

Matias Hurme

**SUBTALAARINIVELEN LIIKEAKSELIN  
TUTKIMINEN OSANA JALKATERÄN  
BIOMEKAANISIA  
TUTKIMUKSIA**

“Subtalar Joint Axis Location and Rotational  
Equilibrium Theory of Foot Function”

Video-opas jalkaterapeuttiopiskelijoille

Opinnäytetyö  
Jalkaterapian koulutusohjelma

2018



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

Tekijä	Tutkinto	Aika
Matias Hurme	Jalkaterapeutti (AMK)	Joulukuu 2018
<b>Opinnäytetyön nimi</b>  Subtalaarinivelen liikeakselin tutkiminen osana jalkaterän biomekaanisia tutkimuksia "Subtalar Joint Axis Location and Rotational Equilibrium Theory of Foot Function"		98 sivua 17 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>  Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja Podiatrain EU-projekti		
<b>Ohjaajat</b>  Arja Kiviaho-Tiippana & Laura Saar		
<b>Tiivistelmä</b>  Jalkaterapeutin koulutukseen kuuluu alaraajojen ja erityisesti jalkaterän alueen biomekaanisten tutkimusten opettelu ja harjoittelu. Tutkimukset ovat pohjautuneet jo vuosikausia Merton Rootin kehittämiin mittausmenetelmiin, joiden pohjana toimii subtalaarinivelen neutraaliasennon teoria. Kyseisen teorian pohjalta jalkaterän alueen biomekaanisissa tutkimuksissa suoritetaan lukuisia staattisia mittauksia.  Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä amerikkalaisen podiatrin Kevin A. Kirbyn kehittämään "Subtalar Joint Axis Location And Rotational Equilibrium" teoriaan jalan toiminnasta sekä tuoda yksi biomekaaninen tutkimus jo jalkaterapeutin koulutukseen kuuluvien tutkimusten tueksi. Lisäksi tarkoituksena on luoda Kirbyn kehittämästä subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta video-opas hyödynnettäväksi tuleville jalkaterapeuttiopiskelijoille. Työn tavoitteena on, että video-opas otettaisiin osaksi jalkaterapian biomekaniikan koulutusmateriaalia. Lisäksi tavoitteena on oma ammatillinen kehittyminen ja tiedon lisääntyminen jalkaterän toiminnasta.  Tämä opinnäytetyö oli menetelmältään toiminnallinen, jota ohjasi Jämsä & Mannisen (2000) tuotekehitysprosessin vaiheet. Työn toimeksiantajana toimi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja tuotekehitysprosessin tuotoksena syntynyt video-opasta voidaan jatkossa käyttää myös osana kansainvälisen EU-hankkeen Podiatrain verkkokurssin koulutusmateriaalina. Ennen varsinaista tuotekehitysprosessia työssä perehdyttiin tieteellisen näytön pohjalta subtalaarinivelen rakenteeseen ja sen toimintaan. Koska subtalaarinivelen liikeakseli liittyy oleellisesti työn lopputuotokseen, perehdyttiin myös sen tieteelliseen teoriaan. Kirbyn teorian pohjautuu voimien ja momenttien tarkasteluun jalkaterän toiminnasta, olivat myös biomekaniikka ja mekaniikan peruslait oleellisia osia esitellä työn teoriaosassa.  Videon avulla voitiin parhaiten havainnollistaa liikeakselin tutkimiseen liittyvä teoria ja erityisesti liikeakselin tutkimuksen kulku. Lopputuloksena saatiin reilu 30min kestävä video-opas, jonka keskeinen sisältö koostuu subtalaarinivelen liikeakselista, Kirbyn teoriasta ja liikeakselin tutkimisen opastuksesta. Jatkossa voitaisiin tutkia esimerkiksi, miten liikeakselin tutkimisen perusteella valmistetut tukipohjalliset vaikuttavat jalkateriin kohdistuviin voimiin ja jalkaterien toimintaan.		
<b>Asiasanat</b>  Biomekaniikka, Kirby, liikeakseli, subtalaarinivel, video-opas		

<b>Author</b>	<b>Degree</b>	<b>Time</b>
Matias Hurme	Podiatrist (University of applied sciences)	December 2018
<b>Thesis title</b> Assessment of subtalar joint axis in the examination of foot biomechanics "Subtalar Joint Axis Location and Rotational Equilibrium Theory of Foot Function"		98 pages 17 pages of appendices
<b>Commissioned by</b> South-Eastern Finland University of Applied Sciences and Podiatrain EU-project		
<b>Supervisor</b> Arja Kiviaho-Tiippana & Laura Saar		
<b>Abstract</b> <p>The education of podiatrists includes biomechanical examinations of the lower limbs and especially the feet. The examinations are based on Merton Root's subtalar joint neutral position theory and comprise several static assessments.</p> <p>The purpose of this study was to study American podiatrist Kevin A. Kirby's theory of subtalar joint axis location and rotational equilibrium and consequently introduce one new biomechanical examination into the education of podiatrists. One purpose was also to produce an educational video guide of Kirby's subtalar joint axis palpation method for podiatrist students. The objective of this study was to include the video guide in the biomechanics education material for podiatry students. A further objective was personal occupational development and added knowledge of foot function.</p> <p>The method of this study was functional following the phases of product development process by Jämsä &amp; Manninen (2000). Before the actual product development process the structure and function of the subtalar joint was examined based on evidence-based research. As the subtalar joint axis was also an essential part of this study, the relevant research was explored. Forces and moments are central in Kirby's theory and hence it was also important to examine the basic laws of biomechanics and physics in the theory part.</p> <p>A video guide was the best way to demonstrate the theory of assessment of subtalar joint axis and especially the palpation method. The final outcome of this study was a 30-minute video, the main content of which included subtalar joint axis, Kirby's theory and introducing the subtalar joint axis palpation method.</p>		
<b>Keywords</b> Axis, biomechanics, Kirby, subtalar joint, video guide		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	8
2	JALKATERÄN RAKENNE .....	9
2.1	Jalkaterän luut .....	11
2.2	Jalkaterän pehmytkudokset .....	14
3	SUBTALAARINIVEL .....	19
3.1	Subtalaarinivelen rakenne .....	21
3.2	Subtalaarinivelen tukevat rakenteet.....	32
3.3	Subtalaarinivelen liike .....	35
4	BIOMEKANIikka JA BIOMEKAANINEN TUTKIMINEN JALKATERAPIASSA .....	40
4.1	Kinematiikka .....	42
4.2	Kinetiikka .....	47
5	“SUBTALAR JOINT AXIS LOCATION AND ROTATIONAL EQUILIBRIUM THEORY OF FOOT FUNCTION” .....	53
5.1	Subtalaarinivelen liikeakselin normaali sijainti ja sen biomekaaniset vaikutukset ..	54
5.2	Subtalaarinivelen liikeakselin palpoini.....	56
5.3	Subtalaarinivelen liikeakselin rotaatiotasapaino .....	58
5.4	Mediaalisesti poikkeavan liikeakselin tunnuspiirteet .....	60
5.5	Lateraalisesti poikkeavan liikeakselin tunnuspiirteet.....	62
5.6	Liikeakselin vaikutus jalkaterän takaosan rakenteisiin sekä subtalaarinivelen momentin sijaintiin.....	64
5.7	Liikeakselin vaikutus jalkaterän etuosan rakenteisiin sekä subtalaarinivelen momentin sijaintiin.....	66
6	OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET .....	69
7	SUBTALAARINIVELLEN LIIKEAKSELIN PALPAATIOVIDEON TUOTEKEHITYSPROSESSI .....	70
7.1	Video opetusmateriaalina .....	70
7.2	Ongelman ja kehittämistarpeen tunnistaminen.....	71
7.3	Ideointivaihe .....	73

7.4	Luonnosteluvaihe.....	73
7.5	Tuotteen kehittäminen .....	75
7.6	Tuotteen viimeistely.....	76
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA .....	77
8.1	Tuotekehitysprosessin kulku.....	78
8.2	Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus.....	80
8.3	Oppimisprosessi .....	81
8.4	Jatkotutkimusten aiheet.....	87
	LÄHTEET.....	88

## KUVALUETTELO

## LIITTEET

Liite 1. Aineiston kokoamislomake

Liite 2. Kirjallisuuskatsaus

Liite 3. Videon käsikirjoitus

Liite 4. Opinnäytetyön aikataulu

## LYHENTEITÄ JA TERMEJÄ

Chopartin nivel	Tarsi transversa nivel, keskitarsaalinen eli veneluu-telaluu ja kuutioluu-kantaluuniveliä muodostama poikittainen nivel-
Extrinsic	Ulkoinen
Frekvenssi	Taajuus, esiintymistiheys, toistumistiheys
GRF (Ground Reaction Force)	Alustan tukivoima
Intrinsic	Sisäinen
In vivo	Elämässä, elävässä elimistössä
Khiin neliön testi	Riippumattomuustesti, missä tarkastellaan miten paljon havaitut ja odotetut frekvenssit eroavat toisistaan.
Ligamentti	Side, nivelside, runsaskollageeninen säikeinen sidekudos, joka yhdistää kaksi luuta toisiinsa.
Lineaarinen liike	Suoraviivainen liike
m.	Musculus = lihas
Momentti	Voiman momentti = Voiman vääntövaikutus tietyn pisteen suhteen.
n.	Nervus = hermo
NTSP (Neutral Tibial Stance Position)	Säären neutraaliasennon mittaus
NCSP (Neutral Calcaneal Stance Position)	Kantaluun neutraaliasennon mittaus
os.	Luu
PNR (Point of No Rotation)	Rotaatioton kohta
RCSP (Relaxed Calcaneal Stance Position)	Kantaluun vapaanasennon mittaus
Sinus tarsi	Kantaluun uurteen ja telaluun uurteen yhteisesti muodostama lateraalinen syvennys.
Subtalaarinivel	Telaluunalainen nivel = Telaluun sekä kantaluun ja nilkan veneluun välinen nivel, jossa jalkaterä kääntyy vinon akselin ympäri = Alempi nilkkanivel, ST-nivel.
Tarsaalikanaali	Tela- ja kantaluun välissä kulkeva luinen käytävä.

Varianssianalyysi

Tilastollinen tutkimusmenetelmä jota käytetään, kun tarkastellaan eroavatko kahden tai useamman ryhmän keskiarvot tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.

## 1 JOHDANTO

Nykyiset jalkaterapiassa käytettävät biomekaaniset tutkimukset pohjautuvat pitkälti Merton Rootin 70-luvulla kehittämään teoriaan subtalaarinivelen neutraaliasennosta. Rootin biomekaanisissa tutkimuksissa tehdään useita staattisia mittauksia jalkaterän alueelta ja tutkimuksia on kritisoitu niiden heikosta toistettavuudesta, vaikeudesta ennustaa jalkaterän dynaamista käyttäytymistä sekä ylipäättään niin sanotun normaalin jalkaterän kriteerien huonosta soveltuvuudesta väestöön. (Petcu & Anca 2012; Jarvis ym. 2012.)

Alaraajojen biomekaaninen tutkiminen kuuluu yhtenä osana jalkaterapeutin ammattitaitoa (Jalkaterapeutti (amk) s.a.). Biomekaaninen tutkiminen vaatii hyvää anatomian tuntemusta ja sen ymmärrystä. Ihmisen jalkaterän kautta välittyy kuormituksessa suljetun kineettisen ketjun kautta alustan tukivoimia alaraajoista aina lantioon ja selkärankaan asti. Tämän takia ihmisen painovoiman ja alustan tukivoimien aiheuttamat liikkeet ja muutokset jalkaterän alueella on tärkeä tietää sekä tuntea. Jalkaterään kohdistuvat voimat voivat muuttaa ylempien raajojen linjauksia virheelliseksi ja myös päinvastoin, virheelliset alaraajojen linjaukset voivat muuttaa jalkaterän asentoa ja sitä kautta siihen kohdistuvia voimia. Voidakseen hoitaa erilaisia jalkaterän tai ylempien alaraajojen virheasentoja tai virheellisiä toimintoja, jalkaterapeutin tulee ymmärtää virheasentojen tai virheellisten toimintojen taustalla olevat seikat. Näiden ongelmien taustojen selvittämiseen käytetään erilaisia biomekaanisia mittauksia ja mittausten apuvälineitä. (Stolt ym. 2017, 145 - 147.)

Jalkaterapeutin koulutuksessa opetellaan useita erilaisia alaraajojen biomekaanisia mittauksia, joista suuri osa keskittyy jalkaterän alueelle (Stolt ym. 2017, 152 - 167). Tämän opinnäytetyön aihe on subtalaarinivelen liikeakselin tutkiminen ja tarkoituksena on tuoda esille yksi biomekaaninen tutkimusmenetelmä lisää, jolla voidaan selvittää jalkaterän toimintaa ja siihen kohdistuvia voimia ja momenteja. Kyseinen tutkimusmenetelmä perustuu amerikkalaisen podiatrin Kevin A. Kirbyn (2001) kehittämään teoriaan jalkaterän toiminnasta, johon liittyy subtalaarinivelen liikeakselin paikannus ja subtalaarinivelen rotaatiotasapaino. Opinnäytetyön tarkoituksena on myös esitellä kyseinen teoria ja siihen liittyvät käsitteet kuten jalkaterän rakenne, subtalaarinivel sekä biomekaniikka ja biomekaaninen tutkiminen jalkaterapiassa. Näiden pohjalta

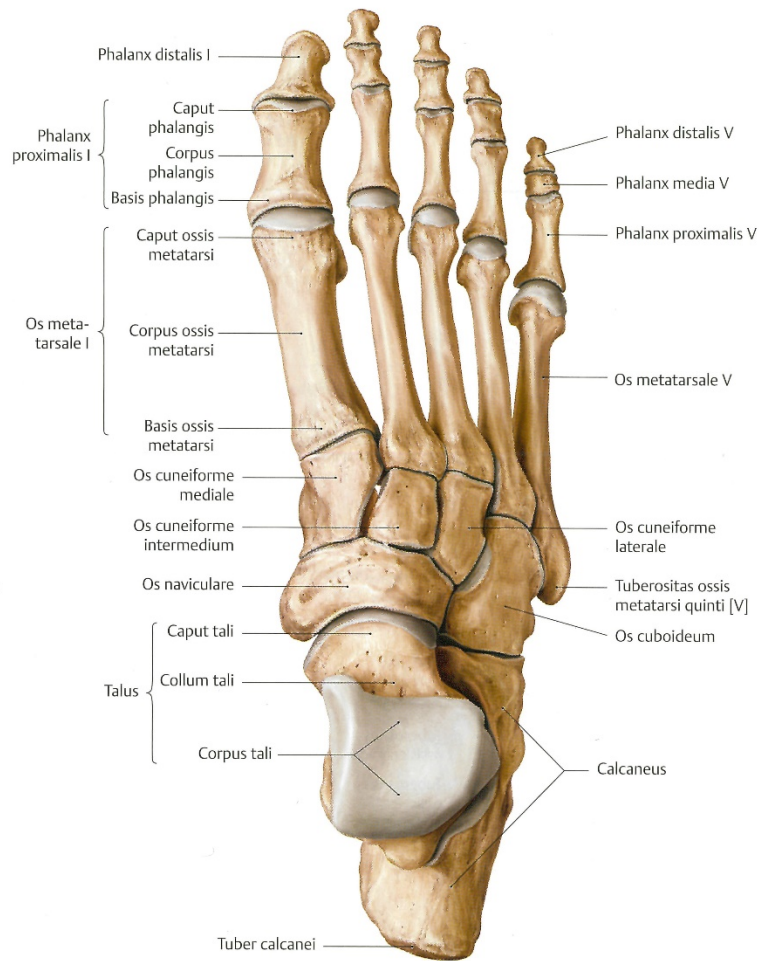


luodaan tuotekehitysprosessina video-opas subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta.

Kiinnostus kyseiseen teoriaan heräsi pohdittaessa, miten jalkaterapian biomekaanista tutkimista voisi kehittää. Kyseinen teoria sekä tutkimusmenetelmä tuli vastaan alan keskustelufoorumeilla. Tutustuin paremmin teoriaan ja sen toimintaan, mistä heräsi mielenkiinto aiheeseen. Mielenkiintoa lisäsi se, että asiaa ei ole käsitelty omassa koulutuksessamme, ja vaikutuin, että asiaan perehtymällä saan lisätietoa jalkaterän tutkimisesta ja sen toiminnasta. Voisin samalla tuoda muille jalkaterapeuttipiskelijoille lisätietoa jalkaterän biomekaanisesta tutkimisesta. Työn toimeksiantajina toimivat Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja kansainvälinen Podiatrain EU -projekti.

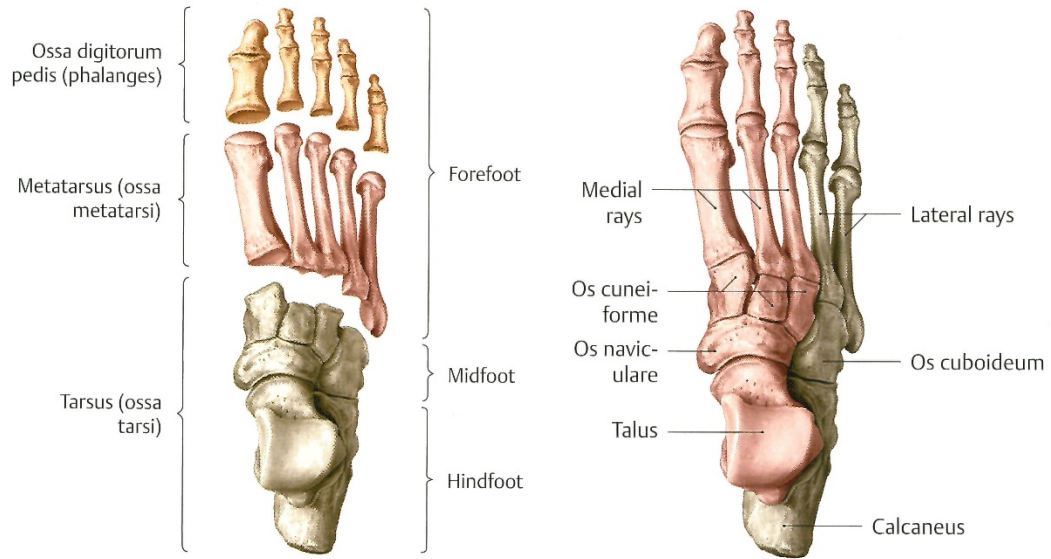
## **2 JALKATERÄN RAKENNE**

Jalkaterä koostuu 26 luusta, 2 jänneluusta, 107 nivelsiteestä sekä 31 lihaksesta. Luut nivELYVÄT toisiinsa 55 nivelen avulla muodostaen vankan ja tukevan perustan koko kehon kuormitukselle (Ahonen 2014, 70). Kuvasta 1 voidaan nähdä jalkaterän luinen rakenne päältä havainnoituna. Jalkaterän aluetta usein verrataan talon perustuksiin, jonka tehtäviin kuuluu kannatella päällä olevaa rakennetta, sekä reagoida alapuolella tapahtuviin muutoksiin. Jalkaterän tehtäviin kuuluukin iskujenvaimennus, erilaisiin alustoihin mukautuminen sekä vipuvartena toimiminen. Jalkaterän ja nilkan alueen lihasten tulisi olla riittävän vahvoja pystyäkseen kannattelemaan nilkan päällä oleva kuormitus, ilman että syntyisi virheasentoja jalkaterässä. Jalkaterän lihasten tulisi kyetä myös hallitsemaan stabilointia eli vakautta vaativia monen suuntaisia liikkeitä. (Paunonen & Seppänen 2011, 22.)



Kuva 1. Jalkaterän luinen rakenne (Gilroy ym. 2012, 424).

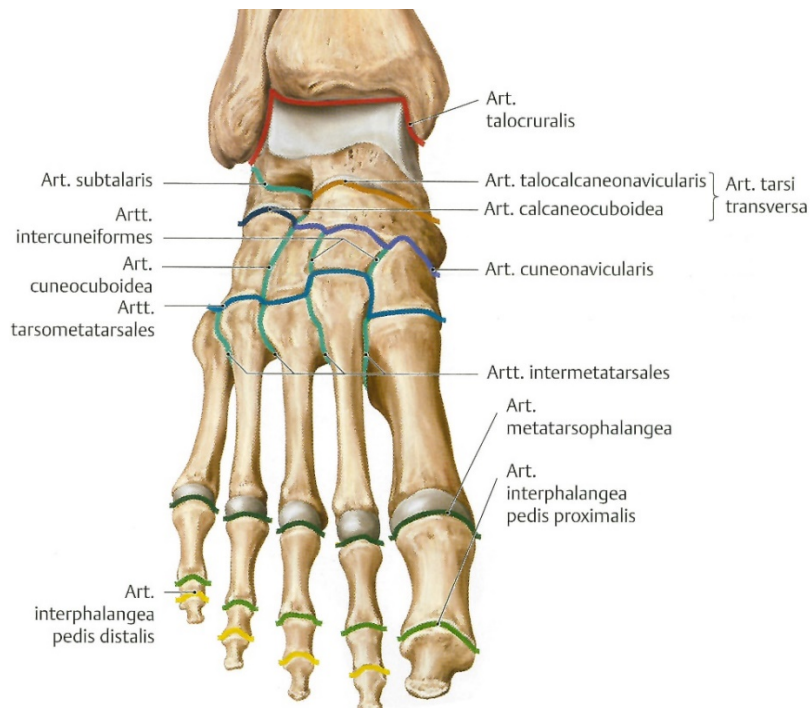
Jalkaterä voidaan jakaa pitkittäis- ja poikittaissuunnissa viiteen eri osaan. Poikittaissuuntaisia osia on kolme, joita ovat etu-, keski- ja takaosa. Pitkittäissuunnassa jalkaterä voidaan jakaa sisä- ja ulkoreunaan (kuva 2). Sisäreunan rakenne luo joustavan, jousimaisen jalkakaaren, kun taas ulkoreunan rakenne jäykemmän ja luisemman ulkokaaren. (Ahonen 2014, 70 - 71.)



Kuva 2. Jalkaterän jaottelu etu-, keski- ja takaosiin sekä mediaali ja lateraali osiin (Gilroy ym. 2012, 424,434).

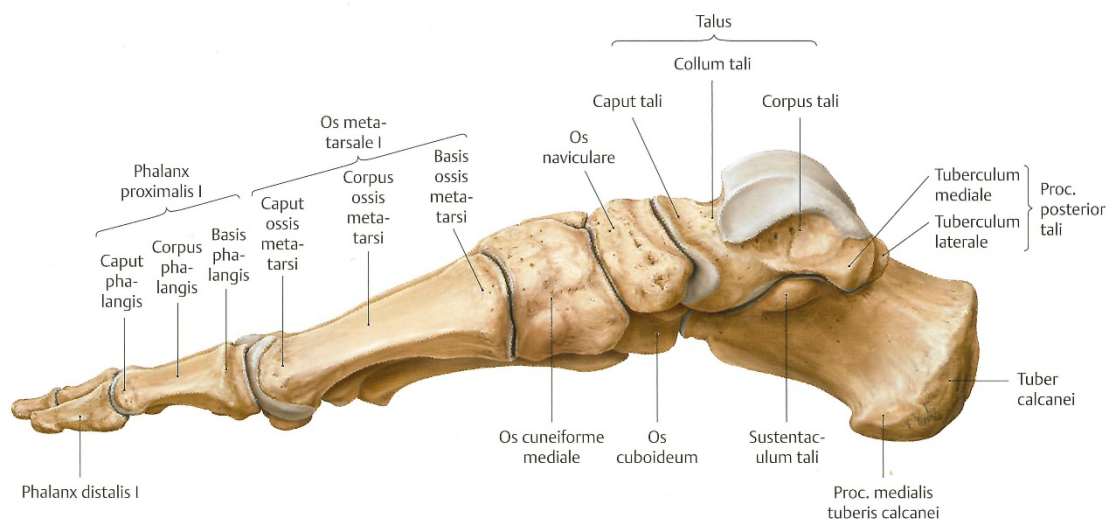
## 2.1 Jalkaterän luut

Jalkaterän etuosan muodostavat 5 jalkapöydänluuta (*os metatarsal I-V*) sekä 14 varvasluuta (*os phalanx*). Keskiosan muodostavat veneluu (*os naviculare*), kuutioluu (*os cuboideum*) ja kolme vaajaluuta (*os cuneiforme I-III*). Jalkaterän takaosan muodostavat kaksi suurta luuta, alempana oleva kantaluu (*os calcaneus*) sekä ylempänä oleva telaluu (*os talus*). (Ahonen 2014, 70 - 71.)



Kuva 3. Jalkaterän nivel-linjat (Gilroy ym. 2014, 426).

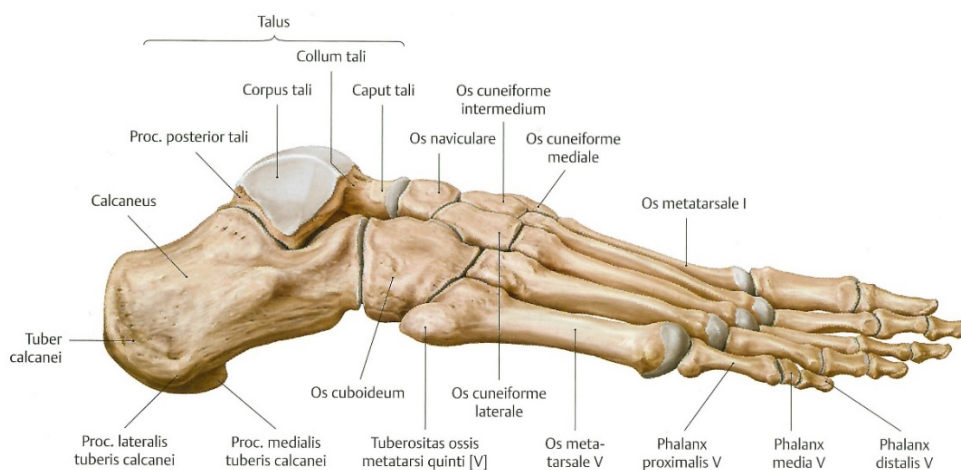
I-varpaan kaksi luuta, sekä tyvi- ja kärkijäsen niveltyvät *interfalangeaalinielen* (IP-nivel) avulla toisiinsa (kuva 3). Nivelessä tapahtuva liike on koukistus, eli fleksio. IP-nivelessä tapahtuu sen lisäksi myös lievästi asennon kääntymistä valgukseen, nivelen rakenteesta johtuen. Tyvijäsen niveltyy *metatarsofalangeaalinielen* (MTP-nivel) avulla ensimmäiseen jalkapöytäluuhun, nivelessä tapahtuvia liikkeitä ovat koukistus (fleksio), ojennus (ekstensio), loitonnuks (abduktio) ja lähennys (adduktio). Kuvassa 4 voidaan nähdä I-varpaan ja koko jalkaterän luinen rakenne sisäpuolelta. I-varpaan osuus on merkittävä jalkaterän toiminnan kannalta. Suurin syy I-varpaan tärkeyteen on sen yli kulkeva pää-  
töstukivaihe. Mikäli I-varpaan tyvinivelen liikelaajuus olisi rajoittunut niin normaalissa askelluksessa jalkaterä ei suuntautuisikaan suoraan eteenpäin vaan se kompensoisi liikevajaustaan askelvirheellä. I-varpaan tyvinivelessä tapahtuvan ojennuksen on oltava liikelaajuudeltaan eri lähteiden mukaan 45-70 astetta, varmistaakseen askeleen oikeaoppisen rullautumisen eteenpäin. II-IV varpaissa on kolme jäsentä sekä kaksi varvasniveltä, joita ovat kärkinivel eli distaalinen *interfalangeaaliniel* (DIP) ja tyvinivel eli proksimaalinen *interfalangeaaliniel* (PIP). Tyvijäsenet liittyvät jalkapöydänluihin päkiänivelen avulla. Kärki- ja tyvinivelessä tapahtuva liike on koukistus, kun taas päkiänivelissä tapahtuva liike koukistuksen lisäksi on ojennus. Jalkaterän etuosan toimintahäiriöitä ja virheasentoja voidaan pyrkiä ehkäisemään niveliin vaikuttavien lihasten optimaalisella toiminnalla ja hyvällä lihastasapainolla. (Ahonen 2014, 72 - 76.)



Kuva 4. Jalkaterän luinen rakenne mediaali puolelta (Gilroy ym. 2012, 425).

Jalkaterän keskiosan muodostavat viisi luuta, joita ovat veneluu (*os naviculare*), kuutioluu (*os cuboideum*) ja kolme vaajaluuta (*cuneiformet*) (kuvat 1 ja 2). Kuutioluu ja veneluu ovat osa keskitarsaaliniveltä (*chopartin nivel*) (kuva 3). Kolme vaajaluuta ja kuutioluu muodostavat keskenään tukevan holvirakenteen jalkaterän keskialueelle kiilamaisen rakenteensa ansiosta (Liukkonen ym. 2014, 46). Nilkan supinoidessa jalan ulkokaari nousee muodostaen jäykän poikittaisen holvikaaren, kun taas nilkan pronatoidessa tapahtuu holvirakenteen löystyminen ja kuutioluiden väliset nivelet joustavat osana jalkaterän tehokasta iskunvaimennusjärjestelmää. Pronaation ja supinaation aikana veneluun liike mukailee telaluussa syntyvää liikettä, ja on näin ollen helposti palpoitavissa. Veneluun yhtenä tärkeänä tehtävänä onkin toimia voimavälittäjänä jalkaterän takaosan ja etuosan välillä. (Ahonen 2014, 74 - 75.)

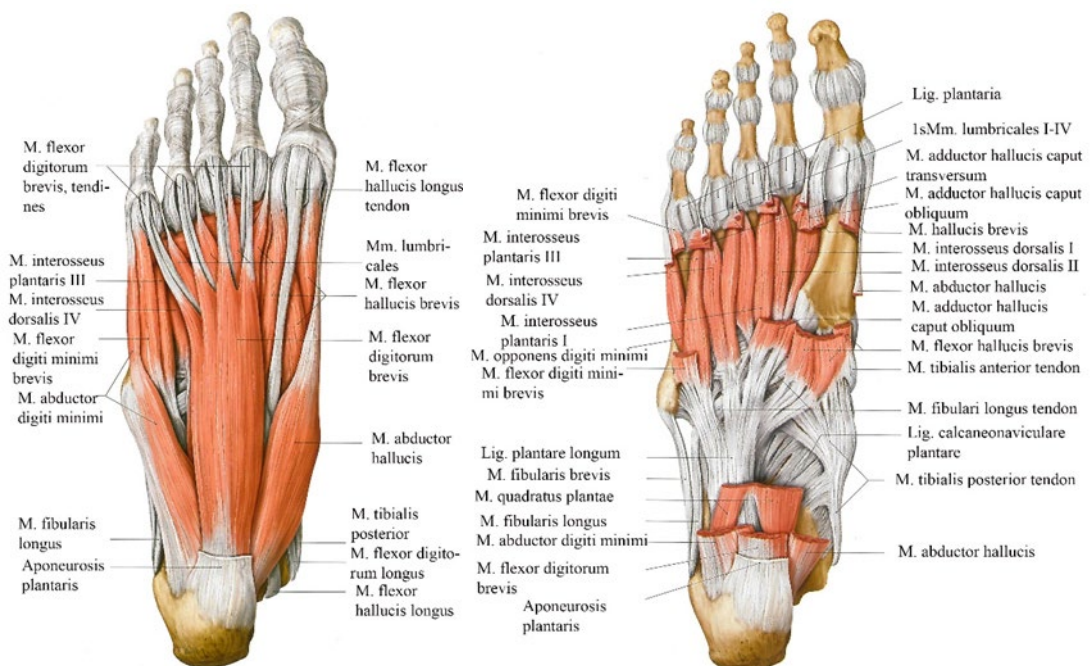
Jalkaterän takaosan muodostavat jalkaterän suurin luu, eli kantaluu (*calcaneus*), telaluu (*talus*) ja nilkkanivelet (kuvat 4 ja 5). Kantaluulla on useita tehtäviä, jotka vaikuttavat meidän jokapäiväiseen liikkumiseemme. Pystyasennossa kantaluu toimii kehon painon jakajana yhdessä jalkaterän etuosan päkiänivelen kanssa. Muita kantaluulle tärkeitä tehtäviä ovat pitkittäiskaaren takimmaisimpana tukipisteenä toimiminen, jalkaterän yhdistäminen sääreen yhdessä telaluun kanssa sekä akillesjänteen kiinnityskohtana toimiminen. Kantaluu niveltyy etuosastaan kuutioluuhan osana jäykkää ulkokaaren rakennetta. Telaluu on vahvasti tuettu nivelsiteillä, eikä siihen näin ollen kiinnity lainkaan lihasten jänteitä. Telaluun liike on riippuvainen ympäröivien luiden ja lihasten voimista, painovoimista sekä alustaan kohdistuvista reaktivoimista (Ahonen 2014, 74 - 75.)



Kuva 5. Jalkaterän luinen rakenne lateraali puolelta (Gilroy ym. 2012, 424).

## 2.2 Jalkaterän pehmytkudokset

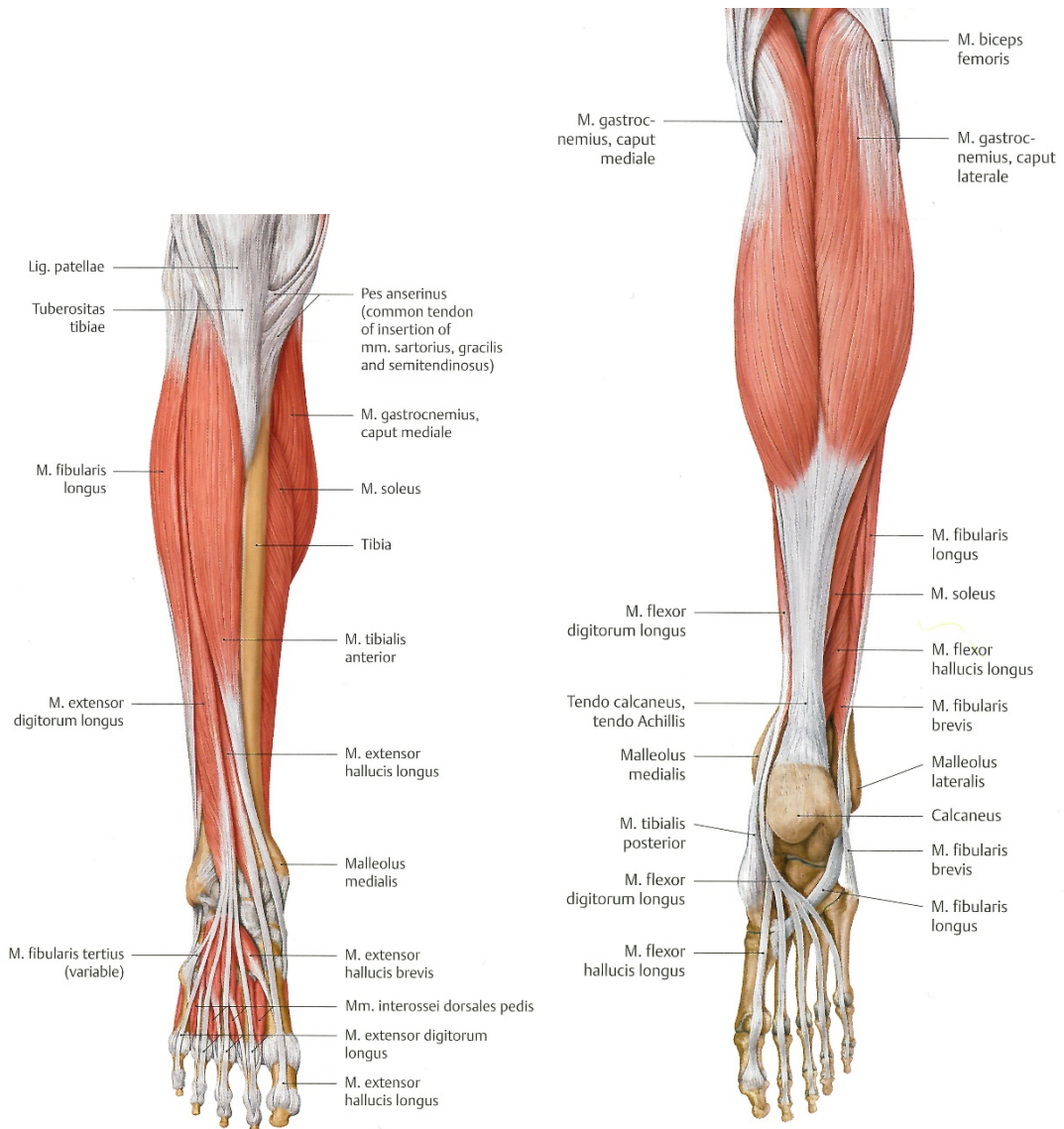
Jalkaterän lihakset ovat verrattavissa käsien lihaksiin rakenteidensa puolesta. Jalkaterästä löytyvät samanlaiset luunväli- ja käämilihakset kuin käsistä. Suurin ero löytyy kuitenkin lihasten toiminnasta, sillä jalkaterän lihakset pystyvät liikkuttamaan varpaita huomattavasti vähemmän kuin käsien lihakset sormia. Yksi syy lihastoiminnan eroille on jalkaterän erikoistuminen ainoastaan astumiseen. Jalkaterän lihakset sijaitsevat pääasiassa jalkaterän plantaaripuolella, sekä jalkapohjan kalvojänteen, että jalkaterän luiden välissä (kuva 6). Lihasten päätehtäviin kuuluu jalkaholvien tukeminen. (Nienstedt ym. 2009, 160.)



Kuva 6. Jalkapohjan lihaksista I kerros ilman kalvojäntettä ja IV kerros muut kerrokset leikattuina (Gilroy ym. 2012, 436,438).

Jalkaterän pääasiallisista liikkeistä vastaavat puolestaan 12 extrinsic-lihasta, joiden lähtökohta on sääressä ja kiinnityskohdat jalkaterässä (kuva 7). Kyseiset lihakset voidaan jakaa 4 lihasaitioon. Etummaiseen lihasaitioon kuuluvat etummainen säärilihas (*m. tibialis anterior*), I-varpaan pitkä ojentajalihas (*m. extensor hallucis longus*), varpaiden pitkä ojentajalihas (*m. extensor digitorum longus*) ja pieni pohjeluulihhas (*m. fibularis tertius*). Näistä lihaksista *m. tibialis anterior* sekä *m. extensor hallucis longus* tuottaa jalkaterälle koukistus-suuntaista liikettä (dorsifleksio) ja sisäänpäin kääntymistä (inversiota). *M. fibularis tertius* tuottaa jalkaterän dorsifleksiota ja ulospäin kääntymistä (eversiota). *M.*

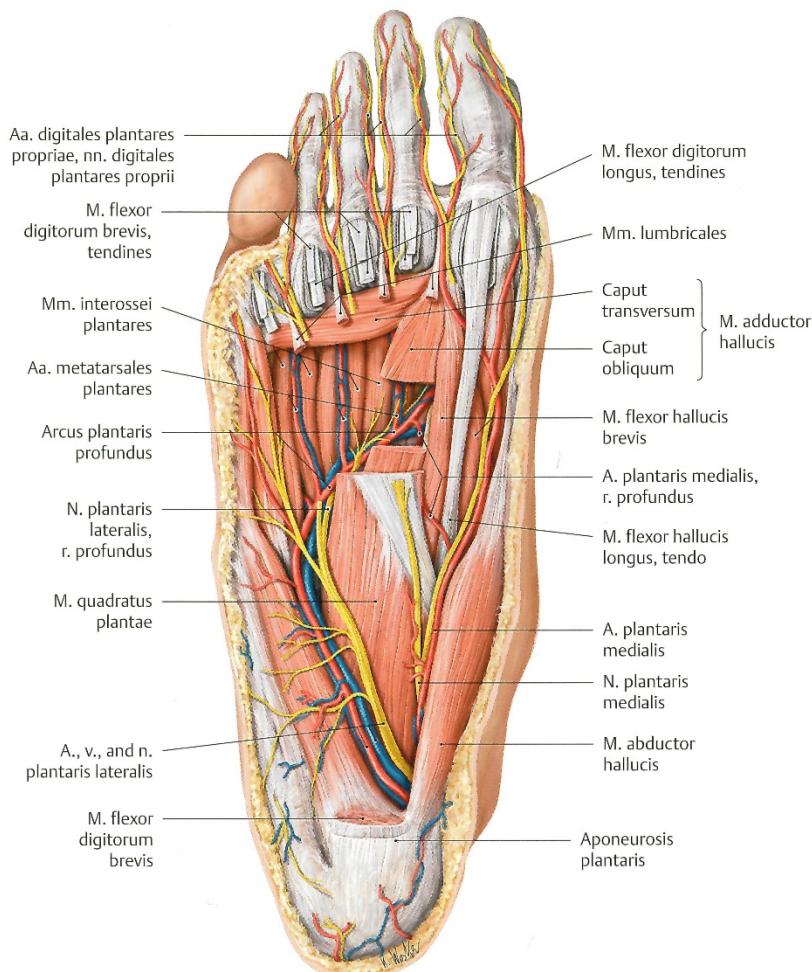
*extensor digitorum longus* liikuttaa jalkaterää ainoastaan dorsifleksio-suuntaan. Lateraaliseen lihasaitioon kuuluu 2 lihasta. Pitkä pohjeluulihäs (*m. fibularis longus*) ja lyhyt pohjeluulihäs (*m. fibularis brevis*), jotka tuottavat jalkaterälle plantaarifleksio- sekä eversiosuuntaisen liikkeen. Takimmainen lihasaitio koostuu 3 lihaksesta, jotka ovat kaksoiskantalihas (*m. gastrocnemius*), leveä kantalihas (*m. soleus*) sekä hoikka kantalihas (*m. plantaris*). Nämä lihakset ovat jalkaterän voimakkaimmat ojentajat (plantaarifleksorit). Syvään takimmaiseen lihasaitioon kuuluvat takimmainen säärilihas (*m. tibialis posterior*), I-varpaan pitkä koukistajalihas (*m. fleksor hallucis longus*) sekä varpaiden pitkä koukistajalihas (*m. fleksor digitorum longus*). Nämä lihakset tuottavat jalkaterään plantaarifleksio- sekä inversiosuuntaista liikettä. (Brockett & Chapman 2016.)



Kuva 7. Säärin etu- ja takaosan lihaksistoa (Gilroy ym. 2012, 416,418).

## Jalkaterän tärkeimmät hermot

Lanne-ristipunksesta lähtevät kaikki alaraajoihin menevät hermot. Alaraajojen suurin hermo on lonkkahermo (*n. ischiadicus*), se kulkee syvällä lihasten välissä reiden takapuolella ulottuen aina jalkaterään asti. Lonkkahermo haarautuu muodostaen polven yläpuolelta tulevan säärihermon (*n. tibialis*) ja yhteisen pohjehermon (*n. peroneus communis*). Säärihermon tehtävä on hermottaa pohkeessa sijaitsevia lihaksia, jotka saavat aikaan varpaiden ja nilkan ojennuksen eli plantaarifleksion. Säärihermo vastaa myös tuntohermotuksesta jalkapohjan ja pohkeen osalta. Yhteinen pohjehermo haarautuu pinnalliseksi (*n. peroneus superficialis*) sekä syväksi haaraksi (*n. peroneus profundus*). Syvän haaran tehtävä on hermottaa säären etupuolella olevia varpaiden sekä nilkan koukistukseen vaikuttavia lihaksia ja saaden aikaan dorsifleksion. Pinnallisen haaran tehtävä on vastata tuntohermotuksesta säären lateraalipuolen ja jalkapöydän osalta. (Leppäluoto ym. 2017, 411.)

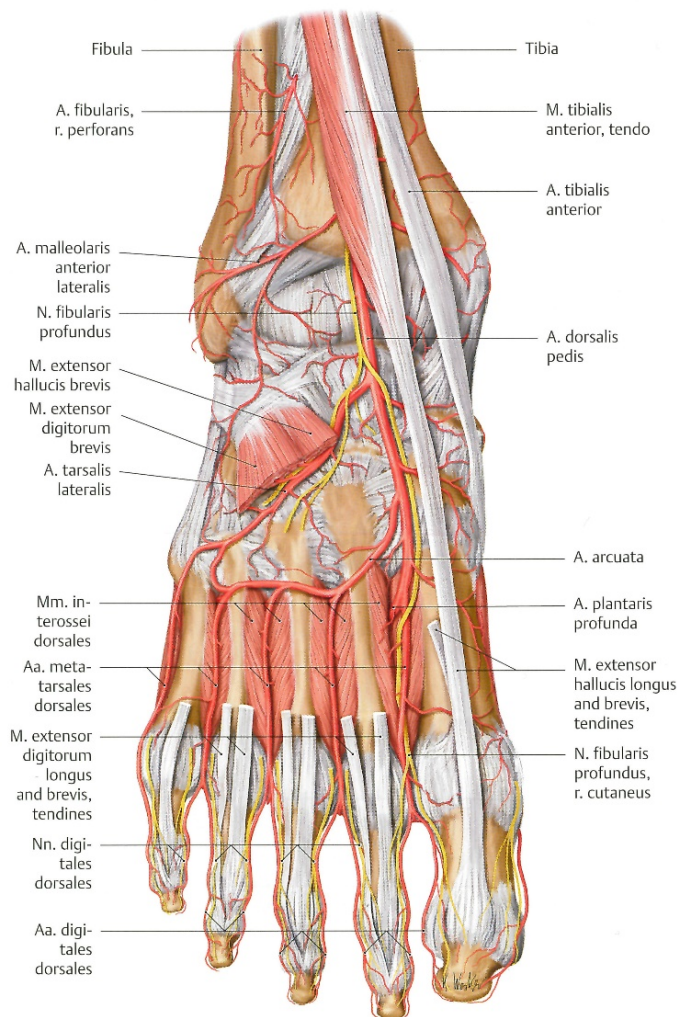


Kuva 8. Jalkapohjan verisuonistoa ja hermostorakennetta (Gilroy ym. 2012, 471).



### **Jalkaterän tärkeimmät verisuonet**

Verenkierto alaraajojen osalta koostuu verta sisään tuovasta valtimoverenkierrosta sekä verta ulospäin kuljettavasta laskimoverenkierrosta. Valtimoveri kulkee reisivaltimoa (*arteria femoralis*) pitkin alaraajaan asti. Reisivaltimon kulku menee sisäkautta alas kohti polvitaivetta, jossa se muuttuukin polvitaivevaltimoksi (*arteria poplitea*). Kyseinen polvitaivevaltimo haarautuu säären yläosassa etumaiseen (*arteria dorsalis pedis*) ja takimmaiseen (*arteria tibialis posterior*) sääriivaltimoon (kuvat 8 ja 9). Etumainen sääriivaltimo on valtimoista se, joka tuo verta säären etuosaan, jalanselkään sekä varpasiin. Takimmaisesta sääriivaltimosta haarautuu myös pohjevaltimo, joka pitää huolen muun muassa pohkeen lihaksien veren saannista. Takimmainen sääriivaltimo kiertää sisäkehräksen (*malleolus medialis*) takaa jalkapohjaan asti, muodostaen siellä valtimokaaren. Valtimokaareen tulee myös verta etumaisesta sääriivaltimosta, joka myös itsessään muodostaa oman kaarensa jalanselkään. Terveellä ihmisellä riittävän verenkierron saavuttamiseksi jalkaterässä, riittää että toinen jalkaterän valtimoista toimii normaalisti. (Nienstedt ym. 2009, 208 - 209.)

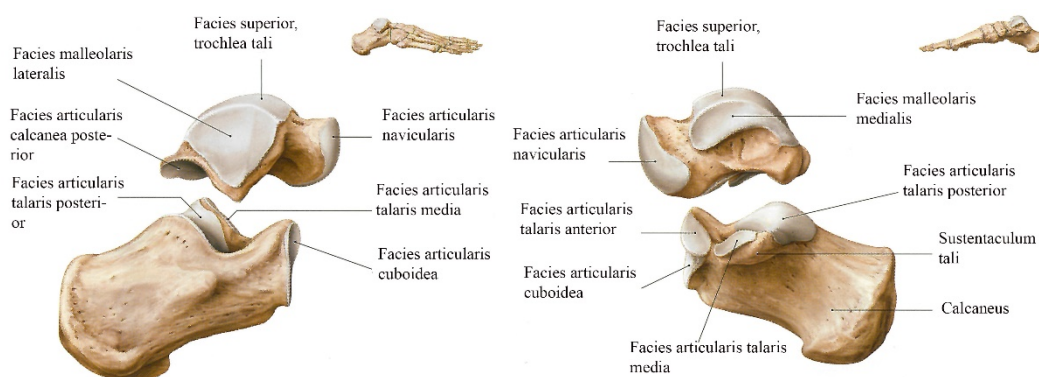


Kuva 9. Jalkapöydän verisuonistoa ja hermostoa (Gilroy ym. 2012, 469).

Laskimoverenkierto jaetaan pinnalliseen ja syvään laskimojärjestelmään. Pinnalliset laskimot ovat kliinisesti hyvinkin tärkeitä niihin mahdollisesti syntyvien suonikohjujen takia. Tärkeimmät laskimot ovat iso iholaskimo (isosafeena), pieni iholaskimo (pikkusafeena) sekä pinnallisten ja syvien laskimoiden välillä olevat yhdyssuonet. Isosafeena (*vena saphena magna*) alkaa sisäkehräksen (*malleolus medialis*) edestä ja kulkee alaraajan sisä sivua pitkin kohti nivustaivetta, jossa se laskee syvälle reisilaskimoon. Pikkusafeena, eli säären pieni iholaskimo (*vena saphena parva*) alkaa vastaavasti ulkokehräksen (*malleolus lateralis*) takaa kulkien kohti polvitaivetta, jossa se laskee syvään laskimoon. Syvät laskimot jatkavat saman nimisten valtimoiden seuraamista joko yksittäin tai pareina. (Nienstedt ym. 2009, 209 - 210.)

### 3 SUBTALAARINIVEL

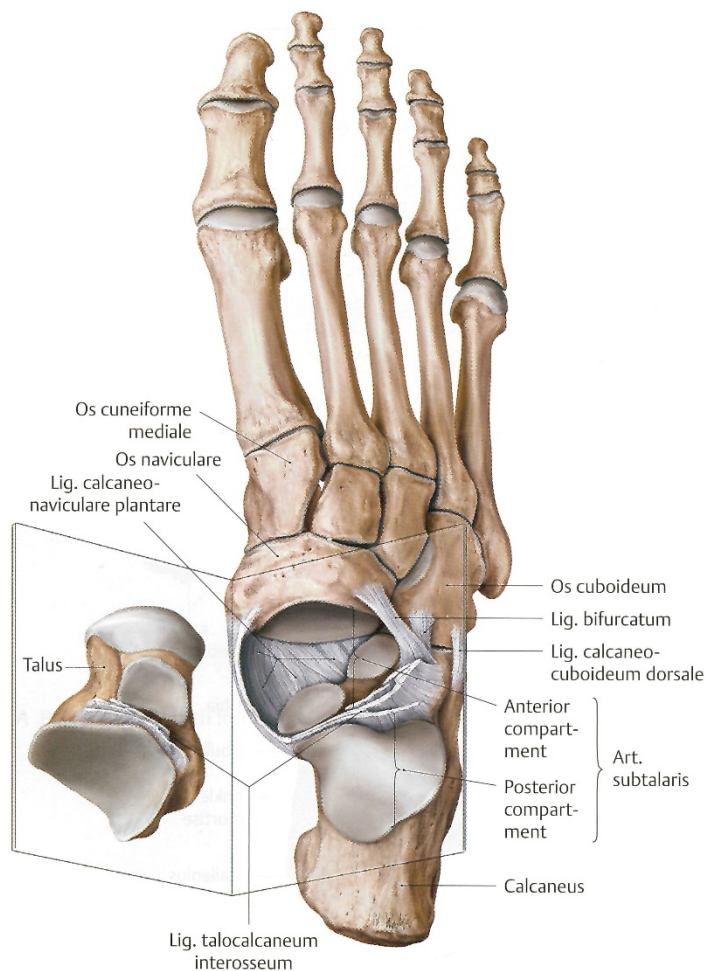
Subtalaarinivel sijaitsee jalkaterän luisista rakenteista kantaluun ja telaluun välissä (kuva 10). Se on rakenteeltaan ja toiminnaltaan monimutkainen kompleksiksi. Subtalaarinivelen rakenne vaihtelee merkittävästi eri yksilöiden välillä. (Krähenbühl ym. 2017.) Subtalaarinivelestä käytetään myös termejä alempi nilkkanivel, talocalcaneaalinenivel tai lyhennettä st-nivel (Ahonen 1998, 228). Tässä opinnäytetyössä käytetään kyseisistä termeistä subtalaariniveltä.



Kuva 10. Kanta- ja telaluun luinen rakenne lateraali- ja mediaalisivuilla (Gilroy ym. 2012, 431).

Subtalaarinivelen luisista rakenteista kantaluu sijaitsee telaluun alapuolella ja on jalkaterän suurin ja kestävin luu (Brocket & Chapman 2016). Kantaluun takaosaan alempaan kolmanteen kiinnittyy akillesjänne, joka välittää voimakkaimpien jalkaterän ojentajalihasten voiman (Dawe & Davis 2011). Kantaluun yläpinnalla sijaitsevat kolme nivelpintaa, jotka nivELYVÄT telaluun vastaaviin nivelpintoihin. Anatomisesti muodoltaan ja kooltaan nivelpinnat vaihtelevat yksilöittäin. Kantaluun nivelpinnoista etummainen ja keskimäinen ovat muodoltaan koveria, kun taas takimmainen nivelpinta on kupera. Takimmainen nivelpinta on myös suurin kolmesta nivelpinnoista ja sen erottaa etummaisesta sekä keskimäisestä nivelpinnasta *interosseus talocalcaneal ligamentti* (kuva 11). Kantaluun sisäreunalla sijaitsee *sustentaculum tali*, joka muodostuu suureksi osaksi keskimäisestä nivelpinnasta ja se tarjoaa myös tuen sekä liukumapinnan *tibialis posterior*, *flexor hallucis longus* ja *flexor digitorum longus* lihasten jänteille. (Krähenbühl ym. 2017.)

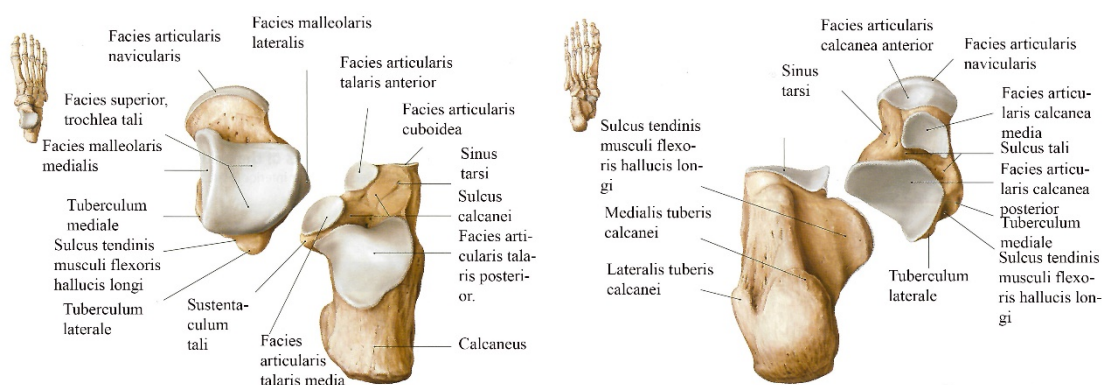
Kantaluun etupuolella on S-kirjaimen muotoinen nivelpinta, joka on sisemmän puoleiselta pinnalta kovera ja ulommaiselta pinnalta kupera. Nivelpinta niveltyy yhteen kuutioluun kanssa. Alapuolella takaosassa sijaitsee kaksi luista kyhmyä, sisempi ja ulompi, jotka välittävät alustan tukivoiman. Kantaluun ulko-reunalla enemmän etupinnalla on luinen kohouma, joka erottelee fibularis-jänneet. Kantaluuhun kiinnittyy lisäksi useita jalkaterän alapuolella olevia pienempiä intrinsic-lihaksia (Calais-Germain 2008, 267, 281 - 285).



Kuva 11. Subtalaarinivelen nivelpinnat ja ligamentit (Gilroy ym. 2012, 430).

Subtalaarinivelen toinen luinen rakenne, telaluu lepää kantaluun etuosan päällä (Brockett & Chapman 2016). Telaluu sisältää rakenteeltaan runko-osan, kaulan ja pään. Sen pinta-alasta jopa 60 % on nivelpintaa, koska se muodostaa kantaluun lisäksi nivelpinnat veneluun sekä sääriluun ja pohjeluun kanssa. Huomioitavaa on myös, että telaluu ei kiinnity ainuttakaan lihasta tai jännettä. Telaluu on myös runko-osan rakenteeltaan keskimäärin 2,4 mm leveämpi etuosata kuin takaosasta. (Dave & Davis 2011.)

Subtalaarinivelen telaluun puoleisella pinnalla eli telaluun alapuoleisella pinnalla sijaitsevat kantaluun vastaavat nivelpinnat, joita yleisesti on kolme. Takaosan nivelpinta, joka niveltyy kantaluun vastaavan osan kanssa, on muodoltaan kovera (kuva 12). Telaluun alapinnan etummainen ja keskimmäinen nivelpinta muodostavat subtalaarinivelen etummaisen osan. (Jastifer & Gustafson 2014.) Etummainen ja keskimäinen nivelpinta telaluussa ovat muodoltaan kuperia ja niveltyvät siten kantaluun vastaaviin koveriin nivelpintoihin (Brockett & Chapman 2016). Telaluun etummainen nivelpinta jatkuu sen päähän, jossa se niveltyy veneluun koveraan nivelpintaan. Telaluun rungon takaosassa alapuolella sijaitsevat sisempi ja ulompi luinen kyhmy, joidenka väliin jää uurre mistä kulkee *flexor hallucis longus* lihaksen jänne. Kantaluun sisäreunalla oleva huomattava luinen ulkonema, *sustentaculum tali* muodostaa telaluun sisäreunaa tukevan rakenteen. Telaluun ja kantaluun tarkemmin takimmaisten ja etummaisten nivelpintojen väliin jää uurre, jota kutsutaan *sinus tarsi*. Kyseisessä uurteessa sijaitsee aikaisemmin mainittu *interosseus talocalcaneal ligamentti*. (Calais-Germain 2008, 267 - 269, 274.)



Kuva 12. Subtalaarinivelen nivelpinnat ja luisia rakenteita (Gilroy ym. 2012, 431).

### 3.1 Subtalaarinivelen rakenne

Subtalaarinivelen anatomista rakennetta on tutkittu useissa tutkimuksissa ja erityisesti sen nivelpintoja (Namburu ym. 2017; Jung ym. 2015; Barbaix ym. 2000; Bilodi 2006; Garg ym. 2013; Uygur ym. 2009). Sen monimutkaisen rakenteen ja toiminnan vuoksi on tärkeää ymmärtää, miten erilainen anatominen rakenne vaikuttaa subtalaarinivelen toimintaan. Tämä auttaa terapeutteja ymmärtämään paremmin perusteita eri tutkimus- ja hoitomenetelmille. (Garg ym. 2013.)

Namburu ym. (2017) tutkivat *A study of Morphology of talus and its calcaneal facets* tutkimuksessaan 84 (40 oikean, 44 vasemman) telaluun anatomista rakennetta. Telaluun muodon analysointi sisälsi pituuden, leveyden ja korkeuden mittaamisen jokaisesta luusta ja mittaaminen suoritettiin digitaalisella kalibroidulla työntömitalla. Lukuarvojen vaihteluväli, keskiarvo ja keskihajonta laskettiin. Telaluun telan levennykset ja laskevat nivelpinnat huomioitiin sekä frekvenssi, missä ne esiintyvät, kirjattiin ylös. (Namburu ym. 2017.)



Kuva 13. Oikean jalan telaluiden nivelpintatyyppejä (Namburu ym. 2017).

Namburu ym. (2017) käyttivät tutkimuksessaan vastaavaa kantaluun nivelpintojen luokittelua, jota Arora ym. (1979), Kaur ym. (2011), Garg ym. (2013) sekä Chandra & Prabavathy (2014) käyttivät omissa tutkimuksissaan. Kyseisessä luokittelussa nivelpintojen anatominen rakenne luokitellaan viiteen eri tyyppiin (kuva 13) ja tyyppi 5 sisältää vielä a-, b- ja c-alatyypit (kuva 14). Tyypissä 1 telaluun etummainen ja keskimmainen nivelpinta ovat kokonaan yhdistyneet. Tyypissä 2 telaluun etummaista ja keskimmäistä nivelpintaa erottaa harjanne. Tyypissä 3 etummaista ja keskimmäistä nivelpintaa erottaa osittain harjanne ja osittain uurre. Tyypissä 4 telaluun etummainen ja keskimmainen nivelpinta erottuvat toisistaan täysin luisella uurteella. Näissä neljässä ensimmäisessä tyypissä kantaluun takimmainen nivelpinta on kokonaan erillään etummaisesta ja keskimmäisestä nivelpinnasta. Tyypissä 5 keskimmainen ja takimmainen nivelpinta ovat yhdistyneet sekä a-, b-, c-alatyypit eroavat etummaisesta nivelpinnan perusteella. 5a-tyypissä keskimmainen ja takimmainen nivelpinta ovat sulautuneet yhdeksi nivelpinnaksi. 5b-tyypissä etummainen ni-

velpinta erottuu uurteella yhdistyneistä keskimmäisestä ja takimmaisesta nivelpinnasta. 5c-typissä etummainen nivelpinta erottuu harjanteella yhdistyneistä keskimmäisestä ja takimmaisesta nivelpinnasta. (Namburu ym. 2017.)



Kuva 14. Vasemman jalan telaluiden nivelpintatyyppejä (Namburu ym. 2017).

Tutkimuksen tulokset telaluun rakenteesta näkyvät taulukosta 1. Siinä saatiin telaluun pituuden keskiarvoksi 5,33 cm ja keskihajonnaksi 0,46 cm. Pituus mitattiin telaluun etummaisimmasta ja takimmaisimmasta pisteestä. Vaihteluväli oli 4,24 - 6,63 cm. Telaluun leveyden keskiarvo oli 3,79 cm ja keskihajonta 0,3 cm. Leveys mitattiin telaluun leveimmästä kohdasta ja vaihteluväli leveydelle oli 3,09 - 4,35 cm. Telaluun korkeuden keskiarvo oli 2,52 cm ja keskihajonta 0,2 cm. Korkeus mitattiin telaluun alimmasta ja ylimmästä pisteestä ja vaihteluväli oli 1,95 - 2,95 cm. Aikaisemmissa tutkimuksissa kuten Ari ym. (2009), Gautham ym. (2013), Omar ym. (2015), Mahato & Murthy (2012) ja Motagi ym. (2014) telaluun pituus vaihteli keskiarvillisesti 5,23 - 5,72 cm välillä. Samoissa tutkimuksissa telaluun leveyden vaihteluväli keskiarvillisesti oli 2,9 - 4,91 cm välillä. Telaluun korkeutta oli yllämainituissa tutkimuksissa mitattu vain Omar ym. (2015) ja siinä keskiarvoksi oli saatu 2,93 cm. (Namburu ym. 2017.)

Taulukko 1. Telaluun rakenteen morphometriset mitat.

Tutkimus	Parametri	Keskiarvo (cm)	Keskihajonta	Vaihteluväli (cm)
Namburu ym. (2017)				
	Telaluun max. pituus	5,33	0,46	4,24-6,63
	Telaluun max. leveys	3,79	0,3	3,09-4,35
	Telaluun max. korkeus	2,52	0,2	1,95-2,95
Ari ym. (2009)				
Gautham ym. (2013)				
Omar Ym. (2015)				
Mahato & Murthy (2012)				
Motagi ym. (2014)				
	Telaluun max. pituus	5,23-5,72		
	Telaluun max. leveys	2,9-4,91		
	Telaluun max. korkeus	2,93 (vain Omar ym. (2015))		

Kantaluun nivelpintojen osalta tyyppin 1 rakennetta löytyi eniten. Sen osuus koko tutkimusotoksesta oli 52,4 % (n=44). Tyyppin 2 rakennetta löytyi toiseksi eniten ja sen osuus oli 32,1 % (n=27) otoksesta. Muita rakennetyyppejä löytyi hajanaisia määriä. Aikaisemmissa vastaavanlaisissa Intialaisissa tutkimuksissa Arora ym. (1979), Bilodi ym. (2006), Kaur ym. (2011), Garg ym. (2013) ja Chandra & Prabavathy (2014), joissa on tutkittu kantaluun nivelpintojen rakennetta, on löytynyt vastaavanlaisia tuloksia kuin tässä tutkimuksessa. Tyyppin 1 ja tyyppin 2 rakennetta löytyi kaikista tutkimuksista eniten, poikkeuksena Bilodi ym. (2006), jotka löysivät toiseksi eniten tyyppin 5 rakennetta. Kaur ym. (2011) sekä Chandra & Prabavathy (2014) löysivät tyyppin 1 rakennetta tutkimusotoksista eniten. Lukuarvoina 45 % ja 42 %. Garg ym. (2013), Bilodi (2006) ja Arora ym. (1979) puolestaan löysivät tutkimusotoksistaan tyyppin 2 rakennetta eniten. Prosentuaaliset osuudet olivat järjestyksessä 43,7 %, 50 % ja 78 % (Namburu ym. 2017).

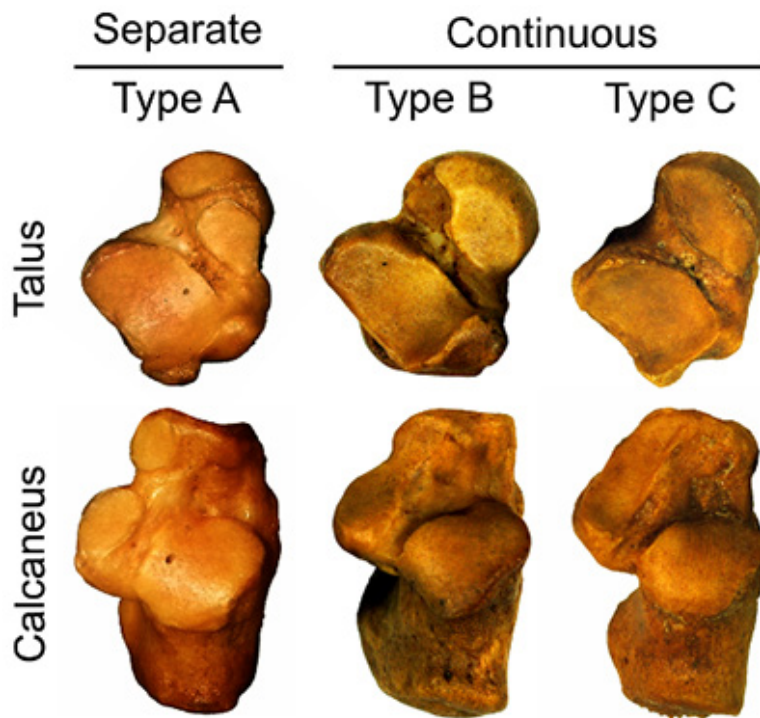
Namburu ym. (2017) mukaan subtalaarinivelen vakaus ja liikkuvuus riippuu kantaluun ja telaluun nivelpintojen lukumäärästä, joilla ne yhdistyvät toisiinsa. Suurempi määrä nivelpintoja tekee nivelestä vakaamman ja nivelpintojen osalta kolmijalka tyyppisen. Yhdistyneet nivelpinnat yhdeksi isoksi tekee nivelestä epävakaamman. Samaan käsitykseen ovat tulleet aikaisemmissa tutkimuksissa Bruckner (1987), Drayer-Verhagen (1993) ja Garg ym. (2013). Namburu ym. (2017) toteavat tutkimuksessaan, että telaluun morphometriset mitaukset ovat vertailukelpoisia aikaisempiin intialaisiin tutkimuksiin. Esiintyvyy-



den vaihtelu kantaluun nivelpintojen, laskevien nivelpintojen sekä telaluun telan levennyksien osilta voivat olla ominaista rodullisten, geneettisten, ympäristöllisten ja koulutuksellisten tekijöiden kautta. Kaur ym. (2011) puolestaan päättelivät, että nivelpintojen rakenteelliset eroavaisuudet voivat johtua eri tyyppisistä väestöistä, yksilön kävelystä ja lihaksistosta tai asumispaikasta kuten eläminen tasaisilla tai mäkisillä alueilla.

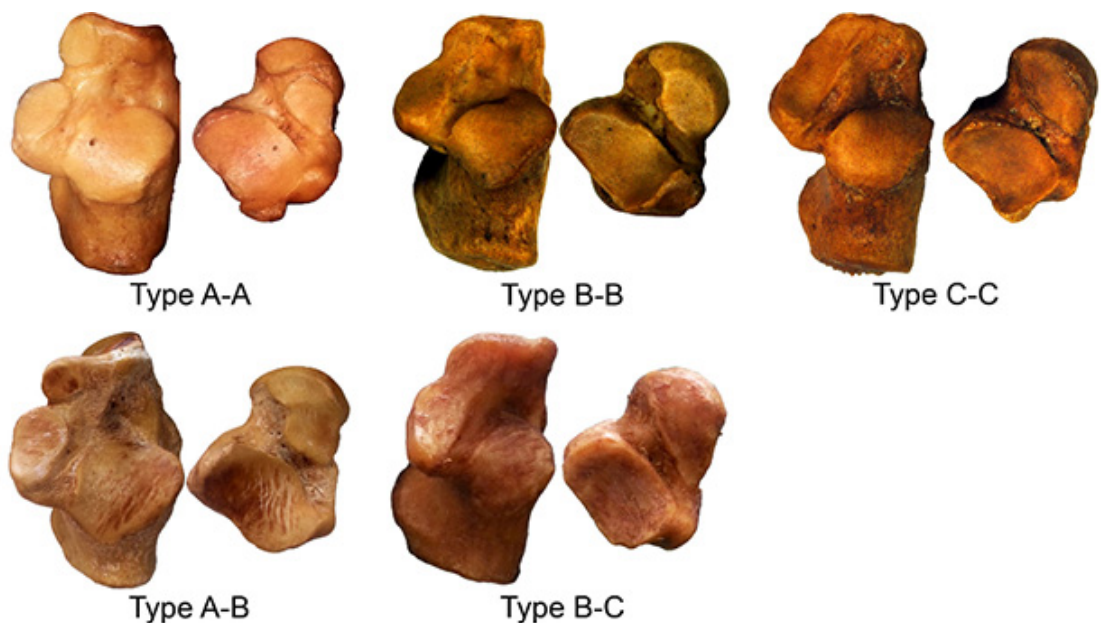
Edellä kuvattu tutkimus (Namburu ym. 2017) telaluun rakenteesta ja nivelpintojen tyypeistä oli intialainen tutkimus ja tutkimuksessa oli useita viittauksia toisiin intialaisiin vastaaviin tutkimuksiin. Laajemman kuvan ja paremman luotettavuuden näkökulmasta analysoitiin eteläkorealainen tutkimus *Types of subtalar joint facets*. Kyseisessä tutkimuksessa Jung ym. (2015) tutkivat 118 kantaluun ja telaluun muodostaman parin nivelpintoja. Tutkimuksessa määriteltiin myös etummaisen ja keskimmäisen nivelpintojen erotusaste verrattuna täysin erillään oleviin etummaiseen ja keskimmäiseen nivelpintaan sekä täysin yhdeksi sulautuneisiin etummaiseen ja keskimmäiseen nivelpintaan. Tutkimuksessa laskettiin myös kantaluun ja telaluun etummaisen ja keskimmäisen nivelpintojen leikkauskulma sekä mitattiin tarsaalikanaalin leveys. Tilastokuvaukset luotiin kaikille muuttujille kuten keskiarvolle, keskihajonnalle ja vaihteluväleille. Luiden nivelpintojen tyypit, leikkauskulmat ja tarsaalikanaalin leveys varmistettiin Khiin neliön testillä sekä Anovan (Analysis of variance) avulla. (Jung ym. 2015.)

Tutkimuskohteen luut oli saatu 68 eteläkorealaiselta aikuiselta (21-101-vuotiaalta) ruumiilta. Jung ym. (2015) käyttivät luiden tyyppien luokitteluun Namburu ym. (2017) tutkimuksen luokittelusta poikkeavaa menetelmää. Jung ym. (2015) luokittelivat telaluun ja kantaluun kolmeen eri tyyppin luokkaan (kuva 15). Tyypissä A kaikki kolme nivelpintaa ovat erillään, Tyypissä B etummainen ja keskimmäinen nivelpinta ovat osittain yhdistyneet, mutta takimmainen nivelpinta on erillään ja tyypissä C etummainen ja keskimmäinen nivelpinta ovat yhdistyneet yhdeksi nivelpinnaksi, mutta takimmainen nivelpinta on erillään. (Jung ym. 2015.)



Kuva 15. Telaluu-kantaluu nivelpintarakenteet (Jung ym. 2015).

Jung ym. (2015) saivat tutkimuksen tuloksina, että kantaluun nivelpintojen rakenteista tyyppiä A oli tutkimusotoksesta eniten (39 %). Tyyppiä B oli 32 % ja tyyppiä C 28,8 %. Telaluun osalta tyyppiä B löytyi eniten tutkimusotoksesta (46,6 %). Tyyppiä C oli 42,4 % ja tyyppiä A, jota oli kantaluun osalta eniten, oli vain 11%. Tutkimuksessa listattiin myös tela-kantaluu parit (kuva 16). C-C-tyyppin pareja löytyi eniten (28,8 %), A-B-tyyppin pareja 28 % ja kolmanneksi eniten B-B-tyyppin pareja (18,6 %). (Jung ym. 2015.)



Kuva 16. Kanta-telaluu parien nivelpintarakennetyypit (Jung ym. 2015).

Etummaisen ja keskimmäisen nivelpinnan väliltä laskettiin erotusaste (kuva 17). Täysin erillään oleville tyypin A kantaluulle ja telaluulle annettiin sattumanvaraisesti arvo 2,00. Tyypin C vastaaville luille, jossa nivelpinnat ovat sulautuneet täysin yhdeksi nivelpinnaksi annettiin sattumanvaraisesti arvo 1,00. Laskentakaavana käytettiin  $1,00 + \text{osien leveys}$ , jotka eivät ole yhdistyneet nivelpintana. Kyseinen summalauseke jaettiin etummaisen ja keskimmäisen nivelpinnan kokonaisleveydellä. Taulukosta 2 voidaan nähdä kanta- ja telaluun eri tyypeille sekä näiden yhdistelmille lasketut erotusasteet. Koska tyypin A rakenteet saivat aina arvon 2,00 ja tyypin C rakenteet aina arvon 1,00, saatiin laskemalla tyypin B arvot. Kantaluuden osalta erotusaste oli keskimäärin  $1,43 \pm 0,15$  ja telaluuden osalta  $1,45 \pm 0,12$ . Samat laskutoimitukset laskettiin myös kantaluun ja telaluun muodostamille pareille. Koska A-A-tyypin parit saivat arvon 2,00 ja C-C-tyypin parit arvon 1,00 laskettiin arvot muille yhdistelmille. A-B-tyypille erotusaste oli keskimäärin  $1,74 \pm 0,09$ , B-B-tyypille  $1,45 \pm 0,09$  ja B-C-tyypille  $1,18 \pm 0,07$ . (Jung ym. 2015.)

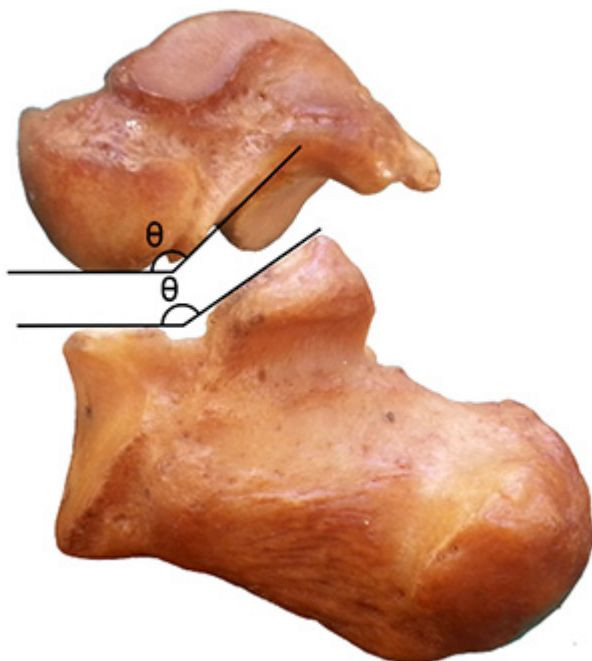


Kuva 17. Telaluun (ylempi) ja kantaluun erotusasteen mittauskohdat (Jung ym. 2015).

Taulukko 2. Kanta- ja telaluun sekä näiden yhdistelmien keskiarvolliset erotusasteet.

Kanta-/telaluu tyyppi	Kantaluu	Telaluu	Keskiarvo
A	2.00±0.00	2.00±0.00	
B	1.43±0.15	1.45±0.12	
C	1.00±0.00	1.00±0.00	
A-A			2.00±0.00
A-B			1.74±0.09
B-B			1.45±0.09
B-C			1.18±0.07
C-C			1.00±0.00

Yleensä telaluun etummainen ja keskimmäinen nivelpinta muodostavat kupe-  
 ran kulman, jota erottaa luinen harjanne. Kantaluun vastaavien nivelpintojen  
 välissä on tyypillisesti kulmikas uurre, johon telaluun harjanne mukautuu lui-  
 den nivelyessä. Kaikki kantaluut ja telaluut kuvattiin asennossa, missä luiden  
 etummaisen ja keskimmäisen nivelpintojen leikkauskulma (kuva 18) näkyi. Ku-  
 vat siirrettiin tietokoneelle, jossa ne analysoitiin CorelDRAW X4 ohjelmalla.  
 Tyypin A kantaluille ja telaluille leikkauskulma oli keskimäärin  $137,70^\circ \pm 7,68$ ,  
 tyypin B kantaluille ja telaluille  $141,28^\circ \pm 9,17$  ja tyypin C vastaaville luille  
 $151,00^\circ \pm 8,10$ . Kantaluun ja telaluun yhdistelmille laskettiin myös vastaavat  
 leikkauskulmat. Drayer-Verhagen (1993) löysi tutkimuksessaan samankaltai-  
 sia tuloksia. Erilliset kantaluun etummaisen ja keskimmäisen nivelpintaraken-  
 teen leikkauskulma oli  $127,8^\circ \pm 10,06$  ja yhdistyneille nivelpintarakenteille vas-  
 taava leikkauskulma oli  $149,1^\circ \pm 8,59$ . Kullar ym. (2014) tutkimuksessaan vah-  
 vistavat Jung ym. (2015) löydöksiä viitaten leikkauskulmaan. A-A-tyypin yhdis-  
 telmälle leikkauskulma oli keskimäärin  $136,6^\circ \pm 7,3$ , A-B-tyypille  $138,5^\circ \pm 8,6$ ,  
 B-B-tyypille  $141,6^\circ \pm 8,7$ , B-C tyypille  $148,1^\circ \pm 9,0$  ja C-C-tyypille  $151,3^\circ \pm 7,6$ .  
 (Jung ym. 2015.)



Kuva 18. Kantaluun ja telaluun välinen leikkauskulma (jung ym. 2015).

Tarsaalikanaalin leveys (kuva 19) mitattiin kummastakin luurakenteesta ja mitausvälineenä käytettiin työntömittaa. Virheiden minimoimiseksi mittaus suoritettiin joka luusta kolme kertaa ja niistä laskettiin keskiarvot dataan. Tyypin A kantaluille uurre oli keskiarvollisesti  $4,8 \text{ mm} \pm 1,0$ , tyypin B kantaluille  $5,3 \text{ mm} \pm 1,1$  sekä tyypin C kantaluille  $5,4 \text{ mm} \pm 1,4$ . Telaluun Tyypin A uurre oli keskiarvollisesti  $4,2 \text{ mm} \pm 1,1$ , tyypin B telaluille  $4,7 \text{ mm} \pm 1,0$  ja tyypin C telaluille  $5,4 \text{ mm} \pm 0,9$ . Luurakenteiden yhdistelmien vastaavat arvot olivat A-A-tyypille  $4,4 \text{ mm} \pm 1,0$ , A-B-tyypille  $4,7 \text{ mm} \pm 1,1$ , B-B tyypille  $5,0 \text{ mm} \pm 1,0$ , B-C-tyypille  $5,5 \text{ mm} \pm 1,1$  ja C-C-tyypille  $5,4 \text{ mm} \pm 1,1$ . (Jung ym. 2015.)



Kuva 19. Telaluun ja kantaluun välinen tarsaalikanaali (Jung ym. 2015).

Jung ym. (2015) luokittelivat kantaluun ja telaluun nivelpinnat kolmeen eri tyyppiin perustuen nivelpintojen jatkuvuuteen. Vaikka joissain aikaisemmissa tutkimuksissa on raportoitu harvinaisista tapauksista, missä kolme nivelpintaa on yhdistynyt yhdeksi tai etummainen nivelpinta puuttuu kokonaan. Suljettiin sen tyyppiset rakenteet tästä tutkimuksesta pois, koska sellaisia ei löydetty. Jung ym. (2015) löysivät samankaltaisia tuloksia kuin aikaisemmissa tutkimuksissa on löydetty. Kantaluun tyyppiä A löytyi eniten tutkimusotoksesta ja Campos & Pellicon (1989) espanjalaisessa tutkimuksessa löysivät vastaavanlaisia tuloksia. Myös Turkissa Uygur ym. (2008), Belgiassa Barbaix ym. (2000) ja Shahabpour ym. (2011) sekä Intiassa Seema ym. (2012) löysivät Jung ym. (2015) tukevia tuloksia.

Joissain tutkimuksissa tekijät eivät jakaneet kantaluuden jatkuvia nivelpintoja alatyyppihin, mutta siitä huolimatta tyyppin A rakennetta esiintyi yli 30 %:lla tutkimusotoksesta Bunning & Barnettin (1965) englantilaisessa tutkimuksessa, Bunning & Barnettin (1963) nigerilaisessa tutkimuksessa, El Eishiin (1974) egyptiläisessä tutkimuksessa, Kelikian & Sarrafian (2011) amerikkalaisessa tutkimuksessa sekä Muthukumaravelin ym. (2011) intialaisessa tutkimuksessa. Jung ym. (2015) havaitsivat, että telaluun nivelpintojen rakenteista tyyppiä A löytyi tutkimusotoksesta vähiten (11,0 %) ja jatkuvien nivelpintojen rakennetta B ja C löytyi merkittävästi enemmän. B rakennetta löytyi otoksesta eniten (46,6 %) ja C rakennetta 42,4 %. Vastaavia tuloksia telaluun osalta löysivät intialaisissa tutkimuksissa Kullar ym. (2014), Arora ym. (1979), Bilodi (2006) ja Kaur ym. (2011) sekä korealaisessa tutkimuksessa Lee ym. (2012). Näitten edellä mainittujen tutkimustulosten perusteella näyttää selvästi siltä, että telaluun etummainen ja keskimmainen nivelpinta ovat useimmiten yhdistyneet kuin mitä vastaavat nivelpinnat ovat kantaluun osalta.

Barbaix ym. (2000) raportoivat belgialaisilla poikkeuksellisen korkeaa esiintyvyyttä (39,0 %) tyyppin A telaluun rakenteen osalta ja 61 %:n esiintyvyyttä kantaluun osalta. Barbaix ym. (2000) raportoivat tutkimuksestaan suurimpia tyyppin A esiintyvyyksiä niin kantaluilla kuin telaluilla mitä koskaan on raportoitu. Myös heidän tulokset viittaavat siihen, että etummainen ja keskimmainen telaluun nivelpinta ovat useimmiten yhdistyneet verrattuna kantaluun vastaaviin rakenteisiin. Heidän tutkimuksestaan voidaan myös päätellä, että tyyppin A rakenne

kantaluun ja telaluun osalta voi olla vallitsevan ominainen joillekin Euroopan väestöille. Myös Bunning & Barnett (1965) löysivät ensimmäisinä vastaavanlaisia tuloksia englantilaisessa tutkimuksessaan. He havaitsivat, että rodulliset erot esiintyvät jo sikiöillä. Tähän perustuen he olettivat, että vastaavat ominaisuudet ovat oletettavasti geneettisiä ennemmin kuin seurausta erilaisesta kävelystä tai syntymän jälkeisistä tekijöistä. Näyttää kuitenkin epätodennäköiseltä, että tyypin A nivelpintarakenne olisi vallitsevaa kaikille eurooppalaisille väestöille. (Jung ym. 2015).

Jung ym. (2015) tekivät huomion kantaluun ja telaluun leikkauskulman sekä erotusasteen välillä. Leikkauskulma kasvoi tyypin A nivelpintarakenteesta tyypin C rakenteeseen. Erotusaste taas päinvastoin pieneni tyypin A rakenteesta tyypin C rakenteeseen. Näiden kahden muuttujan välillä vallitsee käänteisverrannollisuus ja näyttää siltä, että mitä enemmän nivelpinnat ovat yhdistyneet sitä suuremmat ovat leikkauskulmat. Kyseisten muuttujien ajatellaan olevan kytköksissä subtalaarinivelen vakauteen ja liikkuvuuteen. Suhteellisen jyrkkä leikkauskulma tyypin A rakenteessa mahdollistaa telaluun pään pysymisen tiukasti paikallaan, kun kantaluun V-muotoinen uurre rajoittaa telaluun pään liikettä. Tyypin A-A kantaluun ja telaluun rakenteessa kolmiulotteinen suhde hiltsee telaluun päätä ja rajoittaa telaluun sisäkiertoa alkukontaktin aikana. Tyypin A subtalaarinivelen rakenteella on pienemmät nivelpintojen pinta-alat ja sitä myöten korkeampi subtalaarinivelen liikeakseli. Korkeampi subtalaarinivelen liikeakseli vastaa korkeampaa jalkaterän pitkittäiskaarta. (Jung ym. 2015.)

Pes cavus -jaloille on tyypillistä korkeat jalkaterän kaarirakenteet. Subtalaarinivelen liikeakseli on myös enemmän vertikaalisesti ja jalkaterä on jäykempi. Sitä myöten kävelyn aikana tapahtuu subtalaarinivelessä vähemmän liikettä. A-tyypin subtalaarinivel pienemmällä leikkauskulmalla määriteltiin olevan suhteellisen vakaa rakenne vähentyneellä liikkuvuudella. Toisin sanoen sileät, isot ja suhteellisen matalat nivelpinnat suuremmalla leikkauskulmalla tyypin B ja C jatkuissa nivelpintarakenteissa mahdollistaa telaluun pään suhteellisen vapaan liikkuvuuden. Mitä suurempi leikkauskulma B- ja C-tyypin rakenteissa sitä vähemmän on rajoitetta telaluun pään sisäkierrolle. (Jung ym. 2015.)

Jung ym. (2015) havaitsivat myös, että jatkuvilla nivelpintarakenteilla on matalampi subtalaarinivelen liikeakselikulma ja suurempi nivelen liikkuvuus. Kliinisiä huomioita mukailien viittaa siihen, että matalakaariset jalkaterät ovat yliliikkuvia ja ihmiset joilla on oireettomat lattajalat näyttävät usein omistavan suuremman subtalaarinivelen liikkeen kuin ihmiset joilla on normaalit jalkaterärakenteet. Telaluun lisääntynyt liikkuvuus tyyppin B ja C nivelpintarakenteissa saattaa aiheuttaa pysyvästi lisääntynyttä painetta *plantar calcaneonavicular (spring) ligamentissä*. Kyseinen ligamentti tukee telaluun päätä ja näyttölee tärkeää roolia jalkaterän pitkittäiskaaren ylläpitämisessä. Ligamentin väljyys on seurausta siten myös liikkuvaan ja epävakaiseen jalkaterään. Kantaluun ja telaluun yhdistyneistä nivelpintatyypeistä todettiin A-A-tyypin olevan vakain ja vähiten liikkuva niin päinvastoin C-C-tyyppi oli ei ainoastaan liikkuvin, mutta myös epävakain. (Jung ym. 2015.)

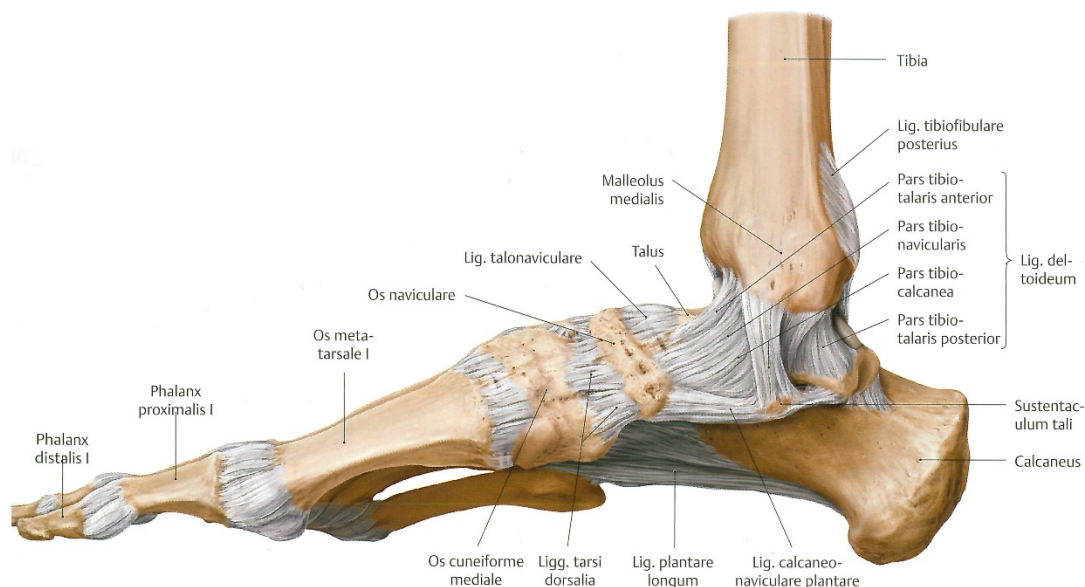
Jung ym. (2015) löysivät myös yhteyden tarsaalikanaalin leveydellä ja nivelpintojen rakennetyypillä. Tarsaalikanaalin leveys oli suurempi jatkuvilla nivelpintarakenteilla kuin erillään olevilla etummaisella ja keskimmaisella nivelpintarakenteella. Toisin sanoen, mitä enemmän kyseiset nivelpinnat olivat yhdistyneet, sitä leveämpi oli tarsaalikanaali. Erotusasteen suhteen Jung ym. (2015) tulivat siihen tulokseen, että mitä pienempi erotusasteen arvo oli kuten B-C- ja C-C-yhdistelmissä, sitä epävakaampi ja liikkuvampi subtalaarinivel on verrattuna suuremman arvon erotusasteeseen. (Jung ym. 2015.) Kaikki edellä mainitut tulokset tarjoavat arvokasta tietoa ymmärtämään jalkaterän mekaniikkaa sekä edesauttaa riskitekijöiden tunnistamista epävakaassa jalkaterässä.

### **3.2 Subtalaarinivelen tukevat rakenteet**

Aiemmassa kappaleessa esitettiin tutkimusten kautta, miten subtalaarinivelen rakenne vaikuttaa kyseisen nivelen vakauteen ja liikkumiseen. Rakenteen lisäksi subtalaarinivelellä on lukuisia passiivisia tukirakenteita, jotka myös vaikuttavat nivelen vakauteen ja liikekykyyn (Brockett & Chapman 2016). Ja kuten aiemmin mainittiin telaluuhun ei kiinnity ainuttakaan lihasta (Brinckmann ym. 2016, 381 - 382). Useiden lihasten jänteet kyllä ylittävät subtalaarinivelen, jotka vakauttavat ja tukevat nivelen toimintaa kävelyn tukivaiheessa. Näiden lihasten toiminta riippuu jänteiden sijainnin suhteesta subtalaarinivelen liikeakseliin. (Krähenbühl ym. 2017.) Kyseisiä lisätukea tuovia dynaamisia rakenteita



ovat *fibularis longus*, *fibularis brevis*, *flexor hallucis longus*, *tibialis posterior* ja *flexor hallucis longus* lihakset ja niiden jännerakenteet (Brockett & Chapman 2016).

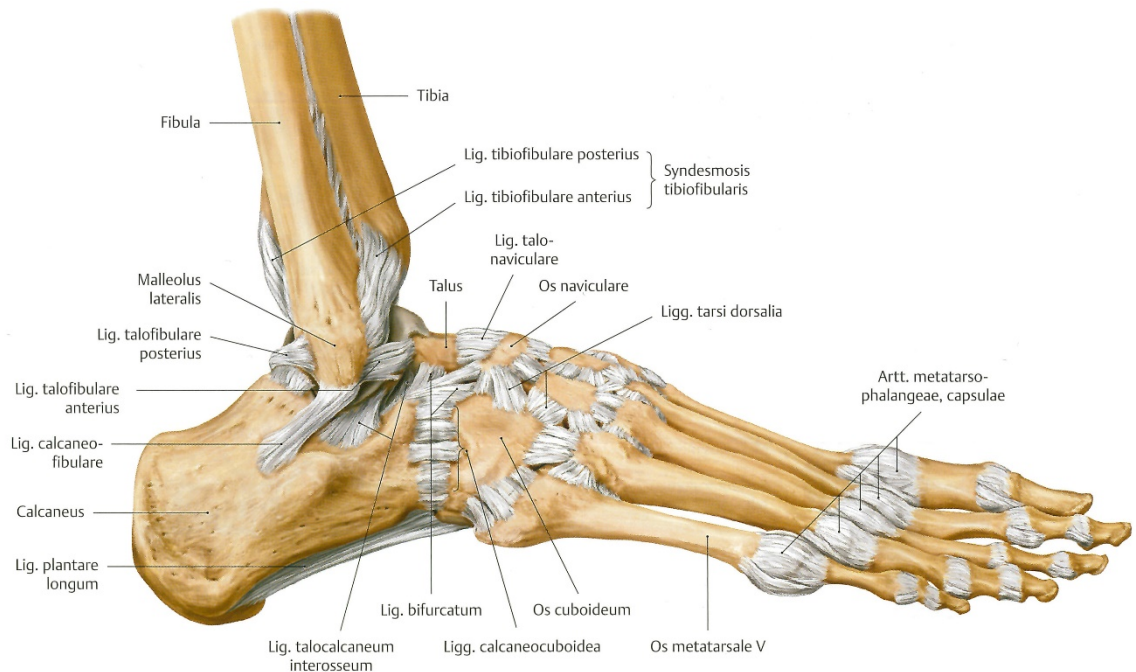


Kuva 20. Nilkan alueen ligamenttirakenteet jalkaterän mediaalipuolelta (Gilroy ym. 2012, 432).

Subtalaarinivelen passiiviset rakenteet voidaan jaotella sisäisiin ja ulkoisiin rakenteisiin. Sisäisiin tukirakenteisiin kuuluvat *cervical ligamentti* ja *interosseous talocalcaneal ligamentti*. Ulkoisiin tukirakenteisiin kuuluvat *calcaneofibular ligamentti*, *tibiocalcaneal* osa *deltoid ligamentista* ja *plantar calcaneonavicular ligamentti* (kuva 20) (Krähenbühl ym. 2017; Calais-Germain 2008, 275). Telaluun alapintaa ja kantaluun yläpintaa pitää yhdessä myös kaksi nivelkapselia. Takimmainen nivelkapseli kiinnittyy takimmaisten nivelpintojen kehälle ja etummainen nivelkapseli jakautuu yhteen keskitarsaaliniivelen kanssa. Telaluun pinnan ja nivelkapselien jatkuvuuden vuoksi, subtalaarinivelen etuosan ja keskitarsaaliniivelen liikkeet ovat erottamattomia. (Calais-Germain 2008, 272.)

Sisäisistä tukirakenteista *cervical* ja *interosseous talocalcaneal ligamentit* sijaitsevat subtalaarinivelen sisällä nivelkapselien välissä. *Cervical ligamentti* kulkee kantaluun kaulan kyhmystä etupuoleisesti ja mediaalisesti telaluun kaulaan (Dawe & Davis 2011). *Interosseous talocalcaneal ligamentti* täyttää pitkälti tarsaalikanaalin ja se voidaan jakaa etummaiseen ja takimmaiseen osaan. Etummainen osa kulkee kantaluun yläpinnasta anteriorisesti ja lateraalisesti ja kiinnittyy telaluun kaulan alapintaan juuri etummaisen nivelpinnan

reunan taakse. Takimmainen osa alkaa heti etummaisesta osasta takaa kanta- luusta ja kulkee vinosti ja lateraalisesti ylöspäin ja kiinnittyy heti telaluun takim- maisen nivelpinnan etupuolelle. (Valmassy 1996, 8 - 9.)



Kuva 21. Nilkan alueen ligamenttirakenteet jalkaterän lateraalipuolelta (Gilroy ym. 2012, 433).

*Interosseous talocalcaneal ligamentin* (kuva 21) on kuvailtu rajoittavan subtalaarinivelen inversio- ja eversiosuuntaisia liikkeitä (Valmassy 1996, 8 - 9). Kyseisen ligamentin ja erityisesti sen etummaisesta osasta toimintahäiriö johtaa telaluun anterolateraaliseen rotaatioon (Brockett & Chapman 2016). *Calcaneofibular ligamentti* lähtee keskeltä pohjeluun distaali päätä, kulkee alaspäin takaviistoon ja kiinnittyy kantaluun lateraalireunaan. (Calais-Germain 2008, 264). *Calcaneofibular ligamentin* tärkeys subtalaarinivelen vakauteen on vielä kiistanalaista (Krähenbühl 2017). Krähenbühl (2017) mukaan Martin ym. (2002), Leonard (1949), Weindel ym. (2010), Kamada ym. (2002) ja Pellegrini ym. (2016) huomasivat tutkimuksissaan subtalaarinivelessä lisääntyneitä liikkeitä sekä epävakautta, kun *calcaneofibular ligamentti* oli rikkoutunut. Michelson ym. 2004 taas havaitsivat tutkimuksessaan, että katkaisemalla kaikki lateraaliset ligamentit mukaan lukien *calcaneofibular ligamentin*, tällä ei ollut vaikutusta subtalaarinivelen vakauteen kävelyn kuormitusvaiheessa.

*Calcaneofibular ligamentti* yhdessä anterior ja posterior *talofibular ligamenttien* kanssa vähentää subtalaarinivelen inversiosuuntaista liikettä sekä rajoittaa varus-suuntaista rasitusta ja vähentää rotaatiota. (Brockett & Chapman 2016).

*Tibiocalcaneal ligamentti* kuuluu osana *deltoid ligamenttia*. *Tibiocalcaneal ligamentti* lähtee sääriluun etu- ja alapuolelta sääriluun distaalipäästä, ja lateraalimpi osa kiinnittyy *sustentaculum taliin*. Mediaalisempi osa kiinnittyy taas kantaluun etuosaan mediaalireunalle. (Dawe & Davis 2011.) *Deltoid ligamentti* kokonaisuudessaan vastustaa nilkan eversiosuuntaista liikettä ja valgus-suuntaista rasitusta. (Brockett & Chapman 2016). *Plantar calcaneonavicular ligamentti* lähtee *sustentaculum talista* ja kiinnittyy veneluun mediaalireunalle. Ligamentti tukee telaluun päätä. (Calais-Germain 2008, 275). Ligamenttien lisäksi *inferior extensor retinaculum* vaikuttaa subtalaarinivelen vakauteen ja liikkeeseen. *Retinaculumin* toimiessaan ikään kuin väkipyöränä jalkaterän extensor-lihasten jänteille niiden liikkeessä, vaikuttaa se samalla subtalaariniveleen. (Krähenbühl ym. 2017.)

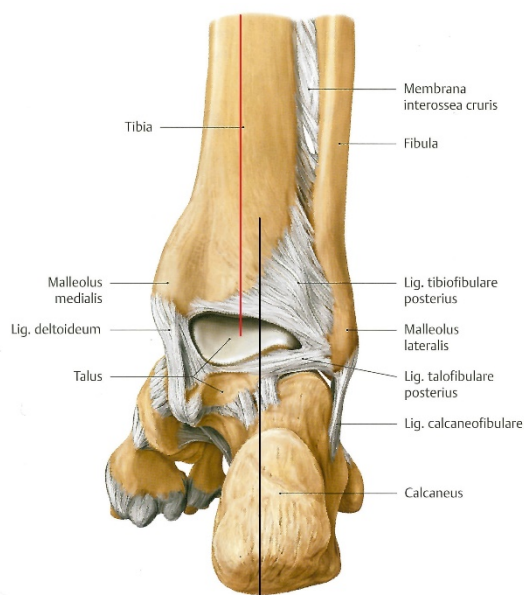
### 3.3 Subtalaarinivelen liike

Useiden lihasten jänteet ylittävät subtalaarinivelen. Näiden lihasten toiminta riippuu jänteiden suhteesta subtalaarinivelen liikeakseliin. (Krähenbühl ym. 2017.) Subtalaarinivelen pääasialliset liikkeet ovat pronaatio ja supinaatio. Avoimessa kineettisessä ketjussa eli tilassa, jossa raaja on kuormittamaton ja raajan distalisempi osa liikkuu suhteessa proksimaaliseen, subtalaarinivelen pronaatio sisältää jalkaterän dorsifleksio-, abduktio- ja eversioliikkeen. Avoimen kineettisen ketjun subtalaarinivelen supinaatio sisältää päinvastoin jalkaterän plantaarifleksio-, adduktio- ja inversioliikkeen. Avoimen kineettisen ketjun supinaatio- ja pronaatiosuuntaisissa liikkeissä kantaluu ja jalkaterä liikkuvat telaluun ympärillä telaluun pysyessä paikallaan. (Valmassy 1996, 9 - 12.)

Jalkaterän avoimen kineettisen ketjun pronaatiosuuntaisesta liikkeestä vastaavat *extensor hallucis longus*, *extensor digitorum longus*, *fibularis longus* ja *brevis* lihakset. Supinaatiosuuntaisesta liikkeestä puolestaan vastaavat *tibialis posterior*, *flexor digitorum longus*, *flexor hallucis longus* ja *tibialis anterior* lihakset. *Tibialis posterior* on jalkaterän voimakkain supinaattori ja *fibularis longus* puolestaan voimakkain pronaattori. Kolmipäisellä kantalihaksella on yleensä lievä inversiosuuntaista liikettä aiheuttava vaikutus, mutta se voi muuttua kantaluun evertoiduttua. (Krähenbühl ym. 2017.)

Suljettu kineettinen tarkoittaa tilaa, kun raajan distaalipää tulee alustaan ja kuormitus laskeutuu raajan päälle. Tällöin raajan distaalinen pää pysyy paikallaan ja ylemmät nivelet liikkuvat ketjuuntuneina ja vaikuttavat säännönmukaisesti toisiinsa. Kävelyn ja juoksun keskitukivaihe ovat hyviä esimerkkejä suljetun kineettisen ketjun tapahtumista. (Sandström & Ahonen 2011, 308 - 309; Ahonen ym. 1998, 138 - 139.) Suljetun ketjun kineettisistä liikkeistä ja niiden vaikutuksista jalkaterään ja ylempiin niveliin voi tarkemmin tutustua esimerkiksi Ahonen ym. (1998) sivuilta 140 - 141.

Suljetun kineettisen ketjun subtalaarinivelen pronaatio ja supinaatio on monimutkaisia kolmella tasolla yhtä aikaa tapahtuvia liikkeitä. Tällä tarkoitetaan sitä, että pronaation ja supinaation aikana subtalaarinivelessä tapahtuu kantaluun ja telaluun osalta yhtäaikaista liikettä niin frontaalitasolla, horisontaalitasolla kuin sagittaalitasolla. (Valmassy 1996, 9 - 12.) Pronaatioliike syntyy normaalisti luonnollisena tapahtumana raajan kuormittuessa, koska kantaluun ja telaluun kuormituslinjat poikkeavat toisistaan (kuva 22). Telaluu on linjassa sääriluun kanssa ja välittää kehon painovoimaa suoraan alaspäin. Kantaluun linjaus suhteessa telaluuhun ja sääriluuhun on frontaalitasolla hieman lateraalisempi ja tästä syystä telaluu pyrkii kuormitusvaiheessa sisäkierron kautta adduktioon ja alaspäin. (Sandström & Ahonen 2011, 315 - 316.)

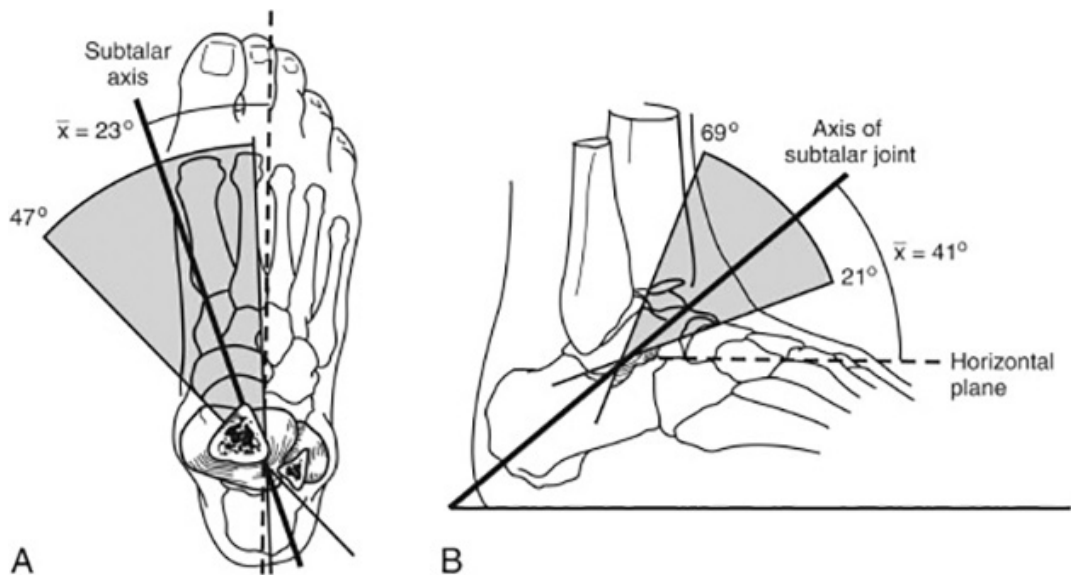


Kuva 22. Kantaluun ja telaluun kuormituslinjojen poikkeavuus (Gilroy ym. 2012, 433).

Siinä, missä subtalaarinivelen pronaatio esiintyy jalkaterän kuormittuessa ja kuormitusvaiheessa, supinaatio ilmenee taas kävelyn myöhäisessä keskituki- vaiheessa, päätöstukivaiheessa ja esiheilahduksessa. Supinaation alkaessa kantaluun alkaa kääntymään inversioon, telaluun alkaa dorsifleksioitua, abduktoitumaan ja kiertymään lateraalisesti. Suljetun kineettisen ketjun vaikutuksesta supinaatiossa sääri ja koko alaraaja kiertyy ulospäin. Jalkaterän etuosassa I-säteen plantaarifleksio lisääntyy ja mediaalinen kaari kohoaa sekä lyhenee. Samaan aikaan koko jalkaterän alueella tapahtuu etu- ja takaosan suhteessa ristikkäistä kiertoliikettä, missä jalan etuosa kääntyy eversioon ja takaosa inversioon muodostaen jalkaterästä jäykän vipuvarren ponnistukseen. (Ahonen ym. 1998, 274; Sandström & Ahonen 2011, 316 - 317.)

Johtuen subtalaarinivelen rakenteesta ja lähinnä kantaluun takaosan kupe- rasta nivelpinnasta sekä telaluun vastaavasta koverasta nivelpinnasta, subtalaarinivelessä ilmenee kolmen eri mekanismin liikettä; Liikeakselin kiertyminen nivelpinnoilla, liukuminen liikeakselin suuntaisesti sekä molempia näitä. Liikkeeseen ja sen suuntaan vaikuttavat nivelpintojen anatomia, nivelpintojen ja subtalaarinivelen liikeakselin suuntautuminen, ympäröivät ligamentit sekä nivelen ylittävät lihakset. Useat lähteet kuvailevat subtalaarinivelen liikkeen rotatorisena kiertoliikkeenä telaluun ja kantaluun välillä. (Jastifer & Gustafson 2014.)

Subtalaarinivelen liikeakseli kulkee kantaluun takaosasta, alhaalta ja lateraali- puolelta kantaluun ja telaluun läpi tullen ulos telaluun päältä etupuolelta ja hieman jalkaterän sisäreunalta (Valmassy 1996, 9 - 10). Liikeakselia on han- kala käsitteistää ja havainnollistaa, koska sillä on vain muutama ”maamerkki” jalkaterässä ja akselin rotaatio on vino verrattuna perinteisempään anatomi- seen kohtisuorassa tasoa vasten olevaan. Subtalaarinivelen liikeakselia on tutkittu useissa tutkimuksissa ja keskimääräisesti ajatellaan, että inklinaa- tiokulma on  $41^{\circ}$  -  $42^{\circ}$  sagittaalitasolla, vaihteluväli  $21^{\circ}$  -  $69^{\circ}$  ja mediaalinen poikkeama on  $23^{\circ}$  horizontaalitasolla, vaihteluväli  $5^{\circ}$  -  $47^{\circ}$  (kuva 23) (Jastifer & Gustafson 2014; Krähenbühl 2017). Jastifer & Gustafson (2014) listasivat tutkimuksessaan aikaisempia tutkimuksia liikeakselin inklinatio- ja deviaa- tiokulmista (taulukko 1).



Kuva 23. A) Subtalaarinivelen liikeakselin keskimääräinen ( $\bar{x}$ ) mediaalinen poikkeama horisontaalitasolla ja vaihteluväli. B) Subtalaarinivelen liikeakselin keskimääräinen ( $\bar{x}$ ) inkliinaatiokulma sagittaalitasolla ja vaihteluväli. (Jastifer & Gustafson 2014.)

Alla olevaan taulukkoon on lisätty vielä Lewis ym. (2009) ja Parr ym. (2012) tutkimuksissa havaitut liikeakselin inkliinaatio- ja deviaatiokulmat. Tutkimuksista löytyy melko paljon poikkeavuuksia liikeakselin suhteen, mikä selittyy sillä, että tutkimuksia on tehty paljon eri tavalla. Aikaisemmissa tutkimuksissa tehtiin staattisia mittauksia röntgenkuvista sekä käytettiin ruumiiden jalkoja. Sen jälkeen on tehty passiivisen liikkeen *in vivo* kokeita ja nykypäivänä tehdään dynaamisia mittauksia tietokonetomografiaa ja magneettikuvausta apuna käyttäen. (Jastifer & Gustafson 2014.) Edellä mainituista syistä tutkimustulosten tulkinta ja vertailu on hankalaa.

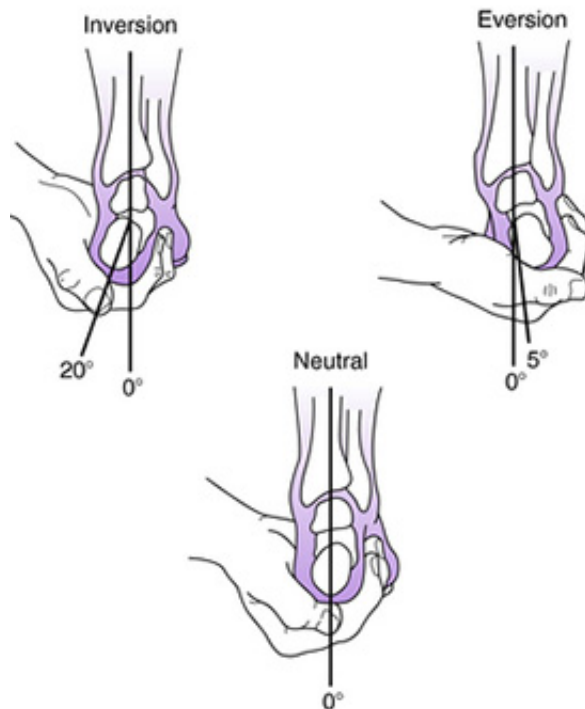
Taulukko 1. Subtalaarinivelen liikeakselin keskimääräinen sijainti eri tutkimuksissa.

Tutkimus	Inkliinaatiokulma °	Deviaatiokulma °
Manter (1941)	42	16
Root (1966)	41	17
Close (1967)	42	16
Isman (1969)	41	23
van Langelaan (1983)	41	26
Lundberg (1993)	29	29
van den Bogert (1994)	35	18
Leardini (2001)	53	38
Payne (2003)	–	9
Arndt (2004)	34	20
Lewis (2007)	30,6	23,2
Biemers (2008)	9,5	23,6
Lewis (2009)	33,4	18
Sheehan (2010)	muuttuva	muuttuva

Parr (2012)	45,5	5
-------------	------	---

Subtalaarinivelen liikeakselin suunta ja sijainti vaikuttaa subtalaarinivelessä tapahtuvaan liikkeeseen. Liikeakselin inkliinaatiokulman ollessa lähempänä vertikaalia sagittaalitasolla tapahtuu subtalaarinivelessä ja sitä kautta jalkaterässä enemmän liikettä horisontaalitasolla abduktio-adduktio-suuntiin ja vähemmän liikettä frontaalitason inversio-eversio-suuntiin. Mikäli liikeakselin inkliinaatiokulma on taas lähempänä horisontaalitasoa sagittaalitasolla, tapahtuu subtalaarinivelessä ja jalkaterässä liikettä enemmän frontaalitason eversio-inversio-suuntiin ja vähemmän horisontaalitasoon abduktio-adduktio-suuntiin. Liikeakselin inkliinaatiokulman ollessa  $45^\circ$ , tapahtuu subtalaarinivelessä yhtä paljon liikettä inversio-eversio-suuntaan ja abduktio-adduktio-suuntaan. (Valmassy 1996, 9 - 11.)

Subtalaarinivelen inversio-eversio-suuntiin tapahtuvaa liikettä on myös tutkittu. Tutkimuksissa esiintyy vaihtelevuutta, kuinka paljon liikettä tapahtuu asteina inversio ja eversio-suuntiin. (Jastifer & Gustafson 2014.) Krähenbühl ym. (2017) mukaan subtalaarinivelen inversio-suuntainen liike on keskimäärin  $25^\circ$  -  $30^\circ$  ja eversio-suuntainen liike  $5^\circ$  -  $10^\circ$  (kuva 24). Heidän mukaansa kirjallisuudessa esiintyy iso vaihtelevuus inversio-eversio-suuntaisissa liikelaajuuksissa, koska mittauksissa on käytetty erilaisia tekniikoita. Myös esimerkiksi ylemmän nilkanivelen asento vaikuttaa subtalaarinivelen liikelaajuuksiin ja jalkaterän dorsifleksio vähentää niitä. Jastifer & Gustafson (2014) määrittelee puolestaan aikaisempien tutkimusten pohjalta subtalaarinivelen inversio-eversio-suuntaisen kokonaisliikelaajuuden olevan  $40^\circ$  -  $60^\circ$ . Inversiosuuntaan liike on suurempi.



Kuva 24. Subtalaarinivelen liikelaajuuksissa inversio ja eversio suuntiin esiintyy vaihtelevuutta (Biomechanics of the foot s.a.).

#### 4 BIOMEKANIikka JA BIOMEKAANINEN TUTKIMINEN JALKATERAPIASSA

Biomekaniikalla tarkoitetaan biologisten tapahtumien mekaanista tutkimusta, jossa fysiikan mekaniikan lakien sekä fysiikan suureiden avulla tutkitaan elimistöön tai elimistön osiin kohdistuvia ja vaikuttavia voimia. Biomekaniikka käsitteenä juontaa juurensa kreikankielestä. Bio tulee sanasta *bios*, joka tarkoittaa elämään, eliöön ja eliöperäiseen liittyvää. Mekaniikka tulee kreikankielisestä sanasta *mekhanike* ja tarkoittaa koneoppia. Mekaniikassa käsitellään liikettä ja siihen liittyviä lainalaisuuksia ja se luo perustaa koko fysiikan ymmärtämiselle. Biomekaniikan keskeinen tutkimuskohde on elävän yksilön esimerkiksi ihmisen toiminnan ja rakenteen tutkiminen mekaniikkaan ja sen menetelmiin pohjautuen. Biomekaniikkaan kuuluu myös hermo-lihastoiminnan tutkiminen sekä neuraalisen säätelyn kuvaus. (Kauranen & Nurkka 2010, 9 - 10.)

Biomekaaninen tieto pohjautuu fysiikan lisäksi kemiaan sekä biologiaan (anatomia ja fysiologia). Sitä voidaan soveltaa useisiin eri tarkoituksiin kuten perusliikkumiseen (kävely, juoksu, seisominen, istumaannousu), urheiluun ja valmennukseen (hyppääminen, heittäminen, uinti, pyöräily), ergonomiaan (kantaminen, nostaminen, istuminen, työvälineiden käyttö) ja avustettuun liikkumiseen (ortoosit, apuvälineet, tuet, proteesit). (Kauranen & Nurkka 2010, 10.)



Biomekaniikasta mekaniikka voidaan jakaa neljään eri fysiikan osa-alueeseen: kinematiikkaan, dynamiikkaan, statiikkaan ja kinetiikkaan. Biomekaanisessa tutkimuksessa kinematiikassa tutkitaan kehon ja kehon osien paikkoja sekä niiden liikkeiden suunnan, kiihtyvyyden ja nopeuden muuttumista ajan funktiona. Dynamiikassa tutkitaan ja ollaan kiinnostuneita, miten voimat vaikuttavat kehon osien liikkeisiin ja liikkeiden muutoksiin. Statiikassa puolestaan tarkastellaan eri kehon osien tasapainotiloja. Tätä voidaan hyödyntää esimerkiksi ergonomiassa asentojen tarkasteluissa. Biomekaniikassa kohtaa usein myös termin kinetiikka. Kinetiikka eroaa kinematiikasta sillä, että siinä tutkitaan myös kehon osien liikkeitä, mutta huomioon otetaan myös niihin vaikuttavat voimat. Edellä mainittujen neljän osa-alueen lisäksi biomekaaniseen tutkimukseen kuuluu osa-alueita, jotka jakautuvat muihin tieteenaloihin kuten lääketieteen ja teknologiaan. Näihin voidaan sisällyttää lihasten sähköisen aktiviteetin tutkiminen eli elektromyografia, erilaiset mallinnukset ja tietokonepohjaiset simulaatiot ihmisen liikkumisesta. Näitä muita osa-alueita nimitetään yhteisinä tekijöinä lisäteknikoiksi tai lisämenetelmiksi. (Kauranen & Nurkka 2010, 11, 16 - 17.)

Ihmiselle liikkuminen kuuluu osana päivittäisiä toimintoja ja on myös luontaista. Tehokas liikkuminen on taloudellista ja se tapahtuu oikean suuruisella nopeudella ja lihasvoimalla. Termit, jotka kuvaavat hyvin optimaalista liikkumista ovat: stabiliteetti, notkeus, kestävyys ja koordinaatio. Kyseiset tekijät muodostavat kehon tehokkaan käytön ilman ylimääräisiä jännityksiä liikkumisen aikana. Liikkumisen taito kehittyy ihmisillä kasvun ja harjoittelun kautta. Suurelle osalle riittää perusliikkumiseen tarvittava valmiudet, mutta esimerkiksi kilpaurheilussa kehittymisen kannalta on tärkeää tunnistaa oman kehon toiminta tarkemmin ja kehon osien rakenteita ja liikkeitä puretaan osiin mallinnusten ja analysointien kautta. Kaikki ihmisen liikkuminen tapahtuu peräkkäin tapahtuvista asennoista. Asennot rakentuvat toisiinsa sisäisten- ja ulkoisten voimien kautta. Ihmiselle perusasentoja ovat seisoma-asento, istuma-asento sekä makuuasento. (Kauranen & Nurkka 2010, 24.)

Ihmisen kehon sekä raajojen liikkeet kyetään pääsääntöisesti jakamaan aktiivisiin-, passiivisiin- ja liukumisliikkeisiin. Aktiivisissa liikkeissä yksilö suorittaa liikkeen itsenäisesti tai avustetusti. Aktiivinen liikkuminen voidaan erotella vielä

vapaisiin aktiivisiin liikkeisiin, vastustettuihin aktiivisiin liikkeisiin sekä avustettuihin aktiivisiin liikkeisiin, että avustettuihin vastustettuihin aktiivisiin liikkeisiin. Liikkeen laatu riippuu liikkeen suorittajan sekä avustajan rooleista sen hetkisen liikkeen aikana. Passiivisissa liikkeissä liikkeet jaotellaan suorittajan kykyyn lopettaa liike sekä liikkeeseen, jossa suorittaja ei kykene lopettamaan liikettä. Toisin sanoen kyvyssä lopettaa liike suorittajan sisäinen voima on suurempi kuin ulkoinen voima ja jälkimmäisessä liikkeessä ulkoinen voima on suorittajan sisäistä voimaa suurempi. Liukumisliikkeet ovat taas nivelien liukumisliikkeitä liikkumista suorittaessa ja ovat kontrolloimattomia. Liukumisliikkeitä tapahtuu voiman suuntautuessa niveleen tai mobilisoinnin yhteydessä. Liikkumista voidaan tarkastella useista eri lähtökodista kuten anatomisesta, fysiologisesta, psykologisesta, mekaanisesta ja sosiokulttuurisesta. Biomekaanisessa tutkimuksessa korostuu eritoten mekaaninen lähestyminen. Sen merkitystä ei voi kuitenkaan väheksyä anatomisessa ja fysiologisessa lähestymistavassa. (Kauranen & Nurkka 2010, 24 - 25.)

Liikkumiseen ja liikkeisiin liittyy haittapuolena erilaiset liikuntavammat. Mekaniikan lait auttavat ymmärtämään kudoksiin ja kehon osiin vaikuttavia voimia ja sitä kautta auttavat ymmärtämään sekä selittämään eri vammojen taustoja ja syntymekanismia. Biomekaaninen tutkiminen ja sen ymmärtäminen auttavat ennaltaehkäisemään vammojen syntyä sekä välttämään tilanteita, jossa vammautumisen riski voi olla huomattava. Tapaturmaisesti tai muuten äkillisesti tapahtuvien vammojen välttäminen on poikkeuksetta mahdotonta tai vähintäänkin hyvin vaikeaa. Taas hitaasti kehittyvien rasitusvammojen sekä pitkään jatkuneesta kudoksiin kohdistuneista ylikuormituksista syntyvien vammojen ennaltaehkäiseminen on usein mahdollista. Mekaaninen ylikuormitus vahingoittaa pitkään jatkuessa kudoseränteitä ja usein taustalla onkin biomekaanisesti poikkeavia suoritus- ja liikemalleja. (Kauranen & Nurkka 2010, 29.)

#### **4.1 Kinematiikka**

Kinemaattinen tutkimus kuvaa liikettä, jota näemme. Siinä ollaan kiinnostuneita kysymyksistä, kuten Kuka on nopein? Kuinka suuri on nivelen liikkuvuus? tai Miten kaksi liikemallia eroaa toisistaan? Esimerkiksi ihmisen kävellessä portaita voimme huomata lonkan, polven ja nilkan koukistus ja ojennus

liikkeitä. Raajoissa tapahtuu tällöin kulmasiirtymiä. Kinematiikassa näitä raajojen siirtymätietoja käytetään, kun lasketaan nopeuksia ja kiihtyvyyksiä suorituksen aikana. Liikkeet, joita kinematiikassa havainnoidaan sisältää sekä suoraviivaista liikettä että pyörimisliikettä. Kun havainnoidaan esimerkiksi henkilön vartaloa kävelyn aikana hetki hetkeltä lineaarisessa liikkeessä, voidaan laskea kävelyn nopeus. Kinemaattisten muuttujien mittaamiseen ja analysointiin käytetään yleensä erilaisia kuvantamismenetelmiä ja markkereita nivelissä siirtymien mittaamiseen. Osa liikkumisesta ja raajojen liikkeistä on liian monimutkaisia, jotta niitä voitaisiin kuvata 2-ulotteisesti xy-koordinaatistossa ja vaaditaankin 3-ulotteista xyz-koordinaattista tarkastelua. Tähän tarkoitukseen on olemassa tarkoituksen mukaiset ohjelmat ja tietokoneet, jotka voivat suorittaa monimutkaiset laskutoimitukset. (Robertson ym. 2013, 2, 9.)

Biomekaaninen kinematiikka perustuu jäykän kappaleen etenemis- ja pyörimisliikkeisiin. Jäykäksi kappaleeksi määritellään, jos sen koko ja muoto ei liikkeen aikana muutu. Kehon eri osien ja useiden nivelien takia kehoa ei voida pitää pelkästään yhtenä jäykkänä kappaleena vaan usein tukittaessa kehon osia jaetaan pienempiin yksiköihin. Todellisuudessa liikkumisen aikana pehmytkudoksissa tapahtuu liikettä ja tiheydet kehon sisällä eri osissa vaihtelevat. Tästä syystä ihmisen biomekaanisessa tarkastelussa päädytään tekemään tiettyjä oletuksia. (Kauranen & Nurkka 2010, 182 - 183.)

Liikkumisessa tapahtuvien kehon osien eli kappaleiden liikkeistä mitataan liikkeen paikkaa, nopeutta, kiihtyvyyttä ja liikesuuntaa (Aho ym. 1998, 56). Näiden mittaamiseen tarvitaan mittayksikköjärjestelmän perussuureita kuten pituus ( $l$ ), yksikkönä m = metri, massa ( $m$ ), yksikkönä kg = kilogramma ja aika ( $t$ ), yksikkönä s = sekunti (Hautala & Peltonen 2016, 10 - 11). Pituus, massa ja aika ovat skalaarisuureita ja niiden suuruus esitetään aina lukuarvon ja yksikön avulla. Biomekaniikan näkökulmasta olennaisia johdannaissuureita ovat mm. nopeus ( $v$ ), yksikkönä m/s = metriä/sekunti, kiihtyvyys ( $a$ ), yksikkönä m/s<sup>2</sup> = metriä/sekunti<sup>2</sup> ja voima ( $F$ ), yksikkönä N = newton. Näistä nopeus ( $v$ ) ja voima ( $F$ ) ovat vektorisuureita, joka tarkoittaa, että niillä on suuruuden lisäksi suunta. Vektorisuure merkitään usein suureen tunnuksen päälle laitettavalla nuolella esimerkiksi voima ( $\vec{F}$ ). (Kauranen & Nurkka 2010, 179 - 180.)

Etenemisliikettä tarkasteltaessa suoraviivaisessa liikkeessä kappale kulkee matkan ( $s$ ) suoraan paikasta  $x_1$  paikkaan  $x_2$ . Siirtymän muutosta kuvataan merkillä  $\Delta x = (x_2 - x_1)$ . Ei-suoraviivaisessa liikkeessä kuljetun matkan ( $s$ ) reitti poikkeaa suorasta viivamaisesta liikkeestä ja vaikka loppupisteen  $x_2$  ja alkupisteen  $x_1$  erotus voidaan laskea, on lopputuloksen kannalta tärkeämpää tietää kuljettu matka ( $s$ ). (Kauranen & Nurkka 2010, 182 - 183.)

Määriteltäessä kappaleen keskinopeutta tietyn siirtymän ja käytetyn ajan perusteella puhutaan vektorisuureesta, koska nopeus on itsessään vektorisuure ja kappaleella on tietty loppupiste ja alkupiste on silläkin suuruuden lisäksi suunta. Keskinopeus voidaan laskea yhtälöstä (1). (Hautala & Peltonen 2016, 15; Kauranen & Nurkka 2010, 184.)

$$\vec{v}_k = \frac{\vec{\Delta x}}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$

$\Delta x$  kuvaa kuljetun siirtymän muutosta ja  $\Delta t$  matkaan käytettyä ajan muutosta. Siirtymän sijasta usein käytännön tilanteissa laskutoimituksissa käytetään kappaleen kuljettua matkaa ( $s$ ) jaettuna käytetyllä ajalla ( $t$ ) ja keskinopeuden sijasta lasketaan keskivauhti yhtälöstä (2). Sekä keskinopeuden ja keskivauhdin yksikkönä käytetään m/s, mutta se voidaan muuttaa käytännön läheisemmäksi yksiköksi km/h. (Hautala & Peltonen 2016, 15; Kauranen & Nurkka 2010, 184.)

$$\text{keskivauhti} = \frac{s}{t} \quad (2)$$

Etenemisliikkeessä keskinopeuden ja keskivauhdin lisäksi voidaan laskea kappaleen kiihtyvyys ( $a$ ). Se kuvaa kappaleen nopeuden muutosta sekunnin aikana. Kiihtyvyys voi olla positiivista tai negatiivista, jolloin puhutaan hidastuvasta liikkeestä. Kappaleen keskikihtyvyys (3) voidaan määritellä nopeuden muutos  $\Delta v$  jaettuna muutokseen käytetyllä ajalla  $\Delta t$ . Nopeuden ollessa vektorisuure myös kiihtyvyys on vektorisuure. (Hautala & Peltonen 2016, 15; Kauranen & Nurkka 2010, 189.)

$$\vec{a}_k = \frac{\overline{\Delta v}}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} \quad (3)$$

Liikkuvalla kappaleella, jolla on nopeus ( $v$ ) ja massa ( $m$ ) voidaan laskea liikemäärä ( $p$ ) massan ja nopeuden tulona (4). Liikemäärällä ei ole omaa yksikköä vaan se tulee suoraan nopeuden ja massan yksikön tunnuksista kgm/s. Liikemäärän laskemista voidaan hyödyntää mm. kahden kappaleen törmäyksissä, miten kappaleiden massat ja nopeudet vaikuttavat liikemäärän muutoksiin. (Hautala & Peltonen 2016, 50; Kauranen & Nurkka 2010, 192.)

$$\vec{p} = m \times \vec{v} \quad (4)$$

Pyörimisliikkeestä voidaan käyttää myös nimitystä rotaatioliike. Tilanteissa tarkastellaan kappaleen pyörimistä kiinteän akselin ympäri. Tämän tyyppisiä liikkeitä ihmisen kehossa tapahtuu mm. liikkeessä, jossa raaja toimii liikkuvana kappaleena ja nivel kiinteänä akselina. Etenemisliikkeessä käytettiin kappaleen siirtymisestä merkintää  $\Delta x$ . Pyörimisliikkeessä siirtymä on rotaatiosiirtymää ja sen tunnus on  $\Delta \theta$ . Pyörimisliikkeen rotaatiosiirtymiä laskettaessa täytyy ottaa huomioon, että kulman yksikkönä käytetään laskutoimituksissa radiaaneja (rad). Kulmien astelukuarvot täytyy siten muuttaa tarvittaessa radiaaneiksi käyttämällä esimerkiksi yhtälöä (5). (Hautala & Peltonen 2016, 54; Kauranen & Nurkka 2010, 193.)

$$1^\circ = \frac{2\pi}{360\text{rad}} \quad (5)$$

Määrittäessä pyörimisliikkeen kulman suuruutta ( $\theta$ ) (6) radiaaneina saadaan se jakamalla kaaren pituus ( $s$ ) ympyrän säteellä ( $r$ ) (LeVeau 2010, 112).

$$\theta = \frac{s}{r} \quad (6)$$

Rotaatiosiirtymässä voidaan kappaleelle laskea kulmanopeus ( $\omega$ ), kun tiedetään kappaleen rotaatiosiirtymän muutos  $\Delta \theta$  ja siirtymään kulutetun ajan muu-

tos  $\Delta t$ . Kulmanopeus (7) saadaan rotaatiosiirtymä jaettuna siirtymään kulutetulla ajalla. Kulmanopeuden yksikkö on rad/s tai °/s. (Kauranen & Nurkka 2010, 195.)

$$\omega_k = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} \quad (7)$$

Pyörimisliikkeen kulmakiiktyvyys ( $\alpha$ ) kertoo kappaleen nopeuden muutoksesta pyörimisliikkeen aikana. Kulmakiiktyvyys (8) voidaan määrittää, kun tiedetään kulmanopeuden muutos  $\Delta\omega$  ja siihen kulutetun ajan muutos  $\Delta t$ . Kulmakiiktyvyyden yksikkönä käytetään rad/s<sup>2</sup> tai °/s<sup>2</sup>. (Kauranen & Nurkka 2010, 197.)

$$\alpha_k = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{t_2 - t_1} \quad (8)$$

Kulmakiiktyvyys voi olla hidastuvassa liikkeessä myös negatiivista. Huomioitavaa on myös, että keskikulmakiiktyvyyksiä laskettaessa täytyy tietää kulmanopeus tietyssä ajanhetkenä. Pelkästään keskikulmanopeuksia käyttämällä ei voida laskea tarkasti keskikulmakiiktyvyyttä. (Kauranen & Nurkka 2010, 197.)

Etenemisliikkeestä puhuttaessa inertia kuvaa kappaleen hitautta eli kappale vastustaa liiketilan muutosta. Rotaatiosiirtymässä eli pyörähdysliikkeessä kappaleen pyörimisen hitautta kuvataan hitausmomentilla. Kappaleen hitausmomenttiin vaikuttaa kappaleen massa ( $m$ ) ja pyörivän kappaleen kiertosäde ( $r$ ). Hitausmomentti ( $I$ ) saadaan massan ja säteen neliön tulosta (9). Hitausmomentin yksikkönä käytetään kgm<sup>2</sup>. (Kauranen & Nurkka 2010, 198.)

$$I = m \times r^2 \quad (9)$$

Pyörimisliikkeestä voidaan määrittää etenemisliikkeen liikemäärää vastaava lukuarvo pyörimismäärä ( $L$ ) tai toiselta nimeltä liikemäärämomentti. Pyörimismäärään vaikuttaa kappaleen hitausmomentti sekä kappaleen kulmanopeus ja se voidaan laskea yhtälöstä (10). Pyörimisliikkeen pyörimismäärän yksikkönä käytetään kgm<sup>2</sup>rad/s. (Hautala & Peltonen 2016, 62 - 63; Kauranen & Nurkka 2010, 200 - 201.)

$$L = I \times \omega \quad (10)$$

## 4.2 Kinetiikka

Kinetiikka perustuu kinematiikkaan ja siinä keskitytään analysoimaan voimien sekä momenttien vaikutuksia jotka aiheuttavat kappaleen liikkeen (Özkaya ym. 2017, 143). Kinematiikka kuvailee liikkeitä, joita havainnoimme, mutta ymmärtääksemme mistä liikkeet johtuvat täytyy meidän tutkia kinetiikkaa. Erityisesti lineaarisia voimia ja vääntömomenteja, jotka sanelevat kinemaattisia liikkeitä. (Robertson ym. 2013, 2.) Voimien vaikutuskohtia sekä niveliin ja eri kehon osiin vaikuttavia vääntömomenteja lasketaan käyttäen apuna Newtonin mekaniikan peruslakeja. Kun tarkastellaan myös sisäisiä ja ulkoisia voimia voidaan määrittää tehoja ja työmääriä eri liikkeistä. (Kauranen & Nurkka 2010, 17.)

Sisäisiksi voimiksi voidaan katsoa kehon sisäiset rakenteet kuten mm. luut, jänteet, nivelsiteet ja lihakset, jotka pitävät ihmistä kasassa tai aiheuttavat liikettä, kun ihmiseen kohdistuu eri ulkoisia voimia (Özkaya ym. 2017, 24). Sisäisiä voimia ja vääntömomenteja joita tuotetaan kehon niveliin, voidaan arvioida käyttämällä hyväksi alustan tukivoimaa. Alustan tukivoima muuttuu, kun ihminen esimerkiksi nousee portaita ylös, koska joka askeleella täytyy ylittää maanvetovoiman vaikutus nostaakseen kehon massakeskipistettä ylöspäin. Ulkoiset voimat taas ovat voimia jotka aiheutuvat, kun ihminen on vuorovaikutuksessa ympäristön kanssa. Ulkoisia voimia ovat esimerkiksi kävellessä alustasta jalkaterään kohdistuva alustan tukivoima tai kappaletta nostaessa kappaleen aiheuttama painovoima. (Robertson ym. 2013, 2 - 3.)

Newtonin mekaniikan laeista ensimmäinen on nimeltään jatkuvuuden laki. Lain mukaan kappale pysyy paikallaan tai jatkaa tasaista suoraviivaista liikettä, ellei mikään voima muuta sen liiketilaa. Jatkuvuuden lain havainnollistava tilanne esiintyy esimerkiksi auton voimakkaasti jarruttaessa, ihmiset auton sisällä pyrkivät jatkamaan liikettä eteenpäin. Tai liukkaalla tiellä tilannopeuden ollessa liian suuri auto jatkaa mutkassa liikettä suoraan eteenpäin, koska alustan ja renkaan välinen kitkavoima on pienempi kuin autoa eteenpäin työntävä voima. (Kauranen & Nurkka 2010, 216.) Newtonin I:stä laista

käytetään myös nimitystä inertian laki (LeVeau 2010, 26). Ihmisen kävelyssä ilmenevä liike on usean liike-energian summa. Inertia ja painovoima ovat isossa roolissa kävelyn suhteen. Niiden avulla ihminen kykenee eteenpäin suuntautuvaan liikkeeseen hyvin pienellä omalla energian kulutuksella. (Aho-nen & Sandström 2011, 157.)

Newtonin II laki on dynamiikan peruslaki. Kyseisessä laissa kappaleeseen vai-kuttava kokonaisvoima ( $\vec{F}$ ) antaa kappaleelle kiihtyvyyden ( $\vec{a}$ ) ja kokonaisvoi-maan vaikuttaa kappaleen massa ( $m$ ). Dynamiikan peruslaissa on kyse siitä, miten vaikuttavat voimat muuttavat kappaleen liiketilaa. Yleensä tiettyyn kap-paleeseen kohdistuu yhtäaikaisesti useampia voimia, jolloin kokonaisvoima on vaikuttavien voimien vektorisumma. Mikäli kokonaisvoima on suuruudeltaan nolla tarkoittaa se sitä, että kappale pysyy levossa tai jatkaa kulkusuuntansa liikettä. Kokonaisvoima ( $\vec{F}$ ) voidaan laskea yhtälöstä (11) ja yksikkönä käytet-tään  $\text{kgm/s}^2 = 1\text{N}$  (*Newton*). Mikäli kappaleeseen kohdistuu useampia voimia, voidaan kokonaisvoima laskea voimien resultanttina käyttäen yhtälöä (12). (Hautala & Peltonen 2016, 29; Kauranen & Nurkka 2010, 217.)

$$\vec{F} = m \times \vec{a} \quad (11)$$

$$\sum \vec{F} = m \times \vec{a} \quad (12)$$

Newtonin III laki on voiman ja vastavoiman laki. Tällä tarkoitetaan, että kap-pale 1 kohdistaa voiman ( $\vec{F}$ ) kappaleeseen 2 niin kappale 2 kohdistaa saman suuruisen, mutta vastakkaissuuntaisen voiman kappaleeseen 1. Esimerkkinä ihmisen seisossa aiheuttaa ihminen jalkaterien kautta painovoiman suurui-sen voiman alustaan ja alusta päinvastoin vaikuttaa painovoiman suuruisella, mutta kohtisuoraan vastakkaissuuntaisella tukivoimalla takaisin jalkateriin. Ih-misen alustaan aiheuttama painovoiman suuruus voidaan määritellä, kun tiede-tään henkilön massa ( $m$ ) ja gravitaatiokiihtyvyys ( $\vec{g}$ ), joka on maan pinnan lä-hellä vakio  $9,81\text{m/s}^2$ . Painovoima ( $\vec{G}$ ) voidaan siten määritellä käyttämällä yh-tälöä (13). Painovoiman yksikön tunnuksena käytetään N. (Robertson ym. 2013, 82.)



$$\vec{G} = m \times \vec{g} \quad (13)$$

Jokaisella kappaleella on olemassa tietty piste, jota kuvataan painovoiman vaikutuskohtana. Biomekaniikassa pisteenä käytetään yleisesti kappaleen painopistettä tai massakeskipistettä. Ihmisen liikkumista tutkittaessa ja laskettaessa voimien vaikutusta kehon eri osiin, täytyy tuntea kehon osien massat sekä painopisteet, jotta voidaan määrittää vaikuttava painovoima. Kehon osien massojen ja painopisteiden sijainteja löytää biomekaniikan kirjallisuudesta. (Kauranen & Nurkka 2010, 219 - 220.)

Mikäli voiman vaikutussuora kulkee kappaleen tai kappaleiden nivelen pyörimisakselin läpi, se ei välttämättä aiheuta systeemille minkään suuruista pyörimisvoimaa tai vääntövaikutusta. Heti kun voiman vaikutussuora poikkeaa nivelen pyörimisakselista, rupeaa syntymään kappaleeseen vaikuttavaa pyörimisliikettä. Pyörimisliikkeen aiheuttava vääntävä voima suurenee mitä kauempana voiman vaikutussuora on pyörimisakselista. Tällöin puhutaan voiman momentista ( $\vec{M}$ ). Voiman momentti voidaan laskea yhtälöstä (14), kun tiedetään pyörimisliikettä aiheuttavan voiman suuruus ( $\vec{F}$ ) sekä kyseisen voiman kohtisuora etäisyys ( $r$ ) pyörimisakselista. Voiman momentin yksikkö on Nm (*Newtonmetri*). (Hautala & Peltonen 2016, 62 - 63; Kauranen & Nurkka 2010, 235.)

$$\vec{M} = \vec{F} \times r \quad (14)$$

Ihmisen biomekaanisessa tarkastelussa voidaan käyttää apuna statiikan tasapainoehtoja. Ongelmana kuitenkin on se, että ihmisen keho on lähes aina pie-nessä liikkeessä, joka vaikeuttaa tarkastelua. Statiikkaa voidaan kuitenkin soveltaa tilanteissa, jossa ihmisen keho on staattisessa tilassa kuten seisominen, tietynlaiset harjoitteet tai tasapainoilu. Esimerkki tilanteita, jossa voidaan hyödyntää statiikan tasapainoehtoja voi olla, kun tarkastellaan lihaksen kiinnityskohdan etäisyyden vaikutusta lihaksen voimantuottokykyyn. Voidaan myös työtilanteissa tai urheilusuorituksissa tarkastella tietyn tilanteen asentoa ja määrittellä sen vaikutusta niveliin, lihaksiin ja jänteisiin. Myös erilaiset seisoma-

ja istuma-asentoja sekä nostotapoja voidaan vertailla ergonomisuuden ja ta-  
loudellisuuden näkökulmasta. (Hautala & Peltonen 2016, 72 - 73; Kauranen &  
Nurkka 2010, 238 - 240.)

Statiikan tasapainoehtojen mukaan jäykkä kappale säilyy paikallaan tai pysyy  
tasaisessa liikkeessä, jos tasapainoehdot täyttyvät. Kyseiset tasapainoehdot  
tarkoittavat sitä, että kappaleeseen vaikuttavien voimien summa on oltava  
nolla. Etenemisliikkeen ehto voidaan kirjoittaa yhtälön (15) mukaisesti. (Hau-  
tala & Peltonen 2016, 72.)

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (14)$$

Usein erilaisissa laskutoimituksissa joudutaan kuitenkin jakamaan voimia nii-  
den komponentteihin. 2 –ulotteisessa tarkastelussa riittää x- ja y-akselien-  
suuntaiset tasot, mutta 3-uloitteisessa tarkastelussa tarvitaan lisäksi x-akselin  
suuntainen taso. Laskutoimituksen suhteen se tarkoittaa sitä, että komponent-  
tien suuntaisten voimien summa on oltava nolla. Yhtälö kirjoitetaan silloin  
muotoon (16). (Hautala & Peltonen 2016, 72.)

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_x &= 0 \\ \sum \vec{F}_y &= 0 \\ \sum \vec{F}_z &= 0 \end{aligned} \quad (15)$$

Pyörimisliikkeen tasapainoehdon on myös täytyttävä. Tämä tarkoittaa sitä,  
että jokaiselle akselille laskettujen momenttien on oltava nolla. Kappaletta  
pyörittävän momentin vääntösuunta otetaan huomioon etumerkillä ja + ja –  
merkkiset suunnat tulee määritellä ennen laskutoimitusten suorittamista. Pyö-  
rimisliikkeen momenttiehto kirjoitetaan kaavan (17) mukaisesti. (Hautala &  
Peltonen 2016, 72 - 73.)

$$\sum \vec{M} = 0 \quad (16)$$

Tasapainoehtojen pohjalta voidaan määritellä kolmen eri tason vipuvarsimenetelmää. 1. tason vipuvarsimenetelmässä on jäykkä kappale, johon kohdistuu 2 voimaa ja voimien välissä on pyörimisakseli tai nivelpiste. Nivelpiste tai pyörimisakseli voi vaihdella kahden voiman välissä, mikä vaikuttaa voimien suuruuksiin, jotta tasapainotilanne voidaan säilyttää. Kyseisestä vipuvarsi tasta on esimerkkinä keinulauta, jonka päässä istuu kaksi saman painoista henkilöä ja laudan keskellä on laudan nivelpiste. Statiikan tasapainoehtojen mukaan systeemi on tasapainossa, kun voimien momenttien summa on nolla. (LeVeau 2010, 71 - 85.)

2. tason vipuvarsimenetelmässä jäykän kappaleen pyörimisakseli tai nivelpiste on kappaleen päässä. Jäykän kappaleen toiseen päähän kohdistuu ylöspäin suuntautuva voima, ja kuorma tai alaspäin suuntautuva voima sijaitsee nivelpisteen sekä ylöspäin suuntautuvan voiman välissä. Ylöspäin suuntautuvan voiman vipuvarsi on tällöin aina kuormaa tai alaspäin suuntautuvaa voimaa suurempi. Tästä syystä tasapainotilanteessa ylöspäin suuntautuva voima on aina pienempi kuin alaspäin suuntautuvan voiman tai kuorman aiheuttama momentti. Biomekaanisesta näkökulmasta esimerkkinä voi olla tilanne, jossa ihminen seisoo päkiän varassa staattisessa asennossa tai hetkellinen tilanne kävelyn päätöstukivaiheessa, jolloin kantapää on noussut alustasta irti. Tällöin päkiä toimii nivelpisteenä ja alusta tukivoimaa välittävänä osana, joka on yhtä suuri kuin henkilön paino. Sääriluu välittää ihmisen painon jalkaterälle ja plantaarfleksorit, jotka kiinnittyvät akillesjänteen välityksellä kantaluuhun toimivat kantapään ylöspäin suuntaavina voimina. (LeVeau 2010, 71 - 85.)

3. Tason vipuvarsimenetelmässä pyörimisakseli tai nivelpiste on myös jäykän kappaleen päässä. Toisessa päässä on kuorma tai voima, joka aiheuttaa kappaleelle alaspäin suuntautuvat voiman ja momentin. Nivelpisteen ja alaspäin suuntautuvan voiman välissä on kappaletta tasapainottava ylöspäin suuntautuva voima. Tällaisessa tasapainotilanteessa jäykän kappaleen ylöspäin suuntautuva voima on oltava aina suurempi kuin kappaleen päässä olevan alaspäin suuntautuva. Voimaeron aiheuttaa voimien momenttivarret suhteessa nivelpisteeseen. Käytännön esimerkkinä voi olla tilanne, jossa henkilö pitää käsivartta staattisesti kyynärvarresta 90<sup>o</sup>:n kulmassa ja kädessä on 10 kg käsipaino. Haudislihaksen kiinnittyessä suhteellisen lähelle kyynärniveltä, joka toimii systeemin nivelpisteenä, joutuu haudislihas tuottamaan käsipainoon nähden

suuremman voiman. Syy tähän on se, että hausionlihaksen momentin varsi suhteessa nivelpisteeseen on huomattavan paljon pienempi kuin käsipainon sekä käden ja kyynärvarren aiheuttaman painovoiman momentin varsi. (LeVeau 2010, 86 - 92.)

### **Jalkaterän biomekaaniset tutkimukset jalkaterapiassa**

Jalkojen biomekaanisten tutkimusten tarkoituksena on eri oireiden ja kipujen taustalla olevien ongelmien syiden selvittäminen. Tutkimuksiin kuuluu staattisesti suoritettavia kuin dynaamisia tutkimuksia ja mittauksia. Alaraajan ja jalkaterän toiminnallinen merkitys korostuu, koska jalkaterä on ainoa kehon osa, joka liikkuessa osuu maahan, kuormittuu ja välittää alustan voimia kehon ylempiin osiin. Staattisilla tutkimuksilla tutkitaan lähinnä rakenteellisia tekijöitä ja toiminnallisilla tutkimuksilla etsitään mahdollisia ongelmia liikkumisesta johon voi myös rakenteelliset tekijät vaikuttaa. (Stolt ym. 2017, 145.) Alaraajojen tuki- ja liikuntaelin tutkimukset voidaan jakaa useaan osaan. Nivelten liikelaajuuksien mittaamiseen, lihasten voimien ja tonusten tutkimukseen, asentoihin ja liikkeeseen liittyviin tutkimuksiin. Ennen tutkimusten aloittamista on tärkeää miettiä tutkimusjärjestys, jotta vältetään mitattavan henkilön turhalta liikuttamiselta. Yksi järjestys mittauksille voi olla ensin makuultaan/istualtaan tehtävät, sitten seisten ja lopuksi liikkeen tutkiminen. (Valmassy 1996, 132.) Tutkimuksissa voidaan käyttää apuvälineinä silmien ja käsien lisäksi mekaanista tai digitaalista goniometriä, jalkaterän etuosan asentomittaria, traktografia, pluriometriä tai myrinin kompassia. Näiden avulla voidaan mitata tarkemmin nivelien liikkuvuuksia ja liikelaajuuksia. (Liukkonen & Saarikoski 2014, 225.)

Mitattavan henkilön selinmakuultaan tehtyjä staattisia tutkimuksia nilkan ja jalkaterän alueelle ovat ylempään nilkkanivelen liikelaajuuden mittaaminen, malleolaarisen torsion mittaus, I-varpaan tyvinivelen liikkuvuuden mittaaminen, I-säteen liikkuvuuden tutkiminen sekä Chopartin nivelen asennon ja liikkuvuuden tutkiminen. Päinmakuultaan suoritettavia tutkimuksia ovat tyypillisesti kantaluun ja säären puolitus-suorien määrittäminen, subtalaarinivelen liikkuvuuden tutkiminen sekä jalkaterän etu- ja takaosan asennon ja liikkeen määrittäminen. Asiakkaan tai potilaan seisoessa voidaan suorittaa kuormitettuja mittauksia, joita jalkaterän alueelta ovat kantaluun neutraaliasennon (NCSP) ja

kantaluun vapaan asennon (RCSP) määrittäminen sekä säären neutraaliasennon (NTSP) mittaaminen. Lisäksi jalkapeilin avulla voidaan tutkia jalkapohjien kuormittumista seisonta-asennossa. (Liukkonen & Saarikoski 2014, 223 - 236.) Kävelyn analysoinnin avulla voidaan tutkia jalkojen dynaamista toimintaa sekä vertailla staattisista mittauksista saatuja havaintoja ja tuloksia liikkeessä näkyviin tapahtumiin (Liukkonen & Saarikoski 2014, 209 - 210).

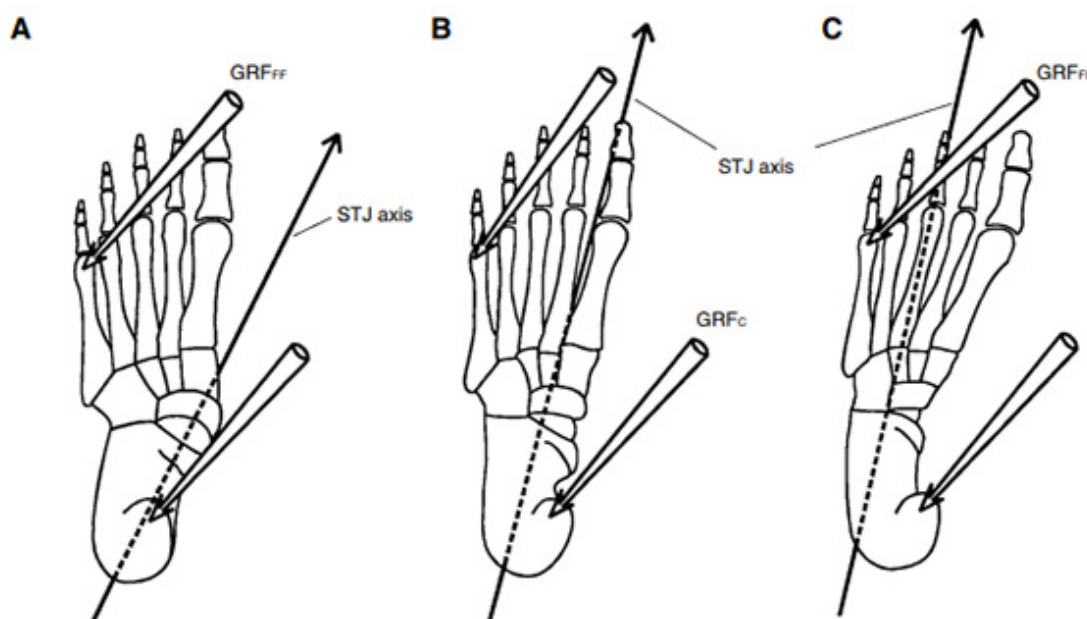
## **5 “SUBTALAR JOINT AXIS LOCATION AND ROTATIONAL EQUILIBRIUM THEORY OF FOOT FUNCTION”**

Subtalaarinivelen liikeakselin sijainti- ja rotaatiotasapainoteorian on kehittänyt amerikkalainen podiatri Kevin A. Kirby (2001). Hän julkaisi ensimmäisen työnsä aiheesta 1987, jossa hän esitteli kliinistä tutkimustapaa subtalaarinivelen liikeakselin havainnollistamisesta jalkapohjasta. Vuonna 1992 Kirby esitteli aiheesta tukipohjallisiin liittyvän modifikaation vähentämään pronatio suuntaista momenttia. (Harradine ym. 2008, 16.) Teoria perustuu subtalaarinivelen tasapainoon ja siihen, miten ulkoiset voimat kuten alustan tukivoima sekä sisäiset voimat kuten ligamenttien ja lihasten jänteiden vetovoimat sekä nivelen puristusvoimat vaikuttavat jalkaterän ja alaraajan mekaaniseen toimintaan (Kirby 2001, 465).

Subtalaarinivelen liikeakselin kolmiulotteinen paikan vaihtelu voi vaikuttaa pronatio- ja supinaatiovoimien momenttien varsiin, kun alustan tukivoima vaikuttaa jalkapohjaan ja tuottaa subtalaarinivelelle momenttivoimia. Mediaalisesti ja lateraalisesti poikkeavien liikeakselien vaikutukset jalkaterän biomekaniikkaan kuormitusvaiheessa esitellään kyseissä teoriassa. Tämä teoreettinen malli kuvaa myös, miten vaihtelu subtalaarinivelen rotaatio asennossa ja eri rakenteelliset poikkeamat jalkaterän etu- ja takaosassa vaikuttavat subtalaarinivelen liikeakselin kolmiulotteiseen paikkaan. Näillä on myös vaikutus subtalaarinivelen pronatio- ja supinaatiomomenttien tasapainoon kuormitusvaiheessa. Teorian tarkoitus on esittää teoreettinen malli jalan toiminnasta ja siitä, miten subtalaarinivelen liikeakselin paikka ja rotaatiotasapaino ovat yhteneväisiä nykyisten biomekaniikan tutkijoiden tutkimustuloksiin. (Kirby 2001, 465 - 467.)

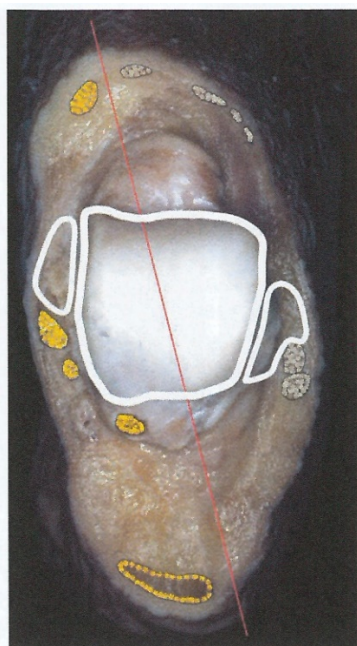
## 5.1 Subtalaarinivelen liikeakselin normaali sijainti ja sen biomekaaniset vaikutukset

Subtalaarinivelen liikeakselin sijainti vaihtelee yksilöittäin (Jastifer & Gustafson 2014; Krähenbühl 2017). Kyseisen teorian kehittäjä on huomannut saman ilmiön kliinisessä työssään tutkimalla palpaation kautta jalkapohjasta liikeakselin sijaintia. Teorian kehittäjä on havainnut työssään myös sen, että palpaatiomenetelmällä tutkittu liikeakseli normaalisti toimivassa jalassa kulkee tutkimuksissa saatujen tulosten suuntaisesti. Kun subtalaarinivelen liikeakseli on normaalissa sijainnissaan, vaikuttaa alustan tukivoima kantaluun mediaaliseen kyhmyyn aiheuttaen supinaatiosuuntaisen momentin liikeakselin suhteen. Syy tähän on se, että tällöin kantaluun mediaalinen kyhmy on liikeakselin mediaalipuolella. Puolestaan alustan tukivoima aiheuttaa pronaatiosuuntaisen momentin subtalaarinivelen liikeakselin suhteen, kun alustan tukivoima kohdistuu liikeakselin lateraalipuolelle. Mitä pidempi etäisyys jalkapohjan rakenteilla on liikeakseliin, sitä pidemmät ovat momenttia aiheuttavien voimien momenttien varret (kuva 25). Tästä johtuen, mitä pidemmät momenttien varret, sitä suuremmat ovat alustasta välittyvät tukivoimat jalkapohjan rakenteissa. Myös pronaatio- ja supinaatiosuuntaiset momentit kasvavat samassa suhteessa. (Kirby 2001, 467 - 469.)



Kuva 25. Alustan tukivoiman vaikutus A) mediaalisesti poikkeavaan subtalaarinivelen liikeakseliin B) normaalisti suuntautuneeseen liikeakseliin ja C) lateraalisesti poikkeavaan liikeakseliin (Kirby 2001, 467).

Jalkaterän extrinsic-lihakset vaikuttavat myös subtalaarinivelen liikeakselin rotaatioon ja vaikutus riippuu lihasten kulkusuunnista ja kiinnityskohdista suhteessa luisiin rakenteisiin. Kaikki extrinsic-lihakset, joilla on väkipyörämäinen voimamekanismi ja kiinnityskohta liikeakselin mediaalipuolella aiheuttavat subtalaarinivelelle supinaatiosuuntaisen momentin lihaksen supistuessa. Normaalisissa subtalaarinivelen liikeakselin sijainnissa supinaatiosuuntaista voiman momenttia aiheuttavat lihakset ovat *tibialis posterior*, *gastrocnemius*, *soleus*, *tibialis anterior*, *flexor hallucis longus* ja *flexor digitorum longus*. Lihakset joilla on lateraalinen väkipyörämäinen voimamekanismi suhteessa liikeakseliin ja kiinnittyvät dorsaalisesti jalkaterään aiheuttavat subtalaarinivelelle pronaatiosuuntaisen momentin supistuessaan. Normaalisissa liikeakselin sijainnissa tällaisia lihaksia ovat *fibularis brevis*, *fibularis longus*, *fibularis tertius* ja *extensor digitorum longus*. Kumpaankin suuntaan vaikuttavien lihasten momentin suuruuteen vaikuttaa lihaksen kohtisuora etäisyys liikeakselista sekä lihaksen voimantuottokyky (kuva 26). (Kirby 2001, 469 - 470.)



Kuva 26. Extrinsic lihasten sijainti suhteessa subtalaarinivelen liikeakseliin (Ellington & Myers on 2015, 201).

Intrinsic-lihakset eivät pysty vaikuttamaan suoraan subtalaarinivelen pronaatio- ja supinaatiosuuntaisiin momentteihin, koska ne eivät ylitä missään vaiheessa subtalaariniveltä. Kuitenkin yhdessä ligamenttirakenteiden kanssa intrinsic-lihakset pystyvät vastustamaan näihin kahteen suuntaan tapahtuvia

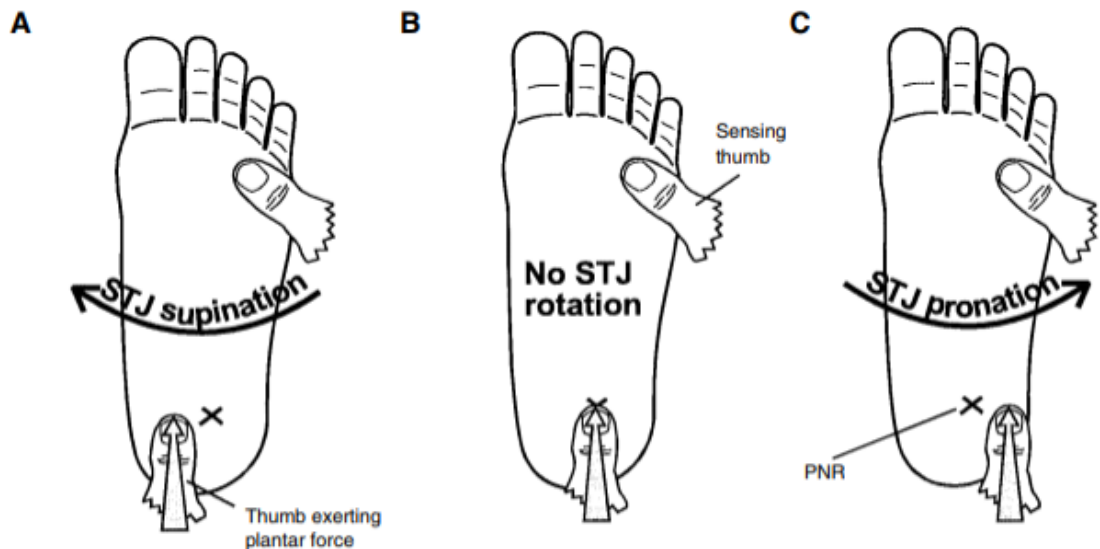
liikkeitä kuormitusvaiheessa. Tästä johtuen intrinsic-lihakset ja ligamentit voivat vaikuttaa epäsuorasti subtalaarinivelen pronaatio- ja supinaatiosuuntaisiin momentteihin tuomalla vakautta jalkaterään kuormituksen aikana. (Kirby 2001, 469 - 470.)

## **5.2 Subtalaarinivelen liikeakselin palpoini**

Liikeakselin palpoinia aloittaessa asiakas makaa selällään hoitopöydällä tai istuu hoitotuolissa jalkaterät rentoina. Terapeutti ottaa etusormi peukalo-otteella kiinni asiakkaan jalkaterästä viidennen metatarsaaliluun distaalipäästä ja kääntää jalkaterän n. 90° kulmaan simuloidakseen normaalia seisonta-asentoa. Subtalaariniveltä ei palpoida neutraaliin asentoon, koska tarkoituksena on tutkia jalkaterää simuloituna ihmisen normaalia seisonta-asentoa. Subtalaarinivelen neutraaliasennon palpoini aiheuttaa nivelelle rotaatioliikkeen ja -asennon, joka ei vastaa normaalia jalkaterän kuormitusvaihetta. (Kirby 2001, 470.)

Liikeakselin palpaatio alkaa jalkapohjasta kantapään alueelta. Toisen käden pitäessä jalkaterää tutkittavassa asennossa, toisen käden peukalolla aloitetaan painamaan kantapään takaosasta. Käsi, joka pitää jalkaterää tutkimusasennossa tunnustelee ja havainnoi samalla, tapahtuuko jalkaterässä liikettä pronaatio- tai supinaatiosuuntaan. Peukalolla painetaan kantapäästä reunalta reunalle ja samalla havainnoidaan ja tunnustellaan subtalaarinivelen liikettä. Painettaessa liikeakselin mediaalipuolelta ilmenee supinaatiota ja painettaessa liikeakselin lateraalipuolelta ilmenee pronaatiota. Silloin kun peukalolla painettaessa ei synny liikettä kumpaankaan suuntaan, on kyse liikeakselin kohdasta, ja paikka merkataan jalkapohjaan (kuva 27). Peukalolla suoritettava palpaatio suoritetaan 1 - 2 cm:n välein päättyen metatarsaaliluiden distaalipäiden tasolle. Jokainen palpoitu kohta, jossa rotaatiota supinaatio- tai pronaatiosuuntaan ei tapahdu, tulee merkata jalkapohjaan. Pisteiden välille kantapäästä lähtien piirretään linja joka vastaa subtalaarinivelen liikeakselin suuntaa. (Kirby 2001, 470.)





Kuva 27. Subtalaarinivelen liikeakselin palpoinnimenetelmä (PNR = Point Of No Rotation) (Kirby 2001, 471).

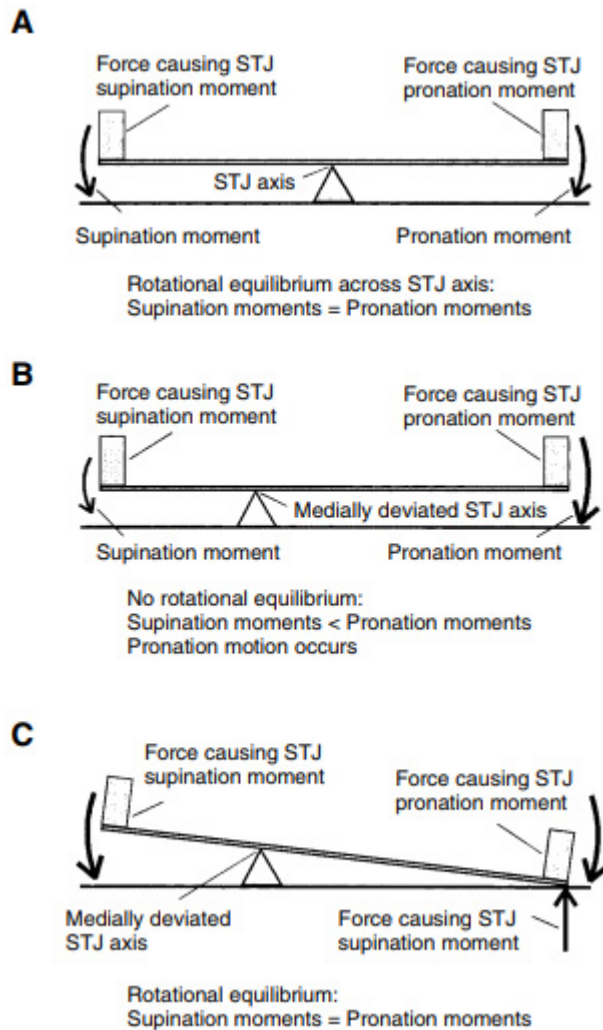
Palpaatiomenetelmän, liikeakselin ja rotaatiotasapainoteorian kehittäjä havaitsi päinvastaisen löydöksen, kuin aikaisemmin oli ajateltu olevan jalkaterään biomekaniikkaan liittyen. Aikaisemman teorian mukaan, kun alustan tukivoima kohdistuu jalkaterän etuosaan, sen vaikutus jalkaterän liikkeeseen vaikuttaisi merkittävästi keskikarsaalnivelen vinoakselin kolmiulotteiseen sijaintiin. Tämän teorian pohjalta Kirby (2001) oletti, että jalkapohjan liikeakselin linja vaihtaisi suuntaa keskikarsaalnivelen tasolla. Siinä missä jalan takaosan rotaatioton linja kulkisi subtalaarinivelen liikeakselin suuntaisesti ja jalkaterän etuosan rotaatioton linja kulkisi vinon keskikarsaalilinjän mukaisesti Kirby (2001) havaitsi, että rotaatioton linja jalan takaosan ja etuosan välillä voidaan esittää yhtenä suorana linjana ilman, että suunta vaihtuisi keskikarsaalnivelen tasolla. (Kirby 2001, 470.)

Kirbyn (2001) mukaan hänen löydöksensä tukee kehittämäänsä teoriaa, koska mikä tahansa voima, joka vaikuttaa jalkapohjaan simuloidessa kuormitustilannetta, vaikuttaa suoraan subtalaarinivelen pronaatio- ja supinaatiomomentteihin huolimatta siitä, vaikuttaako voima jalkaterän etu- tai takaosaan. Voidaan siis olettaa, että alustan tukivoima aiheuttaa supinaatiosuuntaista liikettä subtalaarinivelessä, kun voima kohdistuu liikeakselin mediaalipuolelle ja pronaatiosuuntaista liikettä, kun voima kohdistuu liikeakselin lateraalipuolelle huolimatta keskikarsaalnivelen vinon akselin suuntauksesta.

Kuormituksen aikana jalkaterän ligamenttien vetokuormitus ja nivelten puristusvoimat luovat oikeastaan tiukan ja vakaan rakenteen, kun vertaa kuormittamattomaan jalkaterään, jolloin jalkaterän etuosa on suhteellisen liikkuva takaosaan nähden. Tästä johtuen useissa kuormituksen aikana tapahtuvista liikkeistä voidaan jalkaterää arvioida suhteellisen jäykkänä rakenteena, kun kaikki jalkaterän luut kiertyvät telaluun keskinavan ympäri subtalaarinivelen liikeakselilla. Mikäli kyseinen ajattelumalli on pätevä, voidaan jalkaterää tehokkaasti mallintaa monissa kuormitusvaiheissa ikään kuin jäykkänä kappaleena, missä kantaluu, kuutioluu ja veneluu kiertyvät yhtenä yksikkönä telaluun ympäri subtalaarinivelen liikeakselilla. Jalkaterää on mallinnettu jo vuosia jäykkänä kappaleena, ja kyseinen mallinnus on olennainen tekniikka määriteltäessä, kuinka voimat vaikuttavat jalkaterän biomekaniikkaan, alaraajoihin ja muuhun kehoon kuormituksen aikana. (Kirby 2001, 470 - 471.)

### **5.3 Subtalaarinivelen liikeakselin rotaatiotasapaino**

Pyörimisliikkeen tasapainoehtojen mukaisesti kappale pysyy paikallaan tai jatkaa tasaista liikettään, kun siihen kohdistuvien voimien summa on nolla. Momenttien suhteen kappale pysyy tasapainossa, kun liikeakselin suhteen momenttien summa on myös nolla. Subtalaariniveltä tarkasteltaessa tasapainotilanteen saavuttamiseen subtalaarinivelen täytyy olla paikallaan tai tasaisessa liikkeessä ja pronaatiosuuntaisten momenttien sekä supinaatiosuuntaisten momenttien täytyy olla yhtä suuret. Seisoma-asennossa jalkaterän, joka toimii lähemmin normaalisti, subtalaarinivelen rotaatioasento on keskimäärin puolellessa välissä neutraalia ja maksimaalisesti pronatoitunutta subtalaariniveltä. Kyseisessä tilanteessa subtalaariniveleen kohdistuvat pronaatio- ja supinaatiomomentit ovat myös yhtä suuret. Voidaan myös sanoa, että seisoma-asennossa subtalaarinivel liikkuu niin kauan, kunnes se pysähtyy tasapainotilaan, jolloin liikeakselin suhteen momentit ovat yhtä suuret (kuva 28). Tämä mekanismi pätee niin normaalisti toimivissa jalkaterissä kuin poikkeavasti toimivissa jalkaterissä. (Kirby 2001, 472 - 473.) Oli kyse mistä tahansa ihmisen nivelestä, joka on täysin lepotilassa, ei voida olettaa, että niveleen ei kohdistu lainkaan voiman momentteja, vaan voidaan vain olettaa, että niveleen kohdistuvien voimien momentit ovat tasapainossa eli summa on nolla. (Kirby 1989, 5.)



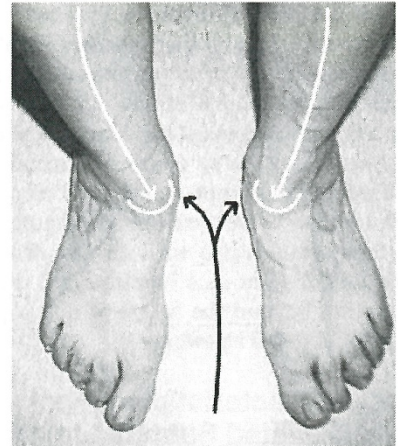
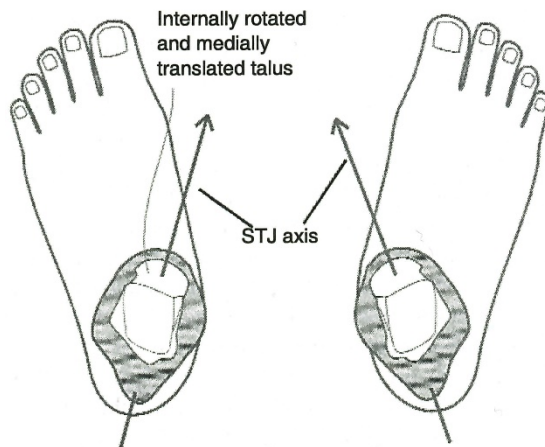
Kuva 28. Liikeakselin sijainnin vaikutus subtalaarinivelen rotaatiotasapainoon (Kirby 2001, 474).

Voidaan ajatella esimerkki tilanne, missä ihminen seisoo alustalla normaalisti rentona. Tibialis posterior aloittaa 2 Nm:n suuruisen supinaatiosuuntaisen momentin, jolloin jalkaterä alkaa liikkua kyseiseen suuntaan pois päin jalkaterän seisoma-asennon lepotilasta. Tibialis posteriorin aiheuttama supinaatiovoima aiheuttaa saman aikaisesti liikeakselin lateraalipuolelle lisääntyvän pronaatiosuuntaisen momentin, ja alustan aiheuttama supinaatiovoima pienenee liikeakselin mediaalipuolella. Tibialis posterior lihaksen aiheuttama jalkaterän supinaatiosuuntainen liike jatkuu niin kauan, kuin vastaavan suuruinen alustan aiheuttama pronaatiosuuntainen tukivoima saavutetaan, jolloin liike pysähtyy ja saavutetaan tasapainotilanne ja subtalaarinivelen liikeakselin suhteen voimien momentit ovat nolla. (Kirby 1989, 7.)

Subtalaarinivelen liikeakselin rotaatiotasapainon perusteella voidaan selittää se, miksi liikeakselin sijainnilla on erityinen merkitys jalkaterän normaaliin toimintaan. Pienetkin liikeakselin kiertymiset tai siirtymiset aiheuttavat muutoksia lihasten momenttien varsiin ja alusta tukivoiman kykyyn tuottaa supinaatio- ja pronaatiosuuntaisia voimia. Liikeakselin mediaalisella tai lateraalisella poikkeavuudella on myös merkittävä vaikutus jalkaterän kinematiikkaan ja kuormitusvoimien suuruuksiin rakenteellisiin osiin esimerkiksi kävelyn aikana. Teoreettisesti liikeakselin 1 - 2 mm:n kolmiulotteinen siirtymä mediaali- tai lateraalisuuntiin voi aiheuttaa jalkaterän poikkeavaa toimintaa ja johtaa jalkaterä- tai alaraajavammoihin. (Kirby 2001, 473 - 474.)

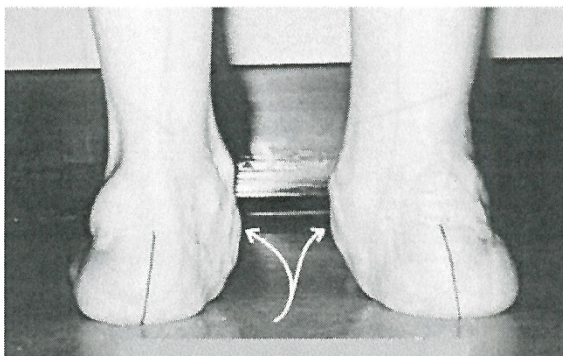
#### **5.4 Mediaalisesti poikkeavan liikeakselin tunnuspiirteet**

Subtalaarinivelen liikeakselin lävistäessä telaluun kaulan ja telaluun pään ollessa mediaalisessa asennossa suhteessa jalkapohjaan on liikeakseli yleensä myös mediaalisesti poikkeava. Epänormaali telaluun pään mediaalinen sijainti aiheuttaa tietynlaisia tunnusomaisia kliinisiä ilmenemisiä jalkaterään, kun kyse on mediaalisesti poikkeava subtalaarinivelen liikeakseli. Seisonta-asennosta voidaan kliinisesti erottaa kolme erilaista tunnusmerkkiä verrattuna muihin jalkatyyppeihin. Ensimmäisenä, kun katsotaan jalkaterää ylhäältä päin, voidaan erottaa jalkaterän keskiosan mediaalireunan kupera muoto horisontaalitasolla. Toiseksi, kun katsotaan myös ylhäältä päin jalkaterää niin telaluun pään alueen pehmytkudokset ovat nilkan etupuolella enemmän mediaalisesti sijoittuneet verrattuna kantaluuhun kuin normaalisti (kuva 29). Kolmantena tunnusmerkinä voidaan jalkaterää takaa havaitessa huomata jalkaterän keskiosan lisääntynyt kuperaus juuri mediaalimalleolin ala- ja etupuolella (kuva 30). Kaikki edellä mainitut tunnusmerkit ovat suoraa seurausta telaluun pään poikkeavasta mediaalisesta asennosta verrattuna kantaluuhun ja muuhun jalkaterään. (Kirby 2001, 474.)



Kuva 29. Mediaalisesti poikkeavan liikeakselin klinisiä tunnuspiirteitä (Kirby 2001, 475).

Tyypillisesti ajatellaan, että mediaalisesti poikkeavan liikeakselin omaavissa jaloissa on matala jalkaterän mediaalinen pitkittäiskaari, mutta joissain jalkaterissä pitkittäiskaari voi olla myös normaali seisoma-asennossa. Kantaluun puolituslinja voi myös tällaisessa jalkaterässä olla joko invertoitunut, vertikaalisesti tai evertoitunut, kun tarkastellaan seisonta-asentoa. Tästä syystä kantaluun lepotilan (RCSP) mittaaminen on epäluotettava indikaattori subtalaarinivelen liikeakselin arvioimiseen. Se on myös epäluotettava indikaattori arvioimaan subtalaariniveleen kohdistuvia pronaatio- ja supinaatiomomentteja. (Kirby 2001, 474.)



Kuva 30. Jalkaterän keskiosan epänormaali kuperuus mediaalisesti poikkeavassa liikeakselin sijainnissa (Kirby 2001, 475).

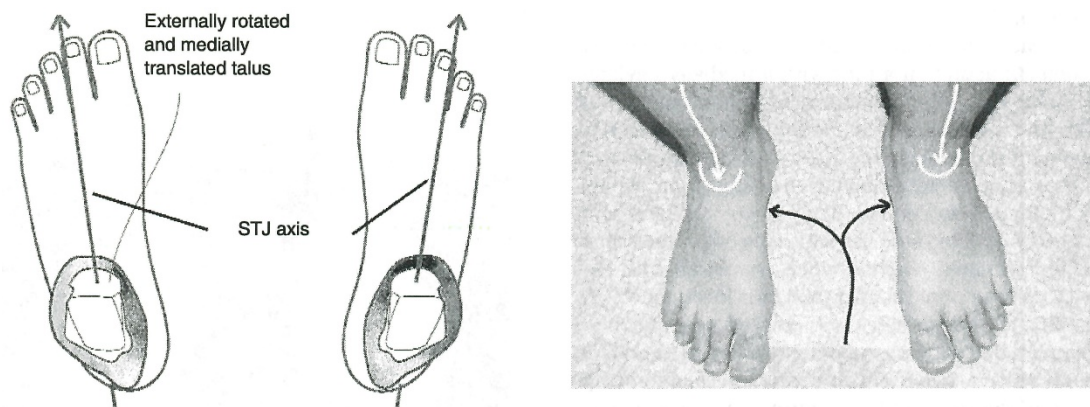
Liikeakselin sijainnin sanellessa jalkaterään kohdistuvia alustan tukivoimia ja lihasten supistusvoimia, mediaalisesti poikkeava liikeakseli aiheuttaa subtalaariniveleen kasvavan pronaatiosuuntaisen momentin ja pienentyneen supinaatiosuuntaisen momentin. Verratessa normaaliin jalkaterään ja liikeakselin

sijaintiin mediaalisesti poikkeavan liikeakselin omaava subtaalarinivel on lähes aina maksimaalisesti pronatoitunut seisonta-asennossa. Tämän tyyppisessä subtalaarinivelen rakenne on taipuvainen kasvaville kompressiovoimille telaluun lateraalireunan ja kantaluun vastaavan pinnan välille sinus tarsiin. Mitä mediaalisempi on subtalaarinivelen liikeakseli, sitä suurempi kompressiovoima kohdistuu sinus tarsiin. Mediaalisesti poikkeavan liikeakselin omaava jalkaterä useimmiten vastustaa huomattavasti normaalia enemmän supinaatiosuuntaista liikettä. Tämän tyyppisen jalkaterän rakennetta voidaan konservatiivisesti hoitaa antipronaatio-tukipohjallisilla. Tällaisessa tukipohjallisessa pyritään lisäämään supinaatiosuuntaista momenttia ja vähentämään pronaatiosuuntaista momenttia ohjaamalla alustan tukivoimia jalkapohjan lateraalipuolelta enemmän mediaalipuolelle. Jalkaterän ja alaraajan alueen vammoja ja toimintahäiriöitä, joita mediaalisesti poikkeava liikeakseli voi aiheuttaa ovat plantaarifaskiitti, hallux limitus, II-varpaan tyvinivelen nivelpussin tulehdus, abductor hallucis lihaksen venähdys, sinus tarsi -syndroomaa, tibialis posteriorin toimintahäiriötä, tibialis posteriorin tendiniitti, lihasaitio-oireyhtymää, patellan kondromalasia ja pes anserniuksen bursiittia. (Kirby 2001, 475 - 476.)

### **5.5 Lateraalisesti poikkeavan liikeakselin tunnuspiirteet**

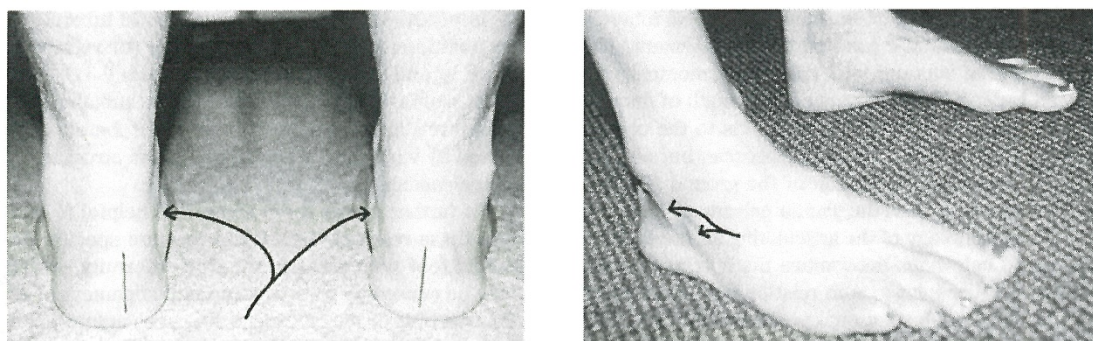
Lateraalisesti poikkeava subtaalarinivelen liikeakselia esiintyy vähemmän kuin mediaalisesti poikkeavaa. Tällaiselle jalalle tunnusomaista on telaluun kaulan ja pään lateraalisempi sijainti suhteessa jalkapohjaan kuin normaalisti. On myös yleisempää, että palpoitaessa liikeakselia jalkapohjasta se ilmenee paremmin jalan takaosassa kuin etuosassa. Lateraalisesti poikkeava liikeakseli sanelee, että alustan tukivoima ja lihasten supistusvoima aiheuttavat jalkaterään kasvavan supinaatiomomentin ja vähentyneen pronaatiomomentin. Seisonta-asentoa tutkittaessa voidaan vastaavalle liikeakselin sijainnille huomata kolme kliinistä tunnusmerkkiä jalkaterästä. Ensimmäisenä, kun katsotaan jalkaterää ylhäältä päin, voidaan huomata jalkaterän keskiosan mediaalireunan kupera muoto horisontaalitasolla. Toiseksi, kun tarkastellaan jalkaterää jälleen ylhäältä päin, voidaan huomata telaluun kaulan ja pään alueen pehmytkudosten lateraalinen sijainti suhteessa kantaluuhun (kuva 31). Kolmantena merkkinä, kun tarkastellaan jalkaterää takaapäin, pystytään huomaamaan kasvanut koveruus jalkaterän keskiosassa mediaalireunalla, mediaalimalleolin ala- ja

etupuolella (kuva 31). Yleensä lateraalisen liikeakselin omaavalle jalkaterälle on taipumus korkeampaan mediaaliseen pitkittäiskaareen ja sitä havainnollistetaan pes cavus -tyypin jalkana. (Kirby 2001, 476.)



Kuva 31. Lateraalisesti poikkeavan liikeakselin klinisiä tunnuspiirteitä (Kirby 2001, 476).

Eräs ilmiö, jota esiintyy tämän tyyppisissä jaloissa tutkittaessa seisonta-asentoa, on fibularis-lihasten jänteiden jännittyneisyys. Fibularis-lihasten jänteiden jännittyneisyys voidaan havaita jalkaterän lateraalisivulta, mutta ainoastaan seisonta-asennossa (kuva 32). Näiden lihasten kasvanut jännitteisyys aiheutuu kasvaneesta subtalaariniveleen kohdistuneesta supinaatiosuuntaisesta momentista. Fibularis-lihaksilta vaaditaan tällaisessa tilanteessa voimakkaampaa pronaatiosuuntaista voimaa. Teorian kehittäjä on huomannut, että lateraalisen liikeakselin omaavissa jaloissa, jossa ilmenee lisääntynyt fibularis-lihasten aktiivisuus supinoivat seisonnassa maksimaalisesti, kun heitä neuvotaan rentouttamaan kyseiset lihakset. Kohtalaisen tai vaikean lateraalisen liikeakselin sijainti voi näkyä henkilöllä myös kävelyssä. Henkilö saattaa kävellä ja kuormittaa enemmän jalkaterän lateraalipuolta sekä henkilöllä voi esiintyä toistuvia inversiosuuntaisia nilkan nyrjähdyksiä. (Kirby 2001, 476.)



Kuva 32. Jalkaterän keskiosan epänormaali koveruus ja fibularis lihasten jännittyneisyys lateraalisesti poikkeavassa liikeakselin sijainnissa (Kirby 2001, 477).

Lateraalinen subtalaarinivelen liikeakseli aiheuttaa henkilölle vaikeuden tuottaa pronaatiosuuntaista liikettä. Konservatiivisessa hoidossa voidaan käyttää tukipohjallista, jolla pyritään siirtämään alustan aiheuttama mediaalinen tukivoima enemmän lateraaliseksi suhteessa liikeakseliin. Voidaan myös käyttää tukipohjallisen etuosassa valguskiilaa. Tällä voidaan vähentää fibularis-lihas-ten kasvanutta aktivaatiota ja vakauttaa kävelyä. Vaikka tukipohjallisiin tehtävät muutokset ovat erittäin hyödyllisiä kyseisen jalkaterän hoidossa, niin tulee kiinnittää erityistä varovaisuutta kiilojen voimakkuuksissa, ettei aiheuteta niveliin degeneratiivisia muutoksia ajan kuluessa. Lateraalisesti poikkeava liikeakseli voi aiheuttaa erilaisia oireita ja vammoja jalkaterään. Teorian kehittäjä on huomannut nilkan lateraalista instabiliteettia, nilkan toistuvia inversiosuuntaisia vammoja sekä fibularis tendiniittiä henkilöillä, joilla on kyseinen subtalaarinivelen liikeakselin sijainti. (Kirby 2001, 477.)

### **5.6 Liikeakselin vaikutus jalkaterän takaosan rakenteisiin sekä subtalaarinivelen momentin sijaintiin**

Neutraalisti toimivassa jalkaterässä, kun subtalaarinivelen liikeakseli sijoittuu kantaluun mediaalisen kyhmyyn lateraalipuolelle, aiheuttaa alustan tukivoima subtalaariniveleen supinaatiosuuntaisen momentin. Supinaatiosuuntaisen momentin voimakkuus ei riipu ainoastaan liikeakselin momentin varren pituudesta, vaan alustan tukivoiman aiheuttama voimavektorin suunta ja suuruus suhteessa kantaluuhun vaikuttavat myös. Kantaluun ja telaluun nivelpintojen rakenne määrittelevät subtalaarinivelen liikeakselin avaruudellisen sijainnin. Kantaluun ja telaluun nivelpintojen rakenne aiheuttavat siten vaihtelua myös liikeakselin avaruudellisessa sijainnissa suhteessa kantaluun plantaariseen osaan. Siksi liikeakselin avaruudellinen sijainti suhteessa kantaluun plantaariseen osaan ei määräydy ainoastaan nivelpintojen rakenteiden perusteella vaan kantaluun rungon rakenne ja subtalaarinivelen rotaatioasento vaikuttavat myös. (Kirby 2001, 477 - 478.)

Jalkaterän takaosan valgus- ja varus-virheasentoja ja niiden vaikutuksia jalkaterän toimintaan ei pitäisi tarkastella kantaluun takaosan frontaalitason muutoksina, vaan ennemmin tulisi tarkastella kantaluun mediaalisen kyhmyyn paikan suhdetta subtalaarinivelen liikeakseliin. Näiden suhde vaikuttaa subtalaarinivelen momentin varren pituuteen. Jalkaterän takaosan varus-virheasento



saattaa olla aiheutunut säären tai kantaluun varus-suuntaisista rakenteellisista linjauksista. Tälle ominaista on kantaluun invertoitunut asento suhteessa alustaan, kun seistään neutraalisti. Kantaluun invertoitunut asento aiheuttaa sen, että kantaluun mediaalinen kantakyyhmy siirtyy entistä mediaalisemmaksi suhteessa subtalaarinivelen liikeakseliin. Tästä syystä jalkaterän takaosan varusvirheasento suurentaa subtalaarinivelen supinaatiomomenttia, kun momentin varsi kasvaa niin alustalla on kyky luoda suurempi supinaatiosuuntainen momentti. Tyypillinen kliininen huomio jalkaterän takaosan kasvaneesta varusvirheasennosta on suurentunut taipumus takaosan supinaatiosuuntaiseen instabiliteettiin. (Kirby 2001, 478.)

Jalkaterän takaosan valgus-virheasennolle on ominaista, että kantaluun mediaalinen kantakyyhmy on joko vähemmän mediaalisesti sijoittunut tai enemmän lateraalisesti suhteessa subtalaarinivelen liikeakseliin. Kantaluun valgusasennossa kantaluun on invertoitunut suhteessa alustaan. Monet jalat, jotka toimivat samalla tavalla kuin jalat joissa on takaosan valgus-virheasento eivät välttämättä ilmene invertoituneena frontaalitasolla, mutta saattavat näkyä kantaluun lateraalisenä siirtymänä suhteessa sääreen. Joko jalan takaosan valgus-virheasento tai kantaluun lateraalinen siirtymä aiheuttaa kantaluun mediaalisen kyyhmy sijoittumisen vähemmän mediaalisesti tai enemmän lateraalisesti kuin normaalisti. Tämä aiheuttaa momentin varren pienenemisen, missä alustan tukivoima tuottaa supinaatiosuuntaisen momentin, kun tukivoima vaikuttaa kantaluun alapintaan. Vaikeissa takaosan valgus-virheasennossa tai vaikeissa kantaluun lateraalisisissa siirtymissä saattavat siirtymiset aiheuttaa niin suuren lateraalisen liikkeen suhteessa subtalaarinivelen liikeakseliin, että kantaluun mediaalinen kantakyyhmy voi sijoittua lateraalisesti suhteessa subtalaarinivelen liikeakseliin. Kyseisen tason virheasennossa alustan tukivoima aiheuttaa kantaluun kautta pronatiosuuntaisen momentin ennemmin kuin normaalin supinaatiosuuntaisen momentin. (Kirby 2001, 480.)

Kuten aikaisemmin todettiin, että subtalaarinivelen rotaatioliike kuormituksessa muuttaa myös kantaluun mediaalisen kantakyyhmy paikkaa suhteessa subtalaarinivelen liikeakseliin. Suljetussa kineettisessä ketjussa subtalaarinivelen pronatio aiheuttaa kantaluun invertoitumisen suhteessa telaluuhun, mikä taas aiheuttaa telaluun ja subtalaarinivelen liikeakselin siirtymisen mediaalisesti ja sisäkiertoon suhteessa kantaluun mediaaliseen kantakyyhmyyn.

Suljetun kineettisen ketjun supinaatio puolestaan aiheuttaa kantaluun invertoitumisen suhteessa telaluuhun, joka aiheuttaa telaluun ja subtalaarinivelen liikeakselin siirtymisen lateraalisesti ja ulkorotaatioon suhteessa kantaluun mediaaliseen kantakyhmyyn. Nämä kyseiset subtalaarinivelen liikeakselin avaruudelliset siirtymät ja rotaatiot suhteessa jalan plantaariseen pintaan suljetun kineettisen ketjun pronaaation ja supinaation aikana aiheuttavat myös subtalaarinivelen momentin varsien vaihtelun suhteessa kantaluun mediaaliseen kantakyhmyyn. Oikeastaan subtalaarinivelen pronaaation ja supinaation voidaan ajatella vaikuttavan pronaaation ja supinaation momenttien varsiin suhteessa mediaaliseen kantakyhmyyn. Samalla tavalla jalkaterän takaosan rakenteelliset virheasennot vaikuttavat momenttien varsien pituuteen suhteessa kantaluun mediaaliseen kyhmyyn. (Kirby 2001, 481.)

Edellä mainittu analyysi osoittaa yhden tärkeimmistä subtalaarinivelen liikeakselin sijainti-/rotaatio tasapainoteorian näkökulmista. Keskittymällä määrittämään momentin varsia mediaalisen kantakyhmyyn ja subtalaarinivelen liikeakselin sijainnin välillä, mahdollistaa se sekä liikeakselin rotaatiosijainnin että jalkaterän takaosan synnynnäisten rakenteellisten poikkeamien biomekaanisen määrittelyn samoin parametrien. Yhdistelemällä tätä analyysia muihin avaruudellisiin liikkeisiin tärkeiden jalkaterän takaosan anatomisten maamerkkien kanssa, mahdollistaa se tulevaisuudessa tutkijoiden tehokkaamman jalkaterän takaosan kinetiikan määrittämisen kuormituksen aikana. (Kirby 2001, 482.)

### **5.7 Liikeakselin vaikutus jalkaterän etuosan rakenteisiin sekä subtalaarinivelen momentin sijaintiin**

Siitä lähtien, kun jalkaterä etuosaan kohdistuu alustan tukivoima kuormituksen aikana, jalkaterän etuosan kuormitettujen rakenteiden sijainnilla suhteessa subtalaarinivelen liikeakselin avaruudelliseen sijaintiin on tärkeä vaikutus koko alaraajan ja jalkaterän biomekaniikkaan. Subtalaarinivelen suljetun kineettisen ketjun pronaaatio aiheuttaa liikeakselin mediaalisen siirtymisen ja sisäkierron paikallaan olevaan jalkaterän etuosaan nähden. Päinvastoin taas subtalaarinivelen supinaatio suljetussa kineettisessä ketjussa aiheuttaa liikeakselin lateraalisen siirtymisen ja ulkokierron jalkaterän etuosaan nähden. Koska subtalaarinivelen liikeakselin siirtymillä ja rotaatioilla on vaikutus jalkaterän etu-

osan kuormitusosien yläpuolella oleviin osiin suljetun kineettisen ketjun pronaaation ja supinaation aikana, on kyseisillä liikkeillä suora vaikutus momentti- varsien pituuksiin, kun alustan tukivoimalla on mahdollisuus tuottaa joko subtalaarinivelen pronaaatio- tai supinaatiosuuntaisia momentteja kuormituksen aikana. (Kirby 2001, 483.)

Teoria siitä, että alustan tukivoiman ollessa metatarsaalien päässä saattaen aiheuttaa suoraan subtalaarinivelen supinaatio- ja/tai pronaaatiomomenttia perustuu oletukseen, jota usein käytetään alaraajan biomekaanisissa tutkimuksissa, kun jalkaterä saatetaan mallintaa jäykkänä kappaleena, joka kiertyy kuormituksessa telaluun ympärillä (Kirby 2001, 483). Kyseisen teorian tueksi Kirby (2001) on huomannut aikaisemmin käyttämällä subtalaarinivelen liikeakselin palpaatiotekniikkaa yli 2000 jalan tutkimisessa, että jalkaterän takaosan ja etuosan rotaatiottoman pistelinja esiintyy yhtenä yhtenäisenä linjana. Tämä osoittaa, että jalkaterän taka- ja etuosa ovat periaatteessa ”lukkiutuneet” suhteellisen jäykäksi rakenteeksi, joka rotatoi ensisijaisesti subtalaarinivelen liikeakselia (Kirby 2001, 483). Van Langelaan (1983), Benink (1985) ja Lundberg & Svensson (1993) ovat tutkimuksissaan yhtenäisiä Kirbyn (2001) kanssa siitä, että subtalaarinivelen liikeakseli on jalkaterän inversio ja eversio akselin ensisijainen liikeakseli. Payne ym. (2003) olivat puolestaan tutkimuksessaan sitä mieltä, että kuormituksessa jalkaterän takaosalla ja keskiosalla on monimutkainen yhteys, ja dynaamisessa kuormitusliikkeessä jalkaterän takaosan liike on monimutkaisempi kuin yksikertainen saranamalli.

Laajennettaessa eteenpäin tätä aihetta voidaan ottaa esimerkki normaalista jalasta, jossa subtalaarinivelen liikeakseli ohittaa ensimmäisen intermetatarsaalin jalan yläpuolelta. Tällaisessa jalassa alustan tukivoiman kohdistuessa ensimmäiseen metatarsaalin päähän, aiheuttaa se pienen subtalaarinivelen supinaatio momentin siitä lähtien, kun ensimmäisen metatarsaalien pää sijaitsee mediaalisesti liikeakseliin nähden. Mikäli jalka sitten pronatoi ja subtalaarinivelen liikeakseli siirtyy mediaalisesti sekä sisäkiertyy, niin liikeakselin avaruudellinen sijainti muuttuu mediaalisesti suhteessa ensimmäisen metatarsaalien päähän. Tällaisessa pronatoidussa jalassa alustan tukivoima kohdistuu ensimmäisen metatarsaalien pää alapuolelle ja aiheuttaa siten subtalaarinivelen pronaaatiomomentin siitä lähtien, kun metatarsaalien pää on lateraalisesti lii-

keakseliin nähden. Mikäli sama jalka sitten supinoi, ja liikeakseli siirtyy lateraalisesti sekä kiertyy ulkokiertoon aina kolmannen metatarsaalin pään yli, silloin alustan tukivoiman kohdistuessa ensimmäisen metatarsaalipään alle, on sillä pidempi subtalaarinivelen supinaatio momenttivarsi kuin alkuperäisessä lepoasennossa. Tämän takia suljetun kineettisen ketjun pronaatio- ja supinaatiomomentit muuttavat liikeakselin suhdetta metatarsaalien päihin. (Kirby 2001, 483.)

Liikeakselin ja metatarsaalien päiden suhde määrittelee sekä momentin voimakkuuden että suunnan, jonka alustan tukivoima tuottaa liikeakselin yli. Samaan tapaan kuin suljetun kineettisen ketjun subtalaarinivelen pronaatiossa ja supinaatiossa, hajonnat jalkaterän etu- ja takaosan transversaali tason rakenteiden suhteissa saattavat myös muuttaa liikeakselin avaruudellista suhdetta jalkaterän etuosaan. Weismann (1983) väittää, että ideaalinen jalkaterän etuosan adduktiokulma olisi  $8^\circ$ . Röntgenkuva-analyysien perusteella suoran jalkaterän etuosan rakenne on määritelty olevan, kun adduktiokulma on vähemmän kuin  $12^\circ - 14^\circ$ . Jalkaterän etuosan adduktiorakenne on puolestaan määritelty olevan, kun adduktiokulma on suurempi kuin  $12^\circ - 14^\circ$ . Tästä johtuvat suuret hajonnat jalkaterän etu- ja takaosan suhteissa transversaalitasolla ihmisväestössä ja se osoittaa, että jokaisella jalalla on uniikki transversaalitason rakenteellinen kulmalinjaus etuosan ja takaosan suhteen. Tämä vuorostaan vaikuttaa subtalaarinivelen liikeakselin linjaukseen suhteessa jalkaterän etuosan plantaaritason. (Kirby 2001, 483.)

Kirby (2001) esittää, että tunnusomaiset kliiniset muutokset, jotka esiintyvät jaloissa, joissa on rakenteellista vaihtelua jalkaterän etu- ja takaosan suhteissa transversaalitasolla, johtuvat etuosan mediaalisesta tai lateraalista siirtymästä suhteessa liikeakseliin sekä näiden mekaanisesta vaikutuksesta subtalaarinivelen momenttitasapainoon. Tämä johtuu ei ainoastaan alustan tukivoimasta, vaan myös lihasten ja ligamenttien vetovoimasta kuormituksen aikana. Kuitenkin subtalaarinivelen liikeakselin avaruudellinen sijainti pysyy muuttumattomana jalan takaosassa niin kauan kuin subtalaarinivelen rotaatio-sijainti ei muutu. Muutokset jalkaterän etuosan ja takaosan rakenteellisessa suhteessa transversaalitasolla vaikuttavat merkittävästi subtalaarinivelen supinaatio- ja pronaatiomomenttien tasapainoon. Vuorostaan mikä tahansa muu-

tos subtalaarinivelen pronaatio- ja supinaatiomomenttien tasapainossa vaikuttaa liikeakselin rotaatiotasapainotilaan. Tämä puolestaan muuttaa jalan mekaanista vastausta sekä ulkoisesti että sisäisesti tuotettuihin voimiin. (Kirby 2001, 484.)

## 6 OPINNÄYTETYÖN TARKOITUS JA TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä subtalaarinivelen rakentamiseen ja biomekaniikkaan. Tarkoituksena on perehtyä subtalaarinivelen liikeakselin biomekaaniseen tutkimukseen palpaation kautta. Kyseistä tutkimusmenetelmää ei ole käytetty jalkaterapeutikoulutuksessa, ja tarkoituksena on tuoda esille kyseisen tutkimusmenetelmän teoria ja toiminta muille jalkaterapeuttiopiskelijoille. Työn tarkoituksena on myös luoda tuotekehityksenä subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta jalkapohjasta opetusvideo, jota voitaisiin hyödyntää tulevaisuudessa jalkaterapian biomekaniikan opetuksessa. Opetusvideon lisäksi tarkoitus on tuoda suomenkielistä opetusmateriaalia Kirbyn (2001) tutkimusmenetelmästä sekä teoriasta.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuoda yksi lisä tutkimusmenetelmä biomekaanisen tutkimisen tueksi ja tuoda esille fysiikan mekaniikan näkökulmaa jalkaterän toimintaan. Tavoitteena työllä on myös oma ammatillinen kehittyminen, tiedon lisääminen jalkaterän toiminnasta sekä uuden biomekaanisen tutkimuksen käyttöönotto jalkaterapeutin koulutuksessa.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja työ liittyy Podiatrain nimiseen EU -projektiin. Kyseessä on kansainvälinen EU -projekti ”*Open online course in new technologies for diagnosis and treatment of foot pathologies*”. Projekti on alkanut vuonna 2016, ja se toteutetaan yhteistyössä Valencian yliopiston, Maltan yliopiston, Valencian biomekaniikan instituution sekä Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun kanssa. Projektin lopputuotoksen tarkoituksena on tarjota osaamisen laajentamista mm. jalkaterapeuteille, jalkaterapeuttiopiskelijoille, traumatologeille, jalkakirurgeille sekä muille jalkaterveyden ammattilaisille. Hankkeen avulla mahdollistetaan jalkaterapeutin ammattiroolin muuttuminen perinteisestä käsityöläisammattista modernimmaksi kliiniseksi osaajaksi. Näiden avulla jalkaterapeutin työmahdolli-

suudet myös laajenevat. Projektin tarkoituksena on myös yhtenäistää Euroopan jalkaterveyden ammattilaisten korkeakoulutuksen viitekehystä. Projektin tuotoksena syntyvä online kurssi sisältää eri tutkimuksiin ja alaraajaongelmiin liittyviä moduuleita ja moduulit taas sisältävät työpajoja sekä case-tehtäviä. Podiatrain-hanke on tällä hetkellä vaiheessa, jossa pilottikurssi otetaan kokeiluun kevään 2018 aikana. (Podiatrain s.a.)

## **7 SUBTALAARINIVELEN LIIKEAKSELIN PALPAATIOVIDEON TUOTEKEHITYSPROSESSI**

Tuotekehitystoiminta on prosessi, jolla tavoitellaan uutta tuotetta tai tuotteen parannusta. Tästä syystä luovuudella ja luovalla työllä on iso merkitys tuotekehitystoiminnassa. Luova ongelmanratkaisu vaatii luovaa ajattelutapaa ja asenteita sekä luovuutta kehittävää ilmapiiriä. (Hietikko 2008, 15.) Tuotekehitysprosessiin voidaan katsoa sisältyvän viisi eri vaihetta, joita ovat ongelman ja kehittämistarpeen tunnistaminen, tuotteen ideoiminen, luonnostelu ja kehitys, sekä prosessin viimeistely. Prosessin alkuvaihe käynnistetään tunnistamalla ongelma ja/tai kehittämistarve, jonka jälkeen voidaan aloittaa itse tuotekehitys. (Jämsä & Manninen 2001, 28 - 30.) Tässä opinnäytetyössä tuotetaan tuotekehityksenä video-opas jalkaterapeuttiopiskelijoille subtalaariniveleen liikeakselin palpaatiosta käyttäen esimerkkeinä erityyppisiä jalkaterärakenteita ja hyödyntäen teoreettisen viitekehukseen kerättyä pohjatietoa.

### **7.1 Video opetusmateriaalina**

Tekstien ja kuvien käytön lisäksi voidaan oppimiseen tuoda visuaalista esittämistä esimerkiksi videon avulla, joka mahdollistaa kokonaisten tarinoiden esittämisen. Videon etuna on se, että sitä voidaan katsoa vuorokauden ajasta riippumatta, mobiililaitteella missä tahansa. Videon katsoja voi myös pysäyttää kuvaa ja katsoa itselle hankalat asiat läpi useaan kertaan. (Ruuska ym. 2015, 155,190). Parhaimmillaan video sytyttää ja synnyttää tapaukseen liittyvää keskustelua, pohdintaa sekä ongelmanratkaisua. Liikkuvan kuvan avulla voidaan edesauttaa ja tukea oppimista. Tässä voidaan käyttää mallina neljää oppimisen ulottuvuutta joita ovat; näkeminen, sitoutuminen, tekeminen ja kertominen. Kentz ja Kukkonen (2011) toteavatkin, että; *”Jos yksi kuva kertoo enemmän kuin tuhat sanaa, liikkuva kuva kertoo enemmän kuin tuhat staattista kuvaa”*. (Hakkarainen & Kumpulainen 2011, 11 - 14,122,138.)

Hyvä ja asiallinen opetusvideo ei ole kuvien muodostama jono. Video vaatii rakenteen ja rakenne suunnittelua. Yli 3 min pitkän videon on hyvä olla rakenteeltaan tarinallinen tai muuten se on hyvä jakaa lyhyimmiksi pätkiksi. Videon tuottaminen voidaan jakaa neljään eri työvaiheeseen; käsikirjoittamiseen, kuvaukseen, editointiin ja julkaisemiseen. (Ailio 2015, 4 - 11.) Hyvän videon perustana toimii käsikirjoitus (Jämsä & Manninen 2000, 59). Käsikirjoitus auttaa muistamaan kuvausvaiheessa kaiken tarpeellisen ja sen avulla ulkopuolinen pystyy näkemään ja kuulemaan mielikuvissaan valmiin videon. On erityisen tärkeää, että käsikirjoitus on laadittu huolellisesti, ja kaikki osapuolet tilaajasta kustantajiin ymmärtävät sen sisällön. Kuvausvaihe vaatii puolestaan aikaa sekä malttia noudattaa ennakkosuunnittelua sekä käsikirjoitusta. Kuvausvaiheessa kerätään videon materiaali ja sillä varmistetaan leikkausvaiheen onnistuminen. Onkin melko yleistä, että puuttuu lista tarvittavista videoklipeistä, jolloin liikkuvaa kuvaa on liian vähän. Editointivaiheessa kuvattu materiaali leikataan ja koostetaan yhteen niin, että videon eri elementit edistävät asiasisältöä, tunnetta sekä katsojan toimintaan vaikuttamista. Julkaisemisessa on tärkeää miettiä, miten saadaan houkuteltua materiaalin käyttäjä katsomaan video. Kiinnostava otsikointi ja johdanto sekä toimiva käyttöliittymä ja linkkiin johdettava kuva edesauttavat käyttäjää valitsemaan videon katsomisen. (Ailio 2015, 4 - 11.)

## **7.2 Ongelman ja kehittämistarpeen tunnistaminen**

Ongelmalähtöisissä lähestymistavoissa on tavoitteena usein jo käytössä olevan tuotteen tai palvelun edelleen kehittäminen. Yleensä syynä tähän on, että tuote tai sen laatu eivät vastaakaan enää täysin tarkoitustaan. Silloin tavoitteena on pyrkiä vastaamaan jo olemassa oleviin tarpeisiin. Tuotekehitysprosessi voidaan käynnistää myös uuden tuotteen kehityksestä. Tuotteen tai palvelun ongelmien ja kehittämistarpeiden kartoituksessa on keskeistä selvittää, kuinka suuri ongelma on ja keitä se koskee. Sosiaali- ja terveysalalla kehittämistarpeita ja –hankkeita käynnistävät yleensä asiakkaiden terveystarpeet, yhteiskunnallisesta päätöksenteosta johtuvat muutokset, uusi tieto ja sitä kautta ymmärrys toiminnan tavoitteista ja lähtökohdista sekä varsin homogeeninen ammattikunta. (Jämsä & Manninen 2000, 28 - 33.)

Opinnäytetyön idean kehittäminen lähti kunnolla käyntiin syksyllä 2017. Koulun ja harjoittelujen aikana on noussut esille, että nykyiset käytössä olevat biomekaaniset mittausten menetelmät ovat melko heikosti toistettavissa ja tutkimusten suorittamistarkkuuteen vaikuttaa eri tekijöitä kuten, tutkimusvälineet, mittaajan kokemus, tutkimusympäristö, jotka puolestaan vaikuttavat tulosten luotettavuuteen. Nykyiset jalkaterän alueen biomekaaniset mittausten menetelmät perustuvat pitkälti Merton L. Rootin teoriaan ja ne sisältävät suurimmaksi osaksi erilaisia staattisia mittauksia. Teoria perustuu subtalaarinivelen neutraalin asennon määrittämiseen. (Petcu & Anca, 2012.) Toisekseen Rootin teoriaan pohjautuvilla mittauksilla on vaikea hahmottaa jalkaterän alueen toimintojen ja mahdollisten ongelmien kausaliteettia eli syy-seuraussuhteita. Näiden pohjalta lähti ajatus, siitä mitä toisenlaisia näkökulmia tai biomekaanisia tutkimusmenetelmiä voisi olla avuksi, kun tutkitaan jalkaterän toimintaa.

Tähän opinnäytetyöhön päätyneen amerikkalaisen podiatrin Kevin A. Kirbyn kehittämä subtalaarinivelen liikeakselin tutkiminen ja siihen liittyvä subtalaarinivelen rotaatiotasapainoteoria tulivat esille sosiaalisen median kautta, ja siitä kiinnostuneena teorian taustasta pyrittiin etsimään pohjatietoa. Subtalaarinivelen liikeakselin tutkimista ja rotaatiotasapainoteoriaa perustellaan fyysisen mekaniikan lakeihin tukeutuen, ja se lisäsi entuudestaan menetelmän ja teorian mielenkiintoa. Subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisen avulla voidaan jalkapohjasta palpoidun rotaatiottoman linjan kautta havainnoida, miten esimerkiksi alustan tukivoima jakautuu tai kohdistuu jalkapohjaan ja sitä kautta välittää voimia jalkaterän kautta ylöspäin.

Tätä teorian taustaa tutkittaessa tuli myös ilmi, että kyseisestä tutkimusmenetelmästä ei löytynyt suomenkielistä materiaalia tai opasta. Tällä opinnäytetyöllä ei ollut alussa varsinaisesti tilaajaa, koska ajatus ideasta syntyi opiskelijälähtöisesti. Opettajien kanssa keskusteltua aiheesta lupa aiheen jalostamiseen opinnäytetyöksi myönnettiin ja työelämälähtöisyys saatiin myös sisällytettyä työhön, koska video-opas liikeakselin tutkimisesta voidaan liittää omana osana Podiatrain EU -projektia.



### 7.3 Ideointivaihe

Kehitystarve on otettu huomioon ideointia aloitettaessa, mutta ratkaisukeinoja ei ole vielä saatu aikaiseksi. Tästä vaiheesta käynnistyykin ideointiprosessi, jonka tavoitteena on erilaisten vaihtoehtojen löytäminen. Mikäli prosessin tarkoituksena on uudistaa ja kehittää jo valmiina olevaa tuotetta, voi kyseinen ideointivaihe jäädä kovin lyhyeksi. Ideointivaiheessa ongelman ratkaisemiseksi voidaan käyttää erilaisia lähestymis- tai työtapoja. Kehitystoiminnassa yleisesti käytetään luovia toimintamalleja sekä ongelmanratkaisumenetelmiä, joita ovat esimerkiksi aivoriihitoiminta (brainstorming), tuumataalkoot ja tuplatiimi. Näiden lisäksi yrityksen tai organisaation kannattaa käyttää ideapankkimenetelmää, johon kerätään kehitystarpeita tai ehdotuksia ongelmien ratkaisemiseksi. (Jämsä & Manninen 2000, 35 - 39.)

Opinnäytetyön ideavaiheessa oli aluksi tarkoitus tehdä työ käyttäen menetelmänä kuvailevaa kirjallisuuskatsausta. Kyseiseen menetelmään liittyvät ongelmat nousivat esiin, kun aiheesta suoritettiin tiedonhakua eri tietokannoista. Valitettavasti subtalaarinivelen liikeakseliin ja jalkaterän biomekaanisesta tutkimisesta löytyy melko niukasti tutkittua tietoa ja alkuperäinen ajatus kirjallisuuskatsauksesta jouduttiin tästä syystä hautaamaan. Ohjaavien opettajien kanssa käydyn keskustelun jälkeen päädyttiin vaihtamaan menetelmä tuotekehitykseen ja tehdä liikeakselin palpaatiotutkimisesta opetusvideo, jota voitaisiin mahdollisesti käyttää opetustarkoitukseen tai muuhun biomekaaniseen tutkimiseen liittyen. Tuotekehityksenä toteutettava opetusvideo subtalaarinivelen liikeakselin palpaatiosta voitaisiin hyödyntää myös Podiatrain-hankkeessa, jossa luodaan kansainvälinen online-kurssi sisältäen jalkaterapian eri aihealueita. Opinnäytetyön ohjauksessa oli ohjaavien opettajien kanssa keskustelua, että opetusvideoon voisi sisällyttää erityyppisten jalkaterien tutkimisen, joka mahdollisesti havainnollistaisi parhaiten, kuinka liikeakselin sijainti voi vaihdella ihmisillä eri jalkaterissä. Opetusvideo toisi myös suomenkielistä opetusmateriaalia kyseisestä tutkimusmenetelmästä ja toimisi hyvänä lisänä opinnäytetyön teoriapohjan lisäksi.

### 7.4 Luonnosteluvaihe

Luonnosteluvaihe voidaan aloittaa ideointivaiheen jälkeen, kun tulevasta tuotteesta ja sen muodosta on päätetty. Luonnosteluvaiheeseen kuuluu suuresti

eri tekijöiden ja näkökulmien tarkastelu ja tarkempi analysointi, jotka osaltaan ohjaavat suunnittelua sekä tuotteen valmistamista. Varmistaakseen kehitettävän tuotteen laadukkuus on tekovaiheessa otettava huomioon kaikkien näkökulmien toimivuus. Kyseisiä näkökulmia ovat muun muassa asiantuntijatieto, palveluiden tuottaja, lait ja säädökset, toimintaympäristö sekä asiakasprofiili. Tuotteen luonnostelussa perustana toimii asiakasprofiilin miettiminen ja selvittäminen. Käyttäjiä parhaiten palvelee tuote, jonka suunnitteluvaiheessa on otettu huomioon käyttäjien tarpeet, kyvyt sekä muut käyttäjiin vaikuttavat asiat. (Jämsä & Manninen 2000, 28 - 30.)

Tuotettavan video-oppaan tietopohjana toimi teoreettiseen viitekehykseen (Liite 2) kerätty tutkimusaineisto ja ammattikirjallisuus. Tämän tiedon pohjalta voitiin lähteä hahmottelemaan toteuttavan videon sisältöä ja käsikirjoitusta, jotta lopputuotoksessa asiat esitetään näyttöön pohjautuen. Tiedonhaku suoritettiin huolellisesti eri tietokantoja hyväksikäyttäen. Käytettyjä hakutermejä oli yhteensä n. 80, joilla varmistettiin, että saadaan kasattua kaikki mahdollinen tieto, mitä käytetyistä tietokannoista oli saatavilla. Löydetyistä tutkimuksista karsittiin myöhemmin hyödyttömät tai muuten epäsoveltuvat tutkimukset pois. Teoriatiedon kasaamisessa käytettiin apuna myös ammattikirjallisuutta, erityisesti biomekaniikan osalta.

Teoreettisen viitekehyksen valmistuttua oli seuraavaksi vuorossa video-oppaan käsikirjoituksen laatiminen (Liite 3). Ennen käsikirjoitusta kuitenkin tutustuttiin vielä hyvän video-oppaan tekemiseen ammattikirjallisuuden avulla. Video-opas päädyttiin toteuttamaan kategorisen käsikirjoituksen mallin mukaisesti, jossa video etenee loogisesti aihealueesta seuraavaan. Videolle päätyneet aiheet oli helppo poimia teoreettisesta viitekehyksestä, ja sieltä saatiinkin suoraan runko videolle. Aiheiden ympärille poimittiin seuraavaksi sisältö, joka tuodaan esille videolla. Sisältöä kasatessa tuli tarkkaan miettiä, mitkä asiat kuuluvat olennaisesti aiheeseen ja ottaa vain ne mukaan, koska aihealueet olivat suhteellisen laajat ja käytettävää materiaalia oli melko paljon. Sisällön lisäksi käsikirjoitusvaiheessa tuli pohtia kuvausympäristö, videon tekninen toteutus, kohtaukset, käytettävät kuvat, tarvittava kuvausvälineistö ja tarvittavat mallit. Ennen kuvausten aloittamista hyväksytettiin käsikirjoitus ohjaavilla opettajilla.

## 7.5 Tuotteen kehittäminen

Tuotteen tekovaiheessa tehdään päätökset, etenkin tuotteen sisällön ja ulkonäön osalta. Tuotteen ensimmäinen työvaihe onkin tyypillisesti työpiirustusten hahmottelu ja laatiminen. Useat sosiaali- ja terveysalalla käytettävistä tai kehitettävistä tuotteista ovat tarkoitettu informaation välitykseen eri tahoille, kuten henkilökunnalle, asiakkaille tai yhteistyötahoille. Esimerkiksi oppaan kehittämisessä kehitysvaiheessa asiasisältöön vaikuttaa oppaan käyttäjäkunta, sekä mahdollinen ulkopuolinen apu tuotetta valmistettaessa. Asiatekstin on oltava selkolukuista, jotta teksti aukeaa heti ensilukemalla lukijoilleen. Myös tuotteen ulkoasu on tärkeässä osassa. Audiovisuaalista tiedon välittämistä käytetään yhä enemmän myös sosiaali- ja terveysalalla erilaisissa potilaiden ja omaisten ohjaamisessa tai henkilökuntaa perehdyttäessä. Videon hyvinä ominaisuuksina voidaan katsoa sen välittävän tietoa puheen ja tekstin lisäksi kuvien ja äänien avulla. (Jämsä & Manninen 2000, 54 - 60.)

Luonnostelu- ja käsikirjoitusvaiheen jälkeen koko videon tekemisestä oli jo selkeä kuva. Videota lähdettiin toteuttamaan siinä järjestyksessä, kun se oli käsikirjoitukseen laadittu. Kuvausympäristöksi valikoitui koulun kotisimulaatiotila, koska se oli paikaltaan rauhallinen ympäristö ja sinne sai hyvin järjestettyä kuvauspaikan. Koululta saatiin tarvittava kuvausvälineistö ja videolle löytyi sähköpostikyselyn kautta sopivat mallit käytettäväksi.

Videon alkuosa eli niin sanottu johdanto-osa päädyttiin puhumaan kameralle. Varsinainen ensimmäinen aihealue, joka koski subtalaarinivelen liikeakselia, kuvattiin jalkaterämallia hyödyntäen selostamalla kameralle siihen liittyvä teoriatieto. Toinen osa, jossa käytiin Kirbyn (2001) teoria läpi päädyttiin kertomaan kuvien kautta, ja ääni nauhoitettiin sopiviksi tallenteiksi. Tallenteet ja kuvat yhdistettiin editointivaiheessa yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Videon kolmas osuus koski liikeakselin varsinaista tutkimista mallien avulla, toteutettiin se taas kameran kuvatessa tutkimusta. Kaiken tarvittavan materiaalin tallentamisen jälkeen oli edessä editointi. Editointivaiheessa palapeliiltä tuntuneista tallenteista koottiin ja editointiin yhtenäinen ja looginen kokonaisuus kiinnittämällä huomiota pienempiinkin yksityiskohtiin, että katselukokemus olisi hyvä ja miellyttävä. Editoinnissa käytettiin Windowsin Movie maker -ohjelmaa, joka oli

suhteellisen yksinkertainen ja helppo käyttää, mutta kuitenkin riittäväillä editointiominaisuuksilla varustettu.

## 7.6 Tuotteen viimeistely

Viimeistelyvaiheessa on tärkeää saada myös ulkopuolisilta arviointeja sekä palautetta tuotteesta. Tuotteen kehittämissä mukana olleilta tahoilta kritiikki voi jäädä vähäiseksi, ja on tärkeää, että viimeistelyvaiheessa saadaan palautetta sellaisilta käyttäjiltä, joille tuote ei ole ennestään tuttu. Tuotteen koekäyttö ja palautetilanne tulisi olla mahdollisimman lähellä arkitilannetta, jotta tilanne vastaisi luonnollista toimintaa. Jos on saatavilla rinnalle vanha tuote voi palautteen anto helpottua. Tuotteen esitestausta tai käyttöä ovat oivia keinoja päästä testaamaan tuotteen käytettävyyttä ja toimivuutta. Esitestausten, ulkopuolisen arvion sekä palautteen perusteella viimeistelyvaiheessa tehdään lopulliset muutokset tuotteeseen ja suunnitellaan sen jakelu. (Jämsä & Manninen 2000, 80 - 81.)

Videon valmistuttua se esitettiin ohjaaville opettajille palautteen saamiseksi. Videon äänen laatu ja äänitasot saivat palautetta ja se oli tietyllä tavalla tiedossa jo videon tekijällä. Äänitasoja pyrittiin vielä hieman parantamaan editointiohjelman sallimissa rajoissa. Mitenkään kovin hyvään lopputulokseen siitä huolimatta ei päästy. Ongelmaksi muodostui se, että kuvatessa kameralle olisi tarvittu mikrofoni henkilöön kiinni. Vain sillä tavalla oltaisiin saatu äänen taso ja laatu paremmaksi. Palautteen saaminen oli muutenkin tärkeää, koska siten videoon voitiin vielä lisätä jotain tai tehdä korjauksia ennen lopullisen version valmistumista. Videon loppuun lisättiin vielä Xamkin logo ja teksti Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu sekä jalkaterapeuttikoulutus Savonlinna. Video-oppaasta ei tule julkista tuotosta eikä sitä julkaista sellaisenaan verkossa. Video tulee opetukselliseen käyttöön ja sitä voidaan hyödyntää opetuksellisissa oppimisympäristöissä. Alkuperäisen videotallenteen muokkaaminen kiellettiin, mutta videosta sai muokata tarvittavia versioita muilla nimikkeillä.

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä subtalaarinivelen rakentamiseen ja biomekaniikkaan. Tarkoituksena oli myös perehtyä subtalaarnivelen liikeakselin biomekaaniseen tutkintaan palpaation kautta pohjaten Kirbyn (2001) teoriaan ja tuottaa opetusvideo liikeakselin tutkimisesta jalkaterapeutiopiskelijoille. Kirbyn (2001) teoriaan liittyen oli myös tarkoitus tuoda suomenkielistä materiaalia aiheeseen liittyen. Työn teoriaosassa ollaan esitetty kattavasti subtalaarinivelen rakenne ja biomekaniikka tutkitun tiedon sekä ammatillisen kirjallisuuden avulla. Teoriaosuudessa ollaan käsitelty myös Kirbyn (2001) teoria subtalaarinivelen liikeakselin sijainnista ja rotaatiotasapainosta liittyen jalan toimintaan. Näiden kattavien teoriaosuuksien pohjalta luotiin video-opas liikeakselin tutkimisesta, jossa käsiteltävät asiat nousevat juuri teoreettisesta viitekehuksesta. Video-oppaasta ja opinnäytetyön teoriaosuudesta on nyt saatavilla suomenkielistä opetusmateriaalia Kirbyn (2001) teoriasta, johon voi tämän opinnäytetyön myötä paremmin ja helpommin tutustua.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuoda yksi lisä tutkimusmenetelmä biomekaanisen tutkimisen tueksi ja tuoda esille voimien ja momenttien näkökulmaa jalkaterän toimintaan. Tavoitteena opinnäytetyöllä oli myös oma ammatillinen kehittyminen, tiedon lisääminen jalkaterän toiminnasta sekä uuden biomekaanisen tutkimuksen käyttöönotto jalkaterapeutin koulutuksessa. Uuden jalkaterän biomekaanisen tutkimuksen tuominen onnistui siltä osin, että aiheesta onnistuttiin luomaan kattava video-opas, jota voidaan jatkossa käyttää yhtenä osana jalkaterapeuttikoulutuksen biomekaanista tutkintaa. Video-opas toimii opetuskäytössä sellaisenaan ja lisätietoa aiheesta pystyy lukemaan tämän työn teoriaosuuksista. Vasta tulevaisuus kertoo, miten video on otettu osaksi opetusta ja onko voimien ja momenttien näkökulmien tuonti lisännyt jalkaterapeuttiopiskelijoiden tietämystä jalkaterän toiminnasta. Ammatillinen kehittyminen ja tiedon lisäys jalkaterän toiminnasta on ollut huomattavaa, koska paneutuminen tiedonkeruuseen ja keskeisten käsitteiden avaamiseen on ollut laajaa ja monipuolista. Ammatillisen kehittymisen näkökulmasta voidaan sanoa, että tämän työn jälkeen biomekaanisen tutkimisen taidot ovat monipuolistuneet ja fysiikan lakien huomioonottaminen jalkaterän ja ihmisen toimintaan on huomattavasti parantunut. Tulevaisuudessa fysiikan mukaan ottaminen työhön auttaa hahmottamaan monipuolisemmin ihmisen liikettä ja toimintaa.

## 8.1 Tuotekehitysprosessin kulku

Tuotekehitysprosessi tässä opinnäytetyössä pohjautuu Jämsä & Mannisen (2000) kuvailuun tuotekehitysprosessista ja niiden eri vaiheista. Koko prosessi oli kestoaltaan noin vuoden mittainen projekti. Prosessin alku oli aiheen muodostumisen jälkeen paljon ideointia ja teoria tiedonkeräämistä lopputuotoksen pohjalle. Vaikka alkuperäisestä kirjallisuuskatsauksen tekemisestä jouduttiin luopumaan puuttuvan tutkimustiedon takia ja menetelmäksi valikoitui toiminnallinen menetelmä, tuntui se lopulta hyvältä ratkaisulta. Video-oppaan tekemisestä syntyi tunne, että pystyisi tuomaan uudenlaista näkökulmaa biomekaaniseen tutkimiseen ja samalla tuomaan yhden tutkimusmenetelmän lisää tuleville jalkaterapeuttiopiskelijoille.

Teoriatiedon kerääminen ja kirjoittaminen sekä Kirbyn (2001) teorian avaaminen loivat hyvän pohjan videon teolle, koska videon sisältö pohjautuu täysin teoriaosuuteen kasattuun tieteelliseen tietoon. Samalla teoriaosuus pohjusti alustavasti myös videon sisällön rakennetta. Kaiken teoreettisen kirjoittamisen jälkeen oli suhteellisen helppoa lähteä rakentamaan videon sisältöä. Päätin, että videon keskeiseksi sisällöksi nostan subtalaarinivelen liikeakselin, Kirbyn teorian avaamisen pääpiirteittäin ja lopuksi esitellään subtalaarinivelen liikeakselin tutkiminen ohjatusti. Videon lopuksi koostin vielä koko videon sisällöstä yhteenvedon.

Videon käsikirjoittaminen oli sisällön suhteen melko helppoa ja yksinkertainen vaihe. Teoriaosuudesta oli helppo poimia ne asiat, jotka koin olennaiseksi esitellä videolla. Ainut pohtimista herättävä asia oli se, että asiaa oli paljon niin millä tavalla olisi järkevää esittää mikäkin osa. Oli myös vaikea hahmottaa, kuinka pitkä video-oppaasta lopulta tulee. Alkuperäisen suunnitelman mukaan videon kestoksi arvioin 10-15 min, mutta videon materiaalin kasauksen jälkeen ja ensimmäisten osien editoinnin yhteydessä tuli huomattua, että aika-arvio osui aika pahasti pieleen. Lopullisen videon kestoksi tuli reilu 33 min ja sisältö on koko ajan hyvin asia painotteinen, joten keston lyhentämiseen ei ollut ilman sisällön täydellistä muokkaamista mahdollisuuksia.

Videon tuottamisen ja ohjauksen suhteen käytin hyväksi Ailio (2015) ”Vähän parempi video” opasta. Oli tärkeään mieltä, millaisia kuvakulmia tulee käyttää missäkin kuvauksen vaiheessa ja miten saada sopiva valaistus. Näissä onnistuin mielestäni hyvin ja löysin kuvaukseen sopivat ratkaisut. Kuvakulmien miettiminen oli jo siksi tärkeää, että videolla käytettävien mallien anonyymisyys säilyy. Ainut mikä ennen kuvausta ja erityisesti jälkeen päin mietitytti, oli äänen laatu ja äänen tasot videolla. Niiden suhteen jäi lopulliseen videoon paljon parantamisen varaa. Kuvatessa olisi ehdottomasti pitänyt käyttää mikrofonia, mutta sopivien mikrofoniin puuttuessa ja jo noin 1 m:n etäisyys kameran mikrofoneista vaimensi äänen melko tehokkaasti. Taas videon toisessa osassa käytetyt ääniraidat vaihtelevat nekin laadultaan melko paljon. Kuuloke-mikrofonin yhdistelmä ei siis ole paras mahdollinen ratkaisu äänen nauhoittamiseen, jos haluaa hyvää laatua. Editoinnissa käytettiin Windowsin Movie maker -ohjelmaa ja rajallisten muokkausten takia ei äänen laatuja voinut parantaa enää edes ohjelman avulla. Tästä opin sen, että seuraavaa videota tehdessä hankkisin asialliset mikrofonit kuvausten ja nauhoitusten tekoa varten.

Oli huomattavan tärkeää jokaisessa kuvaus ja nauhoitus vaiheessa huomioida kaiken tarvittavan materiaalin tallennus, koska puuttuvia osioita ei pystynyt mitenkään edes editoinnilla korjaamaan. Editointi veikin vähintään saman ajan kuin kuvaaminen ja nauhoittaminen, arviolta noin 15 - 20 h. Lopputuloksen sujuvan katselukokemuksen kannalta editointi on kuitenkin erittäin tärkeä osa lopullista produktia ja siksi siihen kannattaakin panostaa ja käyttää aikaa. Edes hyvällä materiaalilla ei saa asiallista katselukokemusta, jos editointi on tehty puutteellisesti ja huolimattomasti. Kuvauspaikan suhteen pyrin valitsemaan melko neutraalin tilan, jossa pystyy työskentelemään rauhassa ja videolle ei tallentuisi muita ärsykyksiä. Kuvauspaikaksi näistä syistä valikoitui Savonniemen kampuksen kotisimulaatiotila.

Kuvaamiseen ja muun videolla nähtävän ja kuultavan materiaalin tallennukseen sekä jälkikäsitteilyyn meni kokonaisuudessa noin 2 viikkoa aikaa. asiat etenivät sovitusti ja sain tallennettua kaiken materiaalin suunnitellusti vaiheittain. Koko tuotekehitysprosessi ja sen vaiheet etenivät hyvin siinä järjestyksessä kuin prosessi on aiemmin kuvailtu. Vaiheistus selkeyttää prosessin läpivientiä ja sitä mitä asioita kuuluu kuhunkin vaiheeseen.

## 8.2 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Tutkimuksen tekemiseen liittyy yleensä useita eettisiä kysymyksiä, jotka tulee ottaa huomioon. Eettisesti hyvässä tutkimuksen teossa noudatetaan aina hyvää tieteellistä käytäntöä. Ihmistieteissä tiedonkeruu ja koejärjestelyt aiheuttavat eettisiä ongelmia ja siksi tutkimuksen teon lähtökohtana tulee olla ihmisarvon kunnioittaminen. Jokaisen ihmisen itsemääräämisoikeutta tulee kunnioittaa ja jokaiselle tulee antaa mahdollisuus päättää, haluavatko osallistua tutkimukseen vai ei. (Hirsjärvi ym. 2012, 23 - 27.) Tässä opinnäytetyössä videooppaan tekemisessä tarvittiin esimerkki tilanteiden havainnoimiseksi muutamia erilaisia jalkaterärakenteita. Savonniemen kampuksen jalkaterapian opiskelijoita lähestyttiin sähköpostitse asian tiimoilta, jossa kysyttiin mahdollisesti soveltuvia ja halukkaita opiskelijoita. Jo sähköpostiviestissä ilmoitettiin vapaaehtoisuus osallistumiseen sekä anonyymisyys ja muu tunnistamattomuus. Videon teon suunnittelussa tuli ottaa huomioon kuvaaminen ja kuvakulmat, jotta tutkittavasta henkilöstä ei näkynyt muuta kuin jalat. Näillä keinoilla pyrittiin varmistamaan hyvä eettisyys videooppaan teossa.

Luotettavuutta voidaan tieteellisissä töissä tarkastella validiteetin ja reliabiliteetin kautta. Näiden käsitteiden avulla pyritään varmistamaan, että tutkimuksen tulokset ovat oikeita. Validiteetillä tarkoitetaan oikeiden asioiden tutkimista ja reliabiliteetilla pysyvyyttä eli mikäli tutkimus toistettaisiin, saataisiin samat tulokset. (Kananen 2015, 343.) Tutkimuksissa tulee aina esittää luotettavia tuloksia, joiden oikeellisuutta tiedeyhteisö voi tarkastella. Kaikki tutkimusaineistojen keruusta, käsittelyyn ja arkistointiin ovat olennaisia osia tiedon luotettavuutta ja tarkistettavuutta. Hyvään tieteelliseen käytäntöön kuuluu myös toisten tutkijoiden töiden kunnioittaminen ja huomioiminen. Muita hyvän tieteelliseen käytäntöön kuuluvia huomioitavia asioita tutkimuksen teossa ovat suunnittelun, toteutuksen ja raportoinnin yksityiskohtaisuus tieteellisen tiedon vaatimusten mukaisesti, tutkimusryhmän jäsenten tietojen kirjaus, rahoituslähteiden ja sidonnaisuuksien ilmoittaminen sekä hyvän henkilöstö- ja taloushallinnon noudattaminen. (Kuula 2011, 24 - 25, 34 - 35.) Opinnäytetyön tiedonhaussa käytettiin suurimmaksi osaksi rajauksena 10 vuotta ja sitä uudempia tutkimuksia. Joillakin hakutermeillä jouduttiin laajentamaan rajoituksia, koska



tietoa ei ollut muutoin saatavilla. Riippuen tietokannasta pyrittiin aina valitsemaan kokoteksti saatavissa ja vertaisarvioidut kriteereiksi. Tämä asetus vaihteli hieman tietokannasta riippuen.

Työssä käytettiin monipuolisesti tietokantoja. Käytettyjä olivat Ebsco, Finna, Google scholar, Helda, Journal of foot and ankle research, Jyx, Medic, Oulafinna, Pubmed, Science Direct, Journal of biomechanics sekä kaakkuri, joka hakee osittain samoista tietokannoista kuin aikaisemmin mainitut. Laajalla haulilla pystyttiin varmistamaan kattava tiedon saanti. Luotettavuutta heikentävänä tekijänä tässä työssä ilmeni se, että subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta löytyy vähän tutkittua tietoa ja sen kohdalla jouduttiin turvautumaan vain muutamaan tutkimusartikkeliin. Tämä oli myös syy, miksi alkuperäisestä suunnitellusta kirjallisuuskatsauksesta jouduttiin luopumaan. Toisaalta luotettavuutta lisää se, että subtalaarinivelen anatomiasta ja liikeakselista löytyy melko hyvin tutkittua tietoa, joten sitä hyödynnettiin työssä laajasti ja vaikka osa viitatuista tutkimuksista ovatkin paljon vanhempia kuin 10 vuotta, niin tieto on vuosien saatossa tarkentunut ja täsmentynyt. Tutkimusten lisäksi työn teorian kasauksessa käytettiin alan ammattikirjallisuutta.

Tässä työssä on noudatettu hyvää tieteellistä käytäntöä myös raportoinnin osalta. Lähdeviittaukset ja lähdemerkinnät ovat tehty huolellisesti ja plagiointia pyritti välttämään myös viittausten avulla sekä suoraa kopiointia välttämällä. Opinnäytetyön teossa on noudatettu Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulun raportoinnin ohjeita ja ohjeistuksia opinnäytetyön osalta. Video-oppaan luotettavuuden näkökulmasta sen teossa on käytetty tämän hetkinen paras mahdollinen teoreettinen näyttö subtalaarinivelestä, sen liikeakselista sekä liikeakselin tutkimisesta. Vaikka tämä opinnäytetyö ei ollut tutkimuksellinen työ vaan toiminnallinen, niin työn teossa on siitä huolimatta pyritty noudattamaan hyviä tieteellisiä käytäntöjä.

### **8.3 Oppimisprosessi**

Opinnäytetyöprosessi lähti varsinaisesti käyntiin syksyllä 2017 tutkimus ja kehittämistyön menetelmä -kurssilla (Liite 4). Kurssin aikana päätettiin lopulli-

sesti opinnäytetyön aiheet. Oma aiheeni subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta oli kuitenkin ollut mielessä jo edelliskeväästä lähtien, jolloin ensimmäisiä kertoja törmäsin kyseiseen aiheeseen sosiaalisen median kautta. Aihe rupesi melko nopeasti kiinnostamaan ja samalla kun tutustuin itsenäisesti aiheeseen ja huomattuani, että aiheesta ei löydy suomenkielistä materiaalia mietin voiko tästä saada tehtyä opinnäytetyön. Kun syksyllä 2017 tutkimus ja kehittämistyön menetelmä kurssilla opinnäytetyö tuli kunnolla ajankohtaiseksi, testasin tiedonhaun kautta löytyisikö aiheesta riittävästi tutkittua tietoa, koska aihe oli itsessään jo melko spesifi ja tarkoin rajattu. Näytti siltä, että materiaalia löytyy ja opettajien kanssa juteltuani aiheesta ja opinnäytetyön menetelmästä hyväksyttiin aihe ja siitä pidettiin ideaseminaari lokakuussa 2017.

Hirsjärvi ym. (2012) mainitsevatkin teoksessaan tutki ja kirjoita, että tutkimuksen tai kirjoitelman aiheen valinnassa yksi tärkeimmistä kriteereistä on aiheen kiinnostavuus. Tämä asia nousi minullakin keskeiseksi tekijäksi opinnäytetyötä aloittaessa. Oli tiedossa, että prosessi vaatii paljon keskittymistä ja aikaa niin aiheen tulee olla sellainen, että se kiinnostaa ja sitä kautta siihen jaksaa keskittyä ja panostaa. Toisena keskeisenä tekijänä aiheen lopullisessa valinnassa oli tuoda jotain erilaista näkökulmaa jalkaterapian biomekaaniseen tutkimintaan. Myös tämä motivoi minua, koska tiesin voivani tuoda jotain uutta materiaalia tuleville jalkaterapeuttiopiskelijoille. Hirsjärvi ym. (2012) mainitsevat samaisessa teoksessa muitakin tärkeitä aiheeseen liittyviä kriteerejä kuten; Onko aihe sopiva tieteenalallesi? Opettaako aiheen tutkiminen sinulle jotain? Onko aihe toteuttavissa sopivassa ajassa? Onko aiheesta saatavilla riittävästi tietoa? Näitä kaikkia on mielestäni tärkeä miettiä, kun opinnäytetyöprosessia on aloittamassa.

Aiheen valinnan jälkeen joulukuun 2017 ja tammikuun 2018 välisenä aikana kirjoitettiin tarvittavat sopimuspaperit ja hyväksyttiin ideapaperi. Tästä alkoi varsinaisesti opinnäytetyön tekeminen. Aluksi oli tärkeä miettiä opinnäytetyön teoreettisen viitekehyksen runko ja ne keskeiset käsitteet, joista tarvittavaa tietoa tulisi etsiä. Mietin tarkasti ne keskeiset aihealueet, jotka liittyvät subtalaarinivelen liikeakselin tutkimiseen ja hahmottelin sitä kautta opinnäytetyön sisällysluettelo. Tämän jälkeen hyväksytin ohjaavalla opettajalla sisällysluettelon rungon, joka toimi pohjana tiedonhauille. Mielestäni tämä menetelmä helpotti

itseäni tiedonhaussa, koska keskeiset käsitteet olivat selvillä, niin pystyin tarkasti miettimään erilaisia hakusanoja tulevaan tiedonhakuun. Aiheeni rajaus tapahtui melko tarkasti jo opinnäytetyön otsikon avulla niin erillistä aiheajasta ei tarvinnut enää tehdä ennen tiedonhaun aloittamista.

Tiedonhaun aloitin listaamalla kaikki aiheeseen liittyvät termit ja termien yhdistelmät niin suomeksi kuin englanniksi. Halusin tehdä heti järjestelmällistä tiedonhakuja ja löytää käytettävistä tietokannoista kaiken aiheeseen liittyvän tiedon. Kaiken kaikkiaan käytettyjä hakutermejä oli yhteensä n. 80, jotka kaikki kävin läpi niin suomenkielisistä kuin englanninkielisistä tietokannoista. Hakujen teko oli melko aikaa vievää, vaikka hauissa käytti apuna rajauksia. Halusin kuitenkin löytää kaiken tiedon, mistä voisin mahdollisesti hyötyä kirjoittamisessa. Tällä melko järjestelmällisellä tiedonhauulla varmistuin siitä, että minun ei tarvinnut enää palata kirjoitusvaiheessa hakuihin ja varmistella sekä muistella olinko muistanut hakea tietyillä termeillä tietyistä paikoista. Tiedonhaun yhteydessä kävi ilmi, että itse varsinaisesta subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta löytyi melko niukasti tutkittua tietoa. Koska alkuperäinen suunnitelma oli tehdä työ kirjallisuuskatsauksena tästä biomekaanisesta tutkimusmenetelmästä, jouduttiin se yhdessä ohjaavien opettajien kanssa vaihtamaan. Päädettiin tekemään tuotekehityksenä video-opas liikeakselin tutkimusmenetelmästä, koska sellaista ei suomeksi ollut ja se hyödyttäisi tulevaisuudessa jalkaterapeuttiopiskelijoita ja koulutusta.

Tiedonhaun jälkeen minulle oli kertynyt melko paljon erilaisia tutkimuksia ja muuta kirjallisuutta aiheeseen liittyen ja seuraavaksi olikin tärkeä tutustua löydettyyn materiaaliin. Jaottelin löydetyn materiaaliin omiin aihealueisiin, joka määräytyi pitkälti opinnäytetyön sisällysluettelon mukaisesti ja tutustuin aluksi uusimpiin tutkimuksiin ja teoksiin. Varsinkin englanninkielisten tutkimusten ja teosten lukeminen vaati itselläni aikaa, mutta opinnäytetyötä tehdessä huomasin, että siinäkin kehittyi. Tietyt termit ja sanat kuitenkin toistuivat melko usein eri töissä, joka helpottivat ymmärtämistä. Mielestäni myös kehityin tutkimusten tulkinnassa, joka sekään ei ole kovin yksinkertaista tai helppoa. Saadaksesen hyvän käsityksen tutkimuksesta, pitää siihen perehtyä kunnolla ja kuitenkin täytyy muistaa olla kriittinen lukemaansa nähden. Hirsjärvi ym. (2012) toteavat myös teoksessaan, että ”kirjallisuuden valinnassa tarvitaan

harkintaa, lähdekritiikkiä ja tutkijan on pyrittävä kriittisyyteen sekä lähteitä valitessaan, että niitä tulkitessaan”.

Käytin teoreettisen viitekehysten kirjoittamisessa paljon erilaisia tutkimuksia ja pyrin yhdistelemään niistä saatua tietoa. Ennen kirjoittamisen aloittamista minun piti hahmotella sitä, mitä kirjoitan missäkin järjestyksessä. Pääasiassa etenin kirjoittamisessa niin, että kirjoitin aina aihealue kerrallaan, jolloin pystyin erottelemaan siihen aihealueeseen liittyvän kirjallisuuden ja tutkimukset omaksi kokonaisuudeksi. Myös ennen kirjoittamisen aloittamista olin tutustunut teoriamateriaaliin ja alleviivaillut ja merkinnyt niitä tärkeitä kohtia, jotka katsoin hyödyllisiksi. Kun pohjamateriaaliin on tutustunut hyvin, niin ainakin omalla kohdallani se helpotti kirjoittamista. Pystyin etenemään kirjoittamisessa loogisesti oikeassa järjestyksessä hyödyntämään monipuolisesti lähdeaineistoa. Vaikka kirjoittaminen ja varsinkin tieteellisen tekstin luominen ei ole ollut itselle koskaan vahvuus, mutta opinnäytetyöprosessin aikana koin sen suhteen myös kehitystä. Ehkä suurimmat ongelmat kirjoittamisessa tuli niissä kohdin, missä oli vaikeaa kääntää englanninkielinen teksti ymmärrettävästi ja tarkoitusta muuttamatta suomeksi. Tuli myös vastaan joitain termejä ja asioita, joiden suomenkielinen vaste oli epäselvä.

Kevään 2018 aikana valmistui opinnäytetyön teoreettinen viitekehys ja suunnitelma opinnäytetyön tuotekehitysosioista. Huhtikuussa 2018 pidin suunnitelmaseminaarin työstäni, jonka pohjalta pystyin ruveta suunnittelemaan ja toteuttamaan itse varsinaista tuotekehityksen video-opasta. Kesän 2018 aikana opinnäytetyö ei juurikaan edennyt ja vasta koulun jatkuttua syksyllä 2018 työ taas jatkui kunnolla. Edessä oli suunnitelmaseminaarissa esiin nousseiden puutteiden ja virheiden korjauksia. Suurimmaksi osaksi puutteet koskivat kuvien puuttumista ja virheitä esiintyi niin tekstirakenteessa kuin kappalerakenteissa. Näiden asioiden korjaamisen ohessa hahmottelin ja kirjoitin video-opaan käsikirjotusta. Video-opaan rakenne perustui täysin teoreettiseen viitekehukseen ja koska se oli huolellisesti kasattu löydetyn tiedon osalta, niin se osaltaan helpotti käsikirjoituksen laadintaa.

Käsikirjoittamisen jälkeen edessä oli kuvauksen suunnittelu ja itse kuvaaminen sekä videon editointi. Kuvaamisvaihe oli yllättävän haastavaa, koska itselleni ei tuntunut kovin luonnolliselta puhua kameralla tai nauhoittaa ylipäätään

tekstejä. Olinkin videon teon aikana aika paljon pois mukavuusalueeltani. Jouduin kuvaamisvaiheessa ottamaan lukuisia uusintaotoksia, jotta pystyin olemaan edes kohtalaisen tyytyväinen taltiointiin. Teksti ja asia mitä piti saada nauhoitettua kameralle tai ääniraidalle, täytyi olla hyvin sanatarkasti kerrottu, joten improvisointiin ei ollut mahdollisuutta ja pienetkin sekaantumiset sanoissa tai asioissa päätyivät muutamaa videon raitaa lukuun ottamatta aina uusinta otoksiin. Oman haasteen toi myös videon toisessa osiossa käytetty kerronta osuus. Piti tarkkaan miettiä minkälaisen kuvien kautta pystyisi ääniraidan yhteydessä havainnollistamaan kutakin asiaa. Kuvien miettiminen ja sopiviksi muokkaaminen veikin editointivaiheessa suurimman ajan. Vaikka kuvat ja havainnollistettavuus eivät ole aivan parasta tasoa ja laatua, olen kuitenkin melko tyytyväinen siihen mitä sain niiden osalta aikaiseksi. Videon ensimmäisessä ja kolmannessa osiossa, joissa itse esiinnyin kameralle, niin minulla oli jo ennalta vahva visio, miten toteutan ne ja se helpotti kuvausten suorittamista.

Kokonaisuudessa kuvausprosessi oli kuitenkin mielenkiintoinen ja antoisa vaikkakin se asetti haasteita. Oli hyvä poistua kokonaan siksi aikaa omalta mukavuusalueelta ja haastaa itseään myös sitä kautta. Sen huomasi videon teon yhteydessä ja videon valmistuttua, että hyvä käsikirjoitus ja ennakkosuunnittelu auttavat todella paljon toteutusta. Mitä tarkemmin suunnittelee ja ottaa asioita huomioon sitä paremmin pystyy kokoomaan pienistä osista yhtenäisen videorakenteen. Jos suunnittelu on puutteellista, joutuu todennäköisesti palaamaan jo tehtyihin osiin ja ottamaan lisää materiaalia kesken editoinnin. Vaikka itselläni ei ole aikaisempaa kokemusta vastaavanlaisen produktin suunnittelusta ja toteuttamisesta, voin kuitenkin olla suhteellisen tyytyväinen lopputuotokseen ja siihen, että sain koottua reilu 30 min kestävän video-opaan haastavasta asiasta. Lopullinen video-opas valmistui siis lokakuun 2018 aikana.

Videon valmistumisen jälkeen edessä oli viimeisten kappaleiden kirjoittaminen opinnäytetyön raporttiin ja suureksi osaksi se olikin tehdyn työn pohdintaa ja tuotekehitysprosessin kuvailemista. Opinnäytetyön sain viimeisiin tarkistuksiin ja korjauksiin marraskuun 2018 alussa ja lopullinen työ tuli valmiiksi esityseminaariin mennessä.

Opinnäytetyöprosessi sujui kokonaisuudessaan mielestäni hyvin. Prosessi kesti kaiken kaikkiaan noin vuoden. Luulen, että toisinaan pienet epävarmat hetket ja edistymisen vaikeudet kuuluvat monelle työn johonkin vaiheeseen. Itselläniikin niitä ilmeni erityisesti kirjoittamisen suhteen, mutta opinnäytetyön ohjauskeskusteluissa ja lisätiedon hankkimisella niistä pääsi aina eteenpäin ja asiat selkenivät. Mielestäni huolellinen suunnittelu, hahmottelu ja muistiinpanojen tekeminen helpottavat koko opinnäytetyöprosessia. Kun on selkeä kuva, miten edetä ja mihin suuntaan työtä vie niin itse prosessin suorittaminen helpottuu, oli kyse sitten tiedonhausta, lukemisesta, kirjoittamisesta tai menetelmävaiheen tekemisestä. Opinnäytetyön tekeminen on aikaa vievä prosessi ja se vaatii sitoutumista ja pitkäjänteisyyttä. Tämän takia aiheen valintaa ei voi liikaa korostaa. Työn edistymisen kannalta on myös tärkeää, että yhteistyö eri tahojen kanssa toimii. Oman työni kohdalla työn tilaajana toimi Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja Podiatrain EU-hanke. Koska aihe oli itseltäni lähtöisin, niin minulla oli melko vapaat kädet suunnitella ja toteuttaa lopputuotosta. Ohjaavilta opettajilta hyväksyitin aina tekemäni ratkaisut ennen lopullista suorittamista.

Itsenäisesti tehdyn opinnäytetyön edut tulevat siinä, että ei ole riippuvainen toisten henkilöiden aikatauluista ja pystyy suunnittelemaan työn tekemistä itselle parhaaksi katsomalla tavalla. Toisena puolena nousee esiin se, että työtä on paljon ja ongelmakohtien selvittäminen, virheiden huomiointi ja laajemman näkökulman saaminen voi olla toisen tai muiden työn tekijöiden kanssa helpompaa ja parempaa. Ehkä myös kriittisyys työtä kohden kasvaa, jos tekijöitä on useampi. Yksin tehdessä on ensiarvoisen tärkeää, että työstä saa palautetta tietyn väliajoin, koska voi olla vaikeaa suhtautua riittävän kriittisesti omaa työtä kohti ja toisenlaiset näkökulmat ja mielipiteet voi jäädä täysin huomioimatta. Hirsjärvi ym. (2012) mukaan on tärkeää saada palautetta kirjoitusprosessin eri vaiheissa ohjaajilta ja toisilta opiskelijoilta. Luonnosteluvaiheessa olisi tärkeää saada palautetta sisällön merkityksellisyydestä, näkökulman tai –kulmien asiallisuudesta sekä käsitellyiden aiheiden rakentumisesta kokonaisuudeksi. Muokkausvaiheessa huomio painottaa enemmän kielenkäyttöön, selkeyteen, täsmällisyyteen, argumentoinnin lujuuteen, tyyliin ja luotettavuuteen. Viimeistelyvaiheessa keskitytään enemmän kieliasun ja muoto-seikkojen tarkistamiseen ja hiomiseen. (Hirsjärvi ym. 2012, 49.)

Ehkä kaiken tärkeimpänä seikkana koko opinnäytetyöprosessi on antanut sen, että on päässyt syventymään ja paneutumaan itselle tärkeään ja mielenkiintoiseen aiheeseen ja sitä kautta saanut lisää tietoutta subtalaarinivelestä ja sen liikeakselin tutkimisesta. Yhtenä tavoitteena olikin oman ammatillisen osaamisen ja tietouden lisääminen ja mielestäni onnistuin tässä. Toivonkin, että tuotekehityksenä luotua video-opasta subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta käytettäisiin tulevaisuudessa jalkaterapeutin koulutuksessa ja biomekaanisten taitojen harjoittelussa.

#### **8.4 Jatkotutkimusten aiheet**

Subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta on nyt luotu opetuksellista materiaalia tuleville jalkaterapeuttiopiskelijoille. Jatkotutkimusten kannalta olisi merkittävää, että liikeakselin tutkimisen lisäksi jalkaterään kohdistuvien voimien ja momenttien opetus olisi osana biomekaanista opetusta. Vasta tämän jälkeen pystyttäisiin tekemään jatkotutkimusta aiheeseen liittyen.

Tulevaisuudessa voitaisiin tutkia, miten tukipohjalliskorjauksilla voitaisiin vaikuttaa subtalaarinivelen liikeakselin sijainnin muutokseen hyödyntäen Kirbyn (2001) teoriassa esiin nostettuja konservatiivisen hoidon malleja. Samalla voitaisiin tutkia voimalevyjä ja –antureita hyödyntäen, miten tukipohjalliskorjauksilla voidaan vaikuttaa voimien vaikutuksiin jalkaterään. Toisena jatkotutkimuksen aiheena voitaisiin esimerkiksi laadullisin menetelmin tutkia, lisääkö ja parantaako teoria subtalaarinivelen liikeakselin sijainnista ja rotaatiotasapainosta sekä näihin olennaisesti liittyvien voimien ja momenttien mukaan tuominen jalkaterapeuttiopiskelijoiden ymmärrystä jalkaterän toiminnasta ja mahdollisten alaraajaongelmien kehittymisistä.

## LÄHTEET

- Ahonen, J. 1998. Alaraajojen rakenne, toiminta ja kävelykoulu. Lahti: VK-kustannus Oy.
- Ahonen, J. 2014. Alaraajojen rakenne ja toiminta. Teoksessa Liukkonen, I. & Saarikoski, R. (toim.) Jalat & terveys. Painos 1.-6. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim, 66-88.
- Ailio, J. 2015. Vähän parempi video. Opas laadukkaaseen videon suunnitteluun ja toteutukseen. Turku: Turun ammattikorkeakoulu.
- Ari, I. & Kafa, I. M. 2009. Bone length estimation and population specific features of calcaneus and talus bones of the late Byzantine era. *Collegium antropologicum* 33(2), 613-618. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://pdfs.semanticscholar.org/b46d/9b15fc23e8f2d7ec73b7e13e0a689e73afeb.pdf?\\_ga=2.196653548.1337279587.1524137181-1036784057.1524137181](https://pdfs.semanticscholar.org/b46d/9b15fc23e8f2d7ec73b7e13e0a689e73afeb.pdf?_ga=2.196653548.1337279587.1524137181-1036784057.1524137181) [viitattu 25.01.2018].
- Arora, A. K., Gupta, S. C., Gupta, C. D. & Jeyasingh, P. 1979. Variations in calcanean facets in Indian tali. *Anatomischer Anzeiger* 146, 377-380.
- Barbaix, E., Van Roy, P. & Clarys, J. P. 2000. Variations of anatomical elements contributing to subtalar joint stability: intrinsic risk factors for post-traumatic lateral instability of the ankle. *Ergonomics* 43(10), 1718-1725. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/001401300750004122?needAccess=true> [viitattu 03.02.2018].
- Benink, J. R. 1985. The constraint mechanism of the human tarsus: A roentgenological experimental study. *Acta orthopaedica scandinavica* 215(56), 1 - 135. Saatavissa: <https://app.box.com/s/97w5q7gpfvk77zrxzlc8u4gcoj33zaz/file/339590124> [viitattu 03.05.2018].
- Biemers, L., Tuijthof, G. J. M., Blankevoort, L., Jonger, R., Maas, M. & Niek Van Dijk, C. 2008. In-vivo range of motion of the subtalar joint using computed tomography. *Journal of biomechanics* 41(7), 1390-1397. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929008000870> [viitattu 08.02.2018].
- Bilodi, A. K. 2006. Study of calcaneal articular facets in human tali. *Kathmandu university medical journal* 4(1), 75-77. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/1385/8924a8ae93c79641d88003f759773b3f6004.pdf> [viitattu 29.01.2018].
- Biomechanics of the foot. s.a. Musculoskeletal Key. Fastest Musculoskeletal Insight Engine. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://musculoskeletal-key.com/biomechanics-of-the-foot/> [viitattu 18.04.2018].
- Brinckmann, P., Frobin, W., Leivseth, G. & Drerup, B. 2016. Orthopedic biomechanics. 2. Painos. New York: Thieme Medical Publishers, Inc.



- Brockett, C. & Chapman, G. 2016. Biomechanics of the ankle. *Orthopaedics and trauma* 30(3), 232-238. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4994968/> [viitattu 22.01.2018].
- Brockett, C. L. & Chapman, G. J. 2016. Biomechanics of the ankle. *Orthopaedics and trauma* 30(3), 232-238. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877132716300483?via%3Dihub> [viitattu 22.02.2018].
- Bruckner, J. 1987. Variations in the human subtalar joint. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy* 8(10), 489-494. Saatavissa: <https://www.jospt.org/doi/pdf/10.2519/jospt.1987.8.10.489?code=jospt-site> [viitattu 30.01.2018].
- Bunning, P. S. C. & Barnett, C. H. 1963. Variations in the talocalcaneal articulations. *Journal of anatomy* 97(5), 643.
- Bunning, P. S. C. & Barnett, C. H. 1965. A comparison of adult and foetal talocalcaneal articulations. *Journal of anatomy* 99(1), 71-76. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1261461/?page=1> [viitattu 05.02.2018].
- Calais-Germain, B. 2008. Anatomy of movement. Revised edition. New Jersey: Princeton Book Company.
- Campos, F. F. & Pellico, L. G. 1989. Talar articular facets in human calcanei. *Acta anatomica* 134, 124-127. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.karger.com/Article/ShowPic/146675/?image=000146675-1.jpg> [viitattu 01.02.2018].
- Chandra, P. & Prabavathy, G. 2014. Study of anatomical variations of human tali based on their calcaneal articular facets. *Research journal of pharmaceutical, Biological and chemical sciences* 5(5), 1484-1490.
- Dave, E. J. C. & Davis, J. 2011. Anatomy and biomechanics of the foot and ankle. *Orthopaedics and trauma* 25(4), 279 - 286. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877132711000303> [viitattu 22.01.2018].
- Drayer-Verhagen, F. 1993. Arthritis of the subtalar joint associated with sustentaculum tali facet configuration. *Journal of anatomy* 183, 631 - 634. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1259889/pdf/janat00143-0184.pdf> [viitattu 30.01.2018].
- El-Eishii, H. 1974. Variations in the talar articular facets in Egyptian calcanei. *Acta anatomica* 89, 134 – 138
- Ellington, J. K. & Myerson, M. S. 2015. The subtalar joint. Foot and ankle clinics of north America. Clinics review articles. *Foot and ankle clinics* 20(2), 201.
- Garg, R., Babuta, S., Mogra, K., Parashar, R. & Shekhawat, S. 2013. Study of variations in pattern of calcaneal articular facets in human tali in the population

of Rajasthan (India). *People's journal of scientific research* 6(2), 19 - 23. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.pjsr.org/July13\\_Dr.%20R.%20Garg.pdf](https://www.pjsr.org/July13_Dr.%20R.%20Garg.pdf) [viitattu 24.01.2018].

Gautham, K., Clarista, M.Q. & Vidyashambhava P. 2013. Morphometric analysis of the human tali. *CIBtech journal of surgery* 2(2), 64 - 68. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.cibtech.org/J-Surgery/PUBLICATIONS/2013/Vol\\_2\\_No\\_2/CJS...13-013...GAUTHAM...MORPHOMETRIC...TALI.pdf](http://www.cibtech.org/J-Surgery/PUBLICATIONS/2013/Vol_2_No_2/CJS...13-013...GAUTHAM...MORPHOMETRIC...TALI.pdf) [viitattu 26.01.2018].

Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Hakkarainen, P. & Kumpulainen, K. (toim). 2011. Liikkuva kuva – muuttuva opetus ja oppiminen. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/26957/978-951-39-4270-0.pdf> [viitattu 17.09.2018].

Harradine, P., Collins, S., Webb, C. & Bevan L. 2008. A new method of increasing supinatory moments to a medially deviated subtalar joint axis – the medial oblique shell inclination. *Podiatry now* 11(3), 16. Saatavissa: <https://www.highbeam.com/doc/1G1-183555129.html> [viitattu 11.05.2018].

Hautala, M. & Peltonen, H. 2016. Insinöörin (amk) fysiikka osa I. Lahti: Lahden Teho-opetus Oy.

Hietikko, E. 2008. Tuotekehitystoiminta. 1. Painos. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

Jalkaterapeutti (amk) s.a. Xamk. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.xamk.fi/koulutukset/jalkaterapeutti-amk/> [viitattu 30.10.2018].

Jarvis, H. L., Nester, C. J., Jones, R. K., Williams, A. & Bowden, P. D. 2012. Inter-assessor reliability of practice based biomechanical assessment of the foot and ankle. *Journal of Foot and Ankle Research* 5(14), 1-10. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/1757-1146-5-14> [viitattu 30.10.2018].

Jastifer, J. R. & Gustafson, P. A. 2014. The subtalar joint. Biomechanics and functional representations in the literature. *The foot* 24(4), 203-209. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958259214000613?via%3Dihub> [viitattu 23.01.2018].

Jung, M. H., Choi, B. Y., Lee, J. Y. & Han, C. S. 2015. Types of subtalar joint facets. *Surgical and radiologic anatomy* 37(6), 629-638. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets\\_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html](https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html) [viitattu 31.01.2018].

Jämsä, K. & Manninen, E. 2000. Osaamisen tuotteistaminen sosiaali- ja terveysalalla. Helsinki: Tammi.

Kamada, K., Watanabe, S. & Yamamoto, H. 2002. Chronic subtalar instability due to insufficiency of the calcaneofibular ligament: A case report. *Foot and ankle international* 23(12), 1135 - 1137.

Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas. Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Kaur, M., Kalsey, G. & Laxmi, V. 2011. Morphological classification of tali on the basis calcanean articular facets. *Journal of orthopaedics* 12(1), 57-60. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://punjaborthoassociation.com/files/2011/57-60.pdf> [viitattu 25.01.2018].

Kauranen, K. & Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisille. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry.

Kelikian, A. S. & Sarrafin, S. K. 2011. Sarrafian's anatomy of the foot and ankle. Descriptive, Topographic, Functional. 3. Painos. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.

Kirby, K. A. 1989. Rotational equilibrium across the subtalar joint axis. *Journal of the American podiatric medical association* 79(1), 1-14. PDF-dokumentti. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/profile/Kevin\\_Kirby2/publication/20432337\\_Rotational\\_equilibrium\\_across\\_the\\_subtalar\\_joint\\_axis/links/004635356862f356ac000000/Rotational-equilibrium-across-the-subtalar-joint-axis.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Kevin_Kirby2/publication/20432337_Rotational_equilibrium_across_the_subtalar_joint_axis/links/004635356862f356ac000000/Rotational-equilibrium-across-the-subtalar-joint-axis.pdf) [viitattu 20.02.2018].

Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatry-info.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf> [viitattu 18.04.2018].

Krähenbühl, N., Horn-Lang, T., Hintermann, B. & Knupp, M. 2017. The subtalar joint - a complex mechanism. *Effort open reviews* 2(7), 309-316. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5549175/> [22.01.2018].

Kullar, J. S., Arora, A. K., Kapoor, N. S., Randhawa, G. K. & Kullar, K. K. 2014. Morphology of talar articular facets of calcaneus and its clinical implications. *Kashmir journal of medical sciences* 1(1), 10-14. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/f941/64d3ee6792579728a1b7a0c84730310aa708.pdf> [viitattu 01.02.2018].

Kuula, A. 2011. Tutkimus etiikka: aineistojen hankinta, käyttö ja säilytys. Tampere: Kustannusosakeyhtiö Vastapaino.

Leardini, A., Stagni, R. & O'Connor, J. 2001. Mobility of the subtalar joint in the intact ankle complex. *Journal of biomechanics* 34(6), 805 - 809. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929001000318?via%3Dihub#bBIB19> [viitattu 03.05.2018].

- Lee, J. Y., Jung, M. H., Lee, I. S., Choi, B. Y. & Cho, B. P. 2012. Types of calcaneal articular facets of the talus in Korean. *Korean journal of physical anthropology* 25(4), 185-192. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://e-kjpa.org/Synapse/Data/PDFData/0107KJPA/kjpa-25-185.pdf> [viitattu 06.02.2018].
- Leonard, M. H. 1949. Injuries of the lateral ligaments of the ankle: a clinical and experimental study. *The journal of bone and joint surgery* 31(2), 373 - 377.
- Leppäluoto, J., Kettunen, R. & Rintamäki, H. 2017. Anatomia ja fysiologia. 7-8. Uudistettu painos. Mikkeli: Sanoma Pro Oy.
- LeVeau, B. F. 2011. Biomechanics of human motion. Basics and beyond for the health professions. New Jersey: SLACK Incorporated.
- Lewis, G. S., Cohen, T. L., Seisler, A. R., Kirby, K. A., Sheehan, F. T. & Piazza, S. J. 2009. *In vivo* tests of an improved method for functional location of the subtalar joint axis. *Journal of biomechanics* 42(6), 146-151. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929008005216?via%3Dihub> [viitattu 12.09.2018].
- Liukkonen, I. & Saarikoski, R. (toim.) 2014. Jalat ja terveys. 1-6. Painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Liukkonen, I., (toim.) Stolt, M. & Saarikoski, R. 2014. Terveet jalat. 3-5. Painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.
- Lundberg, A. & Svensson, O. K. 1993. The axes of rotation of the talocalcaneal and talonavicular joints. *The foot* 3(2), 65 - 70. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www-sciencedirect-com.ezproxy.xamk.fi/science/article/pii/095825929390064A> [viitattu 14.04.2018].
- Mahato, N. K. & Murthy, S. N. 2012. Articular and angular dimensions of the talus: inter-relationship and biomechanical significance. *The foot* 22(2), 85 - 89. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958259211001209?via%3Dihub> [viitattu 29.01.2018].
- Martin, L. P., Wayne, J. S., Owen, J. R., Smith, R. T., Martin, S. N. & Adelaar, R. S. 2002. Elongation behavior of calcaneofibular and cervical ligaments in a closed kinetic chain: Pathomechanics of lateral hindfoot instability. *Foot and ankle international* 23(6), 515 - 520.
- Michelson, J., Hamel, A., Buczek, F. & Sharkey, N. 2004. The Effect of Ankle Injury On Subtalar Motion. *American Orthopaedic Foot And Ankle Society* 25(9), 639 - 646. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/8164754\\_The\\_Effect\\_of\\_Ankle\\_Injury\\_on\\_Subtalar\\_Motion](https://www.researchgate.net/publication/8164754_The_Effect_of_Ankle_Injury_on_Subtalar_Motion) [viitattu 23.04.2018].
- Motagi, M. V., Kottapurath, S. R. & Dharwadkar, K. 2014. Morphometric analyses of human dry tali of South Indian origin. *International journal of medical science and public health* 4(2), 237 - 240. PDF-dokumentti. Saatavissa:

<https://pdfs.semanticscholar.org/4d8a/ce5038be0f5dd1678e1e92765831cf11e492.pdf> [viitattu 26.01.2018].

Muthukumaravel, N., Ravichandran, D. & Melani Rajendran, S. 2011. Human calcaneal facets for the talus: Patterns and clinical implications. *Journal of clinical and diagnostic research* 5(4), 791 - 794. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/cc71/6139f6c5729b99f7ddb866b0acd39cf6d32b.pdf> [viitattu 06.02.2018].

Namburu, B. S. P., Kaavya, H. & Muralidhar Reddy, S. 2017. A study of morphology of talus and its calcaneal facets. *International journal of anatomy and research* 5(4.2), 4570 - 4574 PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://ijmhr.org/ijar.5.4/IJAR.2017.398.pdf> [viitattu 24.01.2018].

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2009. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 18. uudistettu painos. Mikkeli: Sanoma Pro Oy.

Nienstedt, W., Rautiainen, E., Perna, M., Salmi, U. & Pirrtimaa, H. 2002. Lääketieteen termit. 4. Painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Omar, S., Alam, M., Gupta, R. B. & Alam, K. 2015. Bilateral symmetry of the talus: A study on 40 dry adult tali in Bihar. *International Journal of recent scientific research* 6(4), 3404-3405. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://re-centscientific.com/sites/default/files/2174.pdf> [viitattu 26.01.2018].

Parr, W. C. H., Chatterjee, H. J. & Soligo, C. 2012. Calculating the axes of rotation for the subtalar and talocrural joints using 3D bone reconstructions. *Journal of biomechanics* 45(6) 1103-1107. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021929012000322?via%3Dihub> [viitattu 12.09.2018].

Paunonen, M & Seppänen, L. 2011. Tehokas treeni puolessa tunnissa. Tuloksia functional trainingilla. Jyväskylä: Docendo.

Payne, C., Munteanu, S. & Miller, K. 2003. Position of the subtalar joint axis and resistance of the rearfoot to supination. *Journal American podiatric medical association* 93(2), 131-135. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/6c2f/4698c3826018b9dd8d34da1815960d6a5464.pdf> [viitattu 24.04.2018].

Pellegrini, M. J., Glisson, R. R., Wurm, M., Ousema, P. H., Romash, M. M., Nunley, J. A. & Easley, M. E. 2016. Systematic quantification of stabilization effects of subtalar joint soft-tissue constraints in a novel cadaveric model. *The journal of bone & joint surgery* 98(10), 842 - 848.

Petcu, D. & Anca, C. 2012. Foot functioning paradigms. *Proceeding of the Romanian academy series B: Chemistry, Life sciences and geoscience* 14(3), 212-217. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.acad.ro/sectii2002/proceedingsChemistry/doc2012-3/art05Petcu.pdf> [viitattu 24.04.2018].

Robertson, D. G. E., Caldwell, G. E., Hamill, J., Kamen, G. & Whittlesey, S. N. 2013. Research methods in biomechanics. 2. painos. Illinois: Human kinetics.

Root, M. L., Weed, J. H., Sgarlato, T. E. & Bluth, D. R. 1966. Axis of motion of the subtalar joint: An anatomical study. *Journal of the American podiatry association* 56(4), 149 - 155. Saatavissa:

<https://app.box.com/s/97w5q7gpfvk77zrxzxcb8u4gcoj33zaz/file/1172420367> [viitattu 03.05.2018].

Ruuska, H., Löytönen, M. & Rutanen, A. 2015. Laatu! – Oppimateriaalit muuttuvassa tietoympäristössä. Helsinki: Kirjoittajat ja Suomen tietokirjailijat ry.

Sandström, M. & Ahonen, J. 2011. Liikkuva ihminen – aivot, liikuntafysiologia ja sovellettu biomekaniikka. Lahti: VK-kustannus Oy.

Seema, M. S., Mahajan, A. & Gandhi, D. K. 2012. The variations in calcaneal articular facets in North Indian population and its clinical implication. *Global journal of medicine and public health* 1(1), 24-27. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.gjmedph.com/uploads/O6-Vo1No1.pdf> [viitattu 05.02.2018].

Shahabpour, M., Devillé, P., Van Roy, P., De Mey, J. & De Maeseneer, M. 2011. Magnetic resonance imaging of anatomical variants of the subtalar joint. *Surgical and radiologic anatomy* 33(7), 623-630. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00276-011-0788-8> [viitattu 04.02.2018].

Stolt, M., Flink, A., Saarikoski, R. & Väyrynen, P. 2017. Jalkaterveys. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Uygur, M., Atamaz, F., Celik, S. & Pinar, Y. 2008. The types of talar articular facets and morphometric measurements of the human bone on Turkish race. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 129, 909. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00402-008-0729-0> [viitattu 02.02.2018].

Valmassy, R. L. 1996. Clinical biomechanics of the lower extremities. St. Louis: Mosby.

Van Langelaan, E. J. 1983. A kinematical analysis of the tarsal joints: An x-ray photogrammetric study. *Acta orthopaedica scandinavica* 54(204), 135-229. Saatavissa:

<https://app.box.com/s/97w5q7gpfvk77zrxzxcb8u4gcoj33zaz/file/339590018> [viitattu 03.05.2018].

Weindel, S., Schmidt, R., Rammelt, S., Claes, L., Campe, A. V. & Rein, S. 2008. Subtalar instability: A biomechanical cadaver study. *Archives of orthopaedic and trauma surgery* 130(3), 313 - 319.

Özkaya, N., Leger, D., Goldsheyder, D. & Nordin, M. 2017. Fundamentals of biomechanics. Equilibrium, motion and deformation. 4. painos. Cham: Springer.

**KUVALUETTELO**

Kuva 1. Jalkaterän luinen rakenne. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 2. Jalkaterän jaottelu etu-, keski- ja takaosiin sekä mediaali ja lateraali osiin. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 3. Jalkaterän nivel-linjat. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 4. Jalkaterän luinen rakenne mediaalipuolelta. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 5. Jalkaterän luinen rakenne lateraalipuolelta. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 6. Jalkapohjan lihaksista I kerros ilman kalvojännettä ja IV kerros muut kerrokset leikattuina. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 7. Säären etu- ja takaosan lihaksistoa. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 8. Jalkapohjan verisuonistoa ja hermostorakennetta. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 9. Jalkapöydän verisuonistoa ja hermostoa. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 10. Kanta- ja telaluun luinen rakenne lateraali- ja mediaalisivuilta. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 11. Subtalaarinivelen nivelpinnat ja ligamentit. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 12. Subtalaarinivelen nivelpinnat ja luisia rakenteita. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 13. Oikean jalan telaluiden nivelpintatyyppejä. Namburu, B. S. P., Kaavya, H. & Muralidhar Reddy, S. 2017. A study of morphology of talus and its calcaneal facets. *International journal of anatomy and research* 5(4.2), 4570 - 4574 PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://ijmhr.org/ijar.5.4/IJAR.2017.398.pdf>

Kuva 14. Vasemman jalan telaluiden nivelpintatyyppejä. Namburu, B. S. P., Kaavya, H. & Muralidhar Reddy, S. 2017. A study of morphology of talus and its calcaneal facets. *International journal of anatomy and research* 5(4.2), 4570 - 4574 PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://ijmhr.org/ijar.5.4/IJAR.2017.398.pdf>

Kuva 15. Tela-kantaluu nivelpintarakenteet. Jung, M. H., Choi, B. Y., Lee, J. Y. & Han, C. S. 2015. Types of subtalar joint facets. *Surgical and radiologic anatomy* 37(6), 629-638. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets\\_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html](https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html)

Kuva 16. Kanta-telaluu parien nivelpintarakennetyypit. Jung, M. H., Choi, B. Y., Lee, J. Y. & Han, C. S. 2015. Types of subtalar joint facets. *Surgical and radiologic anatomy* 37(6), 629-638. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets\\_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html](https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html)

Kuva 17. Telaluun (ylempi) ja kantaluun erotusasteen mittauskohdat. Jung, M. H., Choi, B. Y., Lee, J. Y. & Han, C. S. 2015. Types of subtalar joint facets. *Surgical and radiologic anatomy* 37(6), 629-638. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets\\_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html](https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html)

Kuva 18. Kantaluun ja telaluun välinen leikkauskulma. Jung, M. H., Choi, B. Y., Lee, J. Y. & Han, C. S. 2015. Types of subtalar joint facets. *Surgical and radiologic anatomy* 37(6), 629-638. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets\\_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html](https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html)

Kuva 19. Telaluun ja kantaluun välinen tarsaalikanaali. Jung, M. H., Choi, B. Y., Lee, J. Y. & Han, C. S. 2015. Types of subtalar joint facets. *Surgical and radiologic anatomy* 37(6), 629-638. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets\\_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html](https://docksci.com/types-of-subtalar-joint-facets_5a575b1cd64ab2cb8443011f.html)

Kuva 20. Nilkan alueen ligamenttirakenteet jalkaterän mediaalipuolelta. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 21. Nilkan alueen ligamenttirakenteet jalkaterän lateraalipuolelta. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.

Kuva 22. Kantaluun ja telaluun kuormituslinjojen poikkeavuus. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R. & Ross, L. M. 2012. Atlas of anatomy. Latin Nomenclature. 2nd edition. New York. Thieme Medical Publishers, Inc.



Kuva 23. A) Subtalaarinivelen liikeakselin keskimääräinen ( $\bar{x}$ ) mediaalinen poikkeama horisontaalitasolla ja vaihteluväli. B) Subtalaarinivelen liikeakselin keskimääräinen ( $\bar{x}$ ) inkliinaatiokulma sagittaalitasolla ja vaihteluväli. Jastifer, J. R. & Gustafson, P. A. 2014. The subtalar joint. Biomechanics and functional representations in the literature. *The foot* 24(4), 203-209. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0958259214000613?via%3Dihub>

Kuva 24. Subtalaarinivelen liikelaajuuksissa inversio ja eversio suuntiin esiintyy vaihtelevuutta. Biomechanics of the foot. s.a. Musculoskeletal Key. Fastest Musculoskeletal Insight Engine. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://musculoskeletalkey.com/biomechanics-of-the-foot/>

Kuva 25. Alustan tukivoiman vaikutus A) mediaalisesti poikkeavaan subtalaarinivelen liikeakseliin B) normaalisti suuntautuneeseen liikeakseliin ja C) lateraalisesti poikkeavaan liikeakseliin. Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatryinfo.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf>

Kuva 26. Extrinsic lihasten sijainti suhteessa subtalaarinivelen liikeakseliin. Ellington, J. K. & Myerson, M. S. 2015. The subtalar joint. *Foot and ankle clinics of north America. Clinics review articles. Foot and ankle clinics* 20(2), 201.

Kuva 27. Subtalaarinivelen liikeakselin palpoinnimenetelmä (PNR = Point Of No Rotation) Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatryinfo.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf>

Kuva 28. Liikeakselin sijainnin vaikutus subtalaarinivelen rotaatiotasapainoon. Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatryinfo.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf>

Kuva 29. Mediaalisesti poikkeavan liikeakselin kliinisiä tunnuspiirteitä. Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatryinfo.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf>

Kuva 30. Jalkaterän keskiosan epänormaali kuperuus mediaalisesti poikkeavassa liikeakselin sijainnissa. Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatryinfo.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf>

Kuva 31. Lateraalisesti poikkeavan liikeakselin kliinisiä tunnuspiirteitä. Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatryinfo.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf>

Kuva 32. Jalkaterän keskiosan epänormaali koveruus ja fibularis lihasten jännittyneisyys lateraalisesti poikkeavassa liikeakselin sijainnissa. Kirby, K. A. 2001. Subtalar joint axis location and rotational equilibrium theory of foot function. *Journal of the American podiatric medical association* 91(9), 465-487. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.sportspodiatryinfo.co.uk/wp-content/uploads/2013/09/kirby2001.pdf>

## Aineiston kokoamislomake



PYYNTÖ Opinnäytetyön aineiston kokoamiseksi  
Opinnäytetyön toteuttamiseksi

Laitos, yritys, yhteisö,  
jolle pyyntö osoitetaan:

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, Savonniemen kampus

Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet	Opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä amerikkalaisen Podiatrin Kevin A. Kirbyn kehittämään subtalaarinivelen liikeakselin ja rotaatiotasapainon teoriaan jalan toiminnasta ja kehittää tämän pohjalta video-opas subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta jalkaterapeuttiopiskelijoille. Tavoitteena on tuoda uusi jalkaterän biomekaaninen tutkimusmenetelmä biomekaniikan opetukseen ja oma ammatillinen kehittyminen sekä tiedon lisääminen jalkaterän toiminnasta.
Opinnäytetyön kohde, kohderyhmä tai yhteistyötaho kehittämistyössä	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu ja Podiatrain EU -projekti
Opinnäytetyössä käytettävät menetelmät ja/tai aineiston kokoamistapa	Teoreettisen viitekehysten kirjoittaminen pääkäsitteistä sekä näiden pohjalta tuottaa tuotekehitysprosessin mukaisesti video-opas subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta.
Aineiston kokoamisen tai kehittämistoiminnan ajankohta	09/2017-11/2018
Opinnäytetyön arvioitu valmistumisaika	11/2018
Opinnäytetyön suunnitelma hyväksytty terveysalan laitoksella	27. päivänä huhtikuuta 2018 <i>Arja Kiviaho-Tiippana</i> opettaja
Opinnäytetyön ohjaajat ja heidän yhteystietonsa	Arja Kiviaho-Tiippana, <a href="mailto:arja.kiviaho-tiippana@xamk.fi">arja.kiviaho-tiippana@xamk.fi</a> Laura Saar, <a href="mailto:laura.saar@xamk.fi">laura.saar@xamk.fi</a>
Opinnäytetyön tekijöiden yhteystiedot	
Nimi _____ Matias Hurme _____ puh. 0407784761 _____	
Osoite _____ Keskussairaalankuja 4 A15 57170 Savonlinna _____	
Nimi _____ puh. _____	
Osoite _____	

Anomus käsitelty 27 4 20018

lupa myönnetty

lupa evätty, peruste: \_\_\_\_\_

*Outi Pyöriä*  
Allekirjoitus

**Outi Pyöriä**  
koulutusjohtaja

Pyyntö lähetään kahtena kappaleena, joista toisen luvanantaja palauttaa käsittelyn jälkeen opinnäytetyön tekijöille.  
LIITEET: hyväksytty opinnäytetyön suunnitelma, aineistonhankintalomake (kysely-, haastattelututkimuksessa)

## Kirjallisuuskatsaus

Tutkimuk- sen biblio- grafiset tie- dot	Tutkimus- kohde ja tut- kimuskysy- mykset	Otos- koko/osallis- tutjat (n=) ja menetelemät	Keskeiset tulokset	Oma kiin- nostus ja hyöty opin- näytetyöhön
Namburu, B. S. P., Kaavya, H. & Muralidhar Reddy, S. 2017. A study of morphology of talus and its calcaneal facets. <i>International journal of anatomy and research</i> 5(4.2), 4570-4574	Tutkimuksessa tehtiin telaluiden morphometrisen analyysi, joka sisälsi telaluun pitiuuden, leveyden ja korkeuden mittaamisen. Näistä laskettiin vaihteluväli, keskiarvo ja keskiarvokauma. Lisäksi määritettiin nivelpintojen tyypit, laskevat nivelpinnat sekä trochlea talin jatke.	Tutkimuksessa mitattiin yhteensä 84 intialaisen telaluuta (40 oikean jalan, 44 vasemman jalan). Tutkittujen telaluiden henkilöiden sukupuoli oli tuntematon. Mitauksissa käytettiin digitaalista työmittaa.	Telaluun pitiuuden keskiarvo oli 5,33 cm, leveyden 3,79 cm ja korkeuden 2,52 cm. Tyypin 1 nivelpintatyyppiä löytyi eniten. Trochlea talin lateraalinen jatke oli mediaalista yleisempää. Kantaluun nivelpinnat, laskevat nivelpinnat, trochlean jatke voidaan määrittellä rodulliseen, geneettiseen, ympäristölliseen sekä koulutuksellisiin tekijöihin.	Tutkimuksesta saatiin hyvää tietoa eri telaluiden nivelpintojen rakenteista sekä vertailu näkökulmaa muihin vastaaviin tutkimuksiin.

Tutkimuk- sen biblio- grafiset tie- dot	Tutkimus- kohde ja tut- kimuskysy- mykset	Otos- koko/osallis- tutajat (n=) ja menetelemät	Keskeiset tulokset	Oma kiinnos- tus ja hyöty opinnäytetyö- hön
<p>Krähenbühl, N., Horn-Lang, T., Hintermann, B. &amp; Knupp, M. 2017. The subtalar joint - a complex mechanism. <i>Effort open reviews</i> 2(7), 309-316</p>	<p>Kyseessä on tutkimusartikkeli, johon on kerätty tutkittua tietoa mm. subtalaarinivelen anatomiasta, biomekaniikasta, jalan takaosan kuvantamisista sekä nilkan nivelrikosta.</p>	<p>Tutkimusartikkelissa on käytetty pääasiallisesti alle 10-vuotta vanhoja tutkimuksia lähteinä. Muutamia vanhempia tutkimuksia löytyy myös lähteistä.</p>	<p>Subtalaarinivelen anatomia on monimutkainen ja rakenne vaihtelee yksilöllittäin. Subtalaarinivelen liikkeeseen vaikuttavat useat vierekkäiset nivelet, ligamentit ja jänteet. Kiinnostus subtalaarinivelen jalkateräkirurgiassa on lisääntynyt viime vuosina, mutta sen tärkeys jalkaterän takaosan sairauksissa herättää yhä väittelyä.</p>	<p>Tutkimusartikkelista sai hyvin perustietoa subtalaarinivelen anatomiasta ja liikkeeseen vaikuttavista tekijöistä. Tutkimuksesta pystyi myös hyödyntämään käytettyjä lähteitä.</p>

Tutkimuk- sen biblio- grafiset tie- dot	Tutkimus- kohde ja tut- kimuskysy- mykset	Otos- koko/osallis- tutajat (n=) ja menetelemät	Keskeiset tulokset	Oma kiinnos- tus ja hyöty opinnäytetyö- hön
<p>Brockett, C. L. &amp; Chapman, G. J. 2016. Biomechanics of the ankle. <i>Orthopaedics and trauma</i> 30(3), 232-238.</p>	<p>Tutkimusartikkeli, johon on eri tutkimuksista kerätty tietoa nilkan biomekaniikasta, luisesta rakenteesta sekä jalkaterän liikkeestä.</p>	<p>Artikkeliin on kerätty tutkimustietoa eri maalaisista jalkaterän alueen tutkimuksista. Tutkimusten ikä vaihtelee laajasti.</p>	<p>Nilkan anatomialla on merkittävä vaikutus sen biomaaniseen toimintaan. Tutkimuksessa tuodaan esiin myös nilkan stabiiliteettiin ja liikkeeseen vaikuttavat ligamentit. Artikkelissa myös kuvataan nilkan liikettä normaalissa kävelyssä ja miten se saattaa muuttua kirurgian jälkeen.</p>	<p>Tutkimusartikkelista sai opinnäytetyöhön tietoa nilkan ligamenteista sekä vertailtavaa tietoa nilkan liikelajuuksista ja jalkaterän lihaksista.</p>

Tutkimuk- sen biblio- grafiset tie- dot	Tutkimus- kohde ja tut- kimuskysy- mykset	Otos- koko/osallis- tutajat (n=) ja menetelemät	Keskeiset tulokset	Oma kiinnos- tus ja hyöty opinnäytetyö- hön
<p>Jastifer, J. R. &amp; Gustafson, P. A. 2014. The subtalar joint. Biomechanics and functional representations in the literature. <i>The foot</i> 24(4), 203-209.</p>	<p>Tutkimusartikkeli, johon on kerätty tietoa subtalaarinive- len anatomiasta, rotaatioakselista, liikelaajuuksista ja liike tyypistä. Tutkimukseen on kerätty tietoa myös subtalaarinive- len kinetiikasta.</p>	<p>Tutkimusartikkeliin on kerätty tietoa yli 70 eri lähteestä ja lähteissä on laajasti eri maiden tutkimuksia. Lähteiden ikä vaihtelee laajasti.</p>	<p>Subtalaarinivelellä on vain muutamia määritteitä ja sitä hankala käsitteellistää sekä tutkia in vivo tyypisesti. Kirjallisuudesta löytyy useita toiminnallisia esityksiä subtalaarinivelestä. Yhdistelmällä tätä tietoa voidaan laajentaa subtalaarinive- len toiminnallista sekä mekaanista ymmärrystä.</p>	<p>Tutkimusartikkelista sai opinnäytetyön hyvin vertailtavaa tietoa subtalaarinivelestä. Artikkelissa oli hyvin koottu tietoa liikeakselin tutkimuksista ja liikelaajuuksista, joita pystyi hyödyntämään opinnäytetyön teoriaa kirjoittaessa.</p>

Tutkimuksen bibliografiset tiedot	Tutkimuskohde ja tutkimuskysymykset	Otoskoko/osallistujat (n=) ja menetelemät	Keskeiset tulokset	Oma kiinnostus ja hyöty opinäytetyöhön
<p>Jung, M. H., Choi, B. Y., Lee, J. Y. &amp; Han, C. S. 2015. Types of subtalar joint facets. <i>Surgical and radiologic anatomy</i> 37(6), 629-638</p>	<p>Tutkimuksessa määriteltiin telaluiden ja kantaluiden nivelpinnat sekä kantaluu parit. Mitattiin telaluun ja kantaluun keskimmäisen ja etummaisesta nivelpinnan leikkaukset sekä mitattiin tarsiitunnelin leveys. Myös etummaisesta ja keskimmäisen nivelpinnan jatkuvuus määriteltiin erotusasteena.</p>	<p>Tutkimuksessa käytettiin korealaisia ruumiiden telaluu – kantaluu pareja. Yhteensä analysoitiin 118 (57 oikean jalan ja 61 vasemman jalan) paria. Ruumiiden ikäkauma oli 21-101 vuotta. Etummaisesta ja keskimmäisen nivelpintojen leikkaukset määriteltiin CoreDRAW X4 laitteella ja tarsiitunnelin leveys mitattiin digitaalisella työntömitalla. Statiikan laskennassa käytettiin SAS-ohjelmaa.</p>	<p>Tyyppin A nivelpinta rakenne oli yleisin kantaluuissa ja harvinaisin telaluuissa. Kantaluu-telaluu pareista C-C-tyyppi oli yleisin. Erotusaste oli kantaluuissa hiekan suurempi kuin telaluiden kohdalla.</p>	<p>Tutkimuksesta sai hyvät vertailuarvot telaluiden ja kantaluiden rakenteista sekä millä tavalla telaluun ja kantaluun rakenne vaikuttavat subtaalarinivelen toimintaan. Tutkimuksessa oli myös otettu hyvin huomioon vertailukohtiksi aikaisempia muiden maiden vastaavia tutkimuksia.</p>



## Videon käsikirjoitus

Video-oppaan käsikirjoitus käyttäen kategorista rakennetta (Aaltonen 2007, 89)

Video-oppaan rakenne:

1. Johdanto
2. Aihe 1: Subtalaarinivelen liikeakseli
3. Aihe 2: Kirbyn teoria
4. Aihe 3. Tutkimuksen suorittaminen
5. Yhteenveto

Kohtaus 1: Puolikuva (PK) tai puolilähikuva (PLK). Kertoja istuu tai seisoo ja puhuu johdannon kameralle. Päävalo ja tasausvalo kameran molemmin puolin.

### **Aihe: Johdanto**

Kertoja: ”Tämän videon aihe on subtalaarinivelen liikeakselin tutkiminen. *Jalkaterapeutin koulutuksessa jalkaterän alueen biomekaaniset tutkimukset pohjautuvat pitkälti Merton Rootin subtalaarinivelen neutraaliasennon teoriaan jalkaterän toiminnasta. Kyseisen teorian pohjalta jalkaterän biomekaanisissa tutkimuksissa tehdään paljon staattisia mittauksia. Tämän videon tarkoituksena on tutustua amerikkalaisen Podiatrin Kevin Kirbyn kehittämään teoriaan subtalaarinivelen liikeakselin tutkimisesta jalkaterästä ja tuoda esille voimien vaikutus jalkaterän toimintaan. Tavoitteena on, että tämän videon jälkeen ymmärrät kyseiseen tutkimiseen liittyvät perusteet ja sinulla on valmius harjoitella niitä itsenäisesti. Tämä video koostuu kolmesta aihealueesta, joista ensimmäisenä käsitellään subtalaarinivelen liikeakselia, toisessa osiossa tutustutaan hieman Kirbyn teoriaan subtalaarinivelen liikeakselista ja kolmannessa osiossa katsotaan, miten liikeakseli tutkitaan käytännössä kahdesta eri tyyppisestä jalkaterästä”.*

Kohtaus 2: Puolilähikuva (PLK) tai lähikuva (LK). Puolilähikuvassa kertoja näkyy rinnasta ylöspäin. Kerronnassa mukana anatominen malli jalkaterästä, josta havainnoidaan liikeakselin suuntautuminen ja subtalaarinivelen liike. Lähikuvassa vaihtoehtoisesti näkyy pelkkä anatominen malli jalkaterästä, josta havainnoidaan edellä mainitut asiat.

### **Aihe 1: Subtalaarinivelen liikeakseli**

*Kertoja: ”Subtalaarinivelen liikeakseli kulkee jalkaterässä kantapään takaosasta alhaalta ja lateraalireunalta viistosti ylöspäin kantaluun ja telaluun läpi tullen ulos telaluun etupuolelta hieman jalkaterän sisäreunalta. Tutkimusten mukaan subtalaarinivelen liikeakselin inkliinaatiokulma sagittaalitasolla on keskimäärin 41°-42° ja mediaalinen poikkeama 23° horisontaalitasolla. Vaihteluväli inkliinaatiokulmassa 21°-69° ja mediaalisessa poikkeamassa 5°-47°, riippuen jalkaterän rakenteesta”.*

*”Subtalaarinivelen liike eroaa esimerkiksi polvinivelen liikkeestä sillä, että siinä tapahtuu ihmisen liikkuessa kuormitusvaiheessa liikettä kaikilla kolmella tasolla yhtä aikaa eli horisontaalitasolla, frontaalitasolla ja sagittaalitasolla. Siksi kyseessä on monimutkainen tapahtuma. Siinä missä polvinivelen liike tapahtuu pääsääntöisesti fleksio ja ekstensio suuntiin sagittaalitasossa, niin subtalaarinivel kiertyy nivelpintoja pitkin, liukuu liikeakselin suuntaisesti sekä kolmantena liikkeenä tapahtuu molempia eli kiertymistä ja liukumista. Subtalaarinivelen liikettä kuvaillaankin rotatorisena kiertoliikkeenä. Liikkeeseen ja sen suuntaan vaikuttavat nivelpintojen anatomia, nivelpintojen ja liikeakselin suuntautuminen, ympäröivät ligamentit sekä nivelen ylittävät lihakset.”*

*”Kuten äsken mainittiin, subtalaarinivelen liikeakselin suunta ja sijainti vaikuttavat osaltaan subtalaarinivelessä tapahtuvaan liikkeeseen. Liikeakselin inkliinaatiokulman ollessa suurempi kuin 45° tapahtuu subtalaarinivelessä liikettä enemmän horisontaalitasolla abduktio-adduktio-suuntiin ja vähemmän liikettä frontaalitason inversio-erversi-suuntiin. Liikeakselin inkliinaatiokulman ollessa taas vähemmän kuin 45° tapahtuu subtalaarinivelessä enemmän liikettä frontaalitason inversio-eversio-suuntiin ja vähemmän horisontaalitasoon abduktio-*

*Adduktio-suuntiin. Tämä on yksi tekijä, miksi esimerkiksi korkeakaarinen jalkaterärakenne joustaa huonommin kuin matalakaarinen jalkaterä.”*

Kohtaus 3: Kirbyn teoria on tarkoitus esitellä videolla kuvakerrontana. Eli videoon liitetään kuvia ja kuvien kautta avataan teoriaa. Tarvittavia kuvia ja videoklippejä: Lihasten vaikutus liikeakseliin, liikeakselin normaali suuntautuminen, Subtalaarinivelen rotaatioliike pronaatioon seisoma-asennossa, Jalkaterän liike supinaatioon ja jalkaterän liike pronaatioon.

Otsikkokuva: Subtalaarinivelen liikeakselin sijainti ja rotaatiotasapainon teoria

## **Aihe 2: Kirbyn teoria (Kuva Kirbystä ja viereen kansikuvat tutkimusartikkeleista)**

*Kertoja: ”Kirby julkaisi ensimmäisen työnsä subtalaarinivelen liikeakselin sijainnin ja jalkaterän rotaatiotasapainon teoriasta vuonna 1987. Vuonna 1992 hän esitteli teoriasta tukipohjallisiin liittyvän sovelluksen vähentämään pronaatio suuntaista momenttia. Kirbyn teoriassa on kyse subtalaarinivelen tasapainosta, miten ulkoiset voimat kuten alustan tukivoima, sisäiset voimat kuten ligamenttien ja lihasten jänteiden vetovoimat sekä nivelen puristusvoimat vaikuttavat jalkaterän ja alaraajan mekaaniseen toimintaan. Subtalaarinivelen liikeakselin kolmiulotteinen paikan vaihtelu voi vaikuttaa pronatio- ja supinaatiovoimien momenttien varsiin, kun alustan tukivoima vaikuttaa jalkapohjaan ja tuottaa subtalaarinivelelle momenttivoimia. Tässä teoriassa esitellään myös, miten mediaalisesti ja lateraalisesti poikkeava liikeakselin sijainti vaikuttaa kuormitusvaiheessa jalkaterän biomekaniikkaan.”*

Otsikkokuva: Subtalaarinivelen liikeakselin normaalisijainti ja biomekaaniset vaikutukset jalkaterään

**(Kuva liikeakselin sijainnista ja voimanuolien suuntautuminen jalkaterään)**

”On täysin normaalia, että subtalaarinivelen liikeakselin sijainti vaihtelee yksilöittäin. Keskimäärin se kuitenkin on suuntautunut, kuten alussa mainittiin 23° astetta mediaalisesti jalkaterän keskilinjasta horisontaalitasolla ja 41°-42° plantaris dorsaalisesti sagittaalitasolla. **(Kuvan vaihto)** Kun liikeakseli sijaitsee keskimäärin normaalisti vaikuttaa alustan tukivoima kantaluun mediaaliseen kyhmyyn aiheuttaen supinaatio suuntaisen momentin subtalaariniveleen. Syy tähän on se, että kantaluun mediaalinen kyhmy sijaitsee tällöin liikeakselin mediaalipuolella. Alustan tukivoima aiheuttaa puolestaan pronaatio suuntaisen momentin subtalaariniveleen, kun alustan tukivoima kohdistuu liikeakselin lateraalipuolelle. **(Kyseisessä kuvassa nuolet havainnollistavat alustan tukivoimien vaikutusta jalkaterään)** Mitä pidempi etäisyys kuormitetun jalkapohjan rakenteella on liikeakseliin, sitä pidempi on momenttia aiheuttavan voiman momentin varsi. Tästä johtuen, mitä pidemmät momenttien varret ovat liikeakseliin nähden, sitä suuremmat ovat alustasta välittyvät tukivoimat jalkaterässä. Pronaatio- ja supinaatiosuuntaiset momentit kasvavat siis samassa suhteessa”. **(Kuvasta nähdään, että liikeakselin lateraali puolella sijaitseva ja pronaatiota aiheuttavalla voimavektorilla on suurempi momentin varsi suhteessa mediaali puolella sijaitsevaan ja supinaatiota aiheuttavalla voimavektorilla. Pronaatiosuuntainen voiman momentti olisi kuvan tapauksessa siis suurempi kuin supinaatiosuuntainen, mikäli jalkaterään vaikuttavat voimat ovat yhtä suuret.)**

### **Lihasten vaikutus liikeakseliin (Kuva lihaksista subtalaarinivelen yli)**

” Jalkaterän extrinsic lihakset vaikuttavat myös subtalaarinivelen liikeakselin rotaatioon ja vaikutus riippuu lihasten kulkusuunnista sekä kiinnityskohdista suhteessa luisiin rakenteisiin. Kaikki extrinsic-lihakset, joilla on väkipyörämäinen **(Kuva väkipyörästä)** voimamekanismi ja kiinnityskohta liikeakselin mediaalipuolella aiheuttavat subtalaarinivelelle supinaatiosuuntaisen momentin lihaksen supistuessa. Normaalissa subtalaarinivelen liikeakselin sijainnissa supinaatiosuuntaista voiman momenttia aiheuttavat lihakset ovat tibialis posterior, gastrocnemiukset, soleus, tibialis anterior, flexor hallucis longus ja flexor digitorum longus. Lihakset joilla on lateraalinen väkipyörämäinen voimamekanismi suhteessa liikeakseliin ja kiinnittyvät dorsaalisesti jalkaterään aiheuttavat

subtalaarinivelelle pronaatiosuuntaisen momentin supistuessaan. Normaalissa liikeakselin sijainnissa tällaisia lihaksia ovat *fibularis longus*, *fibularis brevis*, *fibularis tertius* ja *extensor digitorum longus*. **(Vaikkakin *fibularis longus* lihas kiinnittyy jalkaterään plantaarisesti eikä dorsaalisesti, on se jalkaterän voimakkain pronaattori.)** Kumpaankin suuntaan vaikuttavien lihasten momentin suuruuteen vaikuttaa lihaksen kohtisuora etäisyys liikeakselista sekä lihaksen voimantuottokyky. **(Kuvasta nähdään, että siinä missä *tibialis posterior* on jalkaterän voimakkain supinaattori, on sillä myös pisin momentin varsi suhteessa liikeakseliin. Puolestaan *fibularis longus* on pronaattoreista pisin momentin varsi.)** Intrinsic-lihakset eivät pysty vaikuttamaan suoraan subtalaarinivelen pronaatio- ja supinaatiosuuntaisiin momentteihin, koska ne eivät ylitä missään vaiheessa subtalaariniveltä. Kuitenkin yhdessä ligamenttirakenteiden kanssa intrinsic-lihakset pystyvät vastustamaan näihin kahteen suuntaan tapahtuvia liikkeitä kuormitusvaiheessa. Tästä johtuen intrinsic-lihakset ja ligamentit voivat vaikuttaa epäsuorasti subtalaarinivelen pronaatio- ja supinaatiosuuntaisiin momentteihin tuomalla vakautta jalkaterään kuormituksen aikana”.

### **Subtalaarinivelen liikeakselin rotaatiotasapaino (Kuva rotaatio tilanteista ja pyörimisliikkeen ehtolauseke)**

”Pyörimisliikkeen tasapainoehtojen mukaisesti kappale pysyy paikallaan tai jatkaa tasaista liikettään, kun siihen kohdistuvien voimien summa on nolla. Momenttien suhteen kappale pysyy tasapainossa, kun liikeakselin suhteen momenttien summa on myös nolla. Subtalaariniveltä tarkasteltaessa tasapainotilanteen saavuttamiseen subtalaarinivelen täytyy olla paikallaan tai tasaisessa liikkeessä ja pronaatio- sekä supinaatiosuuntaisten momenttien täytyy olla yhtä suuret. **(Kuva pronatoituneesta subtalaarinivelestä ja rotaatiotilanteesta vastaava)** Seisoma-asennossa jalkaterä, joka toimii lähemmin normaalisti, subtalaarinivelen rotaatioasento on keskimäärin puolella välissä neutraalia ja maksimaalisesti pronatoitunutta subtalaariniveltä. Kyseisessä tilanteessa subtalaariniveleen kohdistuvat pronaatio- ja supinaatiomomentit ovat myös yhtä suuret. Voidaan myös sanoa, että seisoma-asennossa sub

*talaarinivel liikkuu niin kauan kuin se pysähtyy tasapainotilaan, jolloin liikeakselin suhteen momentit ovat yhtä suuret. Tämä mekanismi pätee niin normaalisti toimivissa jalkaterissä kuin poikkeavasti toimivissa jalkaterissä. Oli kyse mistä tahansa ihmisen nivelestä, joka on täysin lepotilassa ei voida olettaa, että niveleen ei kohdistu lainkaan voiman momentteja vaan voidaan vain olettaa, että niveleen kohdistuvien voimien momentit ovat tasapainossa eli summa on nolla”.*

*”Subtalaarinivelen liikeakselin rotaatiotasapainon perusteella voidaan selittää se, miksi liikeakselin sijainnilla on erityinen merkitys jalkaterän normaaliin toimintaan. Pienetkin liikeakselin kiertymiset tai siirtymiset aiheuttavat muutoksia lihasten momenttien varsiin ja alustan tukivoiman kykyyn tuottaa supinaatio- ja pronaatiosuuntaisia voimia. Liikeakselin mediaalisella tai lateraalisella poikkeavuudella on myös merkittävä vaikutus jalkaterän kinematiikkaan, kuormitusvoimien suuruuksiin sekä rakenteellisiin osiin esimerkiksi kävelyn aikana. Teoreettisesti liikeakselin 1 - 2 mm:n kolmiulotteinen siirtymä mediaali- tai lateraalisuuntiin voi aiheuttaa jalkaterän poikkeavaa toimintaa ja johtaa jalkaterä- tai alaraajavammoihin”.*

### **Mediaalisesti poikkeavan liikeakselin tunnuspiirteet (Kuva jalkaterästä ylhäältä päin ja takaa)**

*”Mediaalisesti poikkeavalle liikeakselille on tunnusomaista se, että telaluun kaula ja telaluun pää ovat myös mediaalisessa asennossa suhteessa jalkapohjaan. Tämän tyyppinen rakenne aiheuttaa samalla tiettyjä tunnusomaisia kliinisiä ilmenemisiä jalkaterään. Ensimmäisenä, kun katsotaan jalkaterää ylhäältä päin, voidaan erottaa jalkaterän keskiosan mediaalireunan kupera muoto horisontaalitasolla. Toiseksi, kun katsotaan myös ylhäältä päin jalkaterää niin telaluun pään alueen pehmytkudokset ovat nilkan etupuolella enemmän mediaalisesti sijoittuneet verrattuna kantaluuhun kuin normaalisti. Kolmantena tunnusmerkkinä voidaan jalkaterää takaa havaitessa huomata jalkaterän keskiosan lisääntynyt kuperaus juuri mediaalimalleolin ala- ja etupuolella.”*

*”Tyypillisesti ajatellaan, että mediaalisesti poikkeavan liikeakselin omaavissa jaloissa on matala jalkaterän mediaalinen pitkittäiskaari, mutta joissain jalkaterissä pitkittäiskaari voi olla myös normaali seisoma-asennossa. Kantaluun puolituslinja voi myös tällaisessa jalkaterässä olla joko invertoitunut, vertikaalisesti tai evertoitunut seisonta-asentoa tarkasteltaessa. Tästä syystä kantaluun lepotilan (RCSP) mittaaminen on epäluotettava indikaattori subtalaarinivelen liikeakselin arvioimiseen. Se on myös epäluotettava indikaattori arvioimaan subtalaariniveleen kohdistuvia pronatio- ja supinaatiomomentteja”.*

***(Kuva mediaalisesti poikkeavasta liikeakselista)*** Mediaalisesti poikkeava liikeakseli aiheuttaa subtalaariniveleen ja jalkaterään kasvavan pronatiosuuntaisen momentin ja pienentyneen supinaatiosuuntaisen momentin. Jos verrataan normaaliin jalkaterärakenteeseen ja liikeakselin sijaintiin on mediaalisesti poikkeavan liikeakselin omaava subtalaarinivel lähes aina maksimaalisesti pronatioitunut seisoma-asennossa. ***(Kuva maksimaalisesti pronatioituneesta subtalaarinivelestä)*** Tämän tyyppisissä tilanteissa subtalaarinivelen rakenne on taipuvainen suurentuneille kompressiivoimille telaluun ja kantaluuun lateraalireunalla sinus tarsi osassa. Mediaalisesti poikkeavan liikeakselin omaava jalkaterärakenne vastustaa yleensä huomattavasti normaalia enemmän supinaatiosuuntaista liikettä. ***(kuva tukipohjallISRatkaisusta alustan tukivoiman suhteen)*** Tämän tyyppistä jalkaterärakennetta voidaan konservatiivisesti hoitaa antipronatio tukipohjallisella, jolla pyritään vähentämään pronatiosuuntaista momenttia ja lisäämään supinaatiosuuntaista momenttia ohjaamalla alustan tukivoimia enemmän jalkaterän lateraalipuolelta mediaalipuolelle”.

*”Jalkaterän ja alaraajan alueen vammoja ja toimintahäiriöitä, mitä mediaalisesti poikkeava liikeakseli voi aiheuttaa ovat plantaarifaskiitti, hallux limitus, IIVarpaan tyvinivelen nivelpussin tulehdus, abductor hallucis lihaksen venähdys, sinus tarsi syndroomaa, tibialis posteriorin toimintahäiriötä, tibialis posteriorin tendiniitti, lihasaitio-oireyhtymää, patellan kondromalasia ja pes anserniuksen bursiittia”.*

### **Lateraalisesti poikkeavan liikeakselin tunnuspiirteet (Kuva jalkaterästä ylhäältä päin ja takaa)**

*”Tämän tyyppistä jalkaterä rakennetta esiintyy vähemmän kuin mediaalisesti poikkeavaa liikeakselia. Lateraalisesti poikkeavalle liikeakselin sijainnille tunnusomaista on se, että telaluun kaula ja pää ovat lateraalisemmin sijoittunut suhteessa jalkapohjaan. Jalkapohjasta palpoitaessa liikeakselia on myös yleisempää, että se ilmenee paremmin jalan takaosassa kuin etuosassa. Lateraaliosassa subtalaarinivelen liikeakselin sijainnissa alustan tukivoima ja lihasten supistusvoima aiheuttavat jalkaterään suurentuneen supinaatiosuuntaisen momentin ja pienentyneen pronaatiosuuntaisen momentin. Seisonta-asentoa tutkittaessa voidaan huomata tämän tyyppiselle jalkaterärakenteelle kliinisiä tunnusmerkkejä. Kun tarkastellaan jalkoja ylhäältä päin, voidaan huomata jalkaterän keskiosan mediaalireunan kovera muoto. Toisena piirteenä voidaan huomata telaluun pään ja kaulan alueen pehmytkudosten lateraalimpi sijainti suhteessa kantaluuhun. Kolmantena seikkana voidaan jalkateriä takapäin katsoessa havaita jalkaterän keskiosassa mediaali malleolin etu- ja alapuolella kasvanutta koveruutta. Lateraalisen liikeakselin omaavalle jalalle on myös tyyppillistä korkea jalkaterän pitkittäiskaari”.*

### **Kuva jalkaterästä lateraalipuolelta fibularilihaksista**

*”Eräs ilmiö, jota esiintyy tämän tyyppisissä jaloissa tutkittaessa seisonta-asentoa, on fibularis lihasten jänteiden jännittyneisyys. Fibularis lihasten jänteiden jännittyneisyys voidaan havaita jalkaterän lateraalisivulta, mutta ainoastaan seisonta-asennossa. Näiden lihasten kasvanut jännitteisyys aiheutuu kasvanneesta subtalaariniveleen kohdistuneesta supinaatiosuuntaisesta momentista. Fibularislihaksilta vaaditaan tällaisessa tilanteessa voimakkaampaa pronaatiosuuntaista voimaa. Teorian kehittäjä on huomannut, että lateraalisen liikeakselin omaavissa jaloissa, jossa ilmenee lisääntynyt fibularislihasten aktiivisuus supinoivat seisonnassa maksimaalisesti, kun heitä neuvotaan rentouttamaan kyseiset lihakset. Kohtalaisen tai vaikean lateraalisen liikeakselin si*



*jainti voi näkyä henkilöllä myös kävelyssä. Henkilö saattaa kävellä ja kuormittaa enemmän jalkaterän lateraalipuolta sekä henkilöllä voi esiintyä toistuvia inversio suuntaisia nilkan nyrjähdyksiä”.*

### **Kuva tukipohjallis sovelluksesta lateraalisessa liikeakselin sijainnissa**

*”Lateraalinen subtalaarinivelen liikeakseli aiheuttaa henkilölle vaikeuden tuottaa pronaatio suuntaista liikettä. Konservatiivisessa hoidossa voidaan käyttää tukipohjallista, jolla pyritään siirtämään alustan aiheuttama mediaalinen tuki-voima enemmän lateraaliseksi suhteessa liikeakseliin. Voidaan myös käyttää tukipohjallisen etuosassa valguskiilaa. Tällä voidaan vähentää fibularislihasten kasvanutta aktivaatiota ja vakauttaa kävelyä. Vaikka tukipohjallisiin tehtävät muutokset ovat erittäin hyödyllisiä kyseisen jalkaterän hoidossa niin tulee kiinnittää erityistä varovaisuutta kiilojen voimakkuuksissa, ettei aiheuteta niveliin degeneratiivisia muutoksia ajan kuluessa. Lateraalisesti poikkeava liikeakseli voi aiheuttaa erilaisia oireita ja vammoja jalkaterään. Teorian kehittäjä on huomannut nilkan lateraalista instabiliteettia, nilkan toistuvia inversiosuuntaisia vammoja sekä fibularis tendiniittiä henkilöillä, joilla on kyseinen subtalaarinivelen liikeakselin sijainti”.*

Kohtaus 4: Tutkittava henkilö makaa plintillä selinmaakuullaan, jalat plintin reunan ulkopuolella. Tutkija istuu jalkojen takana hieman vieressä. Sijoitetaan kamera siten, että tutkittavasta henkilöstä näkyy ainoastaan jalat ja kamera olisi mahdollisimman kohtisuorasti tutkittavaa jalkapohjaa kohti.

### **Aihe 3: Tutkimuksen suorittaminen**

*”Aloittaessa subtalaarinivelen liikeakselin tutkintaa ei ole käytännössä merkitystä onko tutkittava henkilö selinmakuultaan vai päinmakuultaan. Pääasia on, että tutkittava henkilö pitää jalat rentoina ja jalkaterät ovat nilkoista alaspäin tutkimustason reunan ulkopuolella. On myös hyvä huomioida, että tutkimustason tulisi olla korkeus-suunnassa säädettävä, jotta tutkimuksen suorittaja pysyy työskentelemään ergonomisesti. Tutkimus aloitetaan ottamalla toisella kä*

dellä kiinni etusormi-peukalo otteella V-metatarsaalin distaalipäästä. Tutkittavan jalkaterä viedään 90° kulmaan, joka simuloi neutraalia seisonta-asentoa. Tässä kohdassa on hyvä huomioida, että subtalaariniveltä EI palpoida ns. neutraaliasentoon, koska halutaan pitää jalka tutkittavan henkilön subtalaarinivel luonnollisessa asennossa. Tutkimuksen suorittaja pitää toisella kädellään jalkaterän koko tutkimuksen ajan 90° kulmassa”.

”Liikeakselin palpointi on hyvä aloittaa kantapäästä. Toisen käden pidellessä jalkaterää 90° kulmassa aloitetaan vapaan käden peukalolla painamaan kantapään jommalta kummalta sivulta edeten kuitenkin järjestelmällisesti. On tärkeää huomioida, että peukalolla tuotetaan voimaa kohtisuorasti jalkapohjaa kohti. Peukalolla painaessa pyritään koko ajan tunnustelemaan samalla, kiertyykö jalkaterä joko pronaatio- tai supinaatiosuuntiin vai pysyykö jalkaterä kiertymisen suhteen paikallaan. Jalkaterän kiertymistä havainnoitaessa myös jalkaterää asennossa pitävä käsi pyrkii tunnustelemaan, pyrkiikö jalkaterä liikkumaan pronaatio- tai supinaatiosuuntiin. Toisin sanoen liikeakselin mediaalipuolelta painaessa jalkaterä pyrkii liikkumaan supinaatiosuuntaan ja se pitäisi samalla tuntua myös jalkaterää asennossa pitävässä kädessä paineen tunteena”.

”Liikeakselia palpoidaan kantapäästä alkaen edeten reunalta reunalle. Siinä kohtaa, kun tuntuu peukalolla voimaa tuottaessa, että ei tunnu kiertymistä suuntaan tai toiseen merkitään kyseinen piste jalkapohjaan joko pisteenä tai rastilla. Kyseessä on silloin rotaatioton piste. Seuraavaksi voidaan nousta jalkapohjassa 1 - 2 cm ylöspäin ja suoritetaan taas palpointi reunalta toiselle ja merkitään pisteellä tai rastilla rotaatioton piste. Palpoinnissa suoritetaan aina metatarsaalien distaalipäiden tasalle asti. Tällöin saadaan merkittyjen pisteiden kautta vedettyä yhtenäisen linja, joka kuvastaa subtalaarinivelen liikeakselia. Akselin avulla voidaan Kirbyn teorian ja kinetiikan pohjalta päätellä jalkaterän toimintaa ja siihen vaikuttavia voimia. Palpoitaessa liikeakselia voidaan aina palata takaisin päin, jos syntyy epävarmuutta merkatun pisteen suhteen ja palpoida ja havainnoida uudestaan”.

## Opinnäytetyön aikataulu

