittyy rappeutumista ja tulehduksellisia muutoksia itse jännekudoksessa. Tendinoosissa on histologisesti havaittavissa lukuisia muutoksia, usein mm. nekroosia ja tulehdussoluja. (Józsa & Kannus 1997.) Tendinoosiin on yhdistetty myös mahdollista



uudissuonten syntymistä eli neovaskularisaatiota akillesjänneessä. Neovaskularisaatiota on tutkimusten mukaan todettu esiintyvän paikallisesti akillesjänneen niissä osissa, joissa kipua ilmenee (Yang et al. 2010, 365-372; Zanetti et al. 2003, 556-560). Neovaskularisaation esiintyminen akillesjänneen kivuista kärsivillä on Tolin, Spiezian ja Maffulin (2012) artikkelin mukaan eri tutkimuksissa vaihdellut 47 ja 88 % välillä. Öhbergin ja Alfredsonin (2004) tutkimuksessa vastaava luku oli 100 %. Tol et al. (2012) tuovat esille tutkimuksessaan, että neovaskularisaatiota on havaittu myös oireettomilla urheilijoilla voimakkaan fyysisen aktiviteetin jälkeen ja pohtivat onko näissä tapauksissa todella kyseessä verisuonien uudiskasvusta ja onko neovaskularisaation esiintyminen sidoksissa fysiologiseen vai patofysiologiseen vasteeseen.

Tendiniitissä vamma sijaitsee pääosin jännekudoksessa. Tendiniitin histologia vaihtelee laajasti pelkästä tulehduksesta kalkkeutumaa ja traumaan. Tyypillinen krooninen tendiniitti voidaan havaita lähinnä repeämään liittyvässä operaatiossa, ja siten on epäselvää missä määrin tendiniitti on primäärinen ja sekundäärinen traumaan liittyvä tekijä. (Józsa & Kannus, 1997.)

Akillesjännevammojen esiintyminen on yleisintä keski- ja pitkänmatkan juoksijoilla, yleisurheilijoilla, suunnistajilla, tennispelaajilla ja muiden nopeatempoisten pallopelien harrastajilla. (Kvist 1991b, 188-201; Leppilahti et al. 1991, 202-207). Huipputason juoksijoilla akillesjännevammoja esiintyy vuosittain 7 – 9 % juoksijoista (Johansson 1986, 410-415). Yleisin kliininen diagnoosi näissä tapauksissa on tendinopatia 55 – 65 %. Seuraavaksi yleisimpiä ovat akillesjänneen ja kantaluun kiinnityskohdalla ilmenevät limapussitulehdukset eli bursiitit ja akillesjänneen kiinnityskohdan tendinopatiat eli insertiitit, joita on vamma tapauksista 20 – 25 %. (Leppilahti et al. 1991, 202-207)

Yksitoista vuotta kestäneessä seurantatutkimuksessa Kujala et al. (1999, 1041-1046) löysivät akillesjännevaivoja 79:ltä miespuoliselta suunnistajalta 269:stä ja kontrollihenkilöillä vaivoja esiintyi seitsemällä 188:sta. Eli suunnistajilla akillesjännevaivoista 11 vuoden aikana kärsi 30 %, kun taas kontrollihenkilöistä ainoastaan 4 %. Kvist (1991b, 188-201) puolestaan tutki epidemiologisia tekijöitä akillesjännevammoihin liittyen suurella joukolla urheilijoita. Tutkimukseen sisältyi 698 tapausta joissa 66 % oli kyse tendinopatiasta, 23 % jänneen kiinnityskohdan ongelmista. Kahdeksan prosenttia potilaista vamma sijoittui lihas-jänneliitoksen alueelle ja 3 % oli täydellinen akillesjänneen repeämä. Näistä kaikista potilaista

89 % oli miehiä ja 53 % potilaista ilmoitti pääalajikseen juoksun. Akillesjänteen yllirasitusvammoja esiintyy enemmän vanhemmilla urheilijoilla kuin monia muita tyypillisiä yllirasitusvammoja, kuten tenniskyynärpäättä jne. (Kannus et al. 1989, 263-270). Tutkimuksessa, jossa potilailla oli diagnosoitu tendinopatia tai kiinnityskohdan vaivoja, noin 25 % koehenkilöistä oli nuoria urheilijoita, sisältäen 10 % alle 14 vuotiaita (Kvist 1991b, 188-201).

## 6 AKILLESJÄNNE VAMMOJEN ETIOLOGIA

### 6.1 Sisäiset etiologiset tekijät

Urheiluvammat voivat syntyä yksistään sisäisistä tai ulkoisista tekijöistä tai näiden yhdistelmästä (Lorenzon 1988, 376-390). Akuutin trauman synnyssä ulkoiset tekijät ovat vallitsevia, kun taas ylirasitusvammojen syntyyn monesti johtavat sisäisten ja ulkoisten tekijöiden yhdistelmät (Williams 1986, 114-135). Taulukossa 1 on esitettyä akillesjännevammoille mahdollisesti altistavia sisäisiä tekijöitä.

TAULUKKO 1. Akillesjännevammoille mahdollisesti altistavia sisäisiä tekijöitä.

---

-	Virheasennot
-	- Jalan yli- tai alipronaatio
-	- Jalan takaosan tai jalkaterän varus
-	Jalkojen pituusero
-	Lihashyökkös- tai epätasapaino
-	Heikentynyt liikkuvuus
-	Akillesjänteen löystyminen
-	Akillesjänteen jäykistyminen
-	Sukupuoli
-	Ikä
-	Ylipaino
-	Sairaudet(reuma)

---

Jalan mahdollisia virheasentoja on lukemattomia ja niitä voi toisinaan esiintyä tietyllä henkilöllä useampia samanaikaisesti. Yleisin ja ehkä tärkein virheasento on jalan ylipronatio. James et al. (1978, 40-50) raportoi, että ylipronatiota esiintyi 60 % koehenkilöistä, joilla oli juoksemisesta johtuvia vammoja. Segesser et al. (1980, 79) havaitsivat nilkkanivelen epästabiilitetin ja ylipronation altistavan akillesjännevammoille. Akillestendinopatiasta kärsivillä urheilijoilla on todettu muita urheilijoita useammin kärsivän subtalaarinivelen rajoitetusta liikkuvuudesta nilkkanivelen jäykkyydestä (Kvist 1991b, 23-35).

Toinen jalkavaivoja aiheuttava virheasento, jalan takaosan varus, jossa kantaluu on kallistunut ulospäin, on myös todettu olevan yhteydessä akillestendinopatiaan (Kaufman et al. 1999, 585-593). Muita virheasentoja, joiden on katsottu merkitsevästi korreloivan akillesjännetendinopatian kanssa on jalkaterän varus (Clement et al. 1984, 179-184). Jalkaterän varuksella tarkoitetaan frontaalitason poikkeamaa, jossa jalan etuosa on inversiossa kantaluuhun nähden aiheuttaen ylipronatiota sekä jalan keskitarsaaliniiveleen että

subtalaariniveleen kääntäen kantaluuta liialliseen eversioon (Ahonen 2002, 143-146). Yleisesti tarkasteltuna erilaisten virheasentojen ja biomekaanisten häiriöiden uskotaan etiologisesti tarkasteltuna vaikuttavan 60 – 70 % erilaisista akillesjännevammoista (Kvist 1991b, 23-35). Virheasentoista johtuvien akillesjännevammojen syntymekanismi on kuitenkin vielä epäselvä (Nigg 2001, 2-9).

Ylipronaation lisäksi henkilön jalkojen eripituisuuden merkitys akillesjännevammojen aiheuttajana on yksi kiistellyimmistä puheenaiheista ortopediassa ja urheilulääketieteessä (Kannus 1997, 78-85). Perinteinen ortopedinen näkökulma on, että jalkojen eripituisuuden ollessa alle 20 mm, ovat haitat lähinnä kosmeettisia (Lorenzon 1988, 376-390). Huippu-urheilijoilla jo 5 – 6 mm eripituisuus voi aiheuttaa oireita ja 6 – 8 mm pituusero jalkojen välillä on yhdistetty lonkka-, selkä-, polvi-, ja jalkavaivoihin (Kvist 1991b, 188-201). Useimmiten vaivat esiintyvät pitemmän jalan puolella (Subotnick 1989) Eripituisuuden ylittäessä 10 mm suositellaan käytettäväksi joko käyttäjälle räätälöityä kenkää tasoittamaan jalkojen pituuseroa, tai kengän sisään sijoitettavaa ortoosia (Kannus 1997, 78-85). Näiden biomekaanisten vaihtelujen vaikutus akillesjännevammojen syntyyn ja ennen kaikkea kliininen merkitys on melko vähän tunnettua (Paavola 2001).

Heikentyneen lihasvoiman, lihasepätasapainon ja lihasjäykkyyden merkitys on myös merkille pantava asia akillesjännevammoista puhuttaessa. Lihasvoima, teho, kestävyys ja liikkuvuus ovat tärkeitä tekijöitä fyysisessä suorituksessa sekä näin ollen ilmeisesti tärkeitä myös erilaisten urheiluvammojen ennaltaehkäisyssä (Lorenzon 1988, 376-390). Alfredson et al. (1998, 360-366) osoittivat, että eksentrisellä harjoittelulla, jonka tarkoituksena lihasjänneyksikön pituuden, vetoluujuden ja voiman lisääminen oli positiivinen vaikutus kroonisen akillestendinoosin hoidossa. Tässä, kuten muissakaan vastaavissa tutkimuksissa ei ole kuitenkaan voitu vielä pitävästi osoittaa, että heikentynyt lihasvoima, lihasepätasapaino tai lihas-jännejäykkyys olisi syy tai seuraus akillesjännevammoille.

Joillain ihmisillä, erityisesti naisilla, nivelet saattavat olla yliliikkuvat eli mahdollistavat nivelen liiallisen liikkuvuuden. Yliliikkuvat nivelet ovat monesti periytyviä eikä niihin yleensä kiinnitetä erikoishuomiota vammojen ehkäisyssä (Jozsa & Kannus 1997). Nivelsidevammat voivat kuitenkin aiheuttaa nivelten löysyyttä, mikä puolestaan voi altistaa akillesjännevammoille (Segesser et al. 1980, 79).

Akillesjännevammoista kärsivät potilaat ovat enimmäkseen miehiä, mutta naisten osuus näyttäisi olevan kasvussa. Vaikka yli 60 % kaikista juoksijoiden vammoista ovat aiheutuneet miehille, ovat alle 30 vuotiaat naiset suurin yksittäinen ryhmä vammautuneista. Naisten osuuden kaikista urheiluvammoista viimeisten vuosikymmenien aikana on esitetty olevan lähteestä riippuen 14 – 18 % ja 20 – 30 % (Kvist & Järvinen 1980, 375-378; Leppilahti et al. 1991). Yhtenä selityksenä naisten lisääntyneille vammoille on kasvanut kiinnostus urheilua ja yleistä fyysistä aktiivisuutta kohtaan. Toisena selityksenä pidetään sitä, että naiset ovat entistä kiinnostuneempia lajeista joissa ei ole pelkästään suuri akuutin vamman riski (jalkapallo, laskettelu, judo, sisäpallopelit, vaan myös yllirasitusvamman riski (pitkän matkan juoksu, aerobic, pyöräily, triathlon, sisäpallopelit) (Järvinen 1992, 492-504). Erot fyysisessä aktiivisuudessa vaikeuttavat kuitenkin sukuopuolen arviointia yhtenä etiologisena tekijänä (Kvist 1991b, 188-201).

Iästä johtuva elimistön rappeutuminen voi joiltain osin alkaa jo kolmannella vuosikymmenellä progressiivisen muutos aiheuttaa selviä solumuutoksia monissa kudoksissa (Bosco & Komi 1980, 209-219). Urheiluvammojen profiili nuorten ja vanhojen urheilijoiden välillä poikkeaa toisistaan. Kolmivuotisessa tutkimuksessa todettiin, että vanhemmilla urheilijoilla vammat ovat yleensä yllirasitusvammoja kuin akuutteja traumoja (Kannus et al. 1989, 263-270). Jänteissä on todettu tapahtuvan varhaista rappeutumista niin solutasolla kuin verenkierron osaltakin. Näiden iästä riippuvien tekijöiden seurauksena iäkkäämpi jänne on nuorempaa alttiimpi repeämille ja yllirasitusvammoille (O'Brien 1992, 505-520).

On olemassa näyttöä ylipainon yhteydestä akillesjännevammoihin ja jännevammoihin yleensä. Yli tuhat akillesjännepotilasta sisältäneessä tutkimuksessa todettiin, että painavimmilla juoksijoilla on toistuvammin vammoja kuin kevyemmällä juoksijoilla (Pagliano & Jackson 1980, 42-50). Ylipainon on todettu olevan riskitekijä myös polven yllirasitusvammoille ja rasitusmurtumille Suomalaisilla varusmiehillä (Kujala et al. 1986, 1041-1046). Jännevammojen ehkäisyssä tulee myös huomioida vammoille altistavat taudit. Muun muassa reumasairauksien ja akillesjännevammojen välillä onkin todettu olevan yhteys (Josza & Kannus 1997).

## 6.2 Ulkoiset etiologiset tekijät

Ulkoiset akillesjännevammoille altistavat tekijät ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat ihmiskehoon sen ulkopuolelta. Taulukossa 2 on esitettyä akillesjännevammoille mahdollisesti altistavia ulkoisia tekijöitä.

TAULUKKO 2. Akillesjännevammoille mahdollisesti altistavia ulkoisia tekijöitä.

---

-	Liiallinen kuormitus
-	Liikkeen muoto
-	Liikkeen nopeus
-	Toistojen määrä
-	Harjoitusvirheet
-	Liian nopea eteneminen harjoittelussa
-	Harjoituksen kesto
-	Korkea intensiteetti
-	Mäkijuoksu
-	Huono tekniikka
-	Väsymys
-	Ympäristötekijät
-	Pimeys
-	Kylmyys ja kuumuus
-	Ilmankosteus
-	Liukas tai kova alusta
-	Huonot välineet

---

Jatkuva jänteeseen kohdistuva kuormitus juoksua ja hyppäämistä vaativissa aktiviteeteissa on yhdistetty kroonisiin jännevaivoihin, joihin kuuluvat myös akillesjännevammat (Orava 1980). Harjoittelussa esiintyvät virheet ovat osallisina 60 - 80 % kroonisissa akillesjännevammatapauksissa. Yleisimpiä virheitä ovat liian suuret juoksumäärät, liian korkea intensiteetti, liian nopea eteneminen harjoittelussa ja liiallinen määrä ylä- tai alamäkiharjoittelua (Kannus 1997, 78-85). Erilaisista juoksuvammoista 22 – 34 % on katsottu olevan seurausta äskettäin tehdystä harjoitusohjelman muutoksista (Clement 1981, 47-58).

Monotoninen ja pitkälle erikoistunut harjoittelu, esim. pelkkä juokseminen, kuten myös huono tekniikka ja väsymys ovat merkittäviä akillesjännevammoille altistavia tekijöitä. Väsynyt lihas menettää kykynsä pehmentää kantapäähän iskeytymistä alustaan ja tarjota dynaamista stabiliteettia nivelille jolloin vammautumisriski kasvaa (Subotnick 1989). Yksipuolinen harjoittelu aiheuttaa myös lihasjäykkyyttä ja voi täten haitata myös nivelien toimintaa. Venyttely ja oikeanlainen voimaharjoittelu ovat tehokkaita menetelmiä

ehkäisemään lihasjäykkyyttä (Schultz 1979, 109-117). Useissa urheilulajeissa tietyt lihakset toistuvan harjoittelun seurauksena ylikehittyvät, mikä voi helposti johtaa lihaskireyten ja/tai lihasten epätasapainoon (Subotnick 1989). Kolmipäisen pohjelihaksen kireys on yhdistetty moniin patologisiin tiloihin, kuten akillesjänteen tendinpatiaan. Juoksijoilla on raportoitu olevan usein huomattavan kireät pohkeen lihakset, erityisesti kolmipäinen pohjelihas (Clement 1981, 47-58).

Huonot olosuhteet, kuten pimeys, liian matala tai korkea lämpötila sekä ilmankosteus, liukas tai kova juoksualusta, sekä huonot varusteet ovat omiaan lisäämään akillesjännevamman riskiä (Kannus, 1997, 78-85; Movin 1998, 126-132). Asianmukaisten kenkien suunnittelu on vaikeaa, sillä ihmisten jalat ovat anatomisesti ja toiminnallisesti erilaisia. Oikeiden materiaalien ja rakenteen avulla pystytään vaimentamaan kantapään iskeytymistä alustaan. Hyvä iskunvaimennus on tärkeää erityisesti kovilla alustoilla. Liian pehmeällä pohjalla varustettu kenkä ei puolestaan ole riittävän tukeva ehkäisemään jalan liiallista pronaatiota. Edellä mainitut asiat ovat molemmat riskitekijöitä akillesjännevammoille (Subotnick 1989). Juoksukengissä, kuten myös muissa jalkineissa, kantapään tulisi olla 12 – 15 mm jalkapohjaa korkeammalla. Riittämättömän korotuksen on katsottu olevan yksi mahdollinen syy akillesjännevammoille (Kvist 1991b, 23-35). Kengän hiertäminen kantapään takaosaan voi puolestaan aiheuttaa bursiitin tai insertiitin (Leppilahti et al. 1991, 202-207).

## **7 AKILLESJÄNNEVAMMOJEN DIAGNOSOINTI**

Akillesjännevammojen diagnosointi perustuu pääosin huolelliseen potilaskertomuksen läpikäymiseen ja yksityiskohtaiseen kliiniseen tutkimukseen. Taulukosta 3 käyvät ilmi potilashistorian ja kliinisen tutkimuksen avulla havaittujen oireiden perusteella tehtävät diagnoosit.

Muita diagnosointimenetelmiä ovat ultraäänitutkimus ja magneettikuvaus (Kvist 1991a, 35-38). Useimmissa tapauksissa asianmukaisen potilashistorian ja fyysisen tutkimuksen avulla tulisi saada selville oikea diagnoosi. Muita diagnosointimenetelmiä suositellaan käytettäväksi tukemaan kliinisen tutkimuksen avulla saatuja diagnooseja tai joissain tapauksissa sulkemaan pois muita muskuloskeletaalisia sairauksia (Khan & Cook 2000, 17-31).

### **7.1 Potilashistoria**

Potilaskertomuksen tulisi tarjota suurin osa diagnoosin tekemiseen tarvittavasta informaatiosta (Kvist 1991b, 23-35). Tärkeitä tietoja ovat oireiden alkamisen ajankohta, akuuteissa tapauksissa vamman syntymekanismi ja mahdolliset aikaisemmat akillesjännevaivat ja niiden hoito (Jozsa & Kannus 1997). Vaivojen kehittymisen suunta vaivojen alkamisen jälkeen ja kipuja helpottavien ja pahentavien aktiviteettien selvittäminen auttavat saamaan arvokasta informaatiota akillesjännevamman laadusta (Kvist 1991b, 23-35).

Kipu on keskeinen oire akillesjännevammoissa, mikä saa potilaan hakemaan lääkärin apua. Kivun asteen selvittämisellä pystytään usein päättelemään tendinopatian vakavuus (Jozsa & Kannus 1997). Potilaan oireiden perusteella pystytään arvioimaan jänteen patologinen tila. Aikaisessa vaiheessa potilas monesti valittaa kivun tuntuvan vain raskaassa kuormituksessa, mutta myöhemmin kipu tuntuu kaiken liikkumisen aikana tai jopa levossa ja näin estää potilasta harrastamasta liikuntaa (Galloway et al. 1992, 771-782). Nelen et al. (1989, 754-759) totesi tutkimuksessaan, johon osallistui 170 kirurgisesti hoidettua kroonista tendinoosipotilasta, että jänteen aamujäykkyys korreloi hyvin vamman vakavuuden kanssa. Tutkimuksessa havaittiin myös äkillisen, kesken juoksua tai kiihdytystä tuntuvan kivun lähestulkoon aina tarkoittavan akillesjänteen tendinoosia tai ruptuuraa.



## 7.2 Kliininen tutkimus

Kliinisen tutkimus ei onnistu ilman tietoja akillesjänteen toiminnasta ja anatomiasta, kolmipäisen pohjelihaksen toiminnasta sekä jänteen ja lihaksen vuorovaikutuksesta liikkeen aikana. Tutkimisen ja palpaation tulisi selvittää turvonneet ja revenneet alueet, tulehdusnesteestä aiheutuva narina eli krepitaatio, epänormaali punoitus ja kuumotus sekä palpoitavissa olevat jänteen eätasaiset pahrurat. Lisäksi akillesjännevaivoista kärsiviltä tulisi selvittää nilkan epästabiilitteetti ja mahdolliset biomekaaniset häiriöt. (Jozsa & Kannus 1997.)

TAULUKKO 3. Potilashistorian ja kliinisen tutkimuksen avulla havaittujen oireiden perusteella tehtävät diagnoosit (Paavola 2001).

	Periten- diitti	Tendi- noosi	Osittainen repeämä	Inser- tiitti	Täydellinen repeämä
<b>POTILASHISTORIA</b>					
Kipu rasituksessa	x	x	x	x	x
Kipu jänteen kiinnityskohdassa				x	
Asteittainen kivun esiintyminen	x	x		x	
Äkillinen kivun esiintyminen			x		x
Kireyttä ja kipua aamuisin	x	x	x	x	
<b>KLIININEN TUTKIMUS</b>					
Arkuutta jänteen keskikolmanneksella	x	x	x		x
Arkuutta jänteen kiinnityskohdissa				x	
Turvotusta	x	x	x	x	x
Palpoitavat nystyrät jotka eivät liiku dorsifleksiossa	x				
Palpoitavat nystyrät jotka liikkuvat dorsifleksiossa		x	x		
Narinaa palpoitaessa (krepitaatio)	x				
Palpoitava aukko tai kolo			x		x

Akuuteissa tendinopatiatapauksissa jänne on turvonnut ja palpoidessa arkuutta esiintyy eniten jänteen keskikolmanneksella. Joissain tapauksissa palpoinnin avulla voidaan havaita tulehdusnesteestä aiheutuva krepitaatiota (Jozsa & Kannus 1997). Akuuteissa tapauksissa turvonnut ja arka alue ei yleensä liiku nilkkanivelen dorsifleksiossa (Kvist 1991b, 188-201). Kroonisemmissä tendinopatiatapauksissa on harjoittelun aiheuttama kipu keskeinen oire, kun taas tulehdusnesteiden aiheuttama krepitaatio on vähäisempää kuin akuuteissa tapauksissa (Jozsa & Kannus 1997). Kroonisissa tapauksissa on monesti havaittavissa arkoja turvonneita nystyröitä, minkä uskotaan olevan merkki tendinoosista. Nystyrät usein liikkuvat nilkkanivelen dorsi- ja plantaarifleksiossa. Insertiitin yhteydessä turvotus ja arkuus kohdistuvat akillesjänteen ja kantaluun kiinnityskohtaan, usein posterolateraalaisesti (Leppilähti et al. 1991, 202-207.)

### **7.3 Kuvantamismenetelmät**

Ultraääni- ja magneettikuvaus ovat kuvantamismenetelmiä, joiden avulla voidaan saada tietoa elimistön kunnosta. Joskus voidaan käyttää molempia kuvantamismenetelmiä, jotta saadaan kattavampi käsitys potilaan tilasta.

Ultraäänikuvaus käyttää suuritaajuisia äänienergiaa kuvantamaan rajapintoja, jotka poikkeavat akustisilta ominaisuuksiltaan eli akustiselta impedanssiltaan toisistaan. Akustinen impedanssi riippuu kudoksen tiheydestä ja elastisista ominaisuuksista. Äänen osuessa rajapintaan osa siitä menee läpi, osa heijastuu ja osa siroaa. Takaisinheijastunut ja –sironnut energia rekisteröidään ja siitä muodostetaan kuva. (Jurvelin 2005, 11-76)

Magneettikuvaus perustuu biologisessa kudoksessa olevien vesimolekyylien ja rasvan sisältämien magneettisten vety- ytimien eli protonien ja ulkoisen magneettikentän väliseen vuorovaikutukseen. Syntyvään kuvaan vaikuttavat kuvauskohteen protonitiheys, protonien molekyyliympäristö ja siinä tapahtuvat sähkömagneettiset vuorovaikutukset. (Jurvelin 2005, 11-76)

Edellä mainittujen kuvantamismenetelmien yhtäläisyyksiä on, että molemmilla voidaan tuottaa sekä pysähdyskuvia että liikkuvaa kuvaa elimistöstä. Molemmat toimenpiteet suoritetaan ilman säteilyä, mikä on etu varsinkin, jos potilas tarvitsee useita

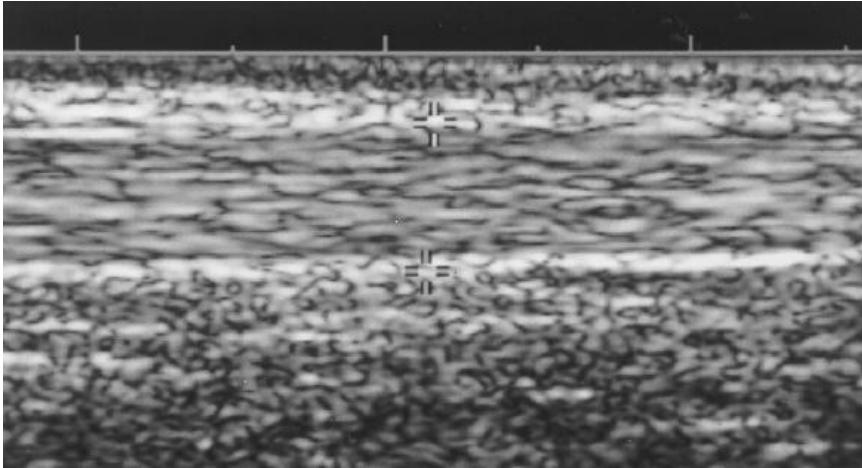
kuvantamistutkimuksia. Tekniikat ovat ei- invasiivisia, mutta joissain tapauksissa on tarpeen lisätä kontrastiainetta kehoon tarkempia kuvia varten. (Jurvelin 2005, 11-76)

### **7.3.1 Ultraäänitutkimus**

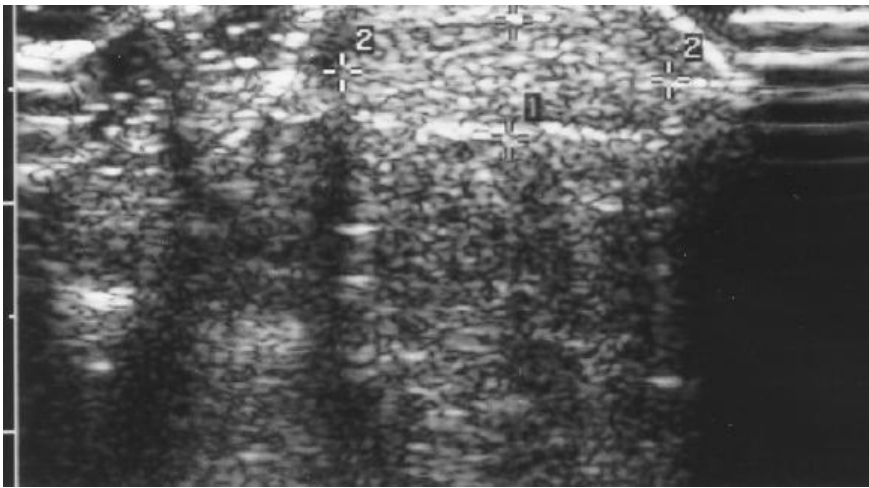
Ultraääni on väliaineen mekaanista aaltoliikettä, jonka taajuus on yli 20 kHz. Lääketieteessä käytetty ultraäänen taajuusalue on tyypillisesti 1- 30 MHz (Jurvelin 2005, 11-76). Ultraäänikuvaus perustuu ultraäänen heijastumiseen. Ultraääni synnytetään pietsokiteellä, joka saadaan mekaanisesti värähtelemään ominaistaajuudellaan muuttuvan sähkökentän avulla. Heijastuneiden ääniaaltojen taajuuden muutosten ja kulman perusteella voidaan muodostaa kuva tutkittavasta kohteesta. Ultraäänilaitteella voidaan kuvantaa pehmytkudoksia reaaliaikaisesti. (Suramo 1998, 14-69)

Ultraääni on varsin turvallinen kuvantamismenetelmä, koska siinä ei tarvita ionisoivaa säteilyä. Korkeat ultraäänit heijastuvat kudoksista eri tavoin. Kovista kudoksista kuten luun pinnasta ja paksuista kalvoista ne heijastuvat kokonaan, nesteestä heijastuu hyvin vähän. Mitä enemmän nestettä tutkittava kohde sisältää, sitä tummempana se näkyy kuvassa. Tiiviit kudokset näkyvät valkoisina. (Mustajoki & Kaukua 2002.)

Kuvantamissovellutuksissa ultraäänianturi toimii ultraäänen lähettäjänä ja vastaanottajana äänen palatessa heijastuttuaan akustisista rajapinnoista. Tällöin tapahtuu niin sanottu pulssi-kaikumittaus. Pietsokiteen lähettämän pulssin ajallinen pituus ja muoto määräävät syvyyserotuskyvyn eli aksiaalisen resoluution. Taajuuden kasvaessa erotetaan pienempiä yksityiskohtia. Pehmytkudoksessa 2,5 MHz:n taajuus mahdollistaa 0,6 mm:n resoluution, joka taajuudeen kasvaessa 14 MHz:iin paranee 0,1 mm:iin. Lateraalinen eli sivusuuntainen erotuskyky riippuu anturin läpimitasta ja fokusointiominaisuuksista. Se on kuitenkin tyypillisesti huonompi kuin syvyysuuntainen erotuskyky. (Suramo 1998, 14-69.)



KUVA 7. Pituussuuntainen kuva terveestä akillesjanteesta. (Paavola 2001).



KUVA 8. Läpileikkauskuva terveestä akillesjanteesta. (Paavola 2001).

Ultraäänikuvan muodostus synnyttää väistämättä ilmiöitä, jotka aiheuttavat kuvavirheitä. Äänen kulku riippuu monimutkaisista fysikaalisista ilmiöistä biologisessa kudoksessa. Tasaisten, voimakkaasti heijastavien pintojen välissä voi tapahtua monikaikuja ja -kuvia. Nopea vaimentuminen tai voimakas heijastuminen voi estää todellisen syvemmällä sijaitsevan kohteen näkymisen kuvassa. Pinnat, jotka eivät ole kohtisuorassa anturiin nähden näkyvät huonosti kuvassa. Vinojen pintojen näkeminen riippuu pinnan rakenteesta ja käytettävästä taajuudesta. Kaarevien pintojen ja pyöreiden kohteiden laidat jäävät näkemättä. Laidat voivat näkyä, jos käytetään lineaarianturia tai jos anturia liikutetaan. Äänen taittuminen aiheuttaa sen, että vinon rajapinnan takana oleva kohde siirtyy sivusuunnassa väärään paikkaan. Jos äänen nopeus vaihtelee paikallisesti kuvassa, etäisyydet vääristyvät. Koska kaikkia kuvavirheitä on mahdotonta estää, tulee näiden ilmiöiden vaikutusmekanismit tuntea hyvin. Näin virheet voidaan minimoida ja taata hyvä kuvanlaatu. (Jurvelin 2005, 11-76.)

Ultraäänitutkimus akillesjännevammojen diagnosoinnissa on kaikista edellä mainituista kuvavirhemahdollisuuksista huolimatta lisääntynyt, koska se on nopea turvallinen ja edullinen tapa kuvantaa jänteen kudusrakennetta (Jozsa & Kannus 1997). Ultraäänen käyttö on paljolti riippuvainen laitteen käyttäjästä. Ultraäänitutkimus näyttää mahdollisen repeämän, mutta pehmytkudosten vaurion havaitsemisessa se ei ole yhtä tarkka mitä magneettikuvaus (Sandmeier & Renström 1997, 96-106). Täydellinen akillesjänne repeämä on voitu havaita ultraäänen avulla jo 1980- luvun alusta. Sen jälkeen reaaliaikaisten korkean resoluution omaavien ultraääniskannereiden kehitys on ollut nopeaa (Karjalainen 2000).

Paavola (2001) toteaa tutkimuksessaan, että ultraäänitutkimuksella voidaan luotettavasti diagnosoida akillesjänne katkeaminen ja kantaluun ja akillesjänne välissä olevan limapussin rasisvamma. Mikäli ultraäänellä nähdään jänne ympäriskudoksen vaurio, sitä voidaan pitää luotettavana, mutta negatiivinen löydös on epäluotettava. Lisäksi ultraääni on epäluotettava erottamaan osittaisen repeämän paikallisesta rappeutumapesäkkeestä, vaikkakin tällaisen muutoksen esiintyminen ja sijainti ylipäättänsä voidaan todeta ultraäänitutkimuksella luotettavasti. Ultraäänitutkimus sopii hyvin akillesjänne patologisten muutosten sijainnin, laadun sekä kirurgisen hoidon mahdollisuuksien arviointiin.

Akuutista akillesperitendiitista kärsivillä voi ultraäänitutkimus osoittaa neste kertymisen jänne ympärille. Kroonisissa tapauksissa jänne paratenon puolestaan paksuuntuu, jolloin akillesjänne ääri viivat eivät ole niin selkeästi hahmotettavissa kuin terveellä akillesjänneellä. Jänne kudosten epäjatkuvuus, paikallinen jänne turpoaminen, edema ja jänne paksuuntuminen ovat akilles tendonopatiasta kertovia löydöksiä. Bursiitissa ultraäänitutkimuksen avulla voidaan saada selville limapusseihin kertyneen nesteen aiheuttama limapussin turpoaminen ja limapussin seinämien paksuuntuminen (Jozsa & Kannus 1997).

Muutoksia akillesjänne paksuudessa ultraäänitutkimuksen avulla ovat tutkineet mm. Grigg et al (2009), jotka tarkastelivat akillesjänne paksuudessa tapahtuvia muutoksia välittömästi eksentrisen suorituksen jälkeen. Tutkimus tehtiin 11 terveellä koehenkilöllä, jotka suorittivat toisella jalalla eksentrisiä ja toisella jalalla konsentrisiä harjoitteita. Eksentristä harjoittelua tehneillä akillesjänne paksuus tilastollisesti merkitsevästi, kun konsentristä harjoittelua tehneillä ei. Molemmassa ryhmässä akillesjänne paksuus palasi 24 tunnin jälkeen samalle tasolle mikä se oli ennen kuormittamista.

Öhberg et al. (2004) puolestaan selvittivät 12 viikon eksentrisen harjoittelun pitkäaikaisvaikutuksia akillesjanteen paksuuteen 25:lla kroonisesta akillesjännetendinoosista kärsivälle sekä 13 terveelle janteelle. Akillesjanteiden paksuus mitattiin ennen harjoittelun aloittamista ja keskimäärin 3,8 vuotta harjoittelun aloittamisen jälkeen. Kroonisesta akillesjännetendinoosista kärsineillä akillesjanteen paksuus väheni tilastollisesti merkitsevästi keskimäärin 0,12 cm, mutta terveillä janteilla ei esiintynyt merkitsevää eroa janteen paksuudessa pitkäaikaisseurannan jälkeen.

Doppler- ultraääntä hyödynnetään tutkittaessa mm. verenvirtausta. Doppler- ilmiö on aaltoliikkeen taajuudessa, vaiheessa tai aallonpituudessa tapahtuva näennäinen muutos, joka johtuu aaltojen lähteen ja havaitsijan liikkeestä toisiinsa nähden. Lähestyvä kohde painaa lähettämiään impulsseja lyhyemmiksi, etäännyvä vetää ne pitemmiksi. Tällöin anturia kohti tuleva kohde näkyy tällöin kuvassa eri värisenä kuin poispäin menevä. Doppler- ultraäänellä voidaan havainnoida myös mahdollista uudissuonten syntymistä eli neovaskularisaatiota akillesjanteessa.

Öhberg ja Alfredson (2004) tutkimuksessaan selvittivät neovaskularisaation esiintymistä doppler- kuvantamisen avulla 30:lla koehenkilöllä, joilla esiintyi kroonista akillesjännekipua ennen ja jälkeen 12 viikon eksentrisen kuntotusjakson. Lisäksi koehenkilöt tutkittiin uudellen pidemmän ajanjakson jälkeen (keskiarvo 28 kk). Ennen kuntotusjakson aloittamista kaikilla tutkittavilla esiintyi paikallista neovaskularisaatiota niillä alueilla, joissa esiintyi kipua akillesjanteessa. Pitkäaikaisseurannan jälkeen 41:stä tutkitusta akillesjanteesta 36 oli kivuttomia ja näistä enää 32:lla esiintyi neovaskularisaatiota akillesjanteessa. Niillä viidellä koehenkilöllä, joilla kipua esiintyi vielä pitkäaikaisseurannan jälkeen, oli kaikilla havaittavissa neovaskularisaatiota janteessa.

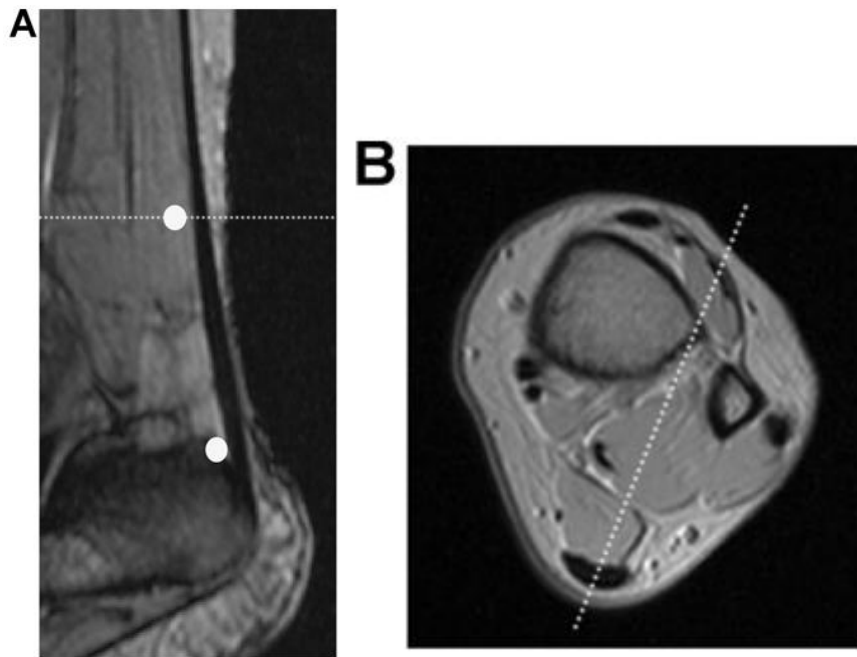
Muissakin tutkimuksissa on saatu samanlaisia tuloksia neovaskularisaation paikallisesta esiintymisestä akillesjanteessa niissä kohdissa, joissa kipua esiintyy. Neovaskularisaation esiintyminen akillesjanteen kivuista kärsivillä on Tolin, Spiezian ja Maffulin (2012) artikkelin mukaan muissa tutkimuksissa kuitenkin vaihdellut 47 ja 88 % välillä, kun taas edellä mainitussa Öhbergin ja Alfredsonin (2004) tutkimuksessa vastaava luku oli 100 %. De Jonge et al (2014) tutkimuksessaan, missä oli osallisena 127 koehenkilöä ja 141 kivuliasta akillesjännettä, tulivat siihen johtopäätökseen, että neovaskularisaatiolla ei ole merkittävää yhteyttä koettuun kipuun.

### 7.3.2 Magneettikuvaus

Magneettikuvaus tarjoaa monipuolisen ja ainutlaatuisen lääketieteellisen kuvantamismenetelmän, jossa kuvauksen lähtökohtana ovat vetyatomien ydinten magneettiset ominaisuudet. Kudosten vety- ytimet ovat vuorovaikutuksessa magneettikuvauslaitteen ulkoisen magneettikentän kanssa, ja saatava magneettiresonanssisignaali on vety- ydinten lähettämää radiotaajuista sähkömagneettista värähtelyä. (Jurvelin 2005, 11-76.)

Magneettikuvausta pidetään ”kultastandardina” jänteen patologian visualisoinnissa (Sandmeier & Renström 1997, 96-106). Kudosten erilaisia ominaisuuksia korostetaan magneettitutkimuksessa erillisillä pulssisarjoilla, joita kutsutaan sekvensseiksi. Näillä sekvensseillä saadaan kuvaan oikeanlainen, haluttu kontrasti, jolloin tuloksena saadaan erinomainen erottelukyky pehmytkudoksille. Tämä mahdollistaa oireettomien jänneiden erottamisen epänormaalisti toimivista (Haatainen & Saarimaa 2010).

Magneettikuvaus mahdollistaa korkean spatiaaliresoluution. Spatiaalinen eli geometrinen resoluutio tarkoittaa pienintä mahdollista yksityiskohtaa, joka kuvalta on erotettavissa. Tämä mahdollistaa yksityiskohtaisten anatomisten rakenteiden tunnistamisen magneettikuvista (Pope 1992, 579-599). Myös mahdollisuus saada kuvia eri tasoilta pituus- ja poikittaissuuntaan sekä vinosti on selvä kehitysaskel diagnostisessa teknologiassa (Kerr et al. 1990, 591-601). Huonoina puolina voidaan mainita korkeat kustannukset, rajoitettu saatavuus ja aikaa vievät tutkimukset (Jozsa & Kannus 1997). Tutkimukset ovat myös osoittaneet, että akillesjänteen anatomia voi vaihdella eri ihmisillä, mikä voi johtaa virheelliseen diagnoosiin (Soila et al. 1999, 323-328).



KUVA 9. Sagittaali- (A) ja poikkileikkauskuvat (B) säärestä. Poikkileikkauksen kohta näkyy valkoisena katkoviivana sagittaalikuvassa. Valkoiset pisteet sagittaalikuvassa ilmentävät niitä anatomisia kohtia, joita käytetään akillesjännevammojen tutkimisessa (Shin et al. 2008, 1179-1186).

Magneettikuvauksessa mahdollisena vaaratekijänä on jatkuvasti päällä oleva voimakas magneettikenttä, minkä vuoksi magneettikuvaushuoneeseen ei saa viedä mitään metalliesineitä. Henkilöitä, joilla on metallia kehossaan, ei voida tutkia magneettikuvauksella.



## 8 AKILLESJÄNNEVAMMOJEN HOITOMENETELMÄT

Akillesjännevammojen hoito poikkeaa huomattavasti eri maiden, klinikoiden ja hoitohenkilöiden kesken. Hoito perustuu usein empiiriseen tutkimukseen vailla tieteellistä pohjaa (Paavola 2001, Williams 1986, 114-135). Tämän vuoksi yleispätevää hoitosuunnitelmaa akillesjännevammalle on vaikeaa antaa ja hoitosuunnitelma tulisi luoda tapauskohtaisesti (Józsa & Kannus 1997). Eri hoitomenetelmien vastetta akillesjännevaivoihin on vaikea tutkia jo siksi, että varmuudella ei tiedetä mitkä tekijät ja missä suhteessa ne vammaan vaikuttavat. Tutkimuksissa kohderyhmän muodostavat usein tavalliset ihmiset eivätkä vammapotilaat, jolloin eri vammojen erityispiirteet eivät tule esille.

Usein tietyssä akillesjännevammatapauksessa käytetään monia eri hoitomenetelmiä. Jonkinlainen vammaa helpottava tekijä (teippaus, kantakoroke), hoito tulehdukseen, venytys ja voimaharjoittelu ovat yleisimmät menetelmät ja tapauskohtaisesti harkitaan myös ortoosin käyttöä (Segesser 1980, 79). Hoitotoimenpiteet on suositeltavaa aloittaa mahdollisimman pian vaivojen alkamisesta, koska näin voidaan välttää vaivan kehittyminen krooniseksi. Valitettavasti varsinkin urheilijoilla hoitoon hakeutuminen vaivojen alkamisajankohdasta kestää usein 2 – 3 kuukautta. (Kvist 1991b, 25-38)

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan eksentrisen harjoittelun vaikutuksia akillesjännevammojen kuntoutuksessa. Muita käytettyjä konservatiivisia eli ilman leikkausta toteutettavia hoitomenetelmiä ovat rasituksen vähentäminen, venyttely, voimaharjoittelu, ortoosit, hieronta, lääkitys, mobilisointi/manipulaatio, teippaus sekä kylmä-, pintaämpö- ja ultraäänihoito.

### 8.1 Eksentrisen harjoittelu

Youngin et al. (2005, 102-105) toteuttamassa tutkimuksessa pelkällä levolla ei todettu olevan vaikuttavuutta tendinopatian hoidossa, vaikka ylirasituksen katsotaankin olevan tendinopatian pääasiallinen aiheuttaja. Tendinopatian aiheuttamat jänteessä aiheuttamat patologiset muutokset vaativat jänteen immobilisaation sijaan oikein kohdistettua kuormitusta (Kjaer 2004, 649-698). Kuormituksen ja liikkeen on todettu useissa tutkimuksissa edistävän tendinopaattisen jänteen paranemista (Eliasson 2011).

Tendinopatian kuntoutuksessa on verrattu pääasiassa eksentristä ja konsentrista harjoittelua. Kubo et al. (2000, 127-135) tutkimuksessa nilkan konsentrisessa plantaarifleksiossa jänne lyheni lihaksen tapaan, kun taas eksentrisessä dorsaalifleksio-vaiheessa sekä jänne että lihas pitenivät. In vitro -tutkimustulosten mukaan eksentrisessä harjoittelussa jännteeseen kohdistuu konsentrista harjoittelua suurempi voima, josta seuraa suurempi ärsyke jänteen uudelleen muotoutumiselle (Stanish, Rubinovich & Curvin 1986, 65-68).

Vaikka tutkimukset ovat antaneet lupaavia tuloksia eksentrisen harjoittelun positiivista vaikutuksista akillesjännevammojen hoidossa (Jonsson et al. 2008, 746-749, Woodley et al. 2007, 188-199) ei menetelmän vaikutusmekanismeista vielääkään ole tarkkaa tietoa lukuisista tutkimuksista huolimatta. On ehdotettu, että eksentrisen harjoittelu vaikuttaa suoraan jänteen rakenteeseen tai sen toimintaan juuri ennen lihassupistusta. Roos et al. (2003, 286-295) tutkivat eksentristä harjoittelua akillesjänteen keskiosan tendinopatiassa, ja heidän mukaansa eksentrisen harjoittelu on tehokas hoitomuoto, jonka vaikutukset ovat havaittavissa jo 6 viikon harjoittelun jälkeen ja jotka kestävät jopa vuoden harjoittelun jälkeen. Toisessa tutkimuksessa Rees et al. (2008, 1493-1497) puolestaan ehdottavat eksentrisen suorituksen aikana tapahtuvaa siniaallon muotoista voimatasojen vaihtelua syyksi menetelmän tehokkuuteen verrattuna konsentriseen harjoitteluun. Stanish ym. (1986, 65-68) ovat ehdottaneet eksentrisen harjoittelun aiheuttavan lihasjänneyksikön pidentymistä, jonka tuloksena jännteeseen kohdistuisi pienempi rasitus liikkumisen aikana. Pohjelihasjänneyksikön mekaanisia ominaisuuksia selvittäneessä tutkimuksessa kuuden viikon eksentrisen harjoittelu ei muuttanut jänteen jäykkyyttä, mutta nilkan dorsaalifleksion liikelaajuus kasvoi. Tämä viittaa muutoksiin plantaarifleksiota tuottavissa lihaksissa. Kingma et al. (2007) toteavat katsauksessaan, että lisätutkimukset eksentrisen harjoittelun vaikutusmekanismeista ovat tarpeen, vaikka lukuisia lupaavia tuloksia menetelmän vaikuttavuudesta onkin jo saavutettu.

Eksentrisestä harjoittelusta on yksittäisten tutkimusten perusteella todettu olevan hyötyä akillesjänteen tendinopatian kuntoutuksessa (Alfredson & Lorenzon 2000, 135-146; Young et al. 2005, 102-105; Öhberg, Lorentzon & Alfredson 2004, 8-11), mutta näyttö menetelmän vaikuttavuudesta on ristiriitaista. Hyvistä tutkimustuloksista huolimatta Wasielewskin & Kotskon (2007) tekemän kirjallisuuskatsauksen mukaan eksentrisen harjoittelun paremmuudesta suhteessa muihin terapeuttisen harjoittelun muotoihin ei ole kiistatonta näyttöä. Osassa tutkimuksista tutkimusmenetelmällinen laatu on heikko, koska tutkimuksista puuttuu kontrolliryhmä (Stanish et al. 1986, 65-68; Fahlström et al. 2003, 327-333) tai

tutkimuksia ei ole satunnaistettu (Alfredson et al. 1998, 360-366). Sussmilch-Leitch et al. (2012, 1-27) mukaan eksentrisen harjoittelu on yksi vaikuttavimmista akillesjanteen tendinopatian kuntoutukseen käytetyistä fysioterapiamenetelmistä. Akillesjanteen eri osia tarkasteltaessa tutkimuksilla on saatu todisteita akillesjanteen eksentrisen harjoittelun positiivisesta vaikutuksesta lähinnä sen keskiosan tendinopatiassa (Kingma et al. 2007; Vos et al. 2007; Alfredson et al. 1998, 360-366). Tulokset eivät ole olleet yhtä vakuuttavia insertionaalisen akillestendinopatian kohdalla (Fahlsröm et al. 2003, 327-333).

Kingma et al. (2007) tarkastelivat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan eksentrisen harjoittelun vaikuttavuutta koettuun kipuun ja toimintakykyyn koehenkilöillä joilla oli diagnosoitu krooninen akillesjanteen tendinopatia. Kirjallisuuskatsaukseen sisältyi yhdeksän eri tutkimusta, joista neljä oli satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia (RCT). Tutkimukset oli julkaistu vuosien 1998 ja 2004 välillä ja niissä oli yhteensä 145 tutkimushenkilöä. Yksi tutkimus oli kontrolloitu, mutta ei satunnaistettu ja neljässä tutkimuksessa ei käytetty kontrolliryhmää. Kolmessa tutkimuksessa eksentristä harjoittelua verrattiin konsentriseen harjoitteluun, yhdessä leikkaushoitoon ja yhdessä yölastan käyttöön. Satunnaistetuissa kontrolloiduissa tutkimuksissa harjoitusjakson pituus oli 12 viikkoa ja ne noudattivat yhtä lukuun ottamatta Alfredsonin (Alfredson et al 1998) kuntoutusprotokollaa.

Kaikissa Kingma et al. (2007) katsauksen RCT- tutkimuksissa kipu väheni sekä tutkimus- että kontrolliryhmässä. Yhdessä tutkimuksessa kipu väheni tutkimusryhmässä kontrolliryhmää enemmän. RCT- tutkimusten tutkimusryhmissä kipu väheni keskimäärin 60 prosenttia ja kontrolliryhmissä keskimääräinen kivun vähentyminen oli noin 35 prosenttia. Yllä mainitut tulokset antavat tukea eksentriselle pohjelijaharjoittelulle kroonisen akillesjanteen tendinopatian kivun hoidossa, mutta on huomioitavaa, että kivun ja toimintakyvyn arviointiin käytetty mittari vaihteli tutkimusten välillä. Kingma et al. (2007) mukaan harjoittelun vaikuttavuutta toimintakykyyn arvioivissa tutkimuksissa oli puutteita ja niiden metodologinen laatu ei ollut riittävä johtopäätösten tekemiseen. Ensimmäisen tutkimuksen, jossa tutkittiin eksentrisen harjoittelun vaikutusta tendinopatian kuntoutuksessa suorittivat Stanish et al. (1986, 65-68). He toteuttivat kuuden viikon eksentriseen harjoitteluun pohjautuvan harjoittelujakson 200 tutkimushenkilölle, joilla oli todettu akillesjanteen tendinopatia. Tutkimuksessa harjoitteita suoritettiin kolme kymmenen toiston sarjaa kerran päivässä. Alfredsonin et al. (1998, 360-366) toteuttamassa kontrolloidussa, mutta ei satunnaistetussa tutkimuksessa eksentrisen harjoittelun vaikuttavuudesta akillesjanteen tendinopatiaan oli sekä

interventio- että kontrolliryhmässä 15 tutkimushenkilöä. Molempiin ryhmiin kuului urheilijoita, jotka olivat hoitaneet vammaansa konservatiivisin menetelmin. Alkutilanteessa mitattiin voima ja arvioitiin kipu. Eksentristä harjoittelua tehtiin 2 kertaa päivässä, päivittäin kolmen kuukauden ajan. Yhden harjoituskerran aikana suoritettiin 3 x 15 toistoa polvet suorana ja lievässä fleksiossa leveän kantalihaksen ja kaksoiskantalihaksen aktivoimiseksi. Konsentrisen kuormitus pyrittiin minimoimaan harjoitteiden aikana. Kaikki 15 urheilijaa palasivat normaaliin juoksuharjoitteluun kolmen kuukauden kuluessa. Kipu oli vähentynyt merkittävästi, eikä plantaarifleksiossa ollut mainittavaa eroa terveen ja vammautuneen jalan välillä. Kontrolliryhmä puolestaan jatkoi konservatiivista hoitoa (tulehduskipulääkkeet, lepo, uudet kengät, ortoosit) ilman onnistunutta hoitotulosta yhdenkään kohdalla.

Alfredson ja Lorenzon (2000, 135-146) suorittivat myös jatkotutkimuksen, jossa vertailuryhmä toteutti harjoittelua konsentrisellä menetelmällä. Jatkotutkimus vahvisti entisestään käsitystä eksentrisen harjoittelun eduista. Aiheseen liittyviä kontrolloituja, satunnaisotannalla tehtyjä tutkimuksia kuitenkin tarvitaan vielä osoittamaan eksentrisen voimaharjoittelun mahdollinen hyöty muuhun voimaharjoitteluun verrattuna. Sillberg-nagel et al. (2001, 197-206) kontrolloidussa tutkimuksessa tulokset eivät olleet yhtä rohkaisevia aikaisempiin tutkimuksiin verattuna. Arviointiin kuului lomakekysely, liikkuvuus-, hyppy-, varpaille nousu- ja palpoinnitesti sekä kivun arviointi levossa, varpaille nousuissa ja hyppelyissä. Yhdessäkään testissä ei todettu merkittäviä eroja kahden eri ryhmän välillä, joista toinen toteutti harjoittelua konsentrisellä ja toinen eksentrisellä menetelmällä. Tosin tulokset olivat kuitenkin kauttaaltaan parempia testiryhmässä, joka toteutti harjoittelua eksentrisellä menetelmällä.

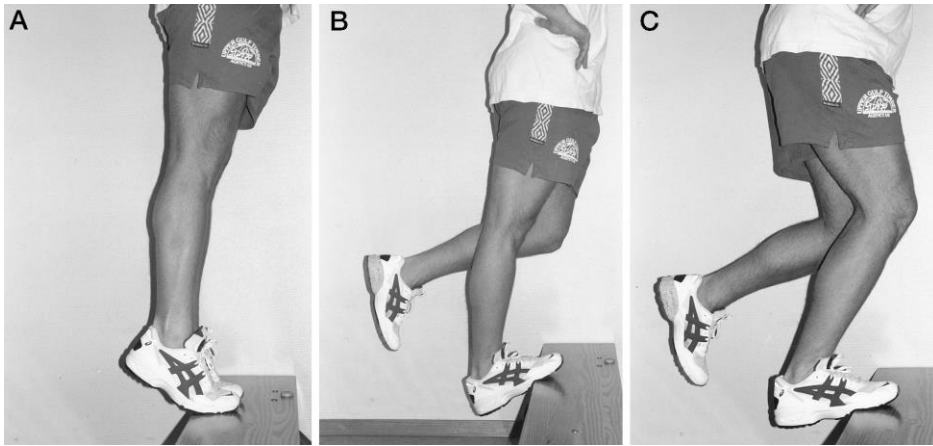
Tutkimuksesta saatujen hyvien tulosten myötä harjoitteluprotokollan käyttö akillesjänteen tendinopatian eksentrisessä harjoittelussa on vakiintunut (Fahlström et al. 2003, 327-333; Öhberg, Lorenzon & Alfredson 2004, 8-11 ; Vos et al. 2007). Protokollassa harjoitteet toteutetaan kolmena 15 toiston sarjana kaksi kertaa päivittäin 12 viikon ajan. Akillesjänteen kohdalla harjoitteita on kaksi, polvi suorana ja lievästi fleksiossa, jolloin toistoja päivässä on yhteensä 180. Harjoitteita suoritetaan Alfredson et al. (1998, 360-366) mukaan kipuperustaisesti. Kipuperustaisessa harjoittelussa liike suoritetaan rauhalliseen tahtiin niin, että henkilö kokee pientä kipua tai epämukavuutta harjoituksen aikana. Kuormaa lisätään progressiivisesti aina kun harjoitteita tehdessä ei enää tunnu kipua (Kuva 10).



KUVA 10. Kuorman lisäys eksentrisessä akillesjänneharjoittelussa. Kuorman lisäys selkäreppuun (A), kuorman lisäys vastuslaitteella (B) (Alfredson et al. 1998, 360-366)

Kipuperustaisen rauhalliseen tahtiin suoritettavan harjoittelun lisäksi on olemassa Stanishin et al. (1986, 65-68) esittelemä nopeusperustainen harjoittelu. Tässä protokollassa harjoitteet suoritetaan kivutta, nopeutta progressiivisesti nostaen. Young et al. (2005, 102-105) tutkimus vertasi nopeusperustaista ja kipuperustaista protokollaa keskenään. Molemmilla harjoitteluryhmillä toimintakyky parantui ja mitattu kipu väheni 12 viikon harjoittelun seurauksena. Suorien syy-seuraussuhteiden tulkintaa ei tutkimuksen pohjalta voi tehdä, koska muuttujina olivat myös harjoittelualustat.

Useissa tutkimuksissa (Fahlström et al. 2003, 327-333; Vos et al. 2007) akillesjänteen eksentriset harjoitusliikkeet on valittu Alfredsonin protokollan mukaisesti. Harjoitteet tehdään korokkeen reunalla (kuva 11) niin, että kantapää laskee alle päkiän tason. Näin pyritään tekemään harjoite nilkan koko liikelaajuudella. Harjoitteissa oireeton jalka suorittaa liikkeen konsentrisen vaiheen (A) ja oireileva jalka eksentrisen vaiheen (B). Suoritettavia harjoitteita on kaksi, joista toisessa päkiänousu tehdään polvi suorana (B) ja toisessa polvi lievästi fleksiossa (C), jolloin saadaan aikaan leveän kantalihaksen maksimaalinen lihasaktivaatio.



KUVA 11. Akillesjänteen eksentrisen harjoittelu. A. konsentrisen vaihe, B. eksentrisen vaihe polvi suorana, C. eksentrisen vaihe polvi koukussa (Alfredson et al. 1998, 360-366)

## 9 POHJELIHASTEN AKTIVAATIOMALLIT

Pohkeen lihakset ovat tärkeässä roolissa jokapäiväisessä liikkumisessamme. Erilaisten liikuntasuoritusten aikana tuotetut voimat pohkeen isoissa lihaksissa välittyvät akillesjänteeseen ja voivat osaltaan olla aiheuttamassa jänteen kuormitusvammoja, kuten akillesjännetulehduksia tai jänteen repeämiä. Tutkimukset ehdottavat, että kaikilla olisi omanlaisensa tapa aktivoida pohkeen lihaksia, ja että erityisesti akillesjänteen vammoista kärsivillä olisi tietynlainen aktivaatiomallinsa.

Reid et al. (2011, 1-6) vertailivat elektromyografian (EMG) avulla kaksoiskantalihaksen ja leveän kantalihaksen aktiivisuutta akillesjänteen tendionpatiasta kärsivien ja terveiden koehenkilöiden välillä eksentrisen lihastyön aikana eri polvikulmilla. Sekä tutkimus- että kontrolliryhmään kuului 18 koehenkilöä, jotka suorittivat eksentristä lihastyötä Alfredsonin et al. (1998, 360-366) harjoitusprotokollan mukaisesti (kuva 13). Interventiossa todettiin, että tutkimusryhmässä EMG-aktiivisuus oli huomattavasti korkeampi verrattuna kontrolliryhmään. Molemmissa ryhmissä kävi ilmi, että nivelkulmalla oli merkittävä vaikutus lihasaktiivisuuteen. Polven ollessa suorana kaksoiskantalihas oli huomattavasti aktiivisempi kuin polven ollessa lievästi fleksiassa. Leveän kantalihaksen aktiivisuus sen sijaan ei muuttunut merkittävästi nivelkulmaa vaihdettaessa.

Don et al. (2007, 211-220) puolestaan selvittivät pohjelihasten biomekaanisten ominaisuuksien suhdetta kävelyyn akillesjännerepeämän leikkauksen jälkeen. Tutkimukseen osallistui 49 nuorta aikuista joilla täydellinen akillesjänteen repeämä oli korjattu leikkauksen avulla. Leikkauksesta palautumista seurattiin 3, 6, 12 ja 24 kuukauden jälkeen klinisen tutkimuksen, biomekaanisen arvioinnin ja kävelyanalyysin avulla. Nilkan liikelaajuus, plantaarifleksoreiden passiivinen jäykkyys ja konsentrisen voima palautuivat vuoden sisällä leikkauksesta, mutta eksentrisessä voimassa esiintyi edelleen vajausta vielä kaksi vuotta leikkauksen jälkeen. Eksentrisen voiman vajausta leikkauksen jälkeen oli keskimäärin 30 % terveeseen jalkaan verrattuna ja tämän vajuuden pääteltiin tutkimuksessa aiheuttavan muutoksia kävelyssä ja lihasten aktivaatiomalleissa. Kyseisten aktivaatiomallien muutosten katsottiin olevan seurausta siitä, että etummaisesta säärilihaksen koaktiivisuus yhdessä leveän kantalihaksen kanssa lisääntyi kompensoidakseen eksentrisen voiman vajausta. Tämä on merkittävää sikäläkin, että poikkeava kuormitus voi altistaa uusille akillesjännevammoille ja

tutkimusten mukaan aiemmista akillesjännerepeämistä kärsivällä on 200-kertainen riski saada repeämä myös toiseen akillesjänteeseensä (Aroen et al. 2004, 30-33).

Eksentrisen voiman vajauksen aiheuttamat muutokset pohjelihasten aktivaatiomalleissa akillesjännevamman seurauksena puhuvat eksentrisen voimaharjoittelun puolesta. Alfredonin et al. (1998, 360-366) luoma harjoitusprotokolla voi siis mahdollisesti olla toimiva väline akillesjännevammojen kuntoutuksessa. Toisaalta tutkimukset eivät selitä sitä vahvistaako kipuperusteinen eksentrisen harjoittelu pohkeen lihaksia oikealla tavalla ja siten ehkäisee poikkeavia aktivaatiomalleja vai onko kyseinen harjoitusprotokolla mahdollisesti osallisena pohjelihasten aktivaatiomallien muutoksille, jos eksentriseen lihastyöhön osallistuvien synergistien koaktivaatio kasvaa progressiivisen eksentrisen harjoittelun seurauksena.

Finni et al. (2006, 67-74) ovat tutkimuksessaan selvittäneet syvempien plantaarifleksoreiden toimintaa isometrisen plantaarifleksion aikana. Kolmipäisen pohjelihaksen, jonka muodostavat kaksipäinen kantalihas ja leveä kantalihas on usein katsottu työskentelevän lähes yksinään plantaarifleksion aikana. Tutkimuksen tarkoituksena oli kartoittaa isovarpaan pitkän koukistajalihaksen osuutta isometrisessä plantaarifleksiossa 11 tutkittavan avulla. Tutkittavista kahdeksan oli terveitä kontrollihenkilöitä ja kolmella oli ollut leikkaushoitoa vaativa repemä akillesjänteessä. Leikkaushoitoa saaneet koehenkilöt testattiin kahdeksan viikkoa leikkauksen jälkeen. Tutkijat huomasivat viitteitä siitä, että kontrollihenkilöillä olisi kullakin omanlaisensa tapa aktivoita pohkeen isoja ja pieniä lihaksia plantaarifleksiota suorittaessa. Leveän kantalihaksen ja isovarpaan pitkän koukistajalihaksen koordinaatiota selvitettäessä huomattiin, että tutkimusryhmäläisillä isovarpaan pitkän koukistajalihaksen suhteellinen aktiivisuus oli huomattavasti kontrolliryhmäläisiä korkeampaa sekä leikatussa että terveessä raajassa. Tämä aktivaatiomalli säilyi koko kuntoutuksen ajan. Tutkimusryhmä tulkitsi, että kuntoutuksen aikana tapahtunut plantaarifleksoreiden voiman lisäys voi mahdollisesti olla seurausta sekä isovarpaan pitkän koukistajalihaksen kompensatiosta että kolmipäisen pohjelihaksen toiminnan normalisoitumisesta.

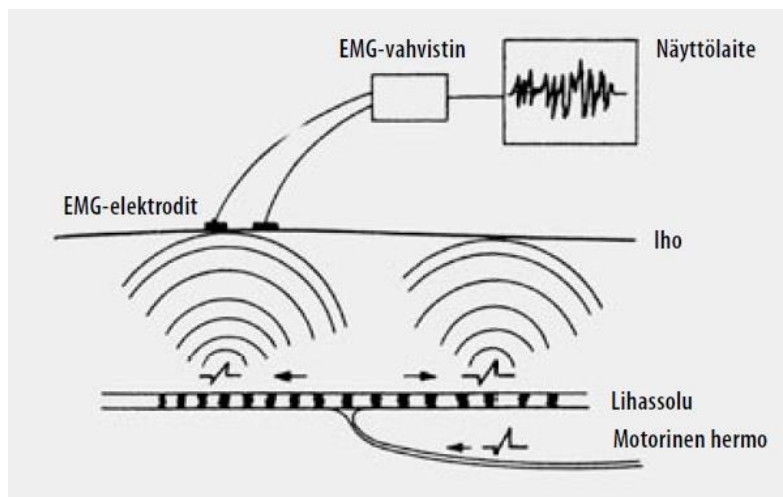
## **9.1 Elektromyografia ja isometrinen voimanmittaus**

Lihasten tahdonalainen supistumiskäskey alkaa isoivojen motoriselta alueelta saapuen hermoratoja pitkin selkäyttimeen, josta sähköinen käskey siirtyy motorisia hermoratoja pitkin sydämeen. Lihaskäytönnin määrän ja ajoituksen ohella voimantuoton suuruuteen vaikuttaa lihaksen poikkipinta-ala, lihaskäytönnin ja lihaskäytönnin. Motorista hermoa ja kaikkia sen



hermottamia lihassoluja kutsutaan motoriseksi yksiköksi. Motoriset yksiköt voidaan jakaa niiden toiminnan perusteella hitaisiin ja nopeisiin motorisiin yksiköihin. Keskushermoston rooli lihasten tahdonalaisessa voimantuotossa on hyvin keskeinen. Keskushermosto voi säädellä lihaksen voimantuottoa säätelemällä yksittäisten motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssiä sekä aktiivisten motoristen yksiköiden lukumäärää. Lihaksen sähköistä aktiivisuutta voidaan mitata elektromyografian eli EMG:n avulla. Lihassolujen pinnalla leviävä aktiopotentiaali välittyy solua ympäröiviin kudoksiin aina iholle asti. Rekisteröity EMG- signaali edustaa ko. lihaksen toimivien motoristen yksiköiden yhteisaktiivisuutta. EMG kuvaa kokonaisvaltaisesti mitattavan lihaksen aktivoitumistasoa ja/tai määrää sekä ajoitusta. Mitattavan EMG signaalin suuruuteen vaikuttaa ennen kaikkea mittausanturin etäisyys signaalin lähteestä, rasvakudoksen osuus ja lihassolujakauma mittausalueella. (Häkkinen 2004, 125-128.)

EMG- mittauksissa käytettävä laite on elektromyografi, johon mittauksessa saatu signaali tallentuu elektromyogrammiksi. Yleensä elektromyografina toimii tietokone johon mittaussignaali kerätään AD-muuntimen kautta valitulla keräysohjelmalla (kuva 12). EMG-mittauksia käytetään esim. selvittämään lihasten aktivaatiotasoa, aktivoitumisjärjestystä, lääketieteellisiä poikkeuksia ja sen avulla tutkitaan ihmisen liikettä.



KUVA 12. Aktiopotentiaalin leviäminen hermosolusta lihassolulle ja lihassolua ympäröivän kudoksen kautta ihoon kiinnitettyihin EMG- elektrodeihin, joilla rekisteröidään lihasaktiivisuutta (Viitasalo, Raninen ja Liitosola. 1985).

Isometrinen voimantuotto voidaan mitata erilaisilla voimadynamometreillä. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa voimadynamometri perustuu venymäliuska-antureihin, jotka aistivat niihin

kohdistuvan voiman suuruutta.. Isometrisillä testeillä pystytään tarkasti selvittämään tietyn lihaksen tai lihasryhmän voimantuottoa ja isometrisiä testejä voidaan käyttää hyväksi keskittyttäessä tutkitun lihasvoiman kehittymisen seurantaan. Isometrisen voiman mittaamisen etuna on sen hyvä toistettavuus, helppous ja turvallisuus. Hyvä toistettavuus johtuu siitä, että mittaus pystytään tekemään aina samalla tavalla, nivelkulman ollessa vakio. Kullekin lihakselle on olemassa tietty nivelen asento, jolla lihas pystyy tuottamaan eniten voimaa. Isometrisesti toimiva laitteisto on myös yksinkertaisempi ja edullisempi rakentaa kuin dynamometrilaitte. On kuitenkin huomioitava, että ihmisen liikkuminen on luonteeltaan dynaamista lihastyötä ja dynaaminen ja isometrinen suoritus poikkeaa toisistaan mekaanisesti ja hermostollisesti. (Häkkinen 2004, 138-139.)

Isometrisessä maksimivoimatestissä tuotetaan voimaa liikkumatonta vastusta kohden. Voimaa tuotetaan mahdollisimman paljon, mahdollisimman lyhyessä ajassa. Isometrinen voimantuotto on riippuvainen mitattavasta lihaksesta ja mittauskulmasta. Isometrinen voimanmittaus aloitetaan aina lämmittelyllä. Maksimivoiman tuottamiseen kuluu aikaa noin 0,5-2,5 sekuntia. Voimantuottonopeutta mitataan isometrisesti kuten maksimaalista isometristä lihasvoimaa, mutta testattavaa pyydetään tuottamaan maksimivoima mahdollisimman nopeasti. Vastaavasti voidaan mitata lihaksen rentoutumisnopeus. Isometrisessä kestoimatestissä ennalta määrättyä lihasjännitystä pidetään yllä ennalta määrätty aika tai kunnes lihas väsy ja voimataso putoaa tietylle rajalle. (Häkkinen 2004, 138, 162, 170.)

## 10 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia akillesjännevaivoista kärsivien akillesjännteen anatomiaa. Anatomian osalta tarkastelun kohteena oli akillesjännteen paksuuden ja uudisverisuonituksen (neovaskularisaation) esiintymisen muutokset kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakson aikana. Lisäksi vertailtiin akillesjännevaivoista kärsivien ja terveiden vapaaehtoisten voimantuoton muutoksia pohjelihaksiston osalta selvittämällä, miten kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakso vaikutti maksimaalisiin nilkanojennusvoimiin.

### Tutkimusongelmat

1. Muuttuuko akillesjännteen paksuus akillesjännekipupotilailla kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutuksen aikana oireilevassa jalassa verrattuna terveeseen jalkaan?
2. Tapahtuuko akillesjännekipupotilaiden neovaskularisaation esiintymisessä muutosta kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutuksen aikana?
3. Onko eksentrisen harjoittelu tehokas kuntoutusmuoto voimantuoton kannalta?

## 11 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 11.1 Koehenkilöt

Koehenkilöiksi pyrittiin ilmoitusten (liite 1) avulla löytämään 18 – 35 vuotiaita vapaaehtoisia akillesjännevaivoista kärsiviä henkilöitä. Lisäksi näille akillesjännevaivoista kärsiville koehenkilöille pyrittiin löytämään terveet, vapaaehtoiset kontrollihenkilöt, jotka vastaavat kooltaan, iältään ja sukupuoleltaan tutkimusryhmän jäseniä. Lopulliseksi tutkimusjoukoksi valikoitui 10 akillesjännekipupotilasta (ikä:  $28 \pm 4,2$  v, pituus:  $175 \pm 4,2$ cm, paino:  $66,4 \pm 4,9$  kg) ja 10 kontrollihenkilöä (ikä:  $27,5 \pm 4,5$  v, pituus:  $172 \pm 4,9$ cm, paino:  $67,3 \pm 7,4$  kg). Sekä tutkimusryhmään että kontrolliryhmään kuului seitsemän miestä ja kolme naista. Ryhmien iän, pituuden tai painon keskiarvot eivät tilastollisesti merkitsevästi eronneet toisistaan. Kaikki koehenkilöt olivat vapaaehtoisia ja heitä tiedotettiin tutkimuksen mahdollisista riskeistä ja tutkimuksen aikana mahdollisesti koettavasta epämukavuudesta. Vapaaehtoisuus vahvistettiin allekirjoittamalla suostumuslomake (liite 2). Suostumuslomakkeesta käy myös ilmi, että tutkittavalla on oikeus milloin tahansa tutkimuksen kestäessä, myös syytä ilmoittamatta peruuttaa suostumuksensa tutkimukseen. Niin ikään tutkijalääkäri voi keskeyttää tutkittavan osallistumisen tutkimukseen hänen suostumuksestaan riippumatta. Tutkimus toteutettiin Helsingin julistuksen mukaisesti. Tutkimuksella oli Varsinais-Suomen sairaanhoitopiirin eettisen lautakunnan puoltava lausunto.

Akillesjännevaivoista kärsivillä oli ilmennyt akillesjänteen seudulla kipua vähintään kuusi viikkoa. Kivun voimakkuus vaihteli henkilöiden välillä ja kipua aiheuttavat vammat erosivat toisistaan. Joillain koehenkilöillä oli kyse pienestä tulehduksesta, mikä ei vaikuttanut muuhun kuin erityisen kuormittavaan liikuntaan. Toisilla puolestaan akillesjänne oli osaksi repeytynt ja kevytkin kävely oli vaikeaa. Myös aika, jolloin kipua oli esiintynyt vaihteli muutamasta kuukaudesta kahteen vuoteen. Viidellä tutkimusryhmäläisellä kipu ilmeni vasemmassa ja viidellä oikeassa jalassa. Kaksi tutkittavaa ilmoitti kipua esiintyvän myös toisessa jalassa, mutta lievempänä. Kontrollihenkilöillä ei ollut liikuntaan vaikuttavia vammoja tai kiputiloja alaraajoissa.

## 11.2 Tutkimusprotokolla

Tutkimuksessa suoritettiin akillesjänteen kuntoa ja paksuutta ilmentävä ultraäänitutkimus sekä akillesjännekipupotilaille verisuonituksen kasvua havainnoiva doppler- kuvantaminen. Lihasvoimaa tutkittiin voima-antureiden ja elektromyografian avulla. Lisäksi PET-kuvauksella selvitettiin lihasten glukoosinkulutusta nilkan ojennusharjoitusten aikana ja magneettikuvauksessa määritettiin pohkeen lihasten ja akillesjänteen tarkka sijainti.

Jyväskylän yliopiston tiloissa akillesjänteen kunnan ja paksuuden selvittämiseksi tehdyt ultraäänitutkimus tehtiin ennen varsinaisia lihasvoimamittauksia, jotka puolestaan toteutettiin Turun valtakunnallisessa PET -keskuksessa. Lihasvoimamittauksia varten koehenkilöt paastosivat vähintään kuusi tuntia, jotta verensokeri saataisiin mahdollisimman matalaksi. Tutkimuspäivänä tuli pidättäytyä nauttimasta kahvia. Raskasta liikuntaa tuli välttää mittauspäivän ja sitä edeltävänä päivänä samoin kuin alkoholinkäyttöä. Myös särkylääkkeen käyttö oli kiellettyä mittauspäivänä.

Mittauspäivänä koehenkilöt saapuivat PET -keskukseen paastotilassa ja täyttivät aluksi kyselylomakkeen (liite 4). Tämän jälkeen tutkittavien pohkeisiin ja sääriin aseteltiin ihon pinnalle itsekiinnittyvät elektrodit leveän kantalihaksen ja kaksoiskantalihaksen mediaalisen ja lateraalisen osan päälle SENIAMin ohjeiden mukaisesti. Isovarpaan pitkän koukistajalihaksen tutkimiseen tarkoitettu elektrodi asetettiin Bojsen-Møller et al (2010) tekemän tutkimusten mukaisesti, jotta viereisten lihasten mahdollinen häiriö saataisiin minimoitua. Elektrodien kiinnityskohdista ajeltiin ihokarvat ja iho puhdistettiin kiinnityskohdista antiseptisellä aineella pintaelektromyografiaa (SEMG) varten. Elektrodien kautta saatava analoginen voimasignaali muunnettiin digitaaliseen muotoon Power1401 ADC- muuntimen (CED Ltd., Cambridge, England) avulla. Voimadatan tallennus suoritettiin Signal 4.0 ohjelmalla (CED Ltd., Cambridge, England), minkä kautta lihasaktiivisuutta pystyttiin seuraamaan myös mittaussuorituksen aikana. Lisäksi nilkkaan kiinnitettiin nilkan nivelkulmaa mittaava goniometri.

Elektrodien ja goniometrin kiinnityksen jälkeen koehenkilöille asetettiin tippakanyylit sekä oikean että vasemman kyynärtaipeen kautta laskimoon. Oikean kanyylin kautta koehenkilöiltä otettiin tutkimuksen aikana verinäytteitä ja vasemman kanyylin kautta injektoidiin merkkiaine. Kanyyliin asettamisen jälkeen siirryttiin varsinaisiin mittauksiin, jotka koostuivat kahdesta

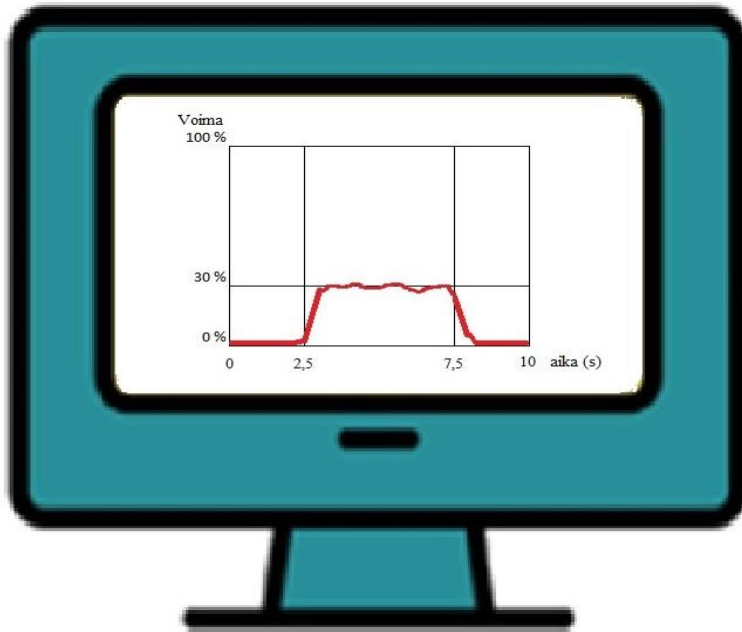
osasta, pohjelihasharjoituksesta ja FDG-PET -kuvauksesta (Siemens Exact HR+, Siemens/CTI, Knoxville, USA).

Mittaukset aloitettiin antamalla koehenkilön laitteistoon ja suoritettavaan mittaukseen tekemällä muutama submaksimaalinen plantaarifleksio kummallakin jalalla. Tämän jälkeen mitattiin nilkan maksimaalinen liikelajuuus goniometrin avulla ja maksimaalinen isometrinen nilkanojennus (MVC, maximal voluntary contraction). Maksimaalista isometristä voimaa mitatessa koehenkilö suoritti kolme maksimaalista isometristä nilkanojennusta, joista korkeinta arvoa käytettiin pohjelihasharjoituksen aikana tavoiteltavan submaksimaalisen voimatason (30 % MVC) laskemiseen. Pohjelihasharjoituksessa jokainen sarja sisälsi viisi vuorotellen vasemmalla ja oikealla jalalla suoritettavaa isometristä nilkan ojennusta 30 % voimatasolla MVC:sta. Voimatasoksi oli valittu 30 %, koska sen ei katsottu tuottavan lyhyessä ajassa näkyvää lihasväsymystä tai kipua, mutta se olisi tarpeeksi korkea laadukkaiden PET- kuvien saamiseksi.

Sekä MVC- mittaus että pohjelihasharjoitus tehtiin istualtaan voimalevyä vasten polvi ojennettuna ja lonkka 90° fleksiossa (kuva 13). Jokainen harjoituksen aikainen plantaarifleksio kesti viisi sekuntia, jota seurasi viiden sekunnin palautus. Realiaikainen visuaalinen palaute, josta ilmeni tavoiteltava voimataso ja koehenkilön suoritus näkyi monitorin näytöltä (kuva 14). Varsinaisen mittauksen alettua kahden molemmilla jaloilla erikseen tehdyn lämmittelysarjan jälkeen laskimoon ruiskutettiin 150 MBq 18F-2-fluoro-2deoksi-D-glukoosi ( $[^{18}\text{F}]\text{FDG}$ ) merkkiainetta. Merkkiaineen injektointia seurasi 10 sarjaa plantaarifleksioita vaihtaen jalka joka sarjan välillä. Kokonaisuudessaan testiosio palautusaikoinen lämmittely mukaan lukien, kesti noin 25 minuuttia.



KUVA 13. Laitteisto, jossa lihasvoimamittaukset toteutettiin. Koehenkilö ojensi nilkkaansa voimalevyä vasten mikä oli kiinnitettyä ketjulla selkätukeen. (Masood et al. 2014)



KUVA 14. Koehenkilön eteen sijoitetulta näytöltä näkyvä voima-aikakäyrä karkeasti esitettynä. Koehenkilön tuli tavoitella 30 % voimatasoa viiden sekunnin ajan. Punainen käyrä kuvaa koehenkilön saavuttamaa voimatasoa.

Kipupotilaille suoritettiin mittaukset kuntoutusjaksoa ennen (PRE) ja jälkeen (POST). Kolmen kuukauden kuntoutusjakso sisälsi eksentrisiä harjoitusliikkeitä (kuva 11), jotka oli valittu Alfredson et al. (1998, 360-366) tutkimuksen pohjalta. Jakson aikana tuli suorittaa harjoitusliikkeitä 3 x 15 toistoa kahdesti päivässä. Harjoitetta tuli tehdä sekä suurin että koukkujaloin, jotta kuormitus saataisiin kohdistumaan pohjelihaksistoon kokonaisvaltaisesti. Laskeutumisen eli itse eksentrisen työn suoritettiin kipeällä jalalla ja nousu yläasentoon tuli tehdä terveellä jalalla harjoitusohjeiden mukaisesti (liite 3). Koehenkilöt kirjasiivat ylös tekemänsä harjoitteet. Kontrollihenkilöille suoritettiin vain yksi mittauskerta eivätkä he toteuttaneet samanlaista kuntoutusjaksoa kuin kipupotilaat.

Kipupotilaat täyttivät ennen ja jälkeen kuntoutuksen sekä kaksi kertaa kuntoutusjakson aikana (4 ja 8 viikkoa kuntoutusjakson alusta) VISA- kyselyn (Victorian Institute of Sport - assessment, liite 4). Sen avulla pystyttiin arvioimaan koehenkilöiden subjektiivista kivuntuntemusta normaalin elämän ja liikunnan aikana. Kyselyn on arvioitu olevan luotettava tapa määrittellä kivun tasoa (Robinson et al. 2001, 335-341). Mitä enemmän henkilö saa kyselystä pisteitä, sitä vähemmän hänellä on kivuntuntemusta maksimipisteiden ollessa 100. Kyselyn lisäksi kipupotilaat pitivät liikuntapäiväkirjaa. Liikunnan harrastamiselle ei asetettu

rajoitteita, vaan koehenkilöt saivat harrastaa omien mieltymystensä mukaisesti. Yhden koehenkilön estyttyä palauttamasta kyselylomakkeita saatiin VISA- kyselyn keskiarvot laskettua vain yhdeksälle koehenkilölle.

### **11.3 Kuntoutusohjelma**

Kipupotilaat noudattivat eksentristä kuntoutusohjelmaa Alfredson et al. (1998, 360-366) suositusten mukaisesti. Kuntoutusohjelmaan pitää sisällään oireellisella raajalla seisten tehtäviä eksentrisiä nilkan plantaarifleksioita kahdesti päivässä, päivittäin, 12 viikon ajan (kuva 11). Harjoitteet toteutettiin kolmena 15 toiston sarjana kaksi kertaa joka päivä eli yhteensä 90 dynaamista nilkan plantaarifleksiota päivittäin. Koehenkilöt saivat suorittaa harjoitteet vapaavalintaisesti vaihdellen joko polvi suorana tai polvikoukussa, jolloin kuormitus kohdistuu pohkeen lihaksiin eri tavalla. Suorin jaloin harjoitteita tehdessä kuormitus kohdistuu enemmän kaksoiskantalihakseen ja polvi koukistettuna leveään kantalihakseen.

Jokaisen koehenkilön kanssa käytiin henkilökohtaisesti läpi harjoitteiden oikea suoritustekniikka ja kirjalliset harjoitusohjeet (liite 3), jotka jaettiin harjoittelun tueksi. Konsentrisen lihastyö kuntoutuksen aikana suoritettiin oireettomalla jalalla, mitä seurasi vartalon laskeminen eksentrisesti oireilevan jalan varassa, mihin kohdistui koehenkilön kehon paino. Koehenkilöt ohjeistettiin pitämään harjoituspäiväkirjaa, johon merkittiin harjoitusajankohta (päivämäärä ja kellonaika), harjoituksen aikana koettu kipu VAS-kipujanalla (Visual analog scale), mahdollinen lisäkuorma harjoitteita suoritettaessa sekä muu päivittäinen fyysinen aktiviteetti kuntoutusjakson aikana. Alkuun harjoitteita suoritettiin oman kehon painolla ja kuormitusta nostettiin asteittain lisäpainojen avulla keskimäärin 2,5 kg viikossa, koska kuntoutusjaksolla painotettiin eksentrisen lihastyön lisäksi progressiivisuutta. Harjoitteluintensiteetin uudellenarviointi suoritettiin kahden viikon välein harjoitusten aikana koettujen kiputunteiden ja mahdollisen turvotuksen perusteella.

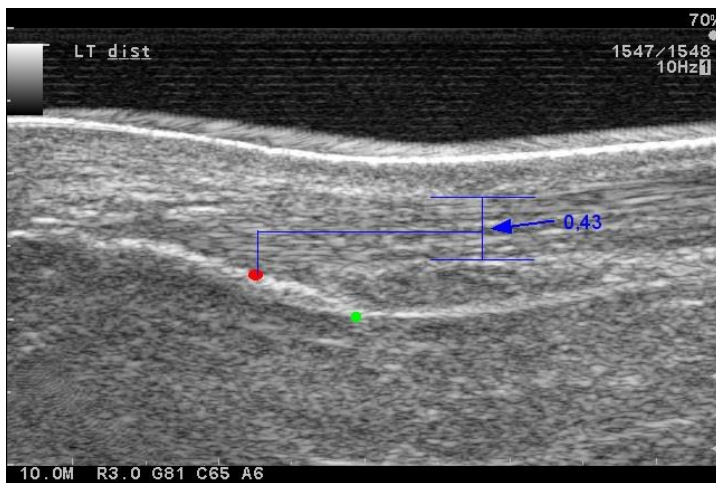
### **11.4 Mittaukset**

#### **11.4.1 Akillesjänteen ja verisuonituksen kasvun havainnointi ultraäänitutkimuksella**

Kaikilla tutkittavilla akillesjänteen kunto ja paksuus sekä kipupotilailla uudisverisuonituksen mahdollinen esiintyminen pyrittiin selvittämään ultraäänitutkimuksen avulla Jyväskylän yliopiston tiloissa ennen Turun valtakunnallisessa PET -keskuksessa tehtyjä



lihasvoimamittauksia. Tämän lisäksi akillesjänteen paksuutta tarkkailtiin yhden ja kahden kuukauden kuluttua alkumittauksista sekä 12 viikon kuntoutusjakson jälkeen. Ultraäänitutkimus suoritettiin tutkittavan maassa tutkimuspöydällä päinmakuulla tutkittavan jalan jalkaterän ollessa tutkimuspöydän reunan ulkopuolella. Parhaan tuloksen saamiseksi jalan tulee olla lievästi dorsifleksiossa ja ihon ja ultraäänianturin väliin suositellaan käytettäväksi väliaineena runsaasti tarkoituksenmukaista geeliä kuvantamistuloksen optimoimiseksi (Dong & Fessell 2009, 173). Akillesjänteen paksuus mitattiin ultraäänikuvasta 2 cm proksimaalisesti akillesjänteen kantaluussa olevasta kiinnityskohdasta (kuva 15). Akillesjänteen paksuudet mitattiin ultraäänikuvista kaksi kertaa. Toistettavuuden tunnusluvuiksi saatiin korrelaatio 0,984 (intraclass correlation) ja tyypilliseksi virheeksi 0,01.



KUVA 15. Pituusleikkauskuva akillesjänteestä, jonka paksuus analysoitu ImageJ –ohjelmiston avulla.

Ultraäänitutkimuksessa käytettiin 7,5 MHz taajuutta ja 6 cm levyistä äänipäätä. Akillesjänne saadaan pituussuuntaisesti näkyviin, kun ultraäänianturia pidetään sagittaalitasossa pitkittäin akillesjänteeseen nähden. Lämpileikkauskuva puolestaan saadaan liikuttamalla ultraäänianturia transversaalitasossa. Anturia liikutetaan akillesjänteen kantaluussa olevasta kiinnityskohdasta proksimaalisesti kohti lihas-jänneliitosta. Terve jänne on pituusleikkauskuvassa (kuva 7) yhdenmukainen paksuuden ja ultraäänien heijastumisen suhteen. Poikkileikkauskuvassa (kuva 8) akillesjänne on laakea, anteriorisesti mahdollisesti hieman koveran muotoinen.

#### 11.4.2 Lihasvoimamittaukset

Alkuvalmisteluiden jälkeen, ennen varsinaisen mittaussuorituksen alkua tutkittiin nilkan liikkuvuutta. Tutkimus tehtiin nilkkaan teipillä kiinnitetyllä nilkkagoniometrillä ja koehenkilö

teki suorituksen sekä aktiivisesti että passiivisesti. Tämän jälkeen alkoivat varsinaiset voimalevyä vasten suoritettavat nilkan ojennusliikkeet. Kaikki suoritettavat liikkeet tehtiin yksi jalka kerrallaan toisen jalan levätessä vieressä. Lihastyötä tekevä jalka oli mahdollisimman suorana edessä ja koehenkilö pyrki ojentamaan nilkkaa voimalevyä vasten nilkan ollessa noin 90 asteen kulmassa. Kipupotilaat suorittivat kuntoutuksen jälkeiset mittaukset samalla asetuksilla kuin ennen kuntoutusjaksoa, jotta polven ja nilkan kulmat saataisiin samanlaisiksi eri mittauskerroilla.

Varsinaisen harjoituksen aikana koehenkilö sai seurata voimatasonsa kulkua monitorilta (kuva 14). Koehenkilön edessä sijaitsevalle näytölle oli asetettu vaakakursori tavoiteltavan voimatason (30 %) kohdalle. Hänen tuli pitää voimantuottonsa kahden kursorin välisen ajan (5 sekuntia) mahdollisimman lähellä 30 %:n viivaa. Ennen mittaussuoritusta koehenkilö sai harjoitella suorituksen kulkua ilman, että suoritusta tallennettiin. Kun nilkan ojennusharjoitusta oli toistettu viisi minuuttia, ruiskutettiin verenkiertoon vasemman käden tippakanyylin kautta 150 MBq 18F-2-fluoro-2deoksi-D-glukoosi ( $[^{18}\text{F}]\text{FDG}$ ) – merkkiainetta.

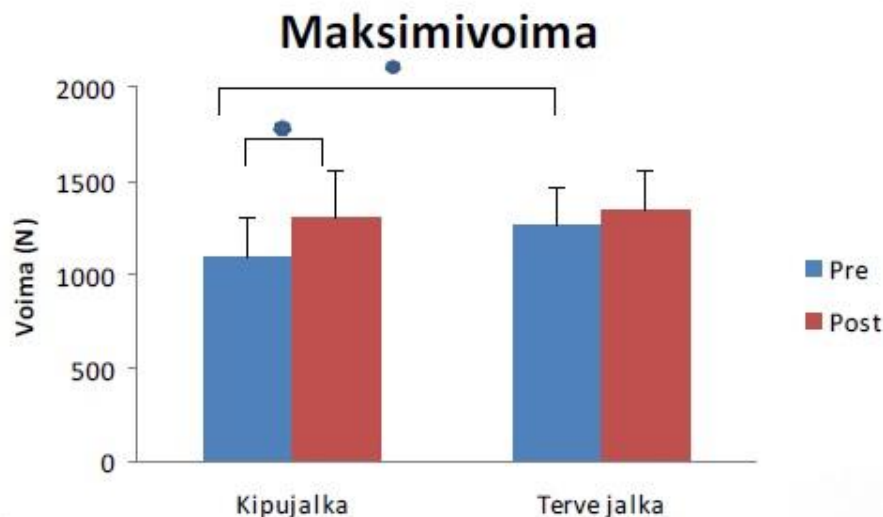
Ojennusharjoitukset toteutettiin viiden sekunnin sykleissä jalkaa vaihtaen aina viiden toiston jälkeen. Suoritusten lukumäärä laskettiin koehenkilölle koko ajan ääneen ja kerrottiin milloin jalkaa tuli vaihtaa. Harjoitukseen sisältyi 10 sarjaa plantaarifleksioita vaihtaen jalka joka sarjan välillä. Harjoituksen aikana oikeasta kyynärlaskimosta otettiin verinäytteitä. Näytteitä otettiin kolmen ensimmäisen minuutin aikana kymmenen ja sen jälkeen minuuttien 4, 5, 7.5 ja 10 kohdalla. Harjoituksen jälkeen näytteitä otettiin kymmenen minuutin välein aina PET-kuvauksen loppuun saakka. Verinäytteistä saadaan tutkittua merkkiaineen puoliintumisaika analysointivaiheessa. Harjoituksen jälkeen koehenkilö irrotettiin laitteista mahdollisimman nopeasti ja koehenkilölle annettiin mahdollisuus käydä vessassa, jos siihen oli tarvetta. PET-kuvaushuoneeseen koehenkilö kuljetettiin pyörätuolissa sen vuoksi, että PET- kuvaus ilmaisisi vain harjoituksen aikaisen aktivaation eikä esimerkiksi kävelyn aikaista aktivaatiota. PET- kuvauksessa kuvattiin alaraajaa polvesta alaspäin. Kuvaus kesti noin tunnin ja suoritettiin makuuasennossa. PET- kuvauksen jälkeen tutkittavalle tehtiin myös nilkan ja säären alueen rakenteellinen magneettitutkimus lihasten ja akillesjänteen tarkan sijainnin määrittämiseksi.

## **11.5 Tilastollinen analyysi**

Tutkimusaineiston tilastolliseen käsittelyyn ja analyyseihin käytettiin Excel Office XP- ja SPSS 22.0 for Windows –ohjelmia. Laskettuja tuloksia esitetään keskiarvojen, keskihajontojen, korrelaatioiden (Pearson) ja t-testitulosten avulla.

## 12 TULOKSET

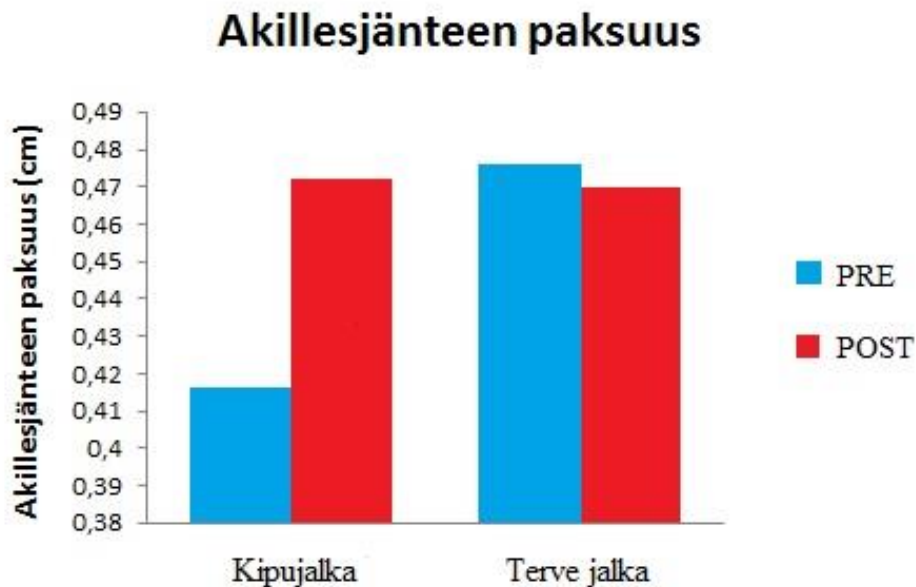
Kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutuksen jälkeen tutkimuksessa havaittiin, että maksimaalinen isometrinen voima kasvoi kipupotilaiden oireilevassa raajassa. Kontrollihenkilöiden MVC lähtötilanteessa oli vasemmassa jalassa  $1194,6 \pm 263,1$  N ja oikeassa  $1146,6 \pm 191,9$  N. Kipupotilaiden terveen jalan MVC oli puolestaan  $1259,3 \pm 194,9$  N eikä terveen jalan ja kontrollihenkilöiden jalkojen väliltä löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa. Kipupotilailla oireilevan jalan MVC  $1095,6 \pm 198$  N sen sijaan oli tilastollisesti merkitsevästi alhaisempi kuin terveen jalan ( $p < 0,05$ ) tai kontrollihenkilöiden MVC ( $p < 0,05$ ). Ero terveeseen raajaan oli keskimääräisesti  $163,7 \pm 151,6$  N. Kolme kuukauden eksentrisen kuntoutuksen jälkeen tutkimusryhmien ja kipupotilailla oireilevan ja terveen jalan maksimaaliset isometriset voimatasot eivät enää tilastollisesti merkitsevästi poikenneet toisistaan.



KUVA 16. Akillesjännekipupotilaiden kipeän ja terveen jalan maksimaaliset isometriset voimat (Newtonia) ennen (Pre) ja jälkeen (Post) kuntoutusjakson. \*=ero on tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ).

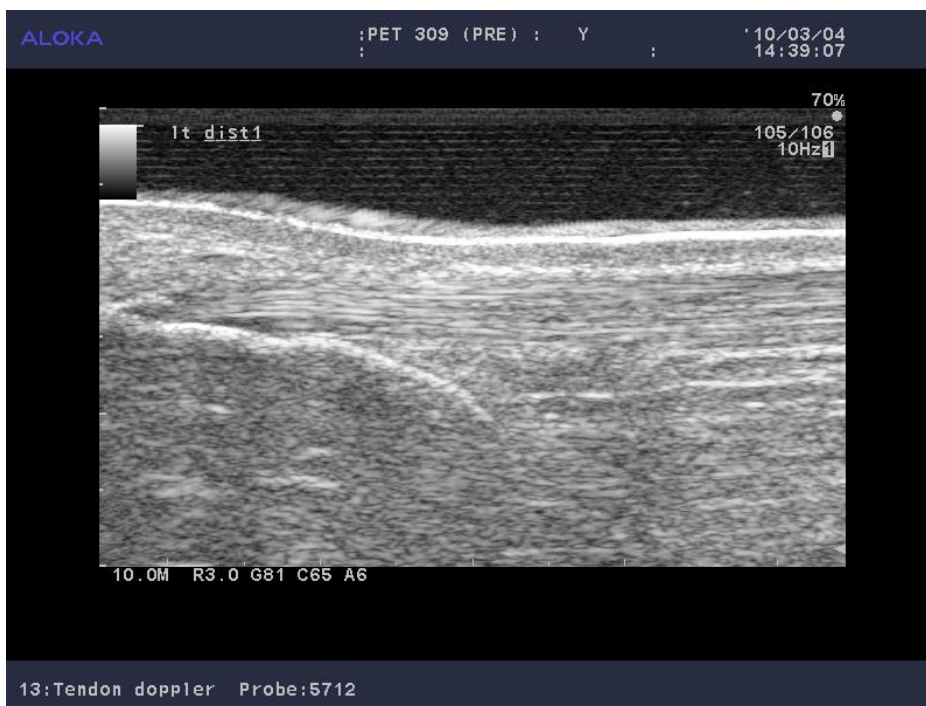
Kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutuksen jälkeen tutkimuksessa havaittiin, että akillesjänneen paksuus kasvoi kipupotilaiden oireilevassa raajassa, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,05$ ). Oireilevan raajan akillesjänneen paksuus lähtötilanteessa oli  $0,42 \pm 0,08$  cm ja loppumittauksessa  $0,47 \pm 0,07$  cm. Oireettoman jalan paksuudet ennen  $0,48 \pm 0,07$  cm ja jälkeen  $0,47 \pm 0,05$  cm, eivät tilastollisesti merkitsevästi ( $p$

< 0,05). poikenneet toisistaan. Myöskään eksentrisen kuntoutusjakson jälkeen oireilevan jalan ja oireettoman jalan akillesjänteen paksuudet eivät tilastollisesti merkitsevästi poikenneet toisistaan. Ainoastaan viidelle kymmenestä tutkittavasta akillesjännekipotilaasta saatiin suoritettua ultraäänitutkimukset ennen ja jälkeen eksentrisen harjoittelun. Akillesjänteen paksuudet mitattiin ultraäänikuvista kaksi kertaa. Toistettavuuden tunnusluvuiksi saatiin korrelaatio 0,984 (intraclass correlation) ja tyypilliseksi virheeksi 0,01.



KUVA 17. Akillesjännekipupotilaiden kipeän ja terveen jalan keskimääräiset akillesjänteen paksuudet (cm) ennen (Pre) ja jälkeen (Post) kuntoutusjakson.

Tutkimuksessa kipupotilailla ei ollut havaittavissa verisuonituksen kasvua doppler-ultraäänikuvantamisen avulla yhdenkään tutkittavan kohdalla ennen tai sen jälkeen kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakson (kuvat 18 ja 19).



KUVA 18. Doppler- ultraäänikuvantamisen avulla saatu kuva tutkittavan akillesjänteestä ennen 12 viikon kuntoutusjaksoa.



KUVA 29. Doppler- ultraäänikuvantamisen avulla saatu kuva tutkittavan akillesjänteestä 12 viikon kuntoutusjakson jälkeen.

### 13 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää akillesjännevaivoista kärsivien akillesjänteen anatomiaa sekä voimantuoton muutoksia kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakson aikana. Anatomian osalta tarkastelun kohteena oli akillesjänteen paksuuden ja uudisverisuonituksen (neovaskularisaation) esiintymisen muutokset. Akillesjännevaivoista kärsivien ja terveiden vapaaehtoisten voimantuoton muutoksia pohjelihaksiston osalta tutkittiin selvittämällä, miten kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakso vaikutti maksimaalisiin nilkkanojennusvoimiin.

Tutkimus osoitti, että kuntoutusjakso paransi tilastollisesti merkitsevästi oireilevan jalan maksimaalista isometristä voimaa. Oireilevan jalan voimataso oli ennen kuntoutusta selvästi ( $163,7 \pm 151,6$  N) matalampi kuin terveen jalan voimataso. Kuntoutusjakson seurauksena jalkojen voimantuottokyvyissä ei ollut enää tilastollisesti merkitsevää eroa. MVC:n muutoksen keskihajonta oli melko suuri, sillä huonommillaan voima laski 5 % (49N) ja parhaimmillaan se nousi 50 % (397 N). Terveen jalan voima ei lisääntynyt tilastollisesti merkitsevästi kuntoutusjakson seurauksena. Tutkimuksessa ilmeni myös, että terveen jalan voimataso oli samankaltainen kuin kontrollihenkilöiden voimataso. Tämän perusteella voitaisiin olettaa, että akillesjännevamma ei vaikuta terveen jalan voimatasoon. Johtopäätöksen varmistamiseksi tulisi kuitenkin tehdä lisää tutkimuksia isommilla koehenkilömäärillä. Tulokset ovat kuitenkin samansuuntaiset kuin mitä Alfredson et al. (1998) tutkimuksessaan esittävät. Olisi myös mielenkiintoista verrata, miten maksimaalinen isometrinen voimantuotto muuttuisi kolmen kuukauden ajanjaksona akillesjännekipupotilailla, jotka eivät noudattaisi eksentristä kuntoutusohjelmaa verrattuna niihin, jotka noudattaisivat eksentristä kuntoutusohjelmaa.

Tutkimus ei osoittanut, että akillesjännekipupotilaiden oireilevan jalan ja oireettoman jalan akillesjänteen paksuudessa olisi tilastollisesti merkittäviä eroja ( $p < 0,05$ ) ennen tai jälkeen kolmen kuukauden kuntoutusjakson. Oireilevan jalan akillesjänteen paksuus kasvoi kuntoutusjakson aikana, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevästi ( $P < 0,05$ ). Tämä on ristiriidassa muiden tutkimusten kanssa, joissa on tutkittu eksentrisen harjoittelun vaikutusta akillesjänteen paksuuteen. Muun muassa Grigg et al (2009) tutkimuksessa, jossa tarkasteltiin akillesjänteen paksuudessa tapahtuvia muutoksia välittömästi eksentrisen suorituksen jälkeen sekä Öhberg et al (2009) tutkimuksessa, jossa selvitettiin eksentrisen harjoittelun

pitkäaikaisvaikutuksia akillesjänteen paksuuteen tulivat siihen lopputulokseen, että akillesjänteen paksuus pienenee eksentrisen harjoittelun seurauksena. Tilastollisesti merkitsevien erojen löytymiseen ja tutkimuksen luotettavuuteen vaikutti tässä tutkimuksessa pieni koehenkilömäärä. Isometrisen voiman tutkiminen suoritettiin Turun yliopistollisen keskussairaalan PET- keskuksessa ja ultraäänitutkimukset puolestaan suoritettiin erillisenä ajankohtana Jyväskylän yliopiston tiloissa, jolloin ainoastaan viidelle kymmenestä akillesjännekipotilaasta saatiin täydellinen ultraäänidata, eli suoritettua ultraäänitutkimukset ennen ja jälkeen eksentrisen harjoittelun sekä yhden ja kahden kuukauden kohdalla harjoittelun alusta.

Tutkimuksessa ei saatu näyttöä neovaskularisaatiota ennen kolmen kuukauden kuntoutusjakson aloittamista tai sen jälkeen. Neovaskularisaation paikallisesta esiintymisestä on kuitenkin näyttöä, sillä esim. Tol, Spiezia ja Maffuli (2012) kirjallisuuskatsauksessaan kertovat, että tutkimuksissa lukemat neovaskularisaation esiintymisestä akillesjännekipuista kärsivillä ovat vaihdelleet 47 ja 88 % välillä. Öhbergin ja Alfredsonin (2004) tutkimuksessa vastaava luku oli peräti 100 %. Tämän takia onkin odottamatonta, ettei ultraäänitutkimuksissa ilmennyt merkkejä neovaskularisaatiosta yhdelläkään niistä yhdeksästä akillesjännekipupotilaasta, joita oli tutkittu ainakin kerran ennen tai jälkeen kolmen kuukauden kuntoutusjakson tai sen aikana. Tol et al. (2012) artikkelissaan tosin huomauttavat, että doppler- ultraäänikuvauksen avulla todettavan neovaskularisaation esiintymiselle ei ole yhdenmukaista standarsoitua menetelmää, minkä takia tutkimustuloksissa esiintyy huomattavia eroja. Täytyy myös ottaa huomioon kuvien analysoijan kokemattomuus neovaskularisaation tarkastelun suhteen doppler –ultraäänikuvista. Pohdin lisäksi sitä mahdollisuutta, että neovaskularisaation mahdollinen esiintyminen olisi vaikeampi erottaa harmaaväriskaalaisesta (grayscale) ultraäänikuvassa jollaista tutkimuksessa käytettiin, kuin väridoppleria käytettäessä. Kuitenkin mm. Zanetti et al. (2003) tutkimuksessaan, jossa käytössä oli harmaaväriskaalainen ultraäänikuva havaitsivat neovaskularisaation esiintymistä 30:llä akillesjännepotilaalla 55:stä.

#### Johtopäätökset

Tutkimustulokset tukevat aiempien tutkimusten tuloksia siltä osin, että maksimaalinen isometrinen voima lisääntyi kolmen kuukauden eksentrisen kuntoutusjakson aikana oireilevassa jalassa. Jotta myös eksentrisen kuntoutuksen aikaisissa akillesjänteen



anatomisissa muutoksissa saataisiin eroja esiin, tulisi koehenkilömäärän olla suurempi. Lihasvoimatutkimukset toteutettiin Turussa ja ultraäänitutkimukset suoritettiin Jyväskylässä, jolloin monen kipupotilaan kohdalla jäi osa ultraäänitutkimuksista tekemättä. Jatkossa kaikki tutkimukset olisi hyvä keskittää samaan paikkaan.

## LÄHTEET

- Ahmed, I.M, Lagopoulos, M. McConell, P. Soames, R.W. & Sefton, G. K. 1998. Blood supply of achilles tendon. *Journal of Orthopaedic Research* 16,5 , 591 – 596.
- Ahonen, J. Kävely. 2004. *Jalat ja terveys*. Helsinki. Kustannus Oy Duodecim. 143–146.
- Ahonen J, Sandström M, Laukkanen R, Haapalainen J, Immonen S, Jansson L, Fogelholm M. 2002. Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. Jyväskylä. VK - Kustannus Oy.
- Alfredson, H., Pietilä, T., Jonsson, P. & Lorentzon, R. 1998. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *American Journal of Sports Medicine*. 26: 360-366.
- Alfredson, H. & Lorentzon, R. 2000. Chronic achilles tendinosis: recommendations for treatment and prevention. *Sports Medicine* 29 (2), 135-146.
- Aroen, A., Helgo, D., Granlund, O. & Bahr, R. 2004 Contralateral tendon rupture risk is increased in individuals with previous Achilles tendon rupture. *Scandavian Journal of Medicine & Science in Sports* 14: 30-33.
- Baumhauer, J, Shereff, M. & Gould, J. 1997. *Ankle pain in runners*. Teoksessa Guten, G. *Running Injuries*. W.B. Saunders Company.
- Benjamin, M., Evans, E., Copp, L. 1986. The histology of tendon attachments to bone in man. *Journal of Anatomy* 149, 89 – 100.
- Bird H.A. & Stowe J. 1982. The wrist. *Clinical Rheumatology Disease* 8:559-569.
- Bojsen-Moller, J., Schwartz, S., Kalliokoski, K., Finni, T. & Magnusson S. P. 2010. Intermuscular force transmission between human plantarflexor muscles in vivo. *Journal of Applied Physiology* 109, 1608-1618.
- Bordelon, R. 1988. *Surgical and Conservative Foot Care*. New Jersey: Slack Inc.

- Bosco, C. & Komi, P. 1980. Influence of ageing on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol* 45: 209-219.
- Brunet, M., Cook, S.D. & Brinker, M. 1990. A survey of running injuries in 1505 competitive and recreational runners. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 30: 307.
- Clement, D.B., Taunton, J.E. & Smart, G.W. 1981. A Survey of overuse running injuries. *Physical Sports Medicine* 9: 47-58.
- Clement, D.B., Taunton, J.E. & Smart, G.W. 1984. Achilles tendinitis and peritendinitis: Etiology and treatment. *American Journal of Sports Medicine* 12: 179-184.
- Cummins, E. J., Anson, B. J., Carr, B. W. & Wright, R. R. 1946. The structure of calcaneal tendon (of achilles) in relation to orthopaedic surgery. *Surgery of Gynecology and Obstetrics* 83, 107 – 116.
- De Honge, S., Warnars, J.L., De Vos, R.J., Weir, A., van Schie, H.T., Bierma-Zeinstra, S.M., Verhaar, J.A. & Tol, J.L., 2014. Relationship between neovascularization and clinical severity in achilles tendinopathy in 556 paired measurements. *Scandinavian Journal on Medicine & Science in Sports* 24, 773-778.
- Don, R., Ranavolo, A., Cacchio, A., Serrao, M., Costabile, F., Iachelli, M., Cmerota, F., Frascarelli, M. & Santilli, V. 2007. Relationship between recovery of calf-muscle biomechanical properties and gait pattern following surgery for achilles tendon rupture. *Clinical Biomechanics* 22, 211-220.
- Dong, Q. & Fessell D.P. 2009. Achilles Tendon Ultrasound Technique. *American Journal of Roentgenology* 3, 173.
- El Hawary, R, Stanish W.D, & Curwin S.L. 1997. Rehabilitation of tendon injuries in sport. *Sports Medicine* 24: 347-358.

Eliasson, P. 2011. Response to mechanical loading in healing tendons. Linköping University Medical dissertations no. 1247. Linköping University. Department of Clinical and Experimental Medicine.

Fahlström, M., Jonsson, P., Lorenzon, R. & Alfredson, H. 2003. Chronic Achilles tendon pain treated with eccentric calf-muscle training. *Knee Surgery, Sports, Traumatology, Arthroscopy* 11, 327-333.

Finni, T, Hodgson, J.A, Lai A, Edgerton V.R & Sinha S. 2006. Muscle synergism during isometric plantarflexion in achilles tendon rupture patients and in normal subjects revealed by velocity-encoded cine phase-contrast MRI. *Clinical Biomechanics* 21: 67-74.

Fogelholm, M., Paronen, O., Miettinen. M. 2006. Liikunta – hyvinvointipoliittinen mahdollisuus. Suomalaisen terveystieteiden tutkimuskeskuksen tila ja kehittyminen. Sosiaali- ja terveysministeriön selvityksiä 2007:1.

Fyfe, I. & Stanish, W. 1992. The use of eccentric training and stretching in the treatment and prevention of tendon injuries. *Clinics in Sports Medicine*. 11 (3), 601-624.

Galloway, M., Jokl, P. & Dayton, W. 1992. Achilles tendon overuse injuries. *Clinics in Sports Medicine*. 11: 771-782.

Grigg, N.L., Wearing, S.C. & Smeathers, J.E. 2009. Eccentric calf muscle exercise produces a greater acute reduction in Achilles tendon thickness than concentric exercise. *British Journal of Sports & Medicine* 43, 280-283.

Haatainen, S. & Saarimaa, A. 2010. Ohjekansio magneettitutkimukseen tulevalle aikuispotilaalle Seinäjoen keskussairaalan radiologian yksikköön. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu.

Hess G.W. 2010. Achilles Tendon Rupture: A Review of Etiology, Population, Anatomy, Risk Factors, and Injury Prevention. *Foot & Ankle Specialist* 3, 29-32.

Hyman, J. & Rodeo, S. 2000. Injury and repair of tendons and ligaments. Teoksessa Hyman, J. & Rodeo, S., *Physical Medicine and Rehabilitation. Scientific principles of sports rehabilitation*. W.B. Saunders Company. 11 (2), 267-288.

Häkkinen K. 2007. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa Keskinen, K.L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. *Kuntotestauksen käsikirja*. Tampere. Tammer-Paino Oy.

Jaatinen, N., Kapilo, M., Sulima, H. & Vainio, T. 2004. Nivelliikkuvuus. To-Mi, toimintakyvyn mittarit, versio 1.3. 131-164.

James S.L., Bates B.T., & Osterning L.R. 1978. Injuries to runners. *American Journal of Sports Medicine* 6: 40-50.

Johansson, C. 1986. Injuries in elite orienteers *American Journal of Sports Medicine* 14: 410-415.

Jonsson P., Alfredson H., Sunding K., Fahlström M., Cook J. 2008. New regimen for eccentric calf- muscle training in patients with chronic insertional Achilles tendinopathy: results of a pilot study. *British Journal of Sports Medicine*; 42: 746 – 249.

Józsa, L. & Kannus, P. 1997. Human tendons: anatomy, physiology and pathology. *Human Kinetics*.

Jurvelin, J. S. 2005. Teoksessa Soimakallio, S., Kivisaari, L., Manninen, H., Svedström, E. & Tervonen, O. *Radiologia*. Helsinki. WSOY. 11- 76.

Järvinen, M., Józsa, L., Kannus, P., Järvinen, T.L., Kvist, M., Leadbetter, W. 1997. Histopathological findings in chronic tendon disorders. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 7, 86-95.

Järvinen, M. 1992. Epidemiology of tendon injuries in sports. *Sports Medicine* 11: 492-504.

Järvinen, T.A., Kannus, P., Paavola, M., Järvinen, T.L., Jozsa, L. & Järvinen, M. 2001. Achilles Tendon Injuries. *Current Opinion Rheumatology* 13, 150-155.

Kalliokoski, K. K., Kempainen, J., Larmola, K., Takala, T. O., Peltoniemi, P., Oksanen, A., Ruotsalainen, U., Cobelli, C., Knuuti, J. & Nuutila, P. 2000. Muscle blood flow heterogeneity during exercise studied with positron emission tomography in humans. *European Journal of Applied Physiology* 83, 395 – 401.

Kannus, P., Niittymäki, S., Järvinen, M. & Lehto, M. 1989. Sports injuries in elderly athlete: A three year prospective, controlled study. *Age Ageing* 18: 263-270.

Kannus, P. 1997. Etiology and pathophysiology of chronic tendon disorders in sports. *Scandinavian Journal of Sports Medicine* 7: 78-85.

Kannus, P. 2000. Structure of the tendon connective tissue. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 10, 312-320.

Karjalainen, P.T. 2000. Magnetic resonance imaging of Achilles tendons. University of Helsinki, Helsinki.

Kaufman K.R., Brodine S.K., Johnson C.W., & Cullison T.R. 1999. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. *American Journal of Sports Medicine* 27: 585-593

Kerr, R., Forrester, D.M., & Kingston, S. 1990. Magnetic resonance imaging of foot and ankle trauma. *Orthopedic Clinics of North America* 21: 591-601.

Khan, K.M & Cook, J.L. 2000. Overuse tendon injuries: Where does the pain come from? *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 8: 17-31.

Kingma J.J., de Knikker R, Wittink H.M. & Takken, T. 2007. Eccentric overload training in patients with chronic Achilles tendinopathy: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine* 41.

Kirkendall, D.T. & Wolfe, R.R. 1997. Function and biomechanics of tendons. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 7, 62-66.

Kjaer, M. 2004. Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiological Reviews* 84: 649–698.

Koivunen- Niemelä, T. 1995. Imaging of the achilles tendon. Diagnostic evaluation of sonography and magnetic resonance imaging. *Turun yliopiston julkaisuja. Sarja D, osa 190.*

Kubo, K., Kanehisa, H., Takeshita, D., Kawakami, Y., Fukashiro, S. & Fukunaga, T. 2000. In vivo dynamics of human medial gastrocnemius muscletendon complex during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 170, 127–135.

Kujala, U.M., Sarna, S., Kaprio, J., Koskenvuo, M., & Karjalainen, J. 1999. Heart attacks and lower-limb function in master endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 31: 1041-1046.

Kvist, M. & Järvinen, M. 1980. Zur Epidemiologie von Sportverletzungen und Fehlbelastungsfolgen, Patienten-Analyse einer Sportmedizinischen Poliklinik. *Medizin und Sport* 20: 375-378.

Kvist, M. 1991a. Achilles tendon overuse injuries. *Turun yliopiston julkaisuja. Sarja D, osa 87: 23-38.*

Kvist, M. 1991b. Achilles tendon injuries in athletes. *Annales Chirurgiae et Gynaecologiae* 80: 188-201.

Langberg, H., Skovgaard, D., Petersen, L. J., Bülow, J. & Kjaer, M. 1999. Type I collagen syntesis and degradation in peritendinosus tissue after exercise determined by microdialysis in humans. *Journal of Physiology* 521, 1, 299 – 306.

Leppilahti, J., Orava, S., Karpakka, J. & Takala, T. 1991. Overuse injuries of the Achilles tendon. *Annales Chirurgiae et Gynaecologiae.* 80, 202-207.

Leppilahti, J. 1996. Achilles tendon rupture, with special reference to epidemiology and results of surgery. *Oulun Yliopisto.*

- Lorenzon, R. 1988. Cause of injuries: Intrinsic factors. Teoksessa Dirix, A. The olympic book of sports medicine. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 376-390.
- Masood T., Kalliokoski K.K., Magnusson S.P., Bojsen-Møller J., and Finni T. 2014. Effects of 12-wk eccentric calf muscle training on muscle-tendon glucose uptake and SEMG in patients with chronic Achilles tendon pain. *Journal of Applied Physiology* 117: 105-111.
- Michna, H. & Hartmann, G. 1989 Adaptation of tendon to exercise. *International Orthopaedics* 13, 161 – 165.
- Moore, K.L., Dalley, A.F. 1999. *Clinically Oriented Anatomy*. 577 – 593.
- Movin, T. 1998 Aspects of aetiology, phoanatomy and diagnostic methods in chronic mid-portion achillodynia. Karolinska insitutet. Stockholm..
- Movin, T., Rolf, C., & Aspelin, P. 1998. MR imaging in chronic achilles tendon disorder. *Acta Radiologicae* 39: 126-132.
- Mustajoki, P. & Kaukua, J. 2002. *Senkka ja 100 muuta tutkimusta*. Helsinki. Kustannus Oy Duodecim.
- Nelen, G., Martens, M. & Burssens, A. 1989. Surgical treatment of chronic achilles tendinitis. *American Journal of Sports Medicine* 17: 754-759.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 1997. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Porvoo. WSOY.
- Nigg, B.M. 2001. The role of impact forces and foot pronation. *Clinical Journal of Sports Medicine* 11: 2-9.
- Novacheck, T. 1997. *The Biomechanics of running and sprinting*. Teoksessa Guten, G. *Running Injuries*. W.B. Saunders Company.



- O'Brien, M. 1992. Functional anatomy and physiology of tendons. *Clinical Sports Medicine* 11: 505-520.
- O'Brien, M. 1997. Structure and metabolism of tendons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 7, 55 – 61.
- Orava, S. 1980. Exertion injuries due to sports and physical exercise: A clinical study of nontraumatic overuse injuries of the musculoskeletal system of athletes and keep-fit athletes. University of Oulu, Oulu.
- Paavola, M., Kannus, P., Pakkala, T., Pasanen, M., Järvinen, M. 1997. Long-term prognosis of patients with Achilles tendinopathy. *The American Journal of Sports Medicine*. 28: 634-641.
- Paavola M. 2001 Achilles tendon overuse injuries, diagnosis and treatment. Tampereen yliopistopaino. Tampere.
- Pagliano, J. & Jackson, D. 1980. The ultimate study of running injuries. *Runners World* 15: 42-50
- Peltokallio, P. 2003. Tyypilliset urheiluvammat. Vammalan kirjapaino Oy. Vammala. 488-489.
- Platzer, W. 2009. Color atlas of human anatomy, Vol. 1. Locomotor system, 6<sup>th</sup> edition. 258-267.
- Pope, C.F. 1992. Radiologic evaluation of tendons injuries. *Clinical Sports Medicine* 11: 579-599.
- Rees, J.D., Lichtwark, G.A., Wolman, R.L. & Wilson, A.M. 2008. The mechanism for efficacy of eccentric loading in Achilles tendon injury; an in vivo study in humans. *Rheumatology* 47: 1493-1497.

Reid, D., McNair, P. J., Johnson, S., Potts, G., Witvrouw, E. & Mathieu, N. 2011. Electromyographic analysis of an eccentric calf muscle exercise in persons with and without Achilles tendinopathy. *Physical Therapy in Sports*, 1-6.

Robinson, J., Cook, J., Purdam, C., Visentini, P., Rossa, J., Maffulli, N., Taunton, J. & Khan, K. 2001. The VISA-A questionnaire: a valid and reliable index of the clinical severity of Achilles tendinopathy. *British Journal of Sports Medicine* 35, 335 – 341.

Roos, E.M., Engström, M., Lagerquist, A. & Söderberg, B. 2003. Clinical Improvements after 6 Weeks of Eccentric Exercise in Patients with Mid-portion Achilles Tendinopathy – a Randomized Trial with 1-year Follow-up. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 14, 286-295.

Sandmeier, R., Renström, P. 1997. Diagnosis and treatment of chronic tendon disorders in sports. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 7: 96-106.

Schmidt- Rohlfig, B., Graf, J., Schneider, U. & Niethard, F. 1992. The blood supply of the Achilles tendon. *International Orthopaedics*, 16, 29 – 31.

Schmitgen G, Haasters J. 1990. Bei "Achillodynie" auch an seltene Ursachen denken--Ein Fallbericht über ein Schwannom des Nervus tibialis. *Sportverletz Sportschaden*. 1:45-47.

Schatzker, J. & Brånemark, P-I, 1969. Intravital observation on the microvascular anatomy and microcirculation of the tendon. *Acta Orthopaedica Scandinavica Supplementum* no. 126.

Schultz, P. 1979. Flexibility: day of the static stretch. *Phys Sports Med* 7: 109-117.

Schmidt- Rohlfig, B., Graf, J., Schneider, U. & Niethard, F. 1992. The blood supply of the Achilles tendon. *International Orthopaedics*, 16, 29 – 31.

Segesser, B., Nigg B.M., & Morell, F. 1980. Achillodynie und tibial Insertiotendinosen. *Medizin und Sport* 20: 79.

SENIAM (Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assessment of Muscles).  
<http://www.seniam.org/>

- Shin, D., Finni, T., Ahn, S., Hodgson, J.A., Lee, H., Edgerton, R. & Sinha, S. 2008. Effect of chronic unloading and rehabilitation on human Achilles tendon properties: a velocity-encoded phase-contrast MRI study. *Journal of Applied Physiology* 105: 1179-1186.
- Silbergnagel, K. G., Thomeé, R., Thomeé, P. & Karlsson, J. 2001. Eccentric overload training for patients with chronic Achilles tendon pain – a randomised controlled study with reliability testing of the evaluation methods. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 11: 197-206.
- Soila, K., Karjalainen, P.T., Aronen, H.J., Pihlajamäki, H.K. & Tirman, P.J. 1999. High resolution MR imaging and of the asymptomatic achilles tendon: New observations. *American Journal of Roentgenology* 173: 323-328.
- Stanish, W., Rubinovich, R., & Curvin, S. 1986. Eccentric exercise in chronic tendinitis. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 208, 65-68.
- Subotnick, S.I. 1989. *Sports medicine of the lower extremity*. Churchill Livingstone Inc. New York.
- Suramo, I. 1998. Kuvausmenetelmät. Teoksessa Standertskjöld-Nordenstam, C-G., Kormano, M., Laasonen, E. M., Soimakallio, S., & Suramo, I. *Kliininen radiologia*. Helsinki. Kustannus Oy Duodecim. 14–69.
- Sussmilch-Leitch, S., Collins, N., Bialocerkowski, A., Warden S. & Crossley, K. 2012. Physical therapies for Achilles tendinopathy: systematic review and meta-analysis. *Journal of Foot and Ankle Research* 5, 1-27.
- Thein, J. & Brody, L. 1998. Aquatic-based rehabilitation and training for the elite athlete. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*; 27: 32-41.
- Tol, J.L., Spiezia, F. & Maffulli, N. 2012. Neovascularization in Achilles tendon: have we been chasing a red herring? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*.
- Tulikoura, I. 2000. Teemana lääketiede. *Huippu-Urheilu Uutiset*. 4, 20-21.

Viitasalo, J., Raninen, J. & Liitosola S. 1985. Voimaharjoitteluperusteet ja käytännön toteutus. Jyväskylä. Gummerus Oy.

Vos, R., Weir, A., Visser, R., Winter, T. & Tol, J. 2007. The additional value of a night splint to eccentric exercises in chronic midportion Achilles tendinopathy: a randomised controlled trial. *British Journal of Sports Medicine* 41.

Wajswelner H. The Leg. Teoksessa Zuluaga, M., Briggs, C., Carlisle, J & Mc Donald, V. Mc Meeken, J., Nickson, W., Oddy, P. & Wilson, D. 1995. *Sport Physiotherapy: Applied Science & Practice*. Melbourne.

Williams, J.G.P. 1986. Achilles tendon lesions in sport. *Sports Medicine* 3, 114-135.

Woodley, B., Newsham-West, R., Baxter, D. 2007. Chronic tendinopathy: effectiveness of eccentric exercise. *British Journal of Sports Medicine* 41, 188 – 199.

Yang, X., Pugh, N.D., Coleman, D.P. & Nokes, L.D.M. 2010. Are Doppler studies a useful method of assessing neovascularization in human Achilles tendinopathy? A systematic review and suggestions for optimizing machine settings. *Journal of Medical Engineering & Technology* 34, 365-372.

Young, M., Cook, J., Purdam, C., Kiss, Z. & Alfredson, H. 2005. Eccentric decline squat protocol offers superior results at 12 months compared with traditional eccentric protocol for patellar tendinopathy in volleyball players. *British Journal of Sports Medicine* 39, 102-105.

Zanetti, M., Metzendorf, A., Kundert, H., Zollinger, H., Vienne, P., Seifert, B. & Hodler, J. 2003. Achilles Tendons: Clinical Relevance of Neovascularization Diagnosed with Power Doppler US. *Radiology* 227, 556-560.

Åström, M. 1998. On the nature and etiology of chronic achilles tendinopathy. Lund University, Malmö, Ruotsi.

Öhberg, L., Lorentzon, R. & Alfredson, H. 2004. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. *British Journal of Sports Medicine* 38, 8–11.

Öhberg, L & Alfredson, H. 2004. Effects on neovascularisation behind the good results with eccentric training in chronic mid-portion Achilles tendinosis? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 12, 465-470.

Öhberg, L., Lorentzon, R. & Alfredson, H. 2004. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalized tendon structure and decreased thickness at follow up. *British Journal of Sports & Medicine* 38, 8-11.

**LIITTEET**  
Liite 1.

## **KÄRSITKÖ AKILLESJÄNNEVAIVOISTA?**

**ONKO SINULLA KIPUA TOISESSA AKILLESJÄNTEESSÄSI MIKÄ  
HAITTAASINUA?**

tai

**OLETKO LOUKANNUT AKILLISJÄNTEESI HILJATTAIN JA  
OLET TOIPUMASSA AKILLISJÄNNELEIKKAUKSESTA?**

### **ETSIMME POTILAITA AKILLISJÄNNETUTKIMUKSEEN**

Jos vastasit edellisiin ”kyllä”, olet iältäsi 18 - 35 vuotta ja haluat haluat tietää lisää vammastasi uusimpien tutkimusmenetelmien avulla sekä haluat ohjeistusta vammasi kuntouttamiseen, voit osallistua tutkimusprojektiimme tutkimuspotilaana.

Tutkimus toteutetaan yhteistyössä Jyväskylän yliopiston hermolihajärjestelmän tutkimuskeskuksen ja Turun yliopistollisen sairaalan PET-keskuksen kanssa. Mittaukset ovat tutkittaville maksuttomia ja sisältävät magneettikuvauksen, ultraäänikuvauksen, PET-kuvauksen. Tutkittavat saavat 12 viikon (kipupotilaat) tai 5 kuukauden (leikkauspotilaat) harjoitusohjelman. Mittaukset toteutetaan ennen kuntoutusjaksoa ja sen jälkeen.

Lisätietoja testauksesta, mittauksista, kuvantamismenetelmistä ym. saat projektin henkilökunnalta:

Projektin johtaja Taija Juutinen  
Tohtorikoulutettava Tahir Masood  
Maisteriopiskelija Pasi Vainio



Liite 2.

## SUOSTUMUS

Minua on pyydetty osallistumaan tutkimukseen **Pohjelihasten aktivointistrategiat terveillä ja akillesjännepotilailla**. Vakuutan, että luettuani koehenkilötiedotteen ja keskusteltuani tutkimuslääkärin kanssa suostun tutkimukseen vapaaehtoisesti ja ilman painostusta. Minulla on ollut riittävästi aikaa harkita osallistumistani. En ole lääketieteellisestä tutkimuksesta annetun lain 488/1999 7-10 §:n tarkoittama henkilö (alaikäinen, raskaana/imettävä nainen, vanki tai kehitysvammaisuuden/mielenterveyshäiriön/muun syyn vuoksi vajaakykyinen). Tiedän voivani milloin tahansa peruuttaa suostumukseni ja siten keskeyttää osallistumiseni tutkimukseen. Ymmärrän tutkimuksen tarkoituksena olevan selvittää yksilöllisten lihasaktiivisuusmallien olemassaoloa ja niiden vaikutusta akillesjänteen ominaisuuksiin ja toimintaan voimien, lihaksen liikkeen, glukoosinkulutuksen ja lihaksaktiivisuuksien avulla mitattuna. Tiedän, että tutkimuksen aikana saatavaa tietoa käsitellään luottamuksellisesti ja että tutkimusryhmän ulkopuolisille annettavasta tiedosta (esim. julkaisut) tutkittavien henkilöllisyys ei ole tunnistettavissa. Ymmärrän, ettei tutkimuksesta välttämättä ole minulle terveydellistä hyötyä. Tiedän, että tutkimustoimenpiteet saattavat aiheuttaa haittoja. Mikäli haittavaikutuksia ilmenee, lupaan viipymättä ilmoittaa niistä tutkimushenkilökunnalle.

Suostun siihen että tutkimuksen suorituksen aikana, mikäli se on oman turvallisuuteni kannalta tarpeellista, tutkimusta suorittavat lääkärit saavat hankkia itseäni koskevia tietoja niistä terveydenhuollon yksiköistä, joissa olen aiemmin ollut hoidettavana tai tutkittavana. Tiedän, että henkilökohtaisia tietoja käsitellään luottamuksellisesti.

Vakuutan, että olen antanut kaikki terveydentilaani ja lääkehoitoni liittyvät tiedot. Lupaan viipymättä ilmoittaa tutkimushenkilökunnalle mikäli terveydentilassani on tapahtunut muutos, tutkimuksen jälkeen ilmenee normaalista poikkeavia oireita/sivuvaikutuksia tai tutkimuksen aikana minulla ilmenee mahdollisesti toimenpiteistä johtuvia sivuvaikutuksia. Ymmärrän, että annettujen ohjeiden ja rajoitusten, kuten esim. tutkimusta edeltävän paaston ja kofeiinipitoisten nautintoaineiden välttämisen tarkoituksena on varmistaa tutkimustulosten luotettavuutta ja tutkimusten turvallisuutta. Lupaan noudattaa kaikkia tutkimuslääkäreiden ja tutkijoiden antamia ohjeita. Hyväksyn sen, että tutkijalääkäri voi keskeyttää osallistumiseni suostumuksestani riippumatta.

Turussa \_\_\_/\_\_\_ 200\_

\_\_\_\_\_  
tutkittavan allekirjoitus

### Tutkijan osuus:

Vakuutan, että olen antanut tutkittavalle ennen tämän asiakirjan allekirjoittamista riittävän selvityksen tutkittavan oikeuksista sekä tutkimukseen liittyvistä yksityiskohdista siten kuin lääketieteellisestä tutkimuksesta annetun lain 488/1999 6§:ssä edellytetään. Vakuutan, että kaikkea tutkimuksen aikana saatavaa tietoa käsitellään luottamuksellisesti ja että tutkimusryhmän ulkopuolisille annettavasta tiedosta (esim. julkaisut) tutkittavien henkilöllisyys ei ole tunnistettavissa. Tutkittavalla on oikeus milloin tahansa tutkimuksen kestäessä (myös syytä ilmoittamatta) peruuttaa suostumuksensa tutkimukseen, ilman että peruutus vaikuttaisi tutkittavan oikeuteen saada tarvitsemaansa hoitoa.

Turussa \_\_\_/\_\_\_ 200\_

\_\_\_\_\_  
tutkijalääkärin allekirjoitus ja nimenselvennys

Liite 3.

## Akillesjännekipupotilaiden harjoitusohjelma

Nimi: \_\_\_\_\_

**YLEISTÄ:** Harjoittelun pääperiaatteet ovat progressiivisuus ja pohjelihasten aktiivinen harjoittaminen myös lihasta pidentävällä eksentrisellä lihastyötavalla. Tämä lihastyötapo voi aiheuttaa viivästynyttä kipua lihaksessa ja jänteen kiinnityskohdassa parin ensimmäisen viikon aikana. Harjoitusten kuuluu olla hiukan kivuliaita, mutta ei vammautumista lisääviä. Harjoitusohjelmaa on käytetty useissa tieteellisissä tutkimuksissa (Alfredsson 1998, Oldberg 2004, Jonsson et al. 2008), ja se on todettu myös käytännössä olevan erittäin toimiva tämän tutkimusryhmän fysioterapeutin määräämänä.

**MUU HARJOITTELU:** Voit jatkaa normaalia liikkumistasi, jos olet aiemmin tehnyt juoksuharjoituksia, voit jatkaa niitäkin, jos se aiheuttaa vain vähäisiä tunteuksia mutta EI kipua.

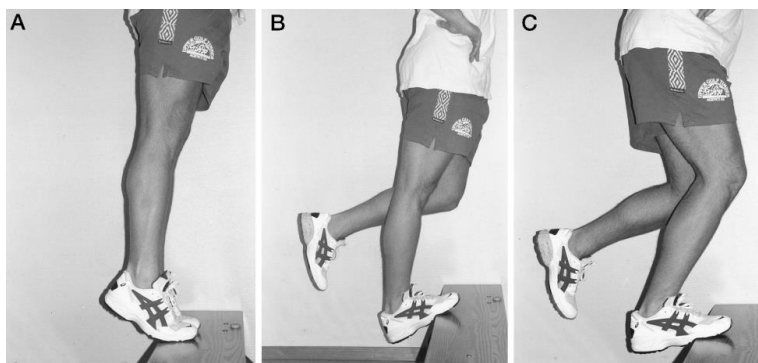
Voitte ottaa yhteyttä tutkijoihin milloin tahansa kysyäksenne harjoittelusta, ja tutkijat soittavat teille n. 3 viikon välein tarkistaakseen tilanteen kotiharjoittelun osalta.

Viikot 1 ja 2 ensimmäisten mittausten jälkeen:

Tee alla olevaa harjoitusta 2 kertaa päivässä joka päivä. Yhdellä harjoituskerralla tehdään 15 toistoa, jonka jälkeen pidetään muutaman minuutin tauko (voit vaihdella tauon pituutta, alussa pidempi tauko) ja 15 toistoa tehdään vielä 2 kertaa. Yhteensä tulee tehdä siis 3\*15 toistoa palautuksella.

Kuvio 1, harjoituksen ohjeet: seiso kuvan A osoittamalla tavalla. Siirrä paino kokonaan kipeän jalan puolelle ja laskeudu hitaasti alas asentoon B. Tämän jälkeen siirrä paino kokonaan terveelle jalalle ja nouse takaisin asentoon A. Kun teet tätä harjoitusta, merkitse se päiväkirjaan merkinnällä ”harjoitus suurin jaloin”. Huomaa, että **KIPEÄÄ JALKAA EI SAA KÄYTTÄÄ YLÖSNOUSUVAIHEESSA.**

Kun teet harjoitusta koukistetulla polvella, kuormitus kohdistuu erityisesti leveään kantalihakseen (kuvassa C). Kutsu tätä harjoitusta päiväkirjassa ”harjoituskoukkupolvin”.



Vaikka harjoitus tuottaisi kipua, voit jatkaa sen tekemistä. Kuuntele kuitenkin, jos tunteukset voimistuvat, etkä enää pysty tekemään harjoitusta samalla tavalla. Tällöin



kuormaa täytyy keventää, eli alasmenvaiheessa vähentää kipeän jalan kuormaa ottamalla painoa myös terveellä jalalla. Jos et pysty tekemään harjoitusta ollenkaan voimakkaan kivun vuoksi, voit kokeilla seisoa 3\*5 minuuttia kaltevalla alustalla, jolloin pohkeeseesi kohdistuu jatkuva venytys. Kuvaile tutkimuspäiväkirjassa myös nämä harjoitteet.

Merkitse tekemäsi harjoitteet ja päivän lopuksi kiputuntemuksesi samaasi tutkimuspäiväkirjaan. Kiputuntemus merkitään pystyviivalla 10 cm janan kohtaan, joka parhaiten kuvaa sen hetkistä tuntemustasi (ennen päivän 2. harjoitusta).

## Liite 4.

Pmv: \_\_\_\_\_ (dd/mm/yyyy) Nimikirjaimet \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

**VISA-A kyselylomake**

Tässä kyselyssä kipu viittaa erityisesti kipuun akillesjänteen alueella.

*In this questionnaire, the term pain refers specifically to pain in the Achilles tendon region.*

**1. Kun heräät aamulla, kuinka monta minuuttia akillesjänteesi alue on jäykkä?**

*For how many minutes do you have stiffness in the Achilles region on first getting up?*

100 min												0 min
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

**2. Kun päiväsi on käynnistynyt, tunnetko kipua, kun venytät akillesjäntettäsi seisoen askelman reunalla polvi suorana?**

*Once you are warmed up for the day, do you have pain when stretching the Achilles tendon fully over the edge of a step? (keeping the knee straight)*

Pahin mahdollinen kipu Strong severe pain												Ei kipua No pain
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

**3. Kun kävelet tasaisella alustalla 30 min, tunnetko kipua seuraavien 2 tunnin aikana? (Jos et pysty kävelemään 30 min, laita rasti ruutuun 0.**

*After walking on flat ground for 30 minutes, do you have pain within the next 2 hours? (If unable to walk on flat ground for 30 minutes because of pain, score 0 for this question).*

Pahin mahdollinen kipu Strong severe pain												Ei kipua No pain
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

**4. Tunnetko kipua portaita alas kävellessä, kun astut portaille normaalisti vuorojaloin?**

*Do you have pain walking downstairs with a normal gait cycle?*

Pahin mahdollinen kipu Strong severe pain												Ei kipua No pain
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

**5. Kun teet 10 yhden jalan varpailenousua tasaisella alustalla, tunnetko kipua sen aikana tai heti sen jälkeen?**

*Do you have pain during or immediately after doing 10 (single leg) heel raises from a flat surface?*

Pahin mahdollinen kipu Strong severe pain												Ei kipua No pain
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

## 6. Kun teet 10 yhden jalan hyppyä, tunnetko kipua sen aikana tai heti sen jälkeen?

Do you have pain during or immediately after doing 10 single leg hops?

Pahin mahdollinen  
kipu / ei pysty  
Strong severe pain

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Ei  
kipua  
No pain

## 7. Urheiletko tai liikutko tällä hetkellä? Are you currently undertaking sport or other physical activity?

- 0  En ollenkaan / Not at all
- 4  Muutettu harjoitus- ja kilpailuohjelma / Modified training ± modified competition
- 7  Täysi harjoitus- ja kilpailuohjelma, mutta ei samalla tasolla kuin ennen oireiden alkua / Full training ± competition but not at same level as when symptoms began
- 10  Kilpailen samalla tai korkeammalla tasolla kuin oireiden alkaessa / Competing at the same or higher level as when symptoms began

PISTEET



## 8. Valitse vain A, B tai C tässä kohdassa / Please complete EITHER A, B or C in this question.

- Jos sinulla ei ole kipua kuormittaessasi akillesjännettä, täytä vain kohta 8A. / If you have no pain while undertaking Achilles tendon loading sports please complete Q8a only.
- Jos sinulla on kipua kuormittaessasi akillesjännettä urheilussa, mutta se ei estä sinua kilpailemasta, täytä vain kohta 8B. / If you have pain while undertaking Achilles tendon loading sports but it does not stop you from completing the activity, please complete Q8b only.
- Jos sinulla on kipua, joka estää sinua harjoittelemasta/kilpailemasta, täytä vain kohta 8C. / If you have pain which stops you from completing Achilles tendon loading sports, please complete Q8c only.

## A. Jos sinulla ei ole kipua kuormittaessasi akillesjännettä liikunta/urheiluharjoittelussa, kuinka pitkään voit harjoitella?

If you have no pain while undertaking Achilles tendon loading sports, for how long can you train/practise?

0	1-10 min	11-20 min	21-30 min	>30 min
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0	7	14	21	30

## TAI

B. Jos sinulla on vähän kipua kuormittaessasi akillesjännettä liikunta/urheiluharjoittelussa, mutta se ei estä sinua urheilemasta/harjoittelemasta, kuinka kauan voit harjoitella? If you have some pain while undertaking Achilles tendon loading sport, but it does not stop you from completing your training/practice for how long can you train/practise?

0	1-10 min	11-20 min	21-30 min	>30 min
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0	4	10	14	20

## TAI

C. Jos sinulla on kipua, joka estää sinua harjoittelemasta/kilpailemasta, kuinka kauan voit harjoitella? If you have pain that stops you from completing your training/practice in Achilles tendon loading sport, for how long can you train/practise?

0	1-10 min	11-20 min	21-30 min	>30 min
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
0	2	5	7	10

TOTAL SCORE ( /100)