

Nilkkavamman vaikutus säären lihassäikeiden aktivaatioon ja nilkan liikkuvuuteen

Tekijä: LK Ville-Martti Laine, Cursus Actus

Ohjaaja: Dos. Tiina Laitala, Integratiivinen Fysiologia ja Farmakologia, Biolääketieteen laitos, Turun yliopisto sekä Paavo Nurmi-keskus

Sisällysluettelo

JOHDANTO	3
TYÖN TARKOITUS	3
TYÖN SISÄLTÖ	4
ALARAAJAN ANATOMIA	4
SÄÄREN LIHAKSET JA HERMOTUS	4
NILKAN LIGAMENTIT	5
NILKAN LUISET RAKENTEET	5
SENSORINEN SÄÄTELY	5
NILKKAVAMMAT	6
INVERSIOVAMMOJEN ETIOLOGIA	6
INVERSIOVAMMOJEN LUOKITTELU	7
PEHMYTKUDOSVAMMOJEN PARANEMINEN	8
NILKKAVAMMOJEN HOITO	8
AINEISTO JA MENETELMÄT	9
AINEISTO	9
MENETELMÄT	10
TILASTOLLINEN KÄSITTELY	13
TUTKIMUSTULOKSET	13
NILKAN LIIKKUVUUDET	13
LIHASSÄIKEIDEN AKTIVAATIONOPEUDET	14
LIHASSÄIKEIDEN AKTIVAATIOJÄRJESTYKSET	19
POHDINTA	21
NILKAN LIIKKUVUUDET	21
LIHASSÄIKEIDEN AKTIVAATIONOPEUDET	21
LIHASTEN AKTIVAATIOJÄRJESTYS	23
YHTEENVETO	24
LÄHTEET	25

Johdanto

Työn tarkoitus

Alaraajojen nyrjähdys- ja venähdysvammat ovat yleisiä, perusterveydenhuollossa usein arvioitavia ja hoidettavia vammoja. Yhdysvalloissa tapahtuu vuosittain noin 2 miljoonaa akuuttia nilkan nyrjähdystä vuodessa, joissa tarvitaan terveydenhuollon kontakti (6). Suomessa nilkan nivelsidevamma on yleisin trauma, jonka vuoksi hakeudutaan lääkäriin hoitoon (7). Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen (KIHU) vuonna 2011 tekemän selvityksen mukaan 68 % kaikista ikäluokan 1995 urheilijoiden vammoista oli alaraajavammoja (20). Nilkan nyrjähdyksissä tavallisimmin vaurioituu fibulotalaari -ligamentti (FTA). Tuolloin puhutaan nilkan inversiovammasta.

Tässä tutkimuksessa keskitytään nilkan inversiovammoihin, koska se on selkeästi yleisin vammamekanismi nilkkavammoissa. Nilkan inversiovammat ovat helposti uusiutuvia, ja johtavat toisinaan leikkaushoitoa vaativaan epästabiliteettiin. Ensimmäisen inversiovamman huolellinen hoito saattaa estää vammakierteen ja vähentää invasiivisen hoidon tarvetta. Alaraajavammoille altistavia tekijöitä on tutkittu vammojen yleisyyteen nähden hyvin vähän, ja ehkäisymenetelminä suositellaan esimerkiksi urheilijoille huolellista lämmittelyä. Nilkan inversiovammojen biomekaniikkaan ja lihasaktivaatioon liittyvät yksityiskohdat tunnetaan lääketieteessä vielä huonosti.

Aikaisemmissa tutkimuksissa erot nilkkaa liikuttavien lihasten voimantuotossa vaikuttivat merkittävästi nilkan lihasten aktivoitumiseen. Ihmiset, joilla oli heikommat m. peroneus longus, m. tibialis anterior ja m. gastrocnemius, käyttivät suhteellisesti huomattavasti enemmän lihasaktiivisuutta nilkkanivelen ylittävissä lihaksissa juostessaan, kuin ihmiset, joilla kyseinen lihaksisto oli vahva. (9)

Tässä THAT (Tissue Healing After Trauma) – projektiin liittyvässä syventävien opintojen tutkielmassa pyritään selvittämään, korreloivatko nilkan liikelaajuudet säärenlihasten nopeiden lihassäikeiden aktivaatioon urheilijoilla. Tavoitteena on löytää keinoja arvioida nilkan inversiovammoille altistavia tekijöitä kliinisesti tarkoituksenmukaisella tavalla.

Työn sisältö

Tämä syventävien opintojen kirjallinen työ käsittelee tutkimuksen tekovaiheita, nilkan anatomiaa sekä tutkimustuloksia ja niiden johtopäätöksiä. Tutkimus aloitettiin pyytämällä tutkimukseen vapaaehtoisesti osallistuvilta testattavilta kirjallinen suostumus. Tämän jälkeen testattaville tehtiin kysely nilkkojen vammahistoriasta. Vammahistorian kartoittamisen jälkeen testattavien nilkat tutkittiin kliinisesti, sekä nilkkojen liikelaajuudet mitattiin. Tämän jälkeen suoritettiin m. peroneus ja m. tibialis anterior lihasten sähköisen aktivaation mittaukset. Saatu data analysoitiin ja siitä tehtiin yhteenveto sekä tulosten pohdinta.

Lisäksi tässä työssä syvennyttiin aihetta käsitteleviin artikkeleihin. Nilkan seudun anatomia käydään läpi tarvittavilta osin. Anatomiset rakenteet ja suunnat on nimetty latinaksi täsmällisyyden vuoksi. Osasta rakenteita on käytetty yleisiä kansainvälisiä lyhenteitä kuten FTA (lig. talofibulare anterior). Työssä käytettiin EMG (=elektromyografia) laitteistoa.

Alaraajan anatomia

Säären lihakset ja hermotus

Säären lihakset mahdollistavat nilkan liikkeet ja toimivat samalla sitä tukevin rakenteina. Yhteensä 13:sta eri säären alueen lihaksesta muodostuva kokonaisuus voidaan jakaa tehtävänsä ja anatomisen sijaintinsa perusteella eri ryhmiin.

- Nilkan ojentajalihasryhmän muodostavat m. tibialis anterior, m. extensor hallucis longus, m. extensor digitorum longus ja m. peroneus tertius. Niitä kaikkia hermottaa n. peroneus profundus. Näistä m. tibialis anterior on lihasmassaltaan ja pituudeltaan suurin dorsifleksori, joka kiinnittyy mediaaliseen os. cuneiformiin (vaajaluu) ja I metakarppaaliin. M. tibialis anteriorin tehtävänä on hidastaa jalkaterän plantaarifleksiota kantapään alustasta irtoamisen jälkeen, lisäksi se irrottaa aktiivisesti jalkaterän alustasta varvastyönnön jälkeen. Rotilla tehdyssä biopsiatutkimuksissa on havaittu, että valtaosa m. tibialis anteriorin lihassoluista on nopeita, hitaita tyyppin I lihassoluja on havaittu vain noin 5 % (13).
- Nilkan koukistajaryhmän muodostavat m. gastrocnemius, m. soleus ja m. plantaris. Niitä kaikkia hermottaa n. tibialis.

- Lateraalisen eli peroneusryhmän muodostavat m. peroneus longus ja m. peroneus brevis ja niitä hermottaa n. peroneus superficialis. Niiden tehtävänä on nilkan inversiosuunnan ja mediolateraalisen stabiliteetin hallinta.
- Syvän lihaskerroksen muodostavat m. popliteus, m. tibialis posterior, m. flexor digitorum longus ja m. flexor hallucis longus. Niitä hermottaa n. tibialis. (1.)

Nilkan ligamentit

Nilkan inversiovammoissa vaurioituvat tyypillisesti lateraaliset nivelsiteet: anteriorinen talofibulaarinen ligamentti (FTA), kalkaneofibulaarinen ligamentti (FC) ja posteriorinen talofibulaarinen ligamentti (FTP). (1)

Nilkan inversiovammoissa FTA-ligamentti vaurioituu yleisimmin, koska taluksen (telaluu) kapeampi etuosa ei ole enää tukevasti kontaktissa leveämmän nivelhaarukan kanssa ja stabiliteetti on lähes kokonaan FTA-nivelsiteen varassa. (2)

Myös FTA- ja FC- ligamenttien yhdistelmävammat ovat yleisiä. FC ja FTP-ligamenttien vammat ovat harvinaisia, myös niiden yhdistelmävamma on harvinainen. (2)

Nilkan luiset rakenteet

Nilkan luisen tukirangan muodostavat posteriorisesti os tibia ja os fibula. Tibia ja fibula nivELYvät distaalipäästään os talukseen, muodostaen art. talocrurariksen eli ylemmän nilkkanivelen. Ylempi nilkkanivel on sarananivel ja se mahdollistaa nilkan dorsaali- ja plantaarifleksion.

Art. talocalcaneonavicularis eli alempi nilkkanivel muodostuu os. taluksen (telaluu), os. calcaneuksen (kantaluu) ja os. navicularen (veneluu) välille. Alempi nilkkanivel mahdollistaa jalkaterän pronaatio ja supinaatio liikkeet.

Sensorinen säätely

Tahdonalainen motorinen viesti kulkee aivokuorelta ylemmän ja alemman motoneuronin välityksellä kohdelihakselle. Luurankoli hasten hermotuksesta vastaavat alfa motoneuronit saaden aikaan luurankoli hasten liikkeen. Alfa motoneuronin aktivaatiokynnykseen vaikuttaa neuronin koko. Pienet neuronit aktivoituvat matalammalla ärsyketaajuudella, koska niiden kynnysjännite on pienempi. Suurilla alfa motoneuroneilla kynnysjännite on suurempi ja ne aktivoituvat suuremmilla taajuuksilla.

Pienet neuronit hermottavat tyypin 1 lihassoluja, jotka supistuvat ja väsyvät hitaasti, mutta tuottavat vain vähän voimaa. Suuret alfa-motoneuronit hermottavat tyypin 2 lihassoluja. Ne supistuvat nopeasti ja tuottavat paljon voimaa, mutta väsyvät hitaasti.

Ihossa, nivelissä, nivelsiteissä, jänteissä ja lihaksissa on mekanoreseptoreja, jotka lähettävät nousevia (sensorisia) hermoratoja pitkin keskushermostolle tietoa liikkeen suunnasta ja voimasta sekä kehon asennosta. Tieto käsitellään keskushermostossa ja sen perusteella aivokuorelta lähtee motorinen viesti kohdelihakselle. Osa säätelystä toimii ilman tiedostettua kontrollia (refleksit) ja osaa pystytään tietoisesti säätelemään.

Vamma voi aiheuttaa monenlaisia muutoksia hermolihaskontrollissa, eikä kaikkia muutoksia tai niiden syitä edes vielä kunnolla tunneta. Tutkimuksissa on havaittu vamman jälkeen sensorisen palautteen heikentymistä, epätarkkaa palautetta liikkeistä ja asennoista, lihasten hidasta reaktioaikaa ja epätarkkaa voimantuottoa sekä hermoimpulssien hidastunutta kulkua hermostossa. Vamman yhteydessä saattaa hermoihin ja mekanoreseptoreihin tulla myös suoria mekaanisia vammoja, jotka aiheuttavat reseptorien toiminnassa ongelmia. (22)

Nilkkavammat

Inversiovammojen etiologia

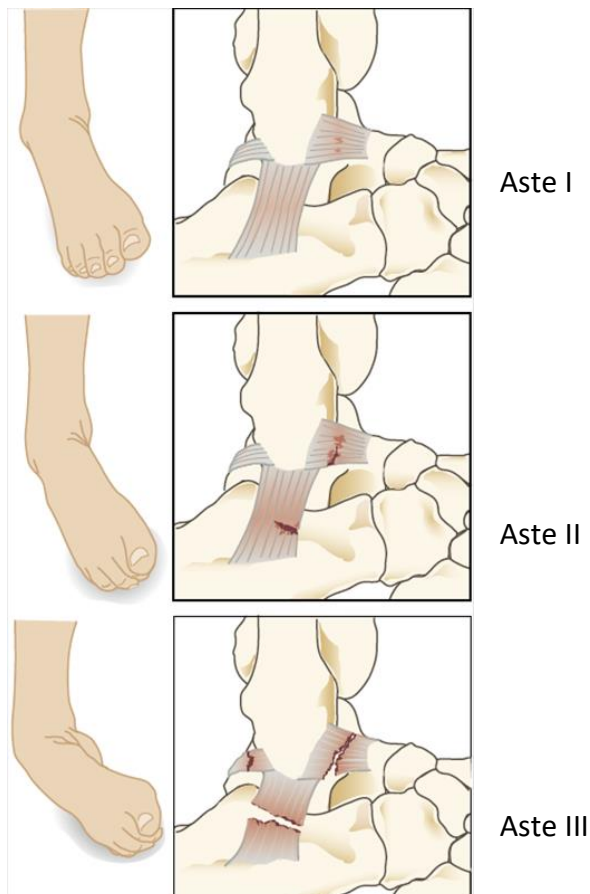
Nilkan nyrjähdysvamma on yleisin tuki- ja liikuntaelinvamma, Suomessa päivittäin yli 500 tapausta. 20- 30 % liikuntatapaturmista aiheutuvista vammoista on nilkkavammoja (2). Nilkan nyrjähdysvammoista tyypillisin on inversiovamma, jolloin nilkka pyöriäntään jalan ulkosyrjän kautta ympäri. Meta-analyysissä todettiin nilkkavammojen riskitekijöitä olevan nilkan nivelsiteiden löysyys, aikaisemmat nyrjähdykset sekä juoksu- ja hyppytekniikan ja nilkan asennon hallinnan puutteet. Nilkan asennon hallinnassa oleellista on tarkka asentotunto, jalkaterän asentoon vaikuttavien lihasten hyvä voima ja niiden oikea-aikainen aktivoituminen. Lisäksi hyvä juoksu- ja hyppytekniikka ehkäisevät nilkkavammojen syntyä. (10)

Lihashyökkäys on tutkitusti tärkeä riski nilkkavammoissa. Nilkkanivelen ylittävät säären lihakset tukevat nilkkaniveltä ja estävät nilkan liiallisen liikkumisen. Tämä vaatii kuitenkin, että lihakset aktivoituvat oikein. Jos alaraajan lihakset ovat heikkoja, se ei ainoastaan vähennä voimantuottoa,

vaan vaikuttaa liikkeen aikana aktivoituviiin hermo-lihasyhteyksiin, mikä voi johtaa heikentyneeseen suorituskykyyn sekä lisääntyneeseen loukkaantumisriskiin. (9). On todettu, että aikaisempi nilkkavamma lisää merkittävästi riskiä saada uusi nilkkavamma tulevaisuudessa (6).

Inversiovammojen luokittelu

Nilkan inversiovammat on perinteisesti luokiteltu kolmeen eri luokkaan vaikeusasteensa mukaan (kuva 1). Ensimmäisen asteen vammat ovat nivelsiteiden venähdysvammoja. Niissä nilkka pysyy stabiilina ja turvotus sekä kipu ovat vähäisiä. Kun nivelside tai nivelsiteet ovat osittain revenneet puhutaan toisen asteen nilkkavammoista. Tällöin nilkka on lievästi epästabiili ja turvotus ja kipu ovat kohtalaisella tasolla. Kun nivelside on kokonaan revennyt, on kyseessä kolmannen asteen vamma. Tuolloin nilkka on kliinisesti epästabiili, voimakkaasti turvoksissa ja hyvin kipeä. (2) Perusterveydenhuollossa nilkan nivelsidevammojen luokittelua voidaan kuitenkin pitää pitkälti teoreettisena, koska sillä ei ole suurta merkitystä hoitoon tai ennusteeseen. (3)



Kuva 1: Nilkan nivelsidevamman luokittelu. Asteet I-III (7)

Pehmytkudosvammojen paraneminen

Pehmytkudosvammojen, kuten nilkan nivelsidevammojen, paraneminen on kolmivaiheinen prosessi, jossa eri vaiheiden kesto, ja näin ollen myös vammasta toipumisen kokonaiskesto vaihtelee vamman vakavuusasteen mukaan. Ensimmäisenä vammamekanismin jälkeen seuraa tulehdusvaihe (0-7 vrk vammasta). Tulehdusvaiheen aikana vammautunut pehmytkudos on kipeä ja se turpoaa, punoittaa ja kuumottaa. Tulehdusvaiheen jälkeen seuraa proliferaatiovaihe eli uudistumisvaihe (1-3 viikkoa vammasta). Tässä vammakohtaan muodostuu uutta löyhää arpikudosta vammautuneen kudoksen tilalle. Lopuksi on uudelleenmuokkautumisvaihe (yli 3 viikkoa vammasta). Uudelleenmuokkautumisvaiheessa kudoksen proteoglykaani- ja vesipitoisuus alkavat pienentyä ja arpikudos alkaa korvaantua kestävämmällä tyyppin I kollageenilla. Vammautuneet nivelsiteet alkavat kestää normaalia rasitusta tavallisesti noin 6 - 8 viikon kuluttua vammasta. Pehmytkudosten täydellinen kypsyminen voi kuitenkin kestää jopa 6-12 kk. (4)

Nilkkavammojen hoito

Valtaosa nilkan nivelsidevammoista (FTA, FC ja FTP) voidaan hoitaa konservatiivisesti. Uusintavammoja- tai nyrjähdyksiä on todettu olevan 3-34%:lla konservatiivisesti hoidetuista potilaista. Runsaasti urheilua harrastavilla on enemmän myöhäisoireita ja vaivaa konservatiivisesti hoidetun lateraalisen nivelsidevamman jälkeen kuin muilla potilailla. Nilkan lateraalisten nivelsidevammojen konservatiivisessa hoidossa tulisi immobilisaation sijaan pyrkiä funktionaaliseen hoitoon. Hoidossa nilkka stabiloidaan funktionaalisella tukilastalla, joka sallii koukistus- ja ojennusliikkeet, mutta estää nilkan sivuttaisliikkeet. (2)

Akuuttivaiheessa, heti vamman tapahduttua, nopea ja tehokas ensihoito on tärkeää. Hyvällä hoidolla voidaan nopeuttaa toipumista sekä hoitaa vamman aiheuttamaa kipua. Ensihoito perustuu neljän K:n periaatteeseen ja sen tehtävänä on supistaa verisuonia, vähentää verenvuotoa ja turvotusta, lievittää paikallista tulehdusreaktiota sekä vähentää kipua. Neljän K:n periaate sisältää kompression, koho asennon, kylmähoidon ja kotikuntoutuksen. Kompressio toteutetaan heti tapaturman satuttua käsin puristamalla ja tämän jälkeen kompressiositeen avulla. Vammautunut nilkka asetetaan kohoasentoon ja aloitetaan kylmähoito. Ensihoitona annettavan kylmähoidon kesto tulee olla 20 minuuttia. Akuuttivaiheen hoidon jälkeen hoitoa jatketaan kotona. Vammakohdan on annettava levätä kunnolla ja vamman vaikeusasteen mukaan pidetään riittävä

tauko kuormittavasta harjoittelusta. Lepojakson jälkeen aloitetaan vammakohtaan asteittainen käyttö ja kuntouttaminen.

Kuntouttaminen aloitetaan kivuttomin harjoittein. Ensimmäiset 1-2 viikkoa vamman jälkeen keskitytään nilkan liikkuvuuteen ja vältetään nilkan kuormitusta. Viikoilla 3-4 tehdään nilkkaa vahvistavia harjoitteita sekä nilkan liikkuvuutta lisääviä harjoitteita. (21) On tärkeä pyrkiä harjoitteisiin, jotka ylläpitävät vammautuneen raajan liikkuvuutta ja lihaskuntoa. Aktiivisen kuntoutuksen laiminlyönti johtaa arpi ja uudiskudoksen epätarkoituksenmukaiseen orientaatioon ja heikkoon rasituksen sietoon. Tämä lisää vamman uusiutumiseriskä. (4)

Aineisto ja menetelmät

Aineisto

Tutkimusjoukkona toimi eräs miesten salibandyliigan joukkue, jolle suoritettiin nilkan liikelaajuuksien mittaukset ja tutkittiin säären lihasten aktivaatiota pinta-EMG-mittauksilla. Lisäksi tutkittavien nilkat tutkittiin kliinisesti sekä suoritettiin kirjallinen kysely nilkkojen inversiovammahistoriasta. Testattavana oli yhteensä seitsemän pelaajaa, joista neljällä ei ollut merkittävää nilkan inversiovammahistoriaa. Kolmella pelaajalla oli taustalla nilkan inversiovamma. Näistä kahdella tutkittavalla vasen nilkka oli vaurioitunut inversiovamman seurauksena, ja yhdellä pelaajalla molemmat nilkat olivat vaurioituneet inversiovamman seurauksena.

Tutkimusta varten pelaajat jaettiin kahteen ryhmään. A ryhmällä ei ollut taustalla nilkan inversiovammaa kummassakaan nilkassa. Ryhmä A sisälsi tutkittavat 1-4.

Ryhmä B:ssä tutkittavilla oli taustalla merkittävä nilkan inversiovamma, joka oli aiheuttanut taukoa lajiharjoittelusta yhden viikon – kolmen kuukauden ajan. B-ryhmässä yhdellä tutkittavalla oli lievä subakuutti inversiovamma vasemmassa nilkassa, yhdellä oli vanha inversio vamma vasemmassa nilkassa ja yhdellä krooninen molempien nilkkojen instabiliteetti. Subakuutti inversiovamma oli tapahtunut 9 vuorokautta ennen tutkimushetkeä. Tutkittava, jolla oli krooninen instabiliteetti oli saanut operatiivista hoitoa nilkkavammoihinsa.

Menetelmät

Nilkkojen aktiivisia liikelaajuuksia mitattiin yksinkertaisella liikelaajuustestillä (Kuva 2). Testissä tutkittava asetti toisen jalkateränsä 10 cm päähän seinästä, ollen korkeassa polviasennossa. Tutkittavan tehtävänä oli viedä polvi mahdollisimman lähelle seinää, pitäen jalkateränsä kokonaan maassa. Kantapää ei saanut irrota maasta liikkeen aikana. Tutkimuksessa mitattiin polven etäisyys seinästä senttimetreinä. Mitattu etäisyys korreloi nilkan aktiivisen liikelaajuuteen etutakasuunnassa, mitä lähempänä polvi oli seinää, sitä parempi oli nilkan dorsifleksioliikkuvuus. Tutkimus suoritettiin erikseen kaksi kertaa molemmille alaraajoille ja parempi (pienempi) mittaustulos otettiin tutkimukseen mittauservoksi.

Liikelaajuuksien maksimiarvot mitattiin kokeellisesti senttimetreinä, ja tuloksista laskettiin tutkittavan nilkkojen dorsifleksion epäsymmetriaindeksi. Epäsymmetriaindeksin laskentaan sovellettiin Jordan ym. (2014) käyttämää epäsymmetriaindeksin laskentakaavaa. (12) Kyseinen kaava on esitetty alla.

Nilkkojen liikkuvuuden epäsymmetria indeksi:

$$\text{Asymmetriaindeksi} = \frac{\text{jalka 1 (terve)} - \text{jalka 2 (vammautunut)}}{(\text{jalka 1} + \text{jalka 2})} \times 100\%$$

Indeksin etumerkki määrittää, kumpi jalka tutkittavalla on dominoivampi puoli. Positiivinen indeksin tulos kuvaa, että terve jalka on dominoivampi ja negatiivinen indeksi puolestaan, että vammautunut jalka dominoi. Tässä tutkimuksessa laskettiin epäsymmetriaa prosenttein, mitä suurempi saatu prosentti oli, sitä suurempi liikkuvuuksien epäsymmetria oli.



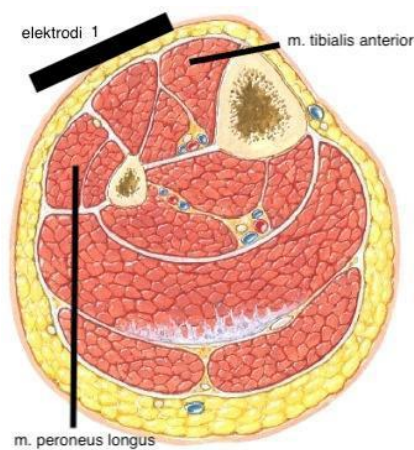
Kuva 2: Nilkan liikelaajuuden mittaaminen. Tutkittavaa pyydettiin tuomaan etujalan polvea kohti seinää kuvan lähtöasennosta niin, että koko jalkaterä pysyy maassa (kantapää ei irtoa, varpaat pysyvät 10 cm:n viivan takana). polven etäisyys seinästä mitattiin (X_{\min} cm) ja kirjattiin ylös.

Tutkimukseen valittujen säären lihasten (m. tibialis anterior ja m. peroneus longus) lihassäikeiden sähköistä aktiviteettia mitattiin dynaamisesti MPower EMG-laitteilla. Testinä käytettiin päkiöille nousua sillä perusteella, että tutkittavien olisi mahdollisimman helppo toistaa liike tutkimusten aikana biomekaanisesti samalla tavalla. Lisäksi testi haluttiin pitää yksinkertaisena, jotta tuloksiin kohdistuisi mahdollisimman vähän ulkoisia muuttujia. Kukin tutkittava toisti päkiöille nousun kymmenen liikesuorituksen sarjassa.

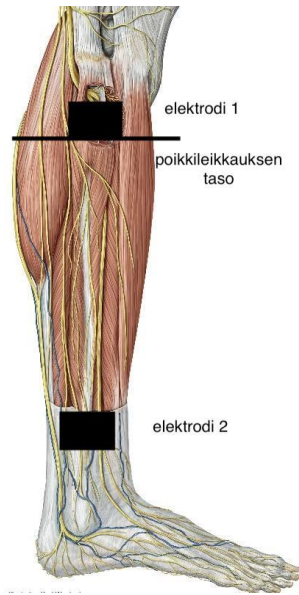
Elektromyografia (=EMG) eli lihassähkökäyrä on tutkimusmenetelmä, jolla mitataan luurankoli hasten sähköistä aktivaatiota. Lääketieteessä menetelmää käytetään esimerkiksi lihas-hermovaurioiden havaitsemiseen. Mitattava sähköinen aktiviteetti muodostuu, kun lepotilassa oleva polarisoitunut lihassäie depolarisoituu sähköisen signaalin kulkeutuessa sen pinnan yli. Sähköinen signaali on saanut alkunsa aivojen primääriseltä motoriselta aivokuorelta, josta se kulkeutuu lihassäikeeseen selkäytimen ja perifeerisen hermoston kautta. Lihasten supistumista ohjaillaan hermosäikeiden välittämällä sähköisellä signaalilla. EMG-laitteisto mittaa tätä sähköistä signaalia. Tässä tutkimuksessa käytettiin non-invasiivista mittausta, joka tapahtui ihon pinnalle asennettavien elektrodien avulla (surface EMG, sEMG). Pinta-EMG-signaalin avulla saatiin tietoa

lihaksen erityyppisten lihassolujen aktivaatiosta. Tässä tutkimuksessa mitattiin pohjelihasten nopeiden lihassäikeiden aktivaatiota testiliikkeenä käytetyssä päkiöille nousussa. Tutkimuksessa käytettiin Mpowerin tuottamia pintaelektrodeja, joissa mittaus suoritetaan yhdellä pienellä valmiiksi kootulla referenssi-mittauselektrodikompleksilla. Mittausmenetelmä perustuu aktiivisiin elektrodieihin, jotka vahvistavat ja digitoivat signaalin suojatussa ympäristössä käytännössä eri tavalla kuin perinteiset EMG-elektrodit. MPowerin menetelmä mahdollistaa nopeiden lihassolujen aktivaation mittaamisen analyysialgoritmin ja elektrodien avulla, jotka vähentävät eri lähteistä tulevia häiriötekijöitä ja parantavat signaalin laatua jatkoanalyysin kannalta. (8)

Tutkittaviksi lihaksiksi valittiin m. tibialis anterior ja m. peroneus, koska nilkan inversiovamman on todettu vaikuttavan niiden toimintaan (9). Lisäksi valintaa tuki niiden anatominen sijainti. Koska tutkimuksessa käytettiin pintaelektrodeja EMG-signaalin mittaamiseen, oli tärkeää valita mahdollisimman pinnalliset lihakset mittauksen häiriötekijöiden, esimerkiksi tutkittavan lihaksen päällä olevat muut kudokset, minimoimiseksi. Elektrodit sijoitettiin mahdollisimman lähelle lihasten kiinnityskohtia (origo ja insertio), kuitenkin niin, että pysyttiin lihasrunkojen päällä.



Kuva 3: Säären (vasen)poikkileikkaus. Tutkittavien lihasten sijainti ja EMG-elektrodin asettelu (15) Kuvaa muokattu.



Kuva 4: Sääri (oikea). EMG-elektrodien asettelu ja poikkileikkauksen taso kuvassa 3.

(15) Kuvaa muokattu.

Tilastollinen käsittely

Tutkimustuloksista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat ja tilastolliset merkittävyydet OriginLab-ohjelmalla. Tilastollisen merkittävyyden rajan ylittävät ($p < 0,05$, T-testi) tulokset on merkitty graafeihin tähdellä.

Tutkimustulokset

Nilkan liikkuvuudet

Taulukossa 1 on esitetty tutkittavien nilkkojen aktiiviset liikkuvuudet, eli polven välimatka seinästä (Kuva 2, X-mitta). Mitä pienempi mitattu etäisyys on, sitä parempi on nilkan aktiivinen liikkuvuus anterio-posteriosuunnassa (etu-takasuunta) eli dorsifleksioliikkuvuus. Tutkimusryhmässä A eli terveessä verrokkiryhmässä, jolla ei ollut taustalla nilkan inversiovammaa, nilkkojen liikkuvuuden puolieron keskiarvo oli 2.68 cm. Tässä ryhmässä suurin ero nilkkojen liikkuvuuden välillä oli 3.5 cm ja pienin ero 2.0 cm. Tutkimusryhmässä B, jossa tutkittavilla oli taustalla inversiovamma nilkassa, suurin puoliero oli 1.5 cm ja pienen puoliero 0.5 cm.

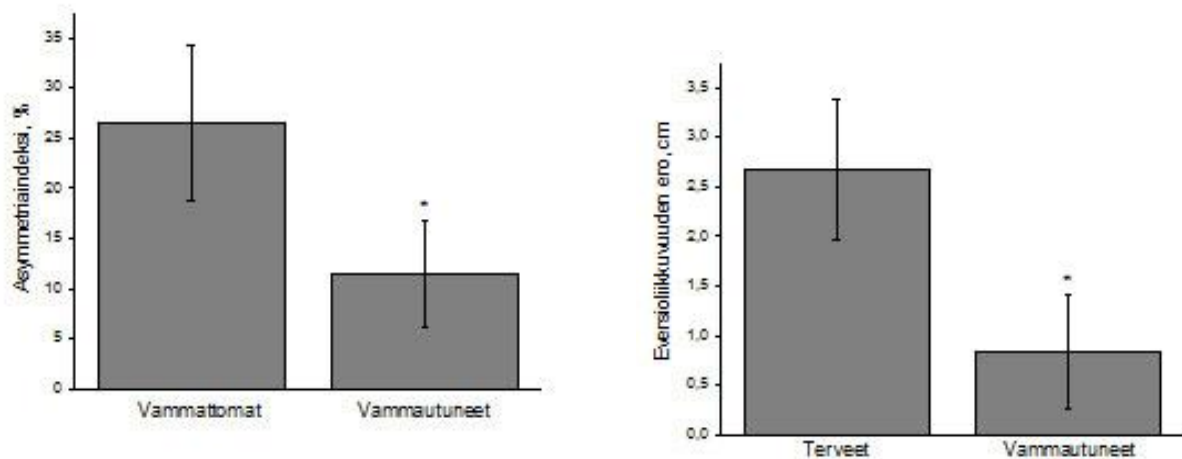
Taulukko 1: Nilkkojen dorsifleksioliikkuvuudet ja epäsymmetriaindeksit

A-ryhmä; terveet

Oikea, cm	Vasen, cm	Ero,cm	Eron ka +/- SD	Asymm.indeksi (AI) %	AI ka+/- SD
6,0	4,0	2,0		20,0	
8,5	5,0	3,5		25,9	
5,0	2,0	3,0	2,68+/- 0,699	37,5	26,45+/- 7,75
3,8	6,0	2,2	p= 0,00464	22,4	p=0,00644

B-ryhmä; nilkan vamma

Oikea, cm	Vasen, cm	Ero,cm	Eron ka +/- SD	Asymm.indeksi (AI) %	AI ka+/- SD
5,0	3,5	1,5		17,6	
3,0	2,5	0,5	0,83+/-0,577	9,1	11,46+/- 5,36
3,5	3,0	0,5		7,7	

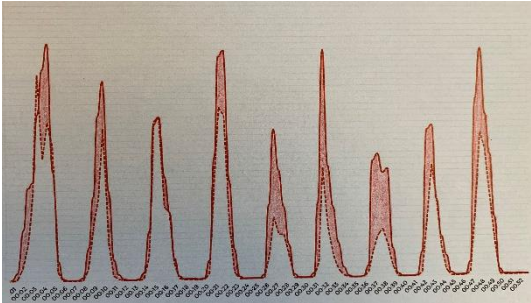


Kuva 5: Nilkkojen asymmetriaindeksi % ja eversio- ja inversio-asteiden erot

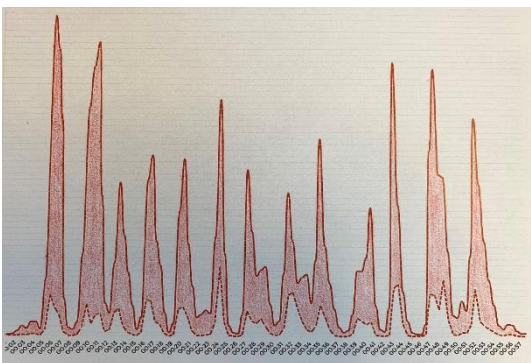
Lihassäikeiden aktivaationopeudet

Kuvissa 6-11 on esitetty tutkittavien lihasten lihassäikeiden aktivaatiokäyrät. Käyrien korkeudet, eli lihasten heräteaktiivisuudet y-akselilla eivät ole mittakaavassa toisiinsa nähden. X-akselilla kulkeva aika on kaikissa käyrissä sama suhteessa toisiinsa. Mittauksessa tutkittava toisti päkiöille nousun 10

liikkeen sarjassa, mikä näkyy kuvissa 10 piikkinä. Mitä enemmän värillistä aluetta kuvissa 6-9 on näkyvissä, sitä vähemmän nopeiden lihassolujen aktivaatiota mittaushetkellä tapahtuu ja päinvastoin.

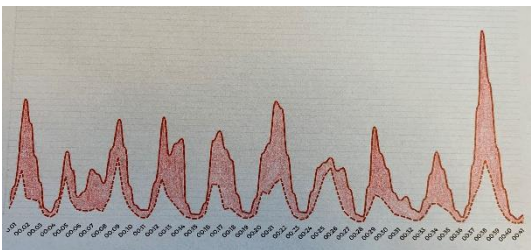


Terve (61,1%)

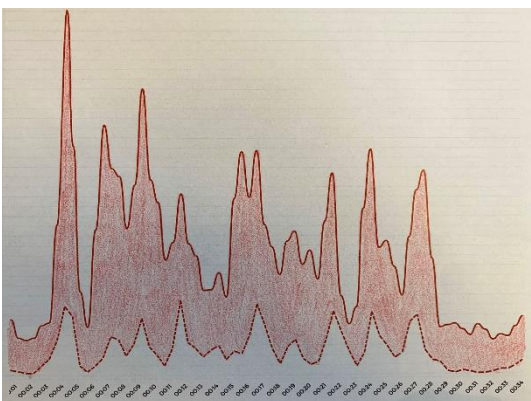


Subakuutti inversiovamma l. sin., konservatiivinen hoito

(34%)

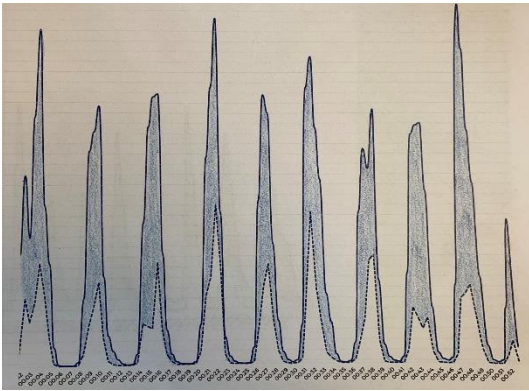


Vanha inversiovamma l.sin., konservatiivinen hoito (17%)

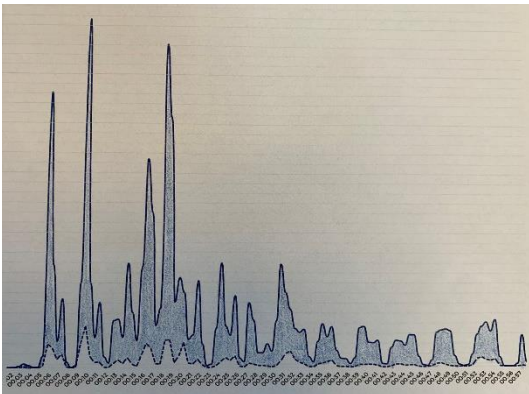


Instabiliteetti l.a., operoitu l.a. (11%)

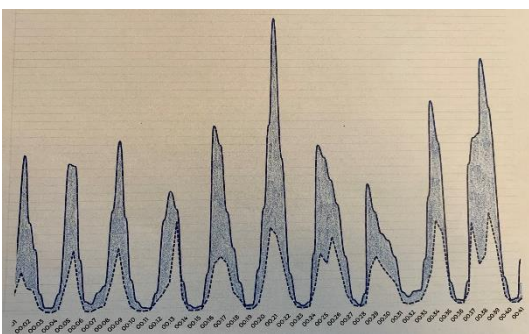
Kuva 6: Tutkimushenkilöiden EMG-mittaukset, kohteena oikea m. tibialis anterior. Lihassolujen kokonaisaktivaatio (punainen). Nopeiden lihassolujen osuus merkitty (valkoinen alue) ja annettu %-osuutena kokonaisaktivaatiosta.



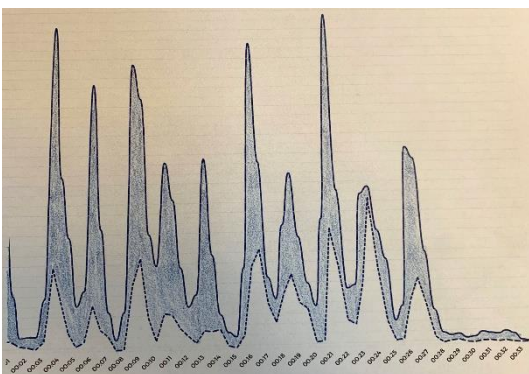
Terve (28%)



Subakuutti inversiovamma l. sin., konservat. hoito (12%)

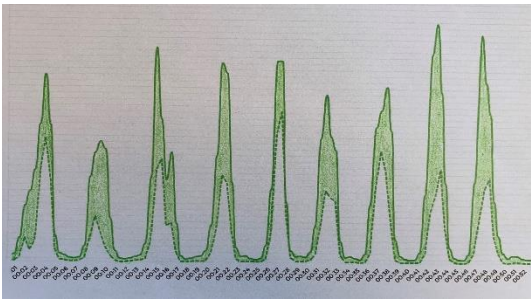


Vanha inversiovamma l.sin., konservat. hoito (34%)

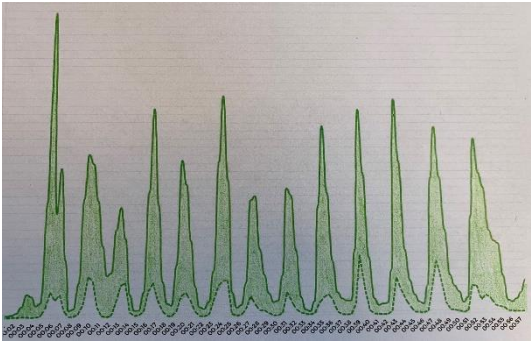


Instabiliteetti l.a., operoitu l.a. (25%)

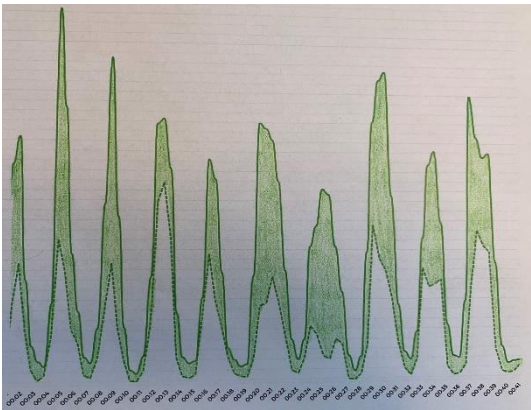
Kuva 7: Tutkimushenkilöiden EMG-mittaukset, kohteena vasen m. tibialis anterior. Lihassolujen kokonaisaktivaatio (sininen). Nopeiden lihassolujen osuus merkitty (valkoinen) ja annettu %-osuutena kokonaisaktivaatiosta.



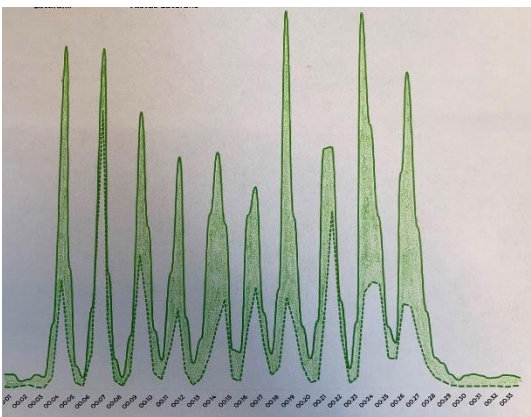
Terve (42%)



Subakuutti inversiovamma l. sin., konservat. hoito (16%)

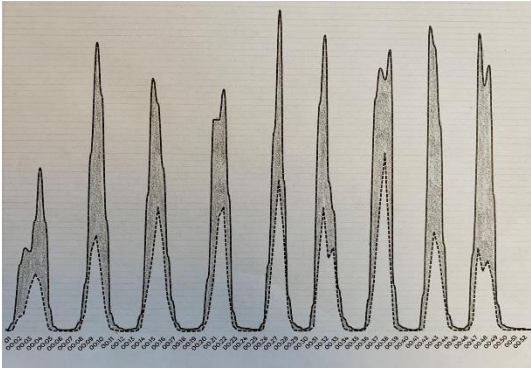


Vanha inversiovamma l.sin., konservat. hoito (44%)

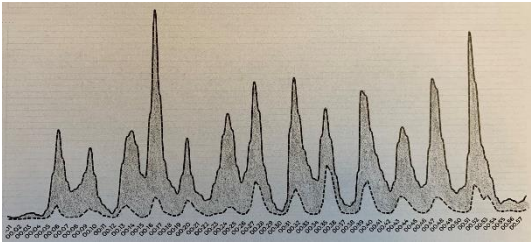


Instabiliteetti l.a., operoitu l.a. (19%)

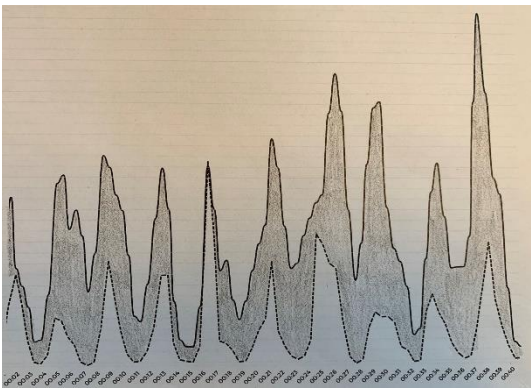
Kuva 8: Tutkimushenkilöiden EMG-mittaukset, kohteena oikea m. peroneus longus. Lihassolujen kokonaisaktivaatio (vihreä). Nopeiden lihassolujen osuus merkitty (valkoinen) ja annettu %-osuutena kokonaisaktivaatiosta.



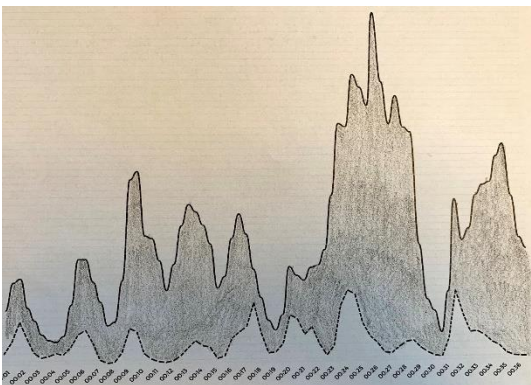
Terve (36%)



Subakuutti inversiovamma l. sin., konservat. hoito (15%)



Vanha inversiovamma l.sin., konservat. hoito (29%)

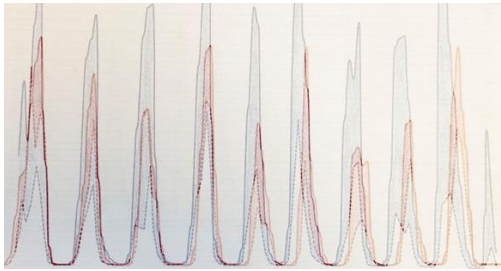


Instabiliteetti l.a., operoitu l.a. (7%)

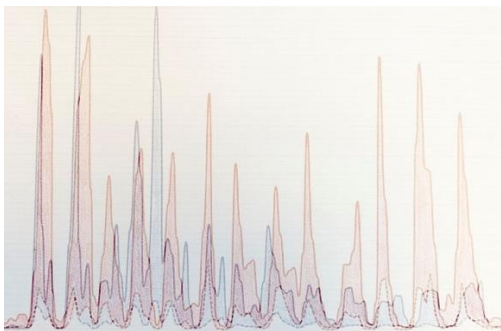
Kuva 9: Tutkimushenkilöiden EMG-mittaukset, kohteena vasen m. peroneus longus. Li hassolujen kokonaisaktivaatio (musta). Nopeiden lihassolujen osuus merkitty (valkoinen) ja annettu %-osuutena kokonaisaktivaatiosta.

Lihassäikeiden aktivaatiojärjestykset

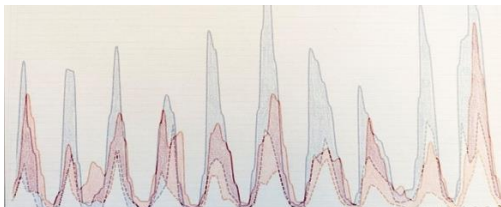
Kuvissa 10 ja 11 on asetettu oikean ja vasemman alaraajan tutkittujen lihasten lihassäikeiden aktivaatiokäyrät päällekkäin, jotta lihasten aktivaatiojärjestys ja -nopeus saadaan näkyviin. Käyrien korkeudet, eli lihasten heräteaktiivisuudet y-akselilla eivät ole mittakaavassa toisiinsa nähden. X-akselilla kulkeva aika on kaikissa käyrissä sama suhteessa toisiinsa. Mittauksissa tutkittava toisti päkiöille nousun 10 liikkeen sarjassa, mikä näkyy kuvissa 10 piikkinä.



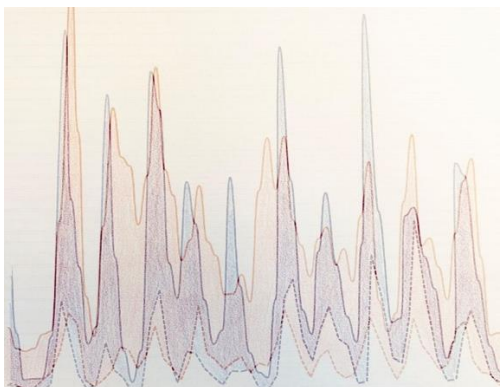
Terve



Subakuutti inversiovamma l. sin.

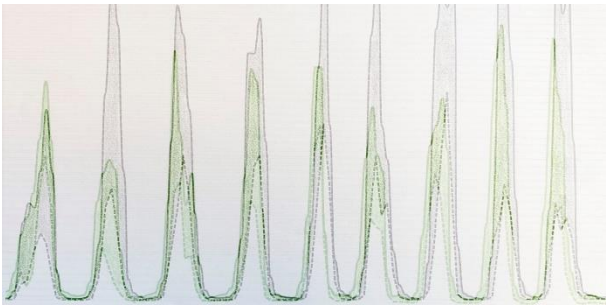


Vanha inversiovamma l.sin.

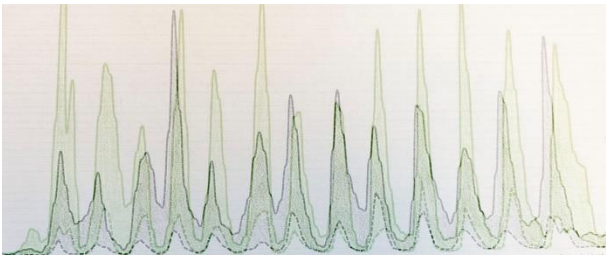


Instabiliteetti l.a., operoitu l.a.

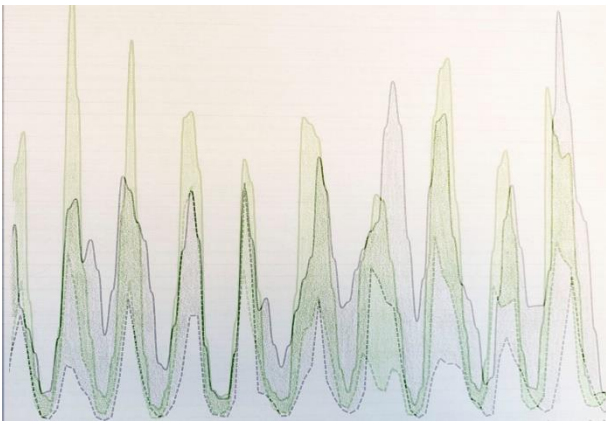
Kuva 10: Tutkimushenkilöiden EMG-mittaukset, kohteena oikea (punainen) ja vasen (sininen) m. tibialis anterior. Kuvissa on esitetty lihassolujen kokonaisaktivaatiot (punainen ja sininen) sekä nopeiden lihassolujen osuudet (valkoinen).



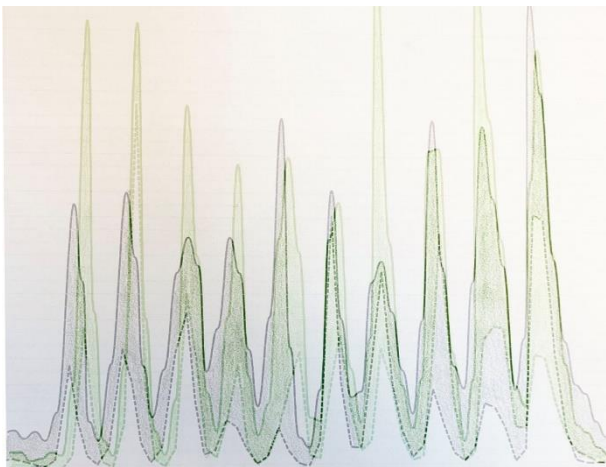
Terve



Subakuutti inversiovamma l. sin.



Vanha inversiovamma l.sin.



Instabiliteetti l.a., operoitu l.a.

Kuva 11: Tutkimushenkilöiden EMG-mittaukset, kohteena oikea (vihreä) ja vasen (musta) m. peroneus longus. Kuvissa on esitetty lihassolujen kokonaisaktivaatiot (vihreä ja musta) sekä nopeiden lihassolujen osuudet (valkoinen).

Pohdinta

Nilkan liikkuvuudet

Tutkimuksessa havaittiin, että tutkittavilla, joilla ei ollut inversiovammaa taustalla eli ryhmä A, puoliero nilkkojen dorsifleksioliikkuvuudessa oli suurempi kuin inversiovammasta kärsineiden ryhmässä B. Luonnollisesti nilkkojen liikkuvuudessa on puolieroja, kuten tutkimukset ryhmän A osalta osoittavat. Liikkuvuuteen vaikuttavat esimerkiksi nilkan yksilöllinen luinen anatomia, nilkan ligamentit (20) sekä nilkalle tehdyt kuntouttavat harjoitteet.

Terveiden nilkkojen ryhmässä A liikkuvuuden eron keskiarvo oli 2,68 +/- 0,699 cm ($p = 0,00464$). Nilkan vammasta kärsineiden ryhmässä B ero liikkuvuuksien keskiarvossa on 0,83 +/- 0,577 cm. Myös epäsymmetriaindeksi oli pienempi nilkkavammasta kärsineiden ryhmässä. (Taulukko 1). On mahdollista, että vammautuneen jalan nilkkaa tukeva lihaksisto jää heikommaksi, kuin terveen nilkan, lisäten näin nilkan liikkuvuutta. Vaurioituneet nilkan ligamentit voivat myös jäädä venyttyneiksi, mikä mahdollistaisi nilkan laajemman liikkeen. Lisäksi täytyy muistaa, että tässä tutkimuksessa tutkittiin huippu-urheilijoita. Vammautumisen jälkeen urheilijat käyttävät paljon harjoitustunteja vammautuneen alueen kuntoutukseen. Hyvä kuntoutus saattaa lisätä nilkan liikkuvuutta.

Yhdysvaltain armeijassa suoritettussa kohortti tutkimuksessa todettiin, että miehillä, joilla oli aikaisempi nilkkavamma, on lähes 3.5ertainen riski saada uusi nilkkavamma (Risk ratio [RR] = 3.40, 95 %) (11). Lisäksi lihasheikkous lisää nilkkavamman riskiä (9). Joten nilkan huolellinen kuntoutus ja nilkkaa tukevan lihaksiston vahvistus on avainasemassa nilkkavamman uusiutumisen estossa.

Lihassäikeiden aktivaationopeudet

Kuvassa 6 (mittaustulokset oikean jalan m. tibialis anteriorin osalta) nähtiin kaikissa vamman kärsineiden nilkkojen lihaksissa matalammat heräteaktiivisuudet kuin terveissä verrokinilkoissa. Lisäksi lihaksen kokonaisaktivaatio oli merkittävästi pienempää vammautuneissa nilkoissa verrattuna terveeseen verrokkiryhmään.

Kuvassa 7 (mittaustulokset vasemman jalan m. tibialis anteriorin osalta) todettiin kaikkein korkeimmat tasot lihaksen heräteaktiivisuudessa (käyrien korkeus). Lisäksi nähtiin hyvin erilaiset aktivaatiokäyrät eri asteisissa vammoissa. Subakuutissa vammassa oli merkittävä ero terveisiin,

mutta myös muihin vammoihin verrattuna. Tämä voi selittyä lihaksen nopeammalla väsymisellä, mikä näkyi EMG-käyrissä kuvassa 7. Vamman paranemisen osalta oltiin uudismuodostusvaiheessa (proliferaatio vaihe), eikä vammautunut alue ollut vielä täysin parantunut (4). Lisäksi akuuttivamman hoidossa oli käytetty immobilisaatiota, mikä väliaikaisesti heikentää lihasta (13). Tämä myös selittäisi erot subakuuttivamman ja vanhempien vammojen välillä.

Kuvassa 8 (mittaustulokset oikean jalan m. peroneus longuksen osalta) nähtiin subakuutissa vammassa matalat leveähköt piikit valkoisella käyrällä, mikä kertoo nopeiden lihassäikeiden heikommasta syttymisestä verrattuna muihin vammavaiheisiin sekä terveisiin verrokkeihin. Tilastollisesti erot eivät kuitenkaan olleet tässä aineistoissa merkitseviä.

Kuvassa 9 (mittaustulokset vasemman jalan m. peroneus longuksen osalta) nähtiin suurimmat erot kaikkien vammasta kärsineiden osalta verrattuna terveeseen verrokkiryhmään. Terveessä verrokissa käyrät olivat melko säännöllisiä niin leveydeltään kuin korkeudeltaan sekä hitaiden että nopeiden lihassäikeiden osalta. Kaikissa vammautuneissa nilkoissa nopeiden lihassäikeiden (valkoinen käyrä) osuudet olivat pienemmät verrattuna terveeseen verrokkiin.

Kuvassa 10 (mittaustulokset oikean ja vasemman tibialis anteriorin osalta) havaittiin subakuutin inversiovamman kohdalla, että lihasten aktivoituminen tapahtui eri aikaan, sininen ja punainen käyrä eivät ole päällekkäin. Lisäksi sininen käyrä, joka kuvaa vasemman m. tibialis anteriorin aktivoitumista, madaltui huomattavasti punaista (oikea m. tibialis anterior) aikaisemmin eli lihas väsyi. Subakuutissa inversiovammassa sinisessä käyrässä havaitaan 13-16 piikkiä, kun pitäisi olla 10, yksi jokaista päkiälle nousua kohden. Tämä johtunee siitä, että vamman paraneminen on vielä kesken ja lihasten aktivoituminen ei ole vielä niin kontrolloitua. Lisäksi lihasvoiman tuottamisessa voi olla hermostollista estymistä vamman takia. Vanhassa inversiovammassa, kun paraneminen on jo tapahtunut, vastaavaa eroa ei enää havaittu. Vastaavanlaisia tuloksia on saatu myös tutkimuksessa, jossa selvitettiin nilkkavamman vaikutusta hermolihaskontrollia nilkkavamman jälkeen (17). Nilkkavamma heikentäisi tätä kontrollia. Tämä selittäisi myös kuvassa 10 nähtävien poikkeavan piikkien lukumäärän.

Kuvassa 11 (mittaustulokset oikean ja vasemman m. peroneus longuksen osalta) havaittiin, että terveen verrokin käyrät olivat molempien jalkojen m. peroneus longuksen osalta säännölliset, eikä

merkittäviä puolieroja havaittu. Subakuutin inversiovamman ja vanhan inversiovamman osalta vammautuneen m. peroneus longuksen aktivaatiokäyrän piikit olivat matalampia. Tämä kertoo, että vammautunut m. peroneus longus jää heikommaksi kuin ei vammautunut. Tästä mahdollisesti seuraava jalan heikkous lisää merkittävästi riskiä nilkkavammaa tulevaisuudessa (3). Lisäksi jalan heikkous saattaa aiheuttaa kipuja vammautuneessa jalassa, vaikka akuutti vamma olisikin parantunut (18).

Lihasten aktivaatiojärjestys

Taulukko 2: Lihasten aktivaatiojärjestykset EMG-mittauksen perusteella

Terveet	
Oikea	Vasen
samanaik	samanaik
samanaik	ta ensin
ta ensin	samanaik
samanaik	samanaik

Vammautuneet		
Oikea	Vasen	Vammatyyppi
vaihtelee	peroneus ensin	instabiliteetti, operoitu
peroneus ensin	ta ensin	vanha inversiovamma
vaihtelee	vaihtelee	subakuutti inversio

Taulukossa 2 on esitetty lihasten aktivaatiojärjestys EMG-mittausten perusteella. On tarkoituksenmukaista, että sekä m. peroneus longus ja m. tibialis anterior aktivoituvat samaan aikaan (19). Terveiden ryhmässä tämä lihasten samaan aikaan aktivoituminen pääsääntöisesti toteutui. Nilkan vammasta kärsineillä aktivaatiojärjestys ei noudattanut mitään tiettyä järjestystä. Tätä voisi osittain selittää nilkkavamman vaikutus hermolihaskontrolliin (17).

Yhteenveto

Nilkkavammat ovat erittäin yleisiä vammoja, jotka myös uusiutuvat useasti (6). Tutkimuksessa tutkittiin nilkkavamman vaikutusta nilkan liikkuvuuteen sekä m. tibialis anteriorin ja m. peroneus longuksen lihassäikeiden aktivoitumiseen. Tutkimuksessa havaittiin puolieroja lihassäikeiden aktivoitumisessa tutkittavilla. Eroa oli lihassäikeiden kokonaisaktiivisuudessa, sekä nopeiden lihassäikeiden aktivoitumisessa.

Nilkkojen epäsymmetriaindeksi oli terveillä suurempi kuin nilkkavamma ryhmällä. Suurimmat erot EMG-mittauksessa nähtiin subakuutista nilkkavammasta kärsivällä, verrattuna sekä terveisiin, että muihin nilkkavammasta kärsineisiin. Subakuutissa nilkkavammassa havaittiin puutteellista hermolihaskontrollia.

Yhdysvaltain armeijassa suoritettussa kohorttitutkimuksessa todettiin, että miehillä, joilla oli aikaisempi nilkkavamma, on lähes 3.5 kertainen riski saada uusi nilkkavamma (Risk ratio [RR] = 3.40, 95 %) (11). Lisäksi lihasheikkous lisää nilkkavamman riskiä (9).

Tämän tutkimuksen perusteella nilkkavamman saaneen urheilijan harjoittelussa on tärkeä keskittyä säären lihasten voimistamiseen, mutta myös hermolihaskontrollin kehittämiseen mahdollisimman nopeasti vamman jälkeen. Näin pystyttäisiin mahdollisesti pienentämään nilkkavamman uusiutumisriskiä. Tutkimusjoukkona oli 7 tutkittavaa, joten otanta oli varsin pieni. Kaikki tutkittavat olivat huippu-urheilijoita, joten alaraajojen käytön vaatimukset ja haasteet olivat hyvin erilaiset kuin tavallisen ihmisen kohdalla. Vaikka tutkimustulosten soveltaminen suoraan koko aikuisväestölle ei ole mielekäästä, antavat ne suuntaa myös perusterveydenhuollossa suoritettavaan vammojen hoitoon. Tämän tutkimuksen havainnot ovat ensimmäinen osoitus siitä, että nopeiden lihassolujen aktivaationopeudessa ja -järjestyksessä on inversiovammojen jälkeen havaittavissa eroja. Tuloksieni perusteella olisi aihetta laajemman otannan tutkimukselle nilkan inversiovammojen biomekaniikasta.

Lähteet

- (1.) <https://www.sobotta.com> Viitattu 28.03.2021
- (2.) <https://www.terveysportti.fi/apps/ltk/article/ykt00439/search/nilkka>
Viitattu 28.03.2021
- (3.) van Rijn R, van Os A, Bernsen R, Luijstenburg P, Koes B, Bierma-Zeinstra S. Clinical research study: What is the clinical course of acute ankle sprains? A systematic literature review. *Am J Med* 2008;4:324-31.
- (4.) https://www.terveysportti.fi/dtk/ltk/koti?p_artikkeli=ykt01390&p_haku=nilkka%20vamma Viitattu 28.03.2021
- (5.) Benarroch, E., Westmoreland, B., Daube, J., Reagan, T. & Sandok, B. (1999) *Medical Neurosciences. An Approach to Anatomy, Pathology and Physiology by Systems and Levels, Fourth Edition.* Rochester: Mayo Foundation.
- (6.) Mackenzie M. Herzog, PhD, MPH*†‡; Zachary Y. Kerr, PhD, MPH§; Stephen W. Marshall, PhD*‡; Erik A. Wikstrom, PhD, ATC, FACSM§
Epidemiology on Ankle Sprains and Chronic Ankle Instability.
Journal of Athletic Training 2019;54(6):603-610
- (7.) Nilkan ligamenttivamman diagnostiikka ja funktionaalinen hoito
Heidi Haapasalo, Heikki-Jussi Laine ja Heikki Mäenpää
Lääketieteellinen aikakausikirja duodecim
2011;127(20):2155-64
- (8.) <http://mpower.fi/science.html>
Viitattu 28.03.2021
- (9.) Angel Gabriel Lucas-Cuevas, Jennifer Baltich, Hendrik Enders, Sandro Nigg & Benno Nigg (2016) Ankle muscle strength influence on muscle activation during dynamic and static ankle training modalities, *Journal of Sports Sciences*, 34:9, 803-810, DOI: 10.1080/02640414.2015.1072640
- (10.) Thompson, C., Schabrun, S., Romero, R. *et al.* Factors Contributing to Chronic Ankle Instability: A Systematic Review and Meta-Analysis of Systematic Reviews. *Sports Med* 48, 189–205 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0781-4>

- (11.) Kucera KL, Marshall SW, Wolf SH, Padua DA, Cameron KL, Beutler AI. Association of injury history and incident injury in cadet basic military training. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(6):1053–1061.
- (12.) Jordan M.J., Aagaard P. & Herzog W. 2014. Lower limb asymmetry in mechanical muscle function: A comparison between ski racers with and without ACL reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25(3):e301-209.
- (13.) Järvinen TA, Järvinen M, Kalimo H. Regeneration of injured skeletal muscle after the injury. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014 Feb 24;3(4):337-45. PMID: 24596699; PMCID: PMC3940509.
- (14.) *Desanka Tasić, Dragan Dimov, Jasmina Gligorijević, Ljubinka Veličković, Katarina Katić, Miljan Krstić, Irena Dimov* MUSCLE FIBRE TYPES AND FIBRE MORPHOMETRY IN THE TIBIALIS POSTERIOR AND ANTERIOR OF THE RAT: A COMPARATIVE STUDY. *Medicine and Biology* Vol.10, No 1, 2003, pp. 16 - 21
- (15.) <https://docplayer.fi/69442582-Alaraajan-anatomiaa-4.html> Viitattu 28.03.2021
- (16.) Jaber H, Lohman E, Daher N, Bains G, Nagaraj A, Mayekar P, et al. (2018) Neuromuscular control of ankle and hip during performance of the star excursion balance test in subjects with and without chronic ankle instability. *PLoS ONE* 13(8): e0201479. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0201479>
- (17.) Sammarco GJ. Peroneal tendon injuries. *Orthop Clin North Am.* 1994 Jan;25(1):135-45. PMID: 8290224.
- (18.) Brown C, Bowser B, Simpson KJ. Movement variability during single leg jump landings in individuals with and without chronic ankle instability. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 27(1): 52-63, 2012.
- (19.) Crim J. Medial-sided Ankle Pain: Deltoid Ligament and Beyond. *Magn Reson Imaging Clin N Am.* 2017 Feb;25(1):63-77. doi: 10.1016/j.mric.2016.08.003. Epub 2016 Oct 20. PMID: 27888852.

- (20.) Konttinen, Mononen, Pihlaja, Sipari, Arvinen-Barrow ja Selänne.
Urheiluvammojen esiintyminen ja hoito nuorisourheilussa. KIHUn julkaisusarja, nro
25 2011
- (21.) Recovering from an ankle sprain. Harvard Women's Health Watch April
29,2019
- (22.) Hodges, P. 2007. Motor Control. Teoksessa Physical Therapies in Sports
and Exercise. 2.p. Toim G. Kolt & L. Snyder-Mackler. Edinburgh: Churchill
Livingstone