

ULTRAÄÄNIHOIDON VAIKUTUS SÄÄRILUUN RASITUSMURTUMIEN PARANEMISEEN

Eemeli Kaartinen

Opinnäytetyö
Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala
Fysioterapian koulutusohjelma
Fysioterapeutti (AMK)

2016

Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala
Fysioterapia
Fysioterapeutti (AMK)

Tekijä	Eemeli Kaartinen	Vuosi	2016
Ohjaaja	Mika Rahkola, Erja Rahkola & Raija Seppänen		
Toimeksiantaja	Santa´s Fysio		
Työn nimi	Ultraäänihoidon vaikutus sääriluun rasitusmurtumien paranemiseen		
Sivu- ja liitemäärä	62 + 11		

Opinnäytetyöni on systemaattinen kirjallisuuskatsaus, jolla pyrittiin selvittämään ultraäänihoidon vaikutusta sääriluun rasitusmurtumien paranemiseen. Tutkimuskysymykseni oli; Miten ultraäänihoido vaikuttaa konservatiivisesti hoidettujen sääriluun rasitusmurtumien paranemiseen? Lisäksi alakysymyksenä oli; Minkälaisia hoitoasetuksia käytettiin sääriluun rasitusmurtumien ultraäänihoidossa?

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aineiston kokoamiseen käytettiin kahdeksaa tietokantaa ja yhtä tiedonhakupalvelua. 725 hakutulosta käytiin läpi, joiden joukosta kirjallisuuskatsaukseen lopulta valikoitui kolme alkuperäistutkimusta. Alkuperäistutkimusten laadunarviointiin käytettiin Van Tulder-menetelmää tai sairaanhoitajaliiton alkuperäistutkimusten laadun arviointikriteeristön mukaelmaa.

Opinnäytetyöni tulosten mukaan ultraäänellä hoidetun sääriluun rasitusmurtuman paraneminen saattaa nopeutua. Ultraäänihoido voi mahdollistaa vertailuryhmiä nopeamman paluun urheiluharjoittelun tai sotilaskoulutuksen pariin. Tulokset sisälsivät myös huomion, että ultraäänellä hoidetuissa rasitusmurtumissa kliinisten tutkimusten mukaan parantuneelta vaikuttava murtuma, ei välttämättä ole vielä täydellisesti luutunut radiologisten tutkimusten mukaan. Rasitusmurtuman paranemisvaiheeseen liittyvä poikkeama kliinisten ja radiologisten tutkimusten välillä saattaa johtua ultraäänen turvotusta ja kipua vähentävistä vaikutuksista. Läpikäytyjen tutkimusten ja lähdekirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että luun murtumien hoitoon käytetyn ultraäänen perusasetuksista vallitsee konsensus, ultraäänihoidon tulee olla matalatehoista ja sykkivää.

Työn johtopäätöksenä oli, että sääriluun rasitusmurtumien hoitoon voidaan käyttää matalatehoista sykkivää ultraääntä, kun tavoitteena on mahdollisimman nopea palaaminen potilaalle normaaleihin aktiviteetteihin. Samalla on kuitenkin muistettava, että näyttö menetelmän puolesta ei toistaiseksi ole vahvaa ja aihe vaatii edelleen lisätutkimuksia.

Asiasanat: fysioterapia, ultraääni, ultraäänihoido, rasitusmurtuma, sääriluu

School of Social Services, Health
Care and Sports
Degree program in physiotherapy

Author	Eemeli Kaartinen	Year	2016
Supervisor	Mika Rahkola, Erja Rahkola & Raija Seppänen		
Commissioned by	Santa´s Fysio		
Subject of thesis	Efficacy of Ultrasound Therapy on Tibial Stress Fractures		
Number of pages	62 + 11		

This thesis is a systematic review about the efficacy of ultrasound therapy on tibial stress fractures. The research question was; what is the influence of ultrasound therapy to conservatively treated tibial stress fractures? In addition the aim was to report what are the settings of ultrasound therapy used to treat tibial stress fractures.

Eight databases and Google scholar were used to gather the information for the systematic review. Altogether 725 search results were manually checked from which three studies were selected to the systematic review. Randomized controlled trials were evaluated by the Van Tulder method. Other type of trials were evaluated by a version of Finnish nurse unions evaluation criteria of original researches.

According to results of this thesis ultrasound therapy may stimulate the healing of tibial stress fracture and shorten the time off from sports or military training. Also there was a finding that stress fracture judged as healed by clinical examination may not be fully ossified according to radiological examinations. The ultrasound treatment may reduce edema and pain at the fracture site. For that reason clinical examinations may suggest that the fracture is fully healed sooner than it would if not using ultrasound treatment.

There seems to be consensus about the settings of ultrasound for treating fractures. All the studies and source literature used in this thesis suggest that fractures should be treated by low intensity pulsed ultrasound.

The conclusion of this study is that tibial stress fractures can be treated by low intensity pulsed ultrasound if the aim is to minimize the recovery time. However it should be remembered that currently there is no strong evidence for this method and there is need for additional studies concerning this subject.

Key words: physiotherapy, ultrasound therapy, tibial stress fracture

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	LUUSTO	9
2.1	Luun rakenne	9
2.2	Murtumamekanismit ja murtumatyypit	11
2.2.1	Rasitusmurtuma	12
2.3	Murtuman paraneminen	13
2.4	Murtuman hoito ja diagnosointi	16
2.4.1	Rasitusmurtuman hoito	18
3	ULTRAÄÄNIHOITO	20
3.1	Perustietoa ultraäänestä	20
3.2	Ultraäänen absorboituminen kudoksissa	21
3.3	Hoitoasetukset ja hoitotekniikka	25
3.4	Ultraäänen fysiologiset vaikutukset	28
3.4.1	Lämpövaikutukset	28
3.4.2	Mekaaniset vaikutukset	30
3.5	Ultraäänen haittavaikutukset ja kontraindikaatiot	31
3.6	Ultraäänihoidon indikaatiot	33
4	SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS	35
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYS	37
6	SYSTEMAATTISEN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN	38
6.1	Hakusanat ja hakulauseke	38
6.2	Alkuperäistutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit	39
6.3	Hakuprosessin kuvaus ja tutkimusten laadun arviointimenetelmät	40
7	SYSTEMAATTISEEN KIRJALLISUUSKATSAUKSEEN VALITUT ALKUPERÄISTUTKIMUKSET	44
8	TULOKSET	48
9	POHDINTA	50
9.1	Tutkimustulosten pohdinta ja johtopäätökset	50
9.2	Jatkotutkimusehdotukset	54
9.3	Tutkimuksen luotettavuuden pohdinta	55
9.4	Työn eettisyys	56
9.5	Opinnäytetyöprosessin pohdinta	57

LÄHTEET	59
LIITTEET	62

KÄYTETYT LYHENTEET

lipus	low intensity pulsed ultrasound
MHz	megahertsi
Hz	hertsi
W/cm ²	hoitotehon määritelmä, wattia neliösentiä kohden
WHO	Maailman terveysjärjestö
RCT	randomized controlled trial = satunnaistettu kontrolloitu tutkimus
CCT	controlled clinical trial = kontrolloitu kliininen tutkimus
CT	clinical trial = kliininen tutkimus
TENK	Tutkimuseettinen neuvottelukunta

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössäni tutkin ultraäänihoidon vaikutusta sääriluun rasitusmurtumien paranemiseen systemaattisen kirjallisuuskatsauksen keinoin. Ultraäänestä murtumien hoidossa on olemassa lupaavia tutkimustuloksia. Hoitomuoto ei kuitenkaan ole terveydenhuollossa laajalle levinnyt ja sen hyödyistä on ristiriitaista tietoa. Esimerkiksi sääriluun murtumien vuonna 2011 julkaistussa käypähoitosuosituksessa ultraäänihoidosta todetaan seuraavasti; *"Sähköisen stimulaation tai ultraäänihoidon käyttö luutumisen edistämässä ei ole vakiintunut ja kirjallisuudessa kuvatut tulokset ovat ristiriitaisia"* (Käypä hoito – sääri murtumat 2011, 16).

Opinnäytetyön tavoite on selvittää miten ultraäänihoido vaikuttaa sääriluun rasitusmurtumien paranemiseen. Tutkimuksen tarkoitus on tuottaa ajantasaista ja käytäntöön sovellettavaa tietoa aiheesta fysioterapeuttien käyttöön. Tutkimuskysymys on; Miten ultraäänihoido vaikuttaa konservatiivisesti hoidettujen sääriluun rasitusmurtumien paranemiseen? Alakysymyksenä on; Minkälaisia hoitoasetuksia käytettiin sääriluun rasitusmurtumien ultraäänihoidossa? Koska aiheesta on hyvin vähän suomenkielistä tietoa saatavilla, voi työllä olla kotimaassa uutuusarvoa.

Rasitusmurtumat ovat enimmäkseen urheilijoilla ja sotilailla ilmeneviä vammoja. Suomessa asepalvelusta suorittavista henkilöistä koostuvien tutkimusaineistojen mukaan 5-15 % varusmiehistä kärsii rasitusmurtumasta palveluksen aikana. Sääriluun rasitusmurtumat ovat rasitusmurtumista yleisimpiä. Varusmiespalvelusta suorittavien keskuudessa sääriluun rasitusmurtumat edustavat 56 prosentin osuutta kaikista rasitusmurtumista. Rasitusmurtumiin liittyvää tutkimusta on tehty runsaasti sotilaskoulutuksessa olevilla henkilöillä. (Sormaala, Visuri, Kiuru & Pihlajamäki 2007, 1843.)

Rasitusmurtumista johtuvat palveluksesta poissaolojaksot vaikeuttavat asevoimien yksiköiden koulutuksellisten tavoitteiden saavuttamista (Rue, Armstrong, Frassica, Deafenbaugh & Wilckens 2004, 192). Urheilijoille

rasitusmurtumat puolestaan aiheuttavat pahimmillaan useiden kuukausien poissaoloja normaalista lajiharjoittelusta, jolloin vaikutukset heijastuvat kokonaiselle kilpailukaudelle. Ultraäänihoito voi mahdollisesti olla menetelmä jolla lyhentää poissaolojaksoja urheilu- tai sotilasharjoittelusta.

Rasitusmurtumien hoitolinja on yleensä konservatiivinen. Useimmiten hoitona on yksistään rasitusmurtuman aiheuttaneen kuormituksen tilapäinen lopettaminen. (Sormaala, Visuri, Kiuru, Pihlajamäki 2007; Saarelma 2014.) Fysioterapeuttia saatetaan käyttää rasitusmurtuman aiheuttaneiden tekijöiden selvittämisessä tai käyttää tämän asiantuntemusta rasitusmurtumien ennaltaehkäisyssä. Rasitusmurtumien hoidossa fysioterapeutilla harvoin on roolia, useimmiten fysioterapeutin osaksi jää kehittää korvaavia harjoitteita loukkaantuneelle urheilijalle. Mikäli ultraäänihoito osoittautuu hyödylliseksi menetelmäksi rasitusmurtumien hoidossa, tarjoaa tämä fysioterapeuttien käyttöön työkalun rasitusmurtuman hoitoon. Tällöin fysioterapeutin rooli laajenisi rasitusmurtuman ennaltaehkäisystä ja syiden selvittämisestä myös sen päivittäiseen hoitoon.

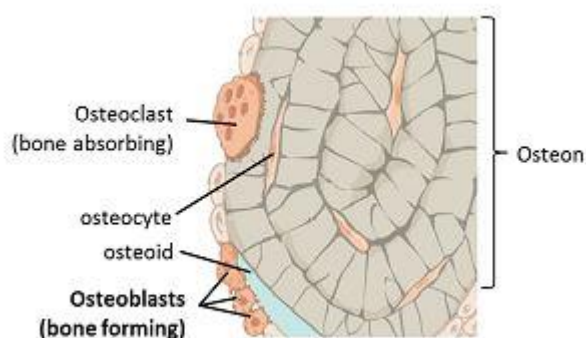
Mielenkiinto opinnäytetyön aihetta kohtaan syntyi, kun aiemmassa vaiheessa opintojani erääseen kurssiin liittyen tuli laatia referaatti ulkomaisesta tutkimuksesta. Valitsemani artikkeli käsitteli ultraäänihoidon käyttöä murtumien hoidossa. Lisäksi henkilökohtaisesti tunnen useita rasitusmurtumasta kärsineitä urheilijoita, mikä on lisännyt mielenkiintoa aihepiiriä kohtaan. Myöhemmin heräsi ajatus, että opinnäytetyön kautta olisi mahdollisuus perehtyä aiheeseen syvemmin.

Opinnäytetyöni toimeksiantajana on Santa´s Fysio, joka on Lapin urheiluopistolla toimiva monipuolinen fysioterapia-alan hoitolaitos. Sen asiakaskunta koostuu urheilijoista ikäihmisiin. Santa´s Fysiolla on käytössään ultraäänihoitolaite. Yrityksessä ollaan kiinnostuneita selvittämään, mikäli tutkimuksen aihe tarjoaa uusia käyttömahdollisuuksia ultraäänihoitolaitteelle ja siten myös kaupallista potentiaalia hyödynnettäväksi.

2 LUUSTO

2.1 Luun rakenne

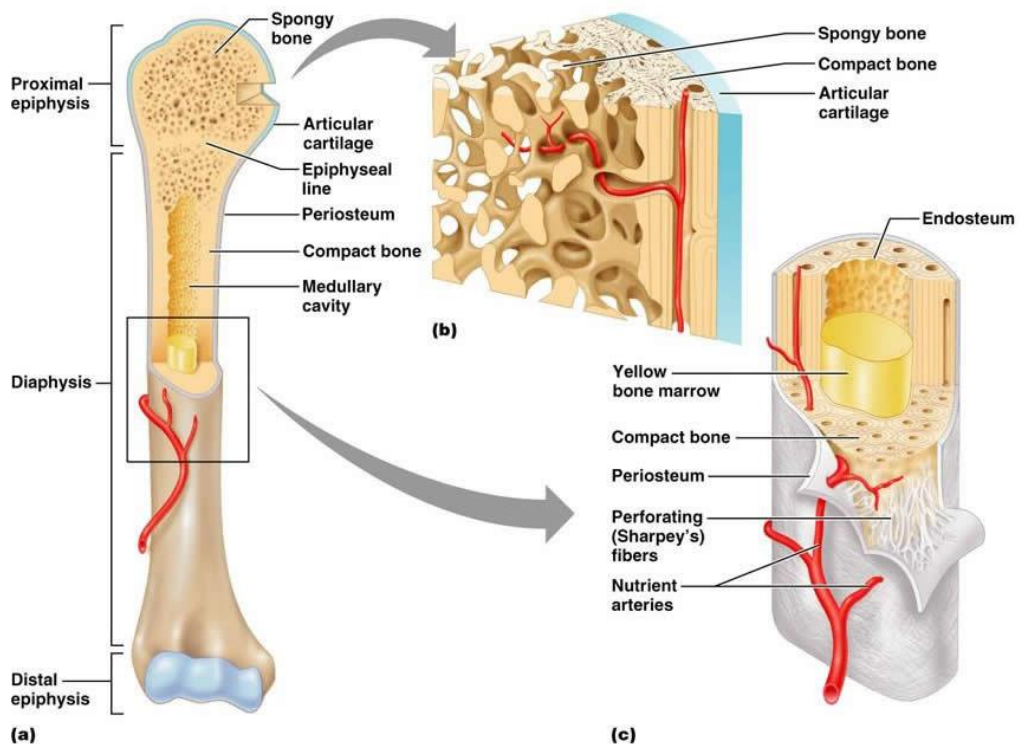
Aikuisen ihmisen luiden määräksi yleisimmin ilmoitetaan 206, määrä voi hieman vaihdella laskutavasta riippuen. Luukudos rakentuu soluista ja perusmassasta, jota kutsutaan myös luumassaksi. Luukudos sisältää kolmea eri solutyyppiä, osteoblasteja, osteoklasteja ja osteosyyttejä. Osteoblastit ovat mukana muodostamassa luumassaa. Kypsyessään osteoblastit muuttuvat osteosyyteiksi, eli luusoluiksi. Osteoklastit puolestaan hajottavat luukudosta ja näin osaltansa ylläpitävät luun uusiutumisen kiertoa. Osteoklastien toiminta perustuu suolahapon eritykseen (Väänänen 1996). Osteoklastit ja osteoblastit sijaitsevat luun pinnassa. Osteosyytit puolestaan ovat luun sisällä. Osteosyytit muodostavat monisoluisen luun rakenteellisen perusyksikön osteonin. Osteosyytit järjestäytyvät rengasmaisesti verisuonten ympärille muodostaen osteonin. Kuva 1 esittää osteonin ja sen pinnalla luuta hajottavan osteoklastin ja luuta muodostavan osteoblastin. (Sand, O., Sjaastad, O., Haug, E. & Bjålie, J. 2013, 216–217; Väänänen 1996.)



Kuva 1. Osteonin rakenne (lookfordiagnosis.com).

Kasvuiässä luut kasvavat pituutta putkiluiden päissä sijaitsevista kasvulevyistä. Luiden pituuskasvun päättymisen jälkeen luumassa kasvaa vielä muutaman vuoden ajan. Kun luun muodostus- ja hajottamisprosessit pysyvät tasapainossa, luumassa säilyy muuttumattomana. Noin 10 % luumassasta uusiutuu vuodessa. Varhaiskeski-ikästä alkaen luumassa alkaa hiljalleen vähenemään. Luumassan menetys kiihtyy naisilla menopaussin jälkeen. (Sand ym. 2013, 217–218; Väänänen 1996.)

Luun pinta on hyvin tiheää kudosta, siksi sitä sanotaankin tiivislukuksi eli kortikaaliluuksi. Luun pintaa peittää sidekudoksesta koostuva luukalvo, periosteum. Luukalvon pinnalla on verisuonitus ja hermopäätteitä. Luiden sisäosissa kudos on huomattavasti huokoisempaa, jota kutsutaan hohkaluuksi. Luuston painosta 80 % koostuu hohkaluusta ja 20 % tiivislukuista. Suurimpien putkiluiden sisällä on myös yhtenäinen luuydinontelo. Punaisessa luuytimessä muodostuu verisoluja. Ihmisen kasvun myötä osa punaisesta luuytimeistä korvautuu keltaisella luuytimellä, joka on rasvakudosta. Luukudoksessa on runsas hiusverisuonitus. Putkiluun rakenne on havainnollistettu kuvassa 2. (Sand ym. 2013, 216–217.)



Kuva 2. Putkiluun rakenne (Midlands Technical college 2012).

Luumassa koostuu pääasiassa kalsiumfosfaatista, joka on epäorgaaninen aine, ja kollageenisyistä joka puolestaan on orgaanista ainetta. Kalsiumfosfaatti muodostaa noin 70 % luukudoksen kuivapainosta. Kalsiumfosfaatin ansiosta luu on kovaa ja puristuskestävää, kollageenisyyt taas antavat luulle taivutus- ja vetolujuutta. Luusto toimii myös epäorgaanisten suolojen varastona, 99 % elimistön kalsiumista sijaitsee luustossa. Luukudokseen sitoutunutta kalsiumia

siirtyy vereen ja päinvastoin tarpeen mukaan. Luustoon varastoitunut kalsium pitää veriplasman kalsium pitoisuuden tasaisena, vaikka ravinnosta sen saanti vaihtelisikin. (Sand ym. 2013, 217; Väänänen 1996.)

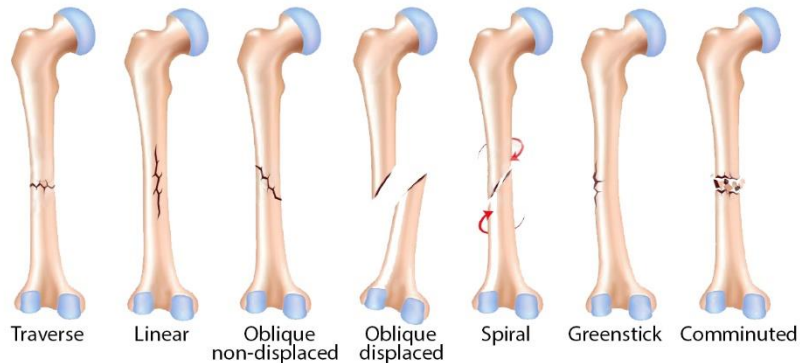
Luut jaotellaan niiden tyyppin mukaan neljään ryhmään joita ovat putkiluut eli pitkät luut, lyhyet luut, litteät luut ja epäsäännöllisen muotoiset luut. Putkiluita on ylä- ja alaraajassa, kämmenessä ja sormissa sekä jalkapöydässä ja varpaissa. Ne muodostavat vipuvarret lihaksistolle. Putkiluusta on erotettavissa varsi osa eli diafyysi ja päät eli epifyysit. Tyypillisiä putkiluita ovat esim. sääriluu, reisiluu ja olkaluu. Tässä työssä keskeisen sääriluun rakenne on esiteltynä liitteessä 8. Ranteen ja nivelen rakenteet koostuvat lyhyistä luista. Yksittäin ne liikkuvat vain rajallisesti toisiinsa nähden mutta yhdessä ne muodostavat toiminnallisen kokonaisuuden. Litteiden luiden päätehtävä on suojata sisäelimiä. Litteitä luita ovat esimerkiksi rintalasta, lapaluu ja eräät kallonluut. Muodoltaan epäsäännöllisiksi luiksi luokitellaan selkänikamat ja jotkin kallon luista. (Sand ym. 2013, 219–221.)

2.2 Murtumamekanismit ja murtumatyypit

Yleisimmin luunmurtuma aiheutuu tapaturmaisesti. Terve luu vaatii murtuakseen suuren ulkoisen voiman. Traumaperäisten murtumien lisäksi on olemassa patologisia- ja rasitusmurtumia. Patologinen murtuma tarkoittaa murtumaa jossa luu on heikentynyt sairauden, käyttämättömyyden tai synnynnäisen tekijän seurauksena, ja luu murtuu normaalin kuormituksen alaisena. Osteoporoosi on tyypillisin patologisille murtumille altistava tekijä, muita syitä voivat olla esim. kasvaimet. Nikaman kompressiomurtuma on yleisimpiä patologisia murtumia. Rasitusmurtumia käsitellään omassa kappaleessaan. (Aro, Kröger, Böstman, Lassus & Salo 2010, 213–214, 225–226; Kiviranta & Järvinen 2012, 141–142.)

Luun murtumatyyppi on yhteydessä vammamekanismiin. Luiden murtumatyyppejä voidaan luokitella usein eri perustein. Keskeisin luokittelu tapa on jakaa murtumat avo- ja umpimurtumiin, sen mukaan onko murtumafragmentti rikkonut ihon pinnan vai ei. Umpimurtumat voidaan luokitella siihen liittyvän pehmytkudosvamman vaikeusasteen mukaisesti neliportaisesti Tschernenin-

asteikoilla, jossa gradus 0 tarkoittaa lievää liitännäisvammaa ja gradus 3 hyvin vaikeaa liitännäisvauriota. Avomurtumat luokitellaan vastaavasti Gustilon asteikolla, jossa gradus 1 on lievin vammaluokka ja gradus 3 vaikein, joka jaotellaan edelleen 3 A, B ja C-alaluokkiin. Luokittelu ohjaa hoitomenetelmän valinnassa ja kuvaa paranemisennustetta. (Aro ym. 2010, 215–216; Peterson & Renström 1987, 13–14.)



Kuva 3. Luun murtumatyyppejä (Orthopedic institute 2016).

Perinteisin tapa luokitella murtumat on murtumalinjan tyyppin mukaan. Näin luokiteltuna murtumat jaotellaan suoriin, viisto, kierre, pirstaleisiin ja pajunoksamurtumiin. (Kuva 3). Murtumia voidaan myös luokitella murtumafragmenttien dislokaation asennon perusteella. Oman lisänsä tuovat vielä ei-traumaattiset murtumat, eli rasitusmurtumat ja patologiset murtumat.

2.2.1 Rasitusmurtuma

Rasitusmurtuma on seurausta pitkäaikaisesta samankaltaisena toistuvasta kuormituksesta. Murtumaa ei aiheuta yksittäinen luuhun kohdistuva voima piikki, vaan toistuva kuormitus aiheuttaa luuhun mikromurtumia, jotka eivät ehdi korjautua. Lopulta ne yhdistyvät epätäydelliseksi tai täydelliseksi murtumalinjaksi. Rasitusmurtumia esiintyy enimmäkseen urheilijoilla tai asepalvelusta suorittavilla. Tässä työssä käsiteltävät sääriluun rasitusmurtumat ovat tyypillisesti kestävyysjuoksijoilla, hyppylajien urheilijoilla, tai asepalvelusta suorittavilla ilmaantuvia vammoja. Kaikkia edellä mainittuja esimerkkejä yhdistää voimakkaasti alaraajoja kuormittava harjoittelu. Koska alaraajan ja erityisesti sääriluun rasitusmurtumat ovat verrattain yleisiä sotilailla, puhutaan

kansankielisesti myös marssimurtumasta. Rasitusmurtumat ovat yleisempiä naisilla kuin miehillä (Kiviranta & Järvinen. 2012, 430). (Aro ym. 2010, 215–217; Kiviranta & Järvinen. 2012, 430; Peterson & Renström 1987, 289–290.)

Rasitusmurtumaan liittyy harvoin dislokaatiota (Aro ym. 2010, 215). Rasitusmurtuman synnyttämän murtumalinjan suunta riippuu luusta johon se syntyy, mutta sääriluussa murtumalinja on yleensä poikittainen. Rasitusmurtuma voi aiheuttaa täydellisen murtumalinjan (fissura) tai muutoin harvinaisen epätäydellisen murtumalinjan (infraktio). Rasitusmurtuman esiastetta kutsutaan rasitusosteopatiaksi (Von Knorring, 23). (Aro ym. 2010, 215–217; Peterson & Renström 1987, 13–14; Kiviranta & Järvinen. 2012, 430.)

2.3 Murtuman paraneminen

Putkiluu voi parantua useilla eri paranismekanismilla. Paranismekanismiin vaikuttaa käytetty hoitomenetelmä. Paranismekanismien välillä ei ole juuri eroa luutumisajassa. (Aro ym. 2010, 218.) Luutumista kallusmuodostuksen kautta nimitetään sekundaariseksi luutumiseksi eli ei-osteonaaliseksi luutumiseksi. Se on myös ns. luonnollinen luutumismekanismi. Ei-osteonaalisen luutumisen kautta murtuma parantuu kun käytetään hoitomenetelmää, joka ei täysin jäykistä murtuma-aluetta sallien siihen pienen liikkeen. Tämän tyyppisiä hoitomenetelmiä ovat mm. ydinnalaus ja konservatiivinen hoito. Murtuman on mahdollista parantua myös ilman kallusmuodostusta. Sitä nimitetään primaariksi eli osteonaaliseksi luutumiseksi. Tällöin osteonit kasvavat suoraan murtumalinjan yli. Täysin stabiileiksi fiksoidut murtumat kuten levytetyt murtumat parantuvat osteonaalisesti luutuen. Useissa tapauksissa murtuman luutuminen tapahtuu sekamuotoisesti, sekä osteonaalisesti että ei-osteonaalisesti. (Talonpoika 2012, 9, Lassilan ym. 2007 mukaan.)

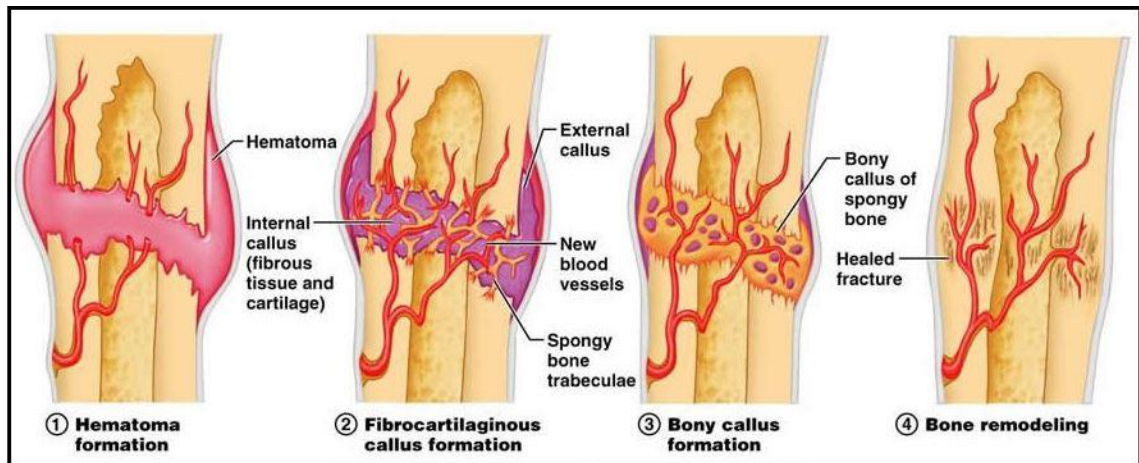
Luunmurtuman paranemisesta on erotettavissa kolme päävaihetta, inflammaatiovaihe, korjausvaihe ja uudelleen muovautumisvaihe (Kuva 4). Murtuman paranemisprosessi käynnistyy inflammaatiovaiheella, joka kestää päivästä pariin. Sen ensimmäisten minuuttien aikana paikalliset verisuonet

supistuvat ja veren hyytymismekanismit aktivoituvat. Murtumahematooman syntyminen kuuluu osaksi paranemisprosessia. Sillä on oma fysiologinen tehtävänsä ja sen poistaminen hidastaa murtuman paranemista. *"Inflammaatio vaihe sisältää kaikki ne solutekijät ja välittäjäaineet, jotka indusoivat (käynnistävät) kudoksen paranemisen"* (Aro ym. 2010, 218). Välittäjäaine järjestelmien aktivoituminen houkuttelee murtumakohdalle ja aktivoi paranemisessa tarvittavat solut. Näitä ovat makrofagit, polymorfonukleaariset valkosolut, mast-solut, verihiutaleet, endoteelisolut ja varsinaiset korjaavat osteogeeniset solut. Liitteessä 2 on esiteltynä eri kasvutekijöiden, sytokiinien, soluväliaineiden ja metalloproteaasien ilmaantuminen ja aktiivisuudet murtuman paranemisen vaiheiden aikana. Inflammaatiovaiheen seurauksena murtuman paranemisprosessin varsinainen korjaava vaihe käynnistyy. (Aro ym. 2010, 218.)

Murtuman paranemisprosessin korjausvaihe sisältää useita eri osavaiheita. Korjausvaiheen alussa alkaa kalluksen muodostuminen. *"Kallus kehittyy kapillaarisuonten välityksellä luun periostin, endostin ja luuytimen osteogeenisistä kantasoluista ja preosteoblasteista sekä mahdollisesti myös kiertävistä mesenkymaalista kantasoluista."* (Aro ym. 2010, 218). Jo parin päivän kuluttua on histologisesti havaittavissa periosteaalista uudisluun muodostusta. Uudisluuta muodostavan reaktion nopeus on pääasiassa riippuvainen paikallisesta verenkierrosta. (Aro ym. 2010, 218, 220.)

Luukalvon sisempi osteogeeninen solukerros alkaa jakautumaan nopeasti. Nämä solut pystyvät suoraan erilaistumaan uudisluuta tuottaviksi osteoblasteiksi, jota tapahtuu periostealiseen kalluksen ääri-laidoilla. Valtaosa jakautuvista soluista on kuitenkin erilaistumattomia mesenkymisoluja, jotka tuottavat pääasiassa III-tyyppin kollageenia. Periostaalisen kalluksen keskiosissa mesenkymiset solut erilaistuvat osin rustosoluiksi ja tuottavat enimmäseen II-tyyppin kollageeniä ja vähäisessä määrin myös tyyppien IX- ja XI-kollageenia. *"Kalluskudoksen erilaistuminen osin rustokudokseksi on normaali paranemisprosessin osa"* (Aro ym. 2010, 220). Se on tärkeä paranemisprosessin välivaihe kalluksen mekaanisen kestävyuden kehittymisen kannalta. Myöhemmässä vaiheessa rustokudos korvautuu uudisluulla. *"Endostin (luun sisäpinnan) osteogeeniset solut erilaistuvat suoraan osteoblasteiksi tuottaen endosteaalista kallusta"* (Aro ym.

2010, 220). Kallusmuodostuksen aikana ilmaantuu paikallisia kasvutekijöitä, jotka säätelevät kalluksen muodostumista. Periosteaalisen ja endosteaalisen kalluksen luutumisen jälkeen alkaa varsinainen kortikaalisen luun paraneminen. Itse asiassa kortikaalisen luun paraneminen käynnistyy vähitellen jo samalla kun kallus on vielä luutumassa. Kortikaalinen luu paranee sekundaarisilla osteoneilla. Osteonit kasvavat molemmista murtumafragmenteista murtumalinjaa kohden ja lopulta luuduttavat ne toisiinsa. Sekundaariset osteonit myös revaskularisoivat nekroottiset murtumanpääät. Kortikaaliluun luuduttua kallukselta poistuu sen mekaaninen tehtävä. Tällöin kallus alkaa vähitellen hajoamaan pois. (Aro ym. 2010, 218–221.)



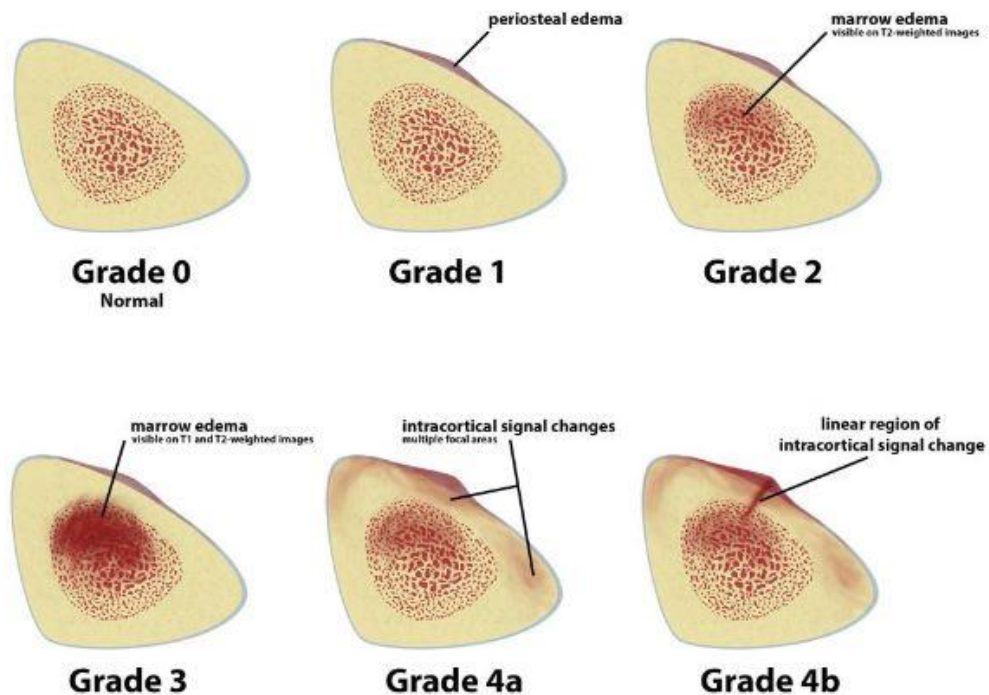
Kuva 4. Murtuman paranemisen vaiheet. Kohta 1 hematoon muodostuminen kuuluu inflammaatio vaiheeseen, kalluksen muodostus kohdissa 2 ja 3 kuuluvat korjausvaiheeseen ja kohta 4 kuvaa uudelleen muovautumisvaihetta. (Midlands Technical College 2012)

Uudelleen muovautumisvaihe on viimeinen vaihe murtuman paranemisprosessissa. Sen päätteeksi luun normaali rakenne ja muoto palautuvat, parhaassa tapauksessa täysin. Uudelleen muovautumisen aikana mahdolliset lievät virheasennot voivat korjaantua, eivät kuitenkaan rotaatio virheet. Uudelleen muovautuminen on erityisen tehokasta lapsilla. Osteoklastit hajottavat murtumakohdan ympärille kehittyneen paksuuntuneen luukertymän ja luun sisälle muodostuu niiden vaikutuksesta uudelleen normaali luuydinontelo. (Sand ym. 2013, 218; Aro ym. 2010, 221.)

Kaikissa tapauksissa murtuman paraneminen ei tapahdu normaalissa ajassa. Mikäli kolmen kuukauden kuluttua murtumasta ei ole kliinisesti ja radiologisesti todettavissa luutumisen käynnistymistä, katsotaan luutuminen hidastuneeksi (delayed union). Murtuma katsotaan luutumattomaksi (non-union) jos se ei 6-12 kuukauden kuluttua täytä luutumisen kriteereitä kliinisesti ja radiologisesti. Hidastuneeseen luutumiseen ja luutumattomuuteen voivat vaikuttaa useat tekijät. Keskeisimpiä niistä ovat ympäröivien pehmytkudosten ja periostin vaurio, luun verenkiertohäiriöt, murtuman huono stabilointi, murtumafragmenttien distraktio ja infektiot. Muita yleisiä hidastuneelle luutumiselle altistavia tekijöitä ovat tupakointi, kortikosteroidi hoito, diabetes, lihasaitio oireyhtymä, tietyt tulehduskipulääkkeet (mm. ibuprofeeni) ja eräät epilepsia lääkkeit. Luutumattomien murtumafragmenttien välille voi kehittyä valenivel. (Aro ym. 2010, 223–224.)

2.4 Murtuman hoito ja diagnosointi

Epäily murtumasta syntyy yleensä tapaturman seurauksena. Kliiniset löydökset varmistetaan aina kuvantamalla ja diagnoosi tehdään lääkärin toimesta. Natiiviröntgen on murtumia epäiltäessä perustutkimus. Tarvittaessa voidaan käyttää myös magneettikuvausta, tietokonetomografiakuvausta tai isotooppitutkimuksia. Rasitusmurtumat ovat diagnostiikan kannalta traumaperäisiä murtumia haastavampia. Koska rasitusmurtuman aiheuttamat oireet voivat sopia myös muihin tuki- ja liikuntaelin ongelmiin, diagnoosi usein viivästyy. Mikäli oireille ei löydy muuta selittävää tekijää, on rasitusmurtuman mahdollisuus muistettava. Alkuvaiheessa rasitusmurtuma kipuilee paikallisesti rasituksen aikana. Pidemmälle edetessään myös leposärkyä ilmaantuu. Rasitusmurtumat näkyvät natiiviröntgenissä vasta muutaman viikon viiveellä syntymästään. Nopeampaan diagnoosiin voidaan päästä magneettikuvauksella tai isotooppitutkimuksella. (Peterson & Renström 1987, 12–14, 290; Aro ym. 2010, 215; Kiviranta & Järvinen 2012, 430–431). Magneettikuvien perusteella sääriluun rasitusmurtumat voidaan luokitella kuusiportaisesti Fredericsonin luokituksella (Skalski) (Kuva 5). Sääriluun rasitusmurtumat esiintyvät lähes yksinomaan sääriluun varressa, yleisimmin posteromedialisessa korteksissa (Abdelghani 2013, 34).



Kuva 5. Fredericsonin sääriluun rasitusmurtumien vaikeusasteluokitus (Skalski).

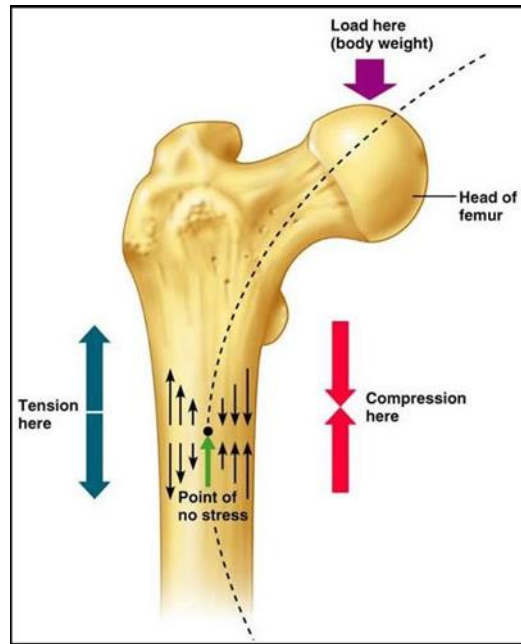
Murtumien hoidon kaksi päälinjaa ovat konservatiivinen ja operatiivinen hoitolinja. Murtumatyyppi, murtuman sijainti, pehmytkudosten liitännäisvauriot, alueen verisuonitus ja luutumisominaisuudet sekä potilaan ikä kertovat murtuman paranemisedellytyksistä. Nämä tekijät määrittävät hoitolinjan valintaa. Molemmilla hoitolinjoilla on omat riskinsä ja etunsa. Vaikka leikkausmenetelmät murtumien hoidossa ovat kehittyneet suuresti, on konservatiivinen hoitolinja edelleen monissa tapauksissa ensisijainen. Pääsääntönä voidaan sanoa, että lievät, oletettavasti nopeasti paranevat ja pienen komplikaatoriskin omaavat murtumat, joihin ei liity merkittävää pehmytkudosvauriota, hoidetaan konservatiivisesti. Molempiin hoitolinjoihin liittyy keskeisenä osana myös fysioterapia, jolla pyritään toipumisprosessin aikana palauttamaan vamma alueelle normaali nivelliikkuvuus ja minimoimaan lihasvoiman ja lihasmassan menetys. (Aro ym. 2010, 227–228). Tämä työ pyrkii osaltaan selvittämään voiko fysioterapeutin roolia murtuman hoidossa laajentaa ultraäänihoidon mahdollisuuksia hyväksi käyttäen.

Konservatiivinen hoito tarkoittaa ei kirurgista hoitoa. Konservatiivisesti hoidetut murtumat reponoidaan, eli asetetaan murtumapinnat vastakkain niiden normaaliin asentoon. Murtumafragmenttien anatomisesti oikea asento pidetään yllä valitulla immobilisaatiomenetelmällä. Tavallisimpia immobilisaatiomenetelmiä ovat kipsaus, lastat ja kantositeet. Immobilisaatio mahdollistaa luutumiseen anatomisesti oikeaan asentoon mutta asianmukainen murtuman immobilisaatio on tärkeää myös kivun hoidon kannalta. (Aro ym. 2010, 227–231.)

Kun murtuma hoidetaan operatiivisesti, murtumafragmentit asetetaan paikalleen leikkauksessa. Murtumafragmenttien fiksoimiseksi on olemassa useita osteosynteesi- eli kiinnitysmenetelmiä. Yleisimpiä osteosynteesimenetelmiä ovat ydinnaulaus, levykiinnitys ja ruuvaus, vaikeiden murtumien hoitoon voidaan käyttää eksterniä eli kehon ulkoista fiksaatiota. Osteosynteesivälineitä voidaan soveltuvilta osin käyttää myös kehoon liukenevina. (Aro ym. 2010, 227, 234–235.)

2.4.1 Rasitusmurtuman hoito

Rasitusmurtuman hoitolinja on yleensä konservatiivinen ja immobilisaatiota käytetään harvoin. Rasitusmurtuman hoito liittyy lähinnä vamman aiheuttaneen kuormituksen lopettamiseen. Rasitusmurtumaa ei yleensä tarvitse huomioida normaalin arjen elämisessä, mutta luuhun kohdistuva iskuttava kuormitus on poistettava. Urheilijan kohdalla tämä tarkoittaa taukoa lajiharjoittelusta. Esimerkiksi sääriluun rasitusmurtuman kohdalla, on juokseminen ja hyppääminen lopetettava toipumisen ajaksi. Vaikea asteisissa rasitusmurtumissa voi olla tarpeen keventää raajaan kohdistuvaa varausta ottamalla kepit käyttöön. Rasitusmurtuman uusiutumisen välttämiseksi potilaan on yhdessä asiantuntijoiden kanssa pyrittävä selvittämään rasitusmurtuman aiheuttaneet tekijät. Urheilijoiden kohdalla syyt voivat olla esimerkiksi liian usein toistuvissa kovakuormitteisissa harjoituksissa, virheellisessä suoritustekniikassa tai harjoitusaluealustassa. (Aro ym. 2010, 215; Kiviranta & Järvinen 2012, 430–431.)



Kuva 6. Putkiluuhun kohdistuvat voimat kuormituksessa (Midlands Technical College 2012)

Tarvittava levon pituus riippuu rasitusmurtuman sijainnista ja asteesta. Tyypillisessä nikamankaaren rasitusmurtumassa tarvittavan levon pituus on noin puoli vuotta (Von Knorring), kun taas esim. sääriluun rasitusmurtumien esiasteissa voidaan selvitä alle kuukauden levolla. Tavanomainen levon tarve sääriluun rasitusmurtumissa vaihtelee 4-12 viikon välillä (Kiviranta & Järvinen 2012, 431). Skalskin mukaan Fredericsonin luokituksessa ensimmäisen asteen rasitusmurtumat vaativat 2-3 viikon paranemisajan, 2-4a luokkien rasitusmurtumat vaativat 6-7 viikkoa ja vaikein 4b luokka 9-10 viikkoa parantuakseen (Skalski) (Kuva 5). Sääriluun rasitusmurtumat voivat tietyissä tapauksissa parantua hyvin hitaasti, tästä esimerkiksi Aro ym. mainitsevat sääriluun etukorteksin epätäydellisen murtuman (Aro ym. 2010, 215). Tällöin voi ydinnalaus tulla kysymykseen. Paranemisen kannalta ongelmallisia ovat Uchiyaman ym. mukaan luussa ”tension-side” puolella esiintyvät rasitusmurtumat, mikä siis sääriluun tapauksessa tarkoittaa sen etupintaa (Uchiyama, Nakamura, Mochida & Tamaki 2007) (Kuva 6). Tiettyjä tulehduskipulääkkeitä, kuten ibuprofeenia, tulee välttää toipumisen aikana koska ne voivat hidastaa luutumista. (Aro ym. 2010, 215; Kiviranta & Järvinen 2012, 430–431.)

3 ULTRAÄÄNIHOITO

3.1 Perustietoa ultraäänestä

Ultraääni tarkoittaa ääntä, joka on taajuudeltaan niin korkea, että se on ihmisen kuuloalueen yläpuolella. Ultraäänien taajuus on vähintään 20 000 herziä (0,2 MHz). Ultraäänellä on useita käyttösovellutuksia. Lääketieteessä ultraääntä käytetään kuvantamisessa sekä hoitomenetelmänä. Teollisuuden puolella ultraääntä hyödynnetään esimerkiksi hitsauksessa, rakenteiden tutkimisessa ja puhdistusmenetelmänä. Kokeiluja ultraäänien biologisista vaikutuksista on alettu tekemään 1900-luvun alussa. Ensimmäisenä ultraääntä uskottavasti terapeuttiseen käyttöön sovelsi sveitsiläinen Raimar Pohlman 1930-luvun lopulla. (Low & Reed 2000, 172; Sandström, Metsola, Hoogland 1991, 81–82.)

Ultraääntä voidaan tuottaa useilla tavoilla, esimerkiksi pietsosähköisen ilmiön tai magnetostriktion avulla. Yleisimmin ultraäänien tuottamiseksi käytetty pietsosähköinen ilmiö syntyy, kun tietyistä materiaalista, esim. kvartsista, valmistettuja kiteitä puristetaan yhteen. Tällöin kiteiden ulkopinnalle syntyy sähköinen varaus. Kun samalla kiteisiin johdetaan vaihtovirtaa, se saa kiteet värähtelemään. Tämä synnyttää ultraääniaalloja, jotka ovat pitkittäissuuntaisia. (Sandström, Metsola, Hoogland 1991, 81–82; Kahn 1994, 53–54; Fox & Sharp 2007, 185–186; Low & Reed 2000, 174–175.)

Ultraäänien lähteestä ultraääni voi siirtyä kosketuksen välityksellä aineesta toiseen. Ultraääni etenee hyvin nesteissä ja useimmissa kiinteissä materiaaleissa. Ultraääni ei etene tyhjiössä ja kaasuissakin hyvin huonosti. Terapian käytössä ultraääntä johdetaan kudokseen ultraäänigeeliä väliaineena käyttäen. Ultraäänihoidolla pyritään useimmiten paikallisiin hoitovaikutuksiin hoitoalueen alaisissa kudoksissa. Ultraäänellä voidaan myös hakea segmentaalaisia eli epäsuoria hoitovaikutuksia esim. triggerpisteisiin vaikuttamisen kautta (Sandström ym. 1991, 106). (Low & Reed 2000, 190–191; Sandström ym. 1991, 106; Kahn 1994, 54; Fox & Sharp. 2007, 186.)

3.2 Ultraäänen absorboituminen kudoksissa

Ultraäänen johtuessa kehoon ultraäänienergia sitoutuu eli absorboituu kudokseen. Kudoksen lämpötilan nousu aiheutuu ultraäänienergian absorboitumisesta kudokseen. Ultraäänen teho heikkenee syvemmälle kudoksiin edetessään, ultraäänienergian absorboitua lävistämiinsä kudoksiin. Eri kudostyypeillä on erilaisia absorptiokertoimia, eli kuinka suuren osan ultraäänivärähtelystä ne päästävät lävitseen ja kuinka suuri osa sitoutuu niihin (Taulukko 1). Absorptiokerroin on suuri kudoksissa joiden nestepitoisuus on pieni ja proteiinien osuus kudoksen rakenteessa suuri, vastaavasti absorptiokerroin pienenee kudostyyppin neste- ja proteiinipitoisuuden laskiessa (Low & Reed 2000, 181). Ultraäänen absorptio riippuu käytetystä hoitotaajuudesta (hoitotaajuudet laitteissa yleensä 1-3MHz). Pienellä taajuudella ultraäänen absorptio on vähäisempää kuin suurta taajuutta käytettäessä. Mikäli hoidettava kohde on syvällä lihaksessa, suositellaan pientä hoitotaajuutta käytettäväksi, jotta vähäisempi määrä ultraäänienergiaa sitoutuu lävistettyihin kudoksiin ja suurempi energia määrä saavuttaa hoidettavan kohteen. (Sandström ym. 1991, 79, 89–90, 95–96; Low & Reed 2000, 180–181; Kahn 1994, 55.)

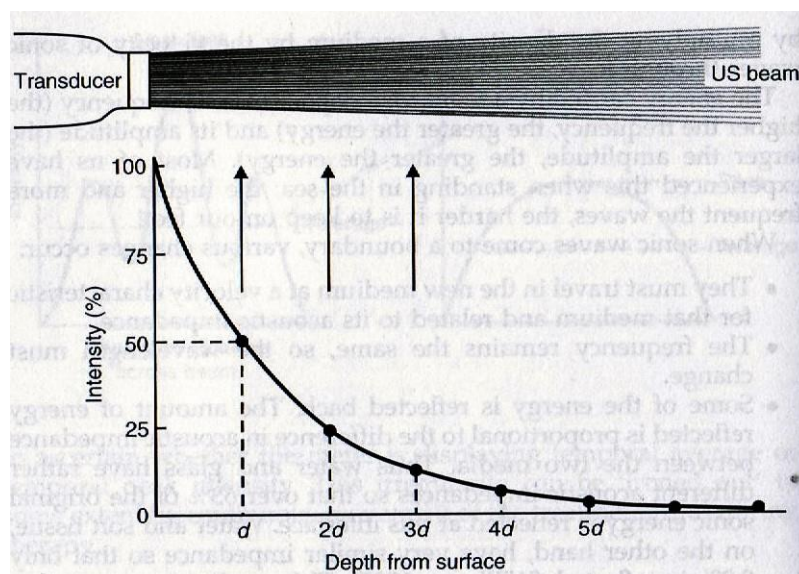
Taulukko 1. Ultraäänen absorptiokertoimet eri kudostyypeillä (Sandström ym. 1991, 90).

Väliaine	1MHz	3MHz
Lihaskudos	0,76 0,28	2,28 0,84
Luukudos	3,22	
Jännekudos	1,12	3,36
Rusto	1,16	3,48
Iho	0,62	1,82
Rasvakudos	0,14	0,42
Hermokudos	0,2	0,6
Verisuoni	0,4	1,2
Veri	0,028	0,084

Suuremman kertoimen omaava kudos lämpenee ultraäänen vaikutuksesta enemmän, pienemmän kertoimen omaavaan kudostyyppiin nähden. Lihaskudoksella on kaksi eri kerrointa siitä syystä, että ultraääni absorboituu lihaskudokseen huomattavasti tehokkaammin kun ultraääniaallot kulkevat

poikittain lihassyiden läpi. Mikäli ultraääni etenee lihassyiden suuntaisesti, on absorptio noin kolme kertaa vähäisempää. Käytännössä lähes aina ultraäänihoitoa annettaessa, ultraääniaaltojen tulokulma on noin 90° lihasyihin nähden. Taulukosta 1 näemme että luun absorptiokerroin on suurin eri kudostyypeistä. Tämä on otettava huomioon hoitoasetuksissa erityisesti silloin jos ihon pinnan ja luun välissä on ohuella kudosta, tai jos ultraäänellä pyritään vaikuttamaan nimenomaisesti luuhun kuten murtumatapauksissa. Luun ominaisuuksista johtuen merkittävä osa ultraäänienergiasta muuttuu lämmöksi luun ja lihaksen rajapinnalla. Siksi on kiinnitettävä huomioita erityisesti jatkuvaa ja korkea tehoista ultraäänihoitoa annettaessa, ettei aiheuteta luukalvon ärtymistä ja kipua liiallisesta lämmön noususta johtuen. (Sandström ym. 1991, 90, 95–96; Low & Reed 2000, 181.)

Absorptiokertoimia käytännöllisempiä arvoja ovat ultraäänienergian puoliintumissyvyys ja tunkeutumissyvyys, jotka pohjautuvat absorptiokertoimiin. Ultraäänen puoliintumis- ja tunkeutumissyvyudet eri kudostyypeissä on esitetty taulukoissa 2 ja 3. Ultraäänen teho vähenee syvyysuunnassa eksponentiaalisesti, mikäli ultraäänen lävistämä kudostyyppi pysyy samana (Low & Reed 2000, 180). Kuitenkin käytännössä ultraääni joutuu kulkemaan monen eri kudostyyppin läpi hoitoa annettaessa. Ultraäänen tehon eksponentiaalinen heikkeneminen on havainnollistettu kuvassa 7.



Kuva 7. Ultraäänienergian eksponentiaalinen heikkeneminen syvyysuunnassa (Low & Reed 2000, 180).

Taulukko 2. Puoliintumissyvytydet Rolf Hooglandin mukaan (Sandström ym. 1991, 91).

	1MHz	3MHz
Luukudos	2,1mm	
Iho	11,1mm	4mm
Rusto	6mm	2mm
Jännekudos	6,2mm	2mm
Lihaskudos	9mm	3mm
Lihaskudos(säikeiden suuntaisesti)	24,6mm	8mm
Rasvakudos	50mm	16,5mm
Vesi	11500mm	3833,3mm

Ultraäänen tunkeutumissyvyys tarkoittaa suurinta syvyyttä, jossa alkuperäisestä ultraäänienergiasta on jäljellä vielä 10 % alkuperäisestä tehosta (Sandström ym. 1991, 91–92).

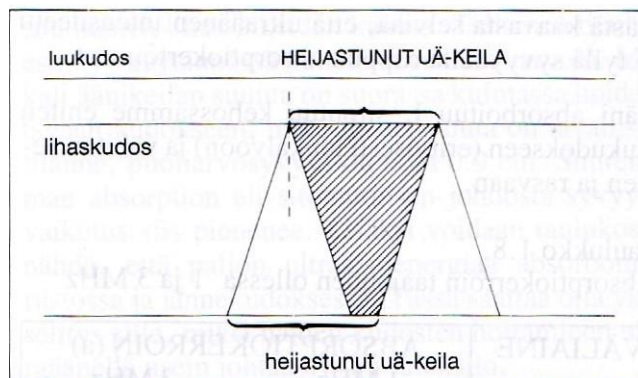
Taulukko 3. Ultraäänen tunkeutumissyvytydet (Sandström ym. 1991,92).

	1MHz	3MHz
Luukudos	7mm	
Iho	37mm	12mm
Rusto	20mm	7mm
Jännekudos	21mm	7mm
Lihaskudos	30mm	10mm
Lihaskudos(säikeiden suuntaisesti)	82mm	27mm
Rasvakudos	165mm	55mm
Vesi	38330mm	12770mm

Tunkeutumissyvytydelle voi olla myös vähäisesti poikkeavia määritelmiä. Toisaalla tunkeutumissyvytydeksi on määritelty se syvyys, jossa alkuperäisestä energiasta on jäljellä 14 %. Tunkeutumissyvytystaulukkoa voidaan käyttää tarvittavan hoitotehon määrittelyssä, sekä käyttää apuna pääteltäessä syvyyttä, jossa ultraäänellä voidaan vielä olettaa olevan terapeuttisia vaikutuksia. (Sandström ym. 1991, 90–92; Low & Reed 2000, 180–181.)

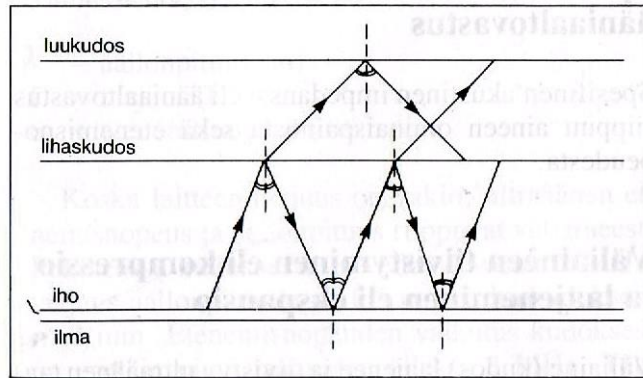
Ultraääntä heijastuu takaisin eri kudostyyppien rajapinnoilta (Low & Reed 2000, 179; Sandström ym. 1991, 87). Noin 34 % luukudoksen saavuttaneesta ultraäänienergiasta heijastuu siitä takaisin. Muiden kudostyyppien kohdalla

heijastaminen on niin vähäistä, alle 1 % luokkaa, ettei sillä ole käytännön merkitystä. (Sandström ym. 1991, 88.) Ultraääni edelleen heijastuu tullessaan takaisin ihon pintaan, sillä ultraääni ei johdu enää takaisin ilmaan. Vedenalla puolestaan ultraäänihoidoa annettaessa ultraääni pystyy johtumaan kehosta pois. Ultraääntä heijastuu myös äänipään metallipinnasta. Periaatteessa ultraääniaallot voivat jäädä kimpoilemaan luun ja ihon pinnan väliin, kunnes energia on absorboitunut kudoksiin (Sandström ym. 1991, 90). Ultraäänen takaisin heijastuminen voi nostaa hoitoalueelle kohdistuvaa energian määrää alkuperäisestä hoitoasetuksesta. Kuva 8 havainnollistaa ultraäänen takaisin heijastumista. Käytännössä tällä ilmiöllä on lähinnä merkitystä niissä tilanteisessa, joissa hoitoalueella on ihon ja luunpinnan välissä hyvin ohuelti kudosta. (Low & Reed 2000, 179; Sandström ym. 1991, 87–89.)



Kuva 8. Heijastumisen aiheuttama yhteisvaikutus (Sandström ym. 1991, 89).

Ultraäänen heijastumisen aiheuttaman hajonnan takia sen vaikutukset eivät rajoitu yksinomaan ultraäänikeilan alle. Ultraääni heijastuu rajapinnoilta tulokulmaansa vastaavasti, kuvan 9 esittämän mallin mukaisesti. (Sandström ym. 1991, 88–89.)



Kuva 9. Ultraäänen hajonta heijastumisen seurauksena (Sandström ym. 1991, 88).

3.3 Hoitoasetukset ja hoitotekniikka

Ultraäänen hoitoasetuksia muokataan seuraavilla parametreillä; teho eli intensiteetti, taajuus, hoitoaika ja sykkivän tai jatkuvan ultraäänen valinta. Hoito teho ilmoitetaan watteina neliösentiä kohden (W/cm^2). WHO on antanut suosituksen ultraäänihoitolaiteiden maksimitehoista, jotka ovat jatkuvalla ultraäänellä $2 W/cm^2$ ja sykkivällä ultraäänellä $3 W/cm^2$. Tosin edelleen voi nähdä käytössä vanhoja ultraäänilaitteita, jotka antavat myös jatkuvaa ultraääntä $3 W/cm^2$ teholla (tekijän huomautus). Laitteiden hoitotehot alkavat useimmiten $0,2 W/cm^2$ (Diter; Chattanooga medical supply). Hoitotehon valinta perustuu haluttuihin fysiologisiin vaikutuksiin. Mikäli toivotaan ensisijaisesti lämpövaikutuksia, käytetään luonnollisesti suuria hoitotehoja $1,2-3 W/cm^2$. Mikäli hoidettava kohde on syvä, valitaan myös suuri hoitoteho jotta mahdollisimman suuri määrä energiaa kulkeutuu kohteeseen asti. Tällöin on kuitenkin huomioitava, etteivät pinnalliset kudokset saa yliannostusta. Mikäli halutaan minimoida kudoslämmön nousu ja hoito halutaan perustaa mekaanisiin vaikutuksiin, käytetään keskivoimakkaita $1,2-0,3 W/cm^2$ tai matalia alle $0,3 W/cm^2$ hoitotehoja. (Sandström ym. 1991, 83, 106–107; Low & Reed 2000, 195–198.)

Ultraäänilaitteiden hoitotaajuudet asettuvat välille noin 1-3 MHz ja yleensä valinta on kaksi- tai kolmiportainen. Alin hoitotaajuus vaihtelee hieman laitteiden ja valmistajien välillä, käytettyjä alimpia hoitotaajuuksia ovat ainakin 1, 0,9 ja 0,86 MHz. (Diter; Chattanooga medical supply.) Hoitotaajuuden valinta perustuu

lähinnä siihen kuinka syvällä kudoksessa hoidettava kohde on. Alhaisella noin 1 MHz taajuudella ultraäänienergian absorptio on vähäisempää. Näin ollen suurempi määrä ultraäänienergiaa kulkeutuu syvemmälle kudokseen, kuin 3 MHz taajuudella hoidettaessa, jolloin absorptiota tapahtuu enemmän, kuten aiemmissa kappaleissa olleissa taulukoissa on esitelty. Tästä syystä lämpövaikutukset ovat periaatteessa suurempia 3 MHz taajuudella hoidettaessa, ainakin pinnallisissa kudoksissa. (Sandström ym. 1991, 90,107; Low & Reed 2000, 196–197.)

Ultraäänilaitteet pystyvät tuottamaan jatkuvaa sekä sykkivää ultraääntä. Tavallisesti ultraäänilaitteissa on kiinteä pulssintoistotaajuus, joka on 100 Hz. Tämä tarkoittaa että sykkivää hoitoa annettaessa laite toistaa ultraäänipulssin 100 kertaa sekunnissa, yhden ultraäänipulssin pituus on siis yhden sadasosasekunnin. Ultraäänienergiaa säteilevän vaiheen keston ja niiden välisten taukojen suhde valitaan tavallisesti vaihtoehtoista: 1:2, 1:5, 1:10 ja 1:20, mistä taulukko 4 antaa esimerkin. (Diter; Chattanooga medical supply; Sandström ym. 1991, 83.)

Taulukko 4. Esimerkki ultraäänen parametreista toistotaajuuden ollessa 100 Hz (Sandström, M. ym. 1991, 83.)

Suhde	Pulssi aika (mS)	Pulssien väli (mS)	Pulssien toistojakso (mS)
1:5	2	8	10
1:10	1	9	10
1:20	0,5	9,5	10

Sama suhde pätee myös kokonaishoitoaikaan, eli esim. 10 minuutin hoidosta 1:5 pulssitaajuudella ultraäänen kokonaisenergiämäärä vastaa 2 minuutin annosta jatkuvalla ultraäänellä. Sykkivää ultraääntä käytetään silloin kun halutaan vähentää hoidon lämpövaikutuksia ja haetut terapeuttiset vaikutukset perustuvat mekaanisiin vaikutuksiin. Toisaalta sykkivää ultraääntä käytetään myös silloin kun halutaan vaikuttaa syvälle kudokseen, ja sykkivällä asetuksella hoitolaite sallii korkeamman 3 W/cm² tehon. (Sandström ym. 1991, 83,107; Kahn 1994, 56; Low & Reed 2000, 183–184, 196.)

Hoitoalueelle kohdistuva kokonaisenergian määrä on riippuvainen käytetystä hoitotehosta ja ajasta. Suositelluissa hoitoajoissa on pientä vaihtelua lähteestä riippuen. Tavanomainen hoitoaika vaihtelee 3-10 minuutin välillä riippuen hoitoalueen koosta. Yleisesti ajatellaan että krooniset vaivat vaativat akuutteja vaivoja pidemmän hoitoajan (Low & Reed 2000, 199). Hoitoajan ylärajana pidetään 15 minuuttia. Tätä pidempiä hoitoaikoja käytettäessä on epätodennäköistä että ultraäänien terapeuttiset vaikutukset lisääntyisivät mutta haittavaikutusten todennäköisyys kasvaa. Nyrkkisääntönä pidetään yhden minuutin hoitoaikaa per neliösentti. Kun tavanomaisen äänipään koko on 5 cm², yhtä äänipään kokoista aluetta tulisi silloin hoitaa minuutti. 10 minuutin hoitoajalla hoidettaisiin silloin 50 cm² kokoista aluetta. (Sandström ym. 1991, 107–113; Low & Reed 2000, 199.)

Pietsosähköisen kiteen värähtelyn tuottama ultraääni ei johdu hoitolaitteen äänipäästä tasaisesti koko sen pinta-alaltaan. Äänipään tehokkaasti ultraääntä johtavaa alue ei vastaa täsmällisesti sen rakenteellista pinta-alaa, vaan on hieman tätä pienempi. Siksi hoitolaitteisiin määritellään yksilöllisesti äänipään ERA-arvo, joka kertoo äänipään pinta-alan jolta se johtaa vähintään 5 % verran tehoa asetusta arvosta. Vastaavasti säteilevän energian teho on paikoin suurempi kuin asetettu arvo. Ultraäänikeilasta on jaoteltavissa lähikenttä ja kaukokenttä. Lähikentässä tapahtuu häiriöitä, jotka aiheuttavat intensiteetin vaihteluita. Intensiteettihiikit voivat olla moninkertaisia asetettuun arvoon nähden. Ultraäänikeila ei hajaannu lähikentässä, vaan itseasiassa suppenee hieman etäisyyden kasvaessa. Kaukokentässä ei juurikaan esiinny häiriöitä, siksi intensiteetti pysyy tasaisena. Intensiteetti heikkenee kaukokentässä tasaisesti etäisyyden kasvaessa äänipäästä. Kaukokentässä ultraäänikeila lähtee hieman laajenemaan. Taulukossa 5 on esitetty lähikentän pituudet eri taajuuksilla ja erikokoisilla äänipäillä. (Sandström ym. 1991, 83–85, 98–99, 106–107; Fox & Sharp 2007, 186–187; Kahn 1994, 56.)

Taulukko 5. Äänipään pinta-ala ja hoitotaajuus määrittelevät lähikentän pituuden (Sandström ym. 1991, 85).

Äänipään pinta-ala	Taajuus	Lähikentän pituus
5 cm ²	1 MHz	10 cm
1 cm ²	1 MHz	2 cm
5 cm ²	3 MHz	30 cm

1 cm ²	3 MHz	6 cm
-------------------	-------	------

Ultraäänilaitteiden äänipäissä tulisi olla määriteltynä BNR-arvo, joka tulee sanoista beam non-uniformity ratio. Se kuvaa lähikentässä tapahtuvia häiriöitä. Mitä pienempi BNR-arvo on, sitä pienempiä ovat ultraäänikeilan häiriöt ja intensiteetin vaihtelut. Edellä kuvatuista tekijöistä johtuen on tärkeää, että hoitoa annettaessa äänipää pidetään koko ajan rauhallisessa liikkeessä. Näin taataan ultraäänien energian tasainen jakaantuminen hoitoalueelle ja vältetään paikalliset yliannostukset. Ultraäänihoidon ei kuulu aiheuttaa kipua tai polttavaa tunnetta. Hoito saa aiheuttaa ainoastaan mietoja lämmön tunnetta. (Sandström ym. 1991, 83–85, 98–99, 106–107.)

3.4 Ultraäänen fysiologiset vaikutukset

Ultraäänen fysiologiset vaikutukset jaotellaan yleisesti kudoksen lämmön noususta johtuviin vaikutuksiin ja ultraäänen mekaanisten vaikutusten aiheuttamiin vaikutuksiin (Kahn 1994, 55; Sandström ym. 1991, 95,99; Low & Reed 2000, 184). Kahn käsittelee teoksessaan lisäksi lyhyesti erikseen ultraäänen kemialisia ja biologisia vaikutuksia. Muissa lähde teoksissa kemialiset ja biologiset vaikutukset on käsitelty mekaanisten- ja lämpövaikutusten yhteydessä, tätä jaottelutapaa käytön myös omassa työssäni.

3.4.1 Lämpövaikutukset

Yhden asteen nousu kudoksen lämpötilassa vilkastuttaa sen aineenvaihduntaa 13 % (Sandström ym. 1991, 78). Fysikaaliset syvälämpö ja sähköhoidot kirjassa esitetään teoreettinen malli ultraäänen kudosta lämmittävistä vaikutuksista: ”*Jos esimerkiksi lihaskudoksen verenkierto ei toimi, sen lämpötila nousee Williamsin (1987) mukaan jatkuvan yhden MHz ja 1 W/cm² tehoisen ultraäänen vaikutuksesta noin 0,86°/min*” (Sandström ym. 1991, 99). Käytännössä kuitenkin ultraäänihoidon aiheuttamaa kudoksen lämmön nousua tasoittaa verenkierto ja lämmön johtuminen ympäröiviin kudoksiin. Hoidon päättymisen jälkeen kudoksen lämpötila palautuu normaaliksi minuuteissa. Terapeuttisen lämpövaikutusten aikaansaamiseksi kudoslämmön tulisi nousta 40–45 asteeseen ja pysyä yllä vähintään 5 minuuttia. Yli 45° lämpötilat ovat kudokselle vahingollisia. (Low &

Reed 2000, 184; Sandström ym. 1991, 79,99.) Alla on lueteltuna ultraäänen lämpövaikutusten aiheuttamia fysiologisia vaikutuksia, jotka on mainittu vähintään kahdessa lähdeoteoksessa. Ultraäänen vaikutus luun murtumien paranemiseen on näistä kiistanalaisin.

- Kudosten verenkierto vilkastuu (Sandström ym. 1991, 100; Fox & Sharp 2007, 189.)
- Jänteiden ja nivelpussin seinämien kollageenin joustavuus lisääntyy (Low & Reed 2000, 184; Sandström ym. 1991, 101; Fox & Sharp 2007, 189; Kahn 1994, 55).
- Vähentää kipua/kipukynnys nousee (Low & Reed 2000, 189; Sandström ym. 1991, 101; Fox & Sharp 2007, 189).
- Edistää lihaskramppeiden laukeamista (osatekijänä myös mekaaniset vaikutukset) (Low & Reed 2000, 184; Sandström ym. 1991, 101).
- Solujen aineenvaihdunta vilkastuu koska solukalvojen läpäisevyys muuttuu ja aineiden kulkeminen solun sisään ja ulos nopeutuu. Myös solukalvojen potentiaalit voivat muuttua (osatekijänä myös mekaaniset vaikutukset) (Low & Reed 2000, 185; Sandström ym. 1991, 102; Kahn 1994, 55).
- Ultraäänen annostuksesta riippuen ääreishermostojen johtumisnopeus voi joko nopeutua tai hermon toiminta salpautua (Low & Reed 2000, 184; Sandström ym. 1991, 101).
- Luun murtumien paraneminen saattaa nopeutua mutta liian suuret annokset vaikuttavat negatiivisesti (Low & Reed 2000, 189; Sandström ym. 1991, 79).

Myös Kahn mainitsee teoksessaan, että joidenkin tutkijoiden mukaan ultraääni stimuloi osteogeneesiä, ja siten saattaa olla hyödyllinen murtumien hoidossa mutta suhtautuu asiaan varauksella (Kahn 1994, 59). Sandström ym. mukaan ultraäänen suotuisa vaikutus luun murtumiin perustuu kalsiumin resorptioon. Sekä Kahnin että Sandström ym. mukaan on luultavaa että ultraäänihoidon pietsosähköinen vaikutus on luun murtuman paranemista stimuloiva tekijä. (Kahn 1994, 53; Sandström ym. 114.) Tarkimman näkemyksen antavat Miller ja Kaeding siitä, mihin perustuen ultraääni voi stimuloida luutumista. Heidän mukaansa matalatehoinen sykkivä ultraääni lisää COX-2 entsyymien, VEGF-kasvutekijöiden ja BMP-2, -4, -6 ja -7 kasvutekijöiden ilmaantumista murtuma alueella. (Miller & Kaeding 2012, 145.) Liite 2 esittää kasvutekijöiden aktiivisuuden murtuman paranemisen eri vaiheissa.

3.4.2 Mekaaniset vaikutukset

Ultraäänen mekaaniset vaikutukset perustuvat mikrovirtailuun ja kavitaatioon. Ultraääni etenee kudoksessa paineaaltoina, se aiheuttaa liikettä kudoksen ioneissa ja molekyyliä. Kudoksen rakenne vuorotellen tiivistyy ja harvenee, jolloin kudokseen syntyy sisäistä paineen vaihtelua. Tätä ilmiötä on kutsuttu myös mikrohieronaksi. ”Mikrohieronta” voi vähentää turvotusta (Low & Reed 2000, 186). Nämä kudoksen sisäiset mekaaniset voimat johtavat kavitaatioon, eli kaasukuplien syntymiseen kudoksessa ultraäänen seurauksena. Kudoksen sisällä on veteen liuenneena kaasuja. Kun kudoksesta harvenee ”mikrohieronnan” seurauksena, tässä vaiheessa kudoksesta olevat kaasut voivat muodostaa kuplia. Kudoksen jälleen tiivistyessä kaasukuplat voivat rikkoutua, samalla aiheuttaen kudoksen sisäisiä ”shokkiaaltoja”. Kaasukuplien rikkoutumisen sijaan on myös mahdollista että kuplat laajenevat ja alkavat värähdellä ultraäänen taajuuden mukaisesti. Kavitaation on tutkittu aiheuttavan muutoksia solun sähköisessä varauksessa ja aiheuttavan kemialisia muutoksia. Aina kavitaatio ei ole toivottu hoitovaikutus. Kaasukuplien rikkoutuminen ja väräily voivat aiheuttaa mikroaurioita kudokseen. Tätä vaikutusta voidaan käyttää hyödyksi, esimerkiksi ei toivotun sidekudoksen muodostuksen ehkäisyssä (Kahn 1994, 55). Kudoksen sisäisten kuplien syntymistä voidaan ehkäistä painamalla hoitoaluetta kevyesti ultraäänilaitteen äänipäällä. (Sandström ym. 1991, 95–96; Kahn 1994, 55; Low & Reed 2000, 185–186.)

Ultraäänivärähtely stimuloi soluja tehostamaan kemialisia reaktioitaan. Kalvojen läpäisevyys lisääntyy ultraäänen vaikutuksesta. Siten nesteiden ja ravintoaineiden imeytyminen kudoksiin helpottuu, ja solujen aineenvaihduntatuotteiden kierto tehostuu. Ilmiötä kutsutaan mikrovirtailuksi ja se luetaan ultraäänen mekaanisten vaikutusten joukkoon. Kalvojen läpäisevyyden lisääntyminen on keskeisessä asemassa fonoforesissa. Se tarkoittaa ultraäänen avulla tapahtuvaa, yleensä lääkeaineen, imeyttämistä ihon läpi. (Kahn 1994, 55; Low & Reed 2000, 185.)

Ultraäänen mekaanisten vaikutusten on mainittu aiheuttavan seuraavia fysiologisia vaikutuksia:

- Solukalvojen läpäisevyys lisääntyy
- Kalsiumpitoisuus suurenee solun sisällä
- Histamiinin vapautuminen syöttösolujen jyvästen hajoamisen seurauksena
- Fibroblastien toiminta vilkastuu
- Verisuonten seinämien läpäisevyys lisääntyy
- Kudosvaurio alueella uusien verisuonten muodostuminen nopeutuu

Mainitut tekijät selittänevät ultraäänen kudosvaurion paranemista nopeuttavaa vaikutusta. Erityisesti vamman/haavan paranemisprosessin proliferaatiovaiheessa ultraäänen hyödyn on havaittu olevan suurimmillaan. (Sandström ym. 1991, 79, 95–96, 102; Low & Reed 2000, 184–187; Fox & Sharp 2007, 189,191; Kahn 1994, 55.)

3.5 Ultraäänen haittavaikutukset ja kontraindikaatiot

Ultraäänellä on periaatteessa samat kontraindikaatiot kuin lämpöhoidoilla yleisesti. Täytyy kuitenkin muistaa että ultraäänen vaikutus on hyvin paikallinen, eikä siten ole täysin verrattavissa laaja-alaisesti annettuihin lämpöhoitoihin, kuten esimerkiksi saviämpöhoitoon. Yleisimmin haittavaikutukset johtuvat vääristä hoitoasetuksista ja ovat useimmiten yhteydessä liian suuriin lämpövaikutuksiin. Väärin käytettynä ultraäänellä on mahdollista saada aikaan lieviä palovammoja. (Sandström ym. 1991, 115–116; Low & Reed 2000, 200.) Sandström ym., Low & Reed, Sharp & Fox sekä Kahn määrittelevät ultraäänihoidon kontraindikaatiot pääpiireiteissään yhteneväisesti. Muista poiketen Kahn lukee luun murtumat kontraindikaatioiden joukkoon, mutta samassa yhteydessä mainitsee raportoiduista mahdollisista hyödyistä murtumien hoidossa. Luun murtumat voidaan katsoa ehdollisten kontraindikaatioiden joukkoon, sillä ultraäänen käytön mahdolliset hyödyt riippuvat murtuman hoitolinjasta, murtumatyypistä ja paranemisen vaiheesta jne. Väärin käytettynä ultraääni on haitallista murtuman paranemiselle.

Ultraäänihoidon kontraindikaatiot:

- Laskimotukokset, ultraääni saattaa aiheuttaa tukoksen lähtemisen liikkeelle tai kasvattaa olemassa olevaa tukosta.

- Paikalliset infektiot
- Kasvaimet, ultraääni saattaa nopeuttaa kasvaimen solujen jakaantumista.
- Verenmyrkytys
- Ei hoitoja raskaana olevien kohdun alueella. Kuvantamistarkoituksessa käytetty ultraääni on huomattavasti matalatehoisempaa.
- Ei sydämen tahdistimen ja sen johtojen alueella.
- Ei alueille joille on hiljattain kohdistunut röntgen säteilyä tai muuta ionisoivaa säteilyä, ultraääni voi pahentaa näissä tapauksissa kudosvaurioita tai edesauttaa solumuutosten tapahtumista.
- Ei alueille joissa on ollut hiljattain verenvuotoa tai suuri verenvuoto vaara. Ei käytetä siis akuutteihin kudolvammoihin.
- Ei silmään, verkkokalvon vaurioituminen todennäköistä.
- Ei sukupuolielimiin
- Ei alueilla joissa hermo on normaalista poiketen välittömästi ihon pinnan tuntumassa, kuten selkäydinkohjuissa tai laminektomia (nikamankaaren poisto) operoiduilla alueilla.
- Tuberkuloosi, ultraääni voi aktivoida koteloituneen vaurioalueen.

(Sandström ym. 1991, 115–116; Low & Reed 2000, 200–202; Kahn 1994, 57, 59; Fox & Sharp 2007, 191.)

Ehdolliset kontraindikaatiot:

- Metalliset proteesien osat ja fixaatio materiaalit sekä luusementti, nämä materiaalit lämpenevät ultraäänen vaikutuksesta kudoksia voimakkaammin. Metallit myös heijastavat tehokkaasti ultraääntä.
- Ei kasvuikäisten luun epifyysilevyjen alueella, vältettävä ainakin korkea tehoista hoitoa.
- Paikalliset akuutit tulehdukset, tällöin ei ainakaan korkea tehoista ultraääntä.
- Tuntopuutokset, tällöin on varottava liiallisia lämpövaikutuksia.
- Iskeemiset alueet, huonon verenkierron takia lämmön pois johtuminen on heikentynyt. Tällöin liiallisten lämpövaikutusten riski kasvaa.
- Saattaa aiheuttaa lievää verensokeritason laskua, mikä saattaa aiheuttaa oireita diabeetikoilla.
- Luun murtumat, liialliset lämpövaikutukset voivat haitata luutumista.

(Sandström ym. 1991, 115–116; Low & Reed 2000, 200–202; Kahn 1994, 57, 59; Fox & Sharp 2007, 191.)

Myös tietyt lääkkeet voivat muuttaa kehon vastetta ultraääni hoitoihin erityisesti ikäihmisillä. Näitä lääkkeitä ovat verenpainelääkkeet, beetasalpaajat ja

rytmihäiriölääkkeet. Ultraäänihoito saattaa aiheuttaa verenpaineen laskua, koska elimistön lämmönhaihdutus mekanismit reagoivat kudoksen lämmön nousuun, tällöin verisuonet laajenevat. Harvoissa tapauksissa hartiaseudulle annettuna ultraääni saattaa pahentaa angina pectoris-potilailla sydänlihaskemiaa. Beta-salpaajat heikentävät ääreisverenkiertoa. Mikäli raajat kärsivät heikosta verenkierrasta, syvälämpöhoito voi pahentaa tilaa. (Sandsröm ym. 1991, 116.)

Ultraäänihoito on terapeutille turvallista toteuttaa. Nykyisissä hoitolaitteissa ultraäänen hajasäteily on minimaalista. Normaaliolosuhteissa ultraääni ei voi johtua terapeuttiin itseensä, koska ultraääni etenee ilmassa äärimmäisen heikosti. Sen sijaan vedenalla hoitoa annettaessa ultraääntä voi johtua terapeutin käteen heijastumisen ja hajasäteilyn takia. Siitä syystä vedenalaista ultraäänihoitoa annettaessa kannattaa pitää kumihanskaa kädessä. Ultraäänihoitolaitteista lähtevän elektronisen häiriösäteilyn on oltava EU:n lääkinnällisille hoitolaitteille asettamien normien rajoissa. Siksi ultraäänihoitolaitteiden häiriösäteilyn määrä on minimaalinen esimerkiksi matkapuhelimiin verrattuna. Ultraäänihoitolaitteet tulisi huoltaa ja kalibroida vuosittain, jotta teho ja muut hoitoasetukset vastaavat tarkasti asetettuja arvoja. (Karsikas 2016; Sandström ym. 1991, 93–94.)

3.6 Ultraäänihoidon indikaatiot

Indikaatioita ultraäänihoidon käyttöön on hyvin laajalti. Ultraäänen fysiologisten vaikutusten perusteella voidaan päätellä, minkälaisien diagnoosien hoitoon se soveltuu. Alla on listattuna tavanomaisimmat ultraäänihoidon indikaatiot.

- Pehmytkudos vammat (vasta-aiheinen ensimmäiset 24-36h vammasta)
- Lihas krampit
- Arpikudos pehmytkudosvammoissa, liiallisen kasvun ehkäisy tai olemassa olevan hajottaminen (sisäisissä vammoissa ja ihon pinnalla)
- Dupuytrenin kontraktuura, ultraääni parantaa kollageenisäikeiden elastisuutta.
- Haavaumat, ultraäänen on tutkittu nopeuttavan esim. makuuhaavojen paranemista.
- Kiputilojen ja tulehdusten hoito phonophoresin avulla lääkettä imeyttäen.

Indikaatiot joista tieteellinen näyttö on vielä vajavaista tai ristiriitaista, tai mainittu vain yhdessä lähteessä:

- Luun murtumat soveltuvilta osin
- Kivun lievitys, joidenkin tutkimusten mukaan hyödyllinen esimerkiksi alaselkävun hoidossa (ei tarkoiteta phonophoresia)
- Gangliot (mainittu vain yhdessä lähteessä)

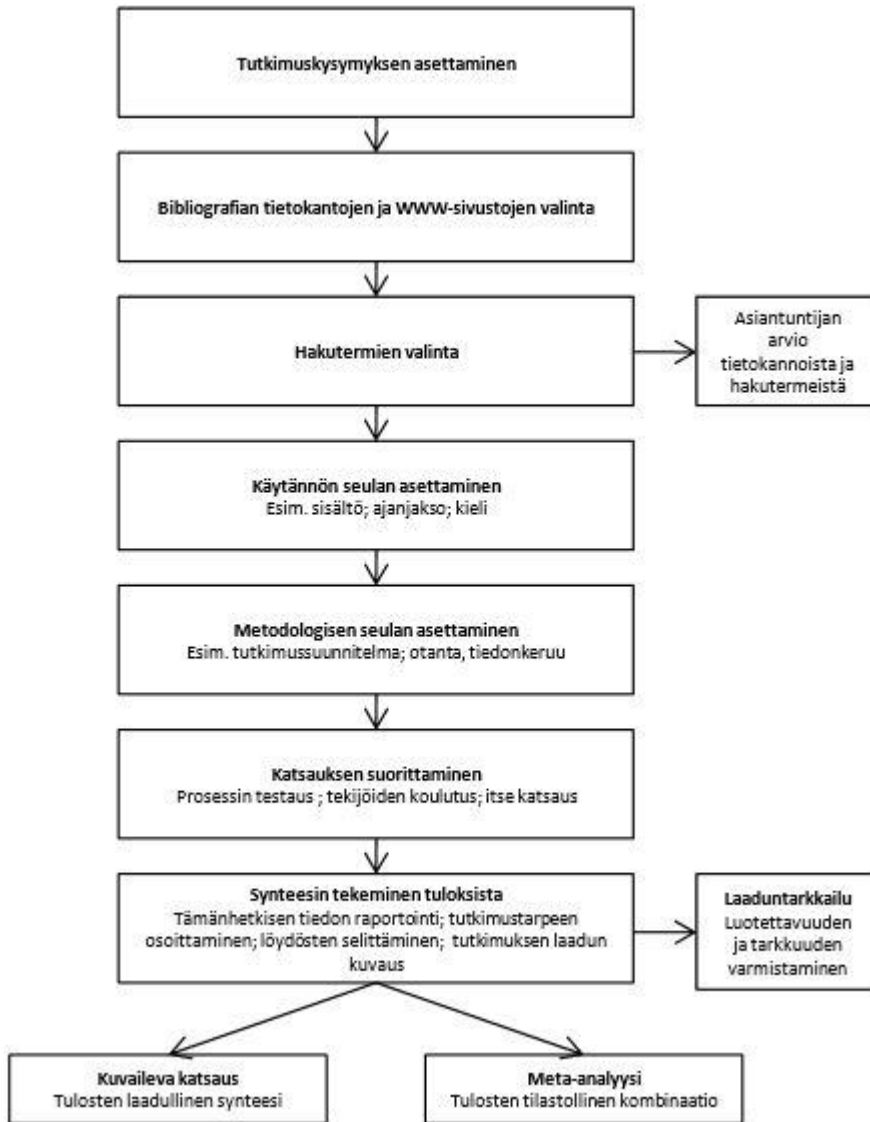
Low & Reed mainitsevat teoksessaan ultraäänihoitolaitteen olevan käyttökelpoinen myös rasitusmurtumien tunnistamisessa. Tämä perustuu siihen että epäilty rasitusmurtumakohta reagoi kivulla ultraääneen mutta vastaava kohta toisella puolella kehoa ilman vammaa ei reagoi ultraääneen. (Low & Reed 2000, 186–190; Kahn 1994, 57; Sandström ym. 1991, 113–115.)

4 SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on yksi kirjallisuuskatsausten kolmesta päätyypistä. Muut kirjallisuuskatsauksien päätyypit ovat kuvaileva kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Menetelmänä systemaattista kirjallisuuskatsausta on alettu kehittämään 1930-luvulta alkaen. Vasta kliinisen epidemiologian yleistymisen myötä systemaattista kirjallisuuskatsausta on alettu hyödyntämään laajemmin lääketieteessä. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus soveltuu hyvin alati kehittyvän lääketieteellisen tiedon seurantaan. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on toisen asteen tutkimusta, eli menetelmä tutkii aiemmin tehtyjen tutkimusten tuloksia ja tekee niistä yhteenvedoja. Tällä tavoin summaamalla useiden yksittäisten alkuperäistutkimusten tuloksia yhteen, voidaan tehdä luotettavampia ja yleistettävämpiä päätelmiä esimerkiksi uuden hoitomuodon vaikuttavuudesta. Systemaattisella kirjallisuuskatsauksella pystytään myös osoittamaan puutteita tietyn aihealueen tutkimuksessa ja ohjaaman aiheen jatkotutkimuksia tarkoituksenmukaiseen suuntaan. (Salminen 2011, 7,15; Mäkelä, Varonen & Teperi 1995.)

Systemaattinen kirjallisuuskatsaus vaatii selkeän tutkimuskysymyksen asettamista, kuten muutkin tutkimusmenetelmät. Seuraavaksi valitaan tiedonhauissa käytettävät tietokannat tai muut tietolähteet. Hakutermien valinta on pohdittava huolellisesti, jotta hakutulosten määrä on käsiteltävissä mutta myöskään keskeistä tietoa ei saa rajautua hakujen ulkopuolelle. Tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerien asettamista ohjaavat myös käytännölliset asiat, kuten alkuperäistutkimusten kieli. Metodologisten sisäänotto- ja poissulkukriteereiden asettaminen on keskeistä tutkimustuloksen luotettavuuden kannalta. Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen on pyrittävä keräämään mahdollisimman laaja tutkimusaineisto alkuperäistutkimuksia, jotta voidaan välttää tiedon valikoitumisesta syntyvää harhaa. Alkuperäistutkimusten menetelmällistä toteutusta on arvioitava, jotta kullekin tutkimukselle osataan antaa niiden ansaitsema painoarvo tulosten yhteenvedossa. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen toteuttaminen vaatii tutkimusprosessin huolellista suunnittelua ja dokumentointia, jotta tutkimus voidaan tarvittaessa toistaa kuvauksen perusteella. Tiedonhakujen jälkeen mukaan otetut tutkimukset

käydään huolellisesti läpi käyttäen soveltuvaa laadullista tai tilastollista sisällön analyysimenetelmää ja niistä laaditaan synteesi. Tulokset raportoidaan sopivaksi katsotulla tavalla. Kirjallisuuskatsauksen toteuttaminen on kuvattuna kaaviomaisesti kuvassa 10. (Salminen 2011,15–17; Mäkelä ym. 1995.)



Kuva 10. Kaavio kirjallisuuskatsauksen suorittamisesta. Salmisen (2011, 17) mukaelma Finkin (2005) mallista.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TAVOITE JA TUTKIMUSKYSYMYS

Opinnäytetyön tavoite on systemaattisen kirjallisuuskatsauksen keinoin selvittää miten ultraäänihoito vaikuttaa sääriluun rasisuurmurtumien paranemiseen. Tutkimuksen tarkoitus on tuottaa ajantasaista ja käytäntöön sovellettavaa tietoa aiheesta fysioterapeuttien käyttöön.

Toimeksiantaja näkee työssä mahdollisuuden löytää ultraäänihoitolaitteelle uuden käyttösovellutuksen ja näin lisätä laitteen käyttöastetta. Mikäli hoitomuoto osoittautuu hyödylliseksi, toimeksiantaja on mahdollisesti kiinnostunut tarjoamaan uutta hoitomuotoa ensimmäisenä kaupungissa, hyötyen sen kaupallisesta potentiaalista. Työn tarkoitus on myös syventää omaa ammatillista osaamista, ja hyödyntää myöhemmin aiheeseen liittyvää tietämystä työmarkkinoilla.

Tutkimuskysymys on; Miten ultraäänihoito vaikuttaa konservatiivisesti hoidettujen sääriluun rasisuurmurtumien paranemiseen? Mikäli ultraäänihoito todetaan hyödylliseksi menetelmäksi sääriluun rasisuurmurtumien hoidossa, pyritään tässä työssä myös raportoimaan mitkä ovat oikeat hoitoasetukset tähän tarkoitukseen. Alakysymyksenä on; Minkälaisia hoitoasetuksia käytettiin sääriluun rasisuurmurtumien ultraäänihoidossa?

6 SYSTEMAATTISEN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTTAMINEN

6.1 Hakusanat ja hakulauseke

Hakusanat ja hakulauseke määrittyvät tutkimuskysymyksen perusteella. Hakuprosessi oli mukana sekä englanninkielisiä että kotimaisia tietokantoja. Hakusanat olivat tietokannan mukaan joko englanniksi tai suomeksi. Ennen varsinaista hakuprosessia hakusanoja ja lausekkeita testattiin koehauissa. Koehakuvaiheen alussa käytetty hakulauseke oli pitkä ja moniosainen; "ultrasound" OR "ultrasonic" OR "ultrasound therapy" AND "fracture healing" OR "fracture" OR "bone remodelling". Oheisella hakulausekkeella ei päästy riittävään hakutarkkuuteen. Hakuasetukset olivat seuraavassa kappaleessa mainittujen alkuperäistutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaiset. Koehaut tuottivat Pubmed-tietokannasta 1190 tulosta ja Ebscon Cinahl-tietokannasta 3352 tulosta. Käytetty hakulauseke toi hakutuloksiin mukaan suuren määrän irrelevantteja tutkimuksia. Lisäksi hakulauseke ei soveltunut esim. Pedro-tietokannassa käytettäväksi, koska kyseisessä tietokannassa ei voi käyttää yhtä aikaa AND ja OR boolean-hakuoperaattoreita, pelkästään toista kerrallaan. Näistä syistä hakulauseketta yksinkertaistettiin.

Hakulauseke yksinkertaistettiin muotoon "ultrasound AND fracture", suomenkielisissä tietokannoissa vastaavasti käytettiin muotoa "ultraääni JA murtuma". Tällä hakulausekkeella ja hakuasetuksilla päästiin hakutuloksissa määriin jotka ovat manuaalisesti läpikäytävissä, samalla hakutulosten relevanssi parani. On epätodennäköistä että "ultrasound AND fracture" hakulauseke sulkee haun ulkopuolelle aiheeseen liittyviä relevantteja tutkimuksia. Perusmuotoisen hakulausekkeen käytön lisäksi tehtiin tarkentavia hakuja aihepesifeillä termeillä, kuten "lipus" tai vaihtoehtoisilla vastaavilla hakulausekkeilla kuten "ultrasound AND "bone healing".

Opinnäytetyöprosessin edetessä tehtiin päätös keskittyä tutkimuksessa nimenomaisesti rasitusmurtumiin. Tämän jälkeen tehtiin vielä uusi hakukierros hakulausekkeella "ultrasound AND "stress fracture" OR ultrasound AND "over

use fracture". Hakusanojen ja hakulausekkeiden käyttö on kuvattu tarkasti ja tietokanta kohtaisesti hakuprosessin kuvaus osiossa.

6.2 Alkuperäistutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Tiedonhauk rajattiin koskemaan 2000-luvulla julkaistuja tutkimuksia, nykyaikaisen näkökulman takaamiseksi aiheesta. Kielivaatimukseksi asetettiin englannin tai suomen kieli. Maksulliset tutkimukset rajattiin pois. Luonnollisesti tutkimusten tuli sisällöltään vastata tutkimuskysymykseen; "Miten ultraäänihoito vaikuttaa konservatiivisesti hoidettujen sääriluun rasisurmutumien paranemiseen?". Taulukko 6 esittää pelkistetyt alkuperäistutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Taulukko 6. Alkuperäistutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit.

Sisäänottokriteerit	Poissulkukriteerit
<ul style="list-style-type: none"> • Englannin- tai suomenkielinen • Maksuton kokotutkimus saatavilla • Tutkimustyyppi randomized controlled trial, controlled clinical trial tai clinical trial • Tutkimus julkaistu 2000-luvulla 	<ul style="list-style-type: none"> • Muu kuin englannin- tai suomenkielinen • Maksullinen tutkimusraportti • Tutkimustyyppi kirjallisuuskatsaus tai case report • Tutkimus julkaistu ennen vuotta 2000 • Tutkimus ei vastaa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aiheeseen

Ensisijaisesti haettiin tieteelliseltä näyttöarvoltaan kliinisten tutkimusten osalta vahvimpia RCT-tutkimuksia ja toissijaisesti myös CCT tai CT tutkimuksia. Kuva 11 vertailee eri tutkimustyyppien tarjoamaa tieteellisen näytön painoarvoa.

1. Suuret satunnaistetut ja kontrolloidut kokeet
2. Pienet satunnaistetut ja kontrolloidut kokeet
3. Ei-satunnaistetut tutkimukset, joissa kontrolliryhmä
4. Ei-satunnaistetut tutkimukset, joissa historiallinen kontrolliryhmä
5. Kohorttitutkimus
6. Tapaus-kontrollitutkimus
7. Poikittaistutkimus (*Cross-sectional study*)
8. Rekisteritutkimus
9. Sarja tapauksia (*Series of consecutive cases*)
10. Yksittäinen tapaustudkimus

Kuva 11. Tutkimustyyppit niiden painoarvon mukaisessa järjestyksessä (Metsämuuronen 2005, 40)

6.3 Hakuprosessin kuvaus ja tutkimusten laadun arviointimenetelmät

Tiedonhakuja tehtiin kahdeksasta tietokannasta, joita olivat Pedro, Pubmed, Medic, Arto, Aleksi, Cochrane, Ebsco - Cinahl, Ebsco - SportsDiscus ja Google scholar tiedonhakupalvelusta. Hakutulokset käytiin läpi otsikkotasolla silmäillen. Otsikon perusteella sopiviksi katsottujen tutkimusten abstraktit luettiin. Mikäli abstraktin perusteella sopiviksi katsotuista tutkimuksista oli saatavilla ilmainen koko teksti, nämä ladattiin tietokoneelle tarkempaa sisältöön tutustumista varten. Koko tekstin perusteella sisällöltään tutkimusongelmaan vastaaviksi katsotut tutkimukset kävivät vielä laadun arvioinnin läpi. Esimerkiksi Van Tulder-menetelmä, jota käytin työssäni, soveltuu satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten laadun arviointiin (Johansson, Axelin, Stolt & Ääri 2007, 103–104). Tutkimukset joiden arviointiin Van Tulder-menetelmä ei sovellu, arvioitiin käyttäen Palomäen ja Piirtolan mukaelmaa sairaanhoitajaliiton laatimasta alkuperäistutkimusten laadun arvioinnin kriteeristöä (Palomäki & Piirtola 2012, 25) (liite 4).

12.3.2016 Tiedonhaku Pedro-tietokannasta tuottaa 12 tulosta hakulausekkeella "ultrasound" AND "fracture". Hakuasetuksina käytettiin; "therapy" electrotherapies, heat and cold, "method" clinical trial ja tutkimus julkaistu vuoden 2000 jälkeen. Hakutuloksista todettiin seitsemän otsikon perusteella sopivaksi. Otsikon perusteella sopivista tutkimuksista, kuusi todettiin sopivaksi myös abstraktin perusteella, yksi hylättiin kielen perusteella. Kuudesta abstraktin

perusteella sopivasta tutkimuksesta kolmesta oli saatavilla maksuton kokotutkimus, jotka otettiin tarkempaan sisällön analyysiin. Käyttäen samoja hakuasetuksia mutta hakulausekkeena "ultrasound" AND "bone", hakutuloksia tulee 14 kappaletta. Otsikon perusteella joukossa oli kolme sopivaa tutkimusta, joista kaksi samoja kuin edellisessä haussa. Ainoa uusi löydös on sopiva myös abstraktin perusteella mutta siitä ei ole saatavilla kokotutkimusta.

14.3.2016 Käyttäen edelleen samoja hakuasetuksia, hakusanalla "bone healing" haku tuottaa 17 tulosta mutta niiden joukosta ei nouse uusia tutkimuksia esille. Samoin "lipus" hakusanalla kahdeksan tulosta, ei uusia tutkimuksia ilmi.

5.4.2016 Tiedonhaussa, edelleen käyttäen samoja hakuasetuksia, hakulausekkeena "ultrasound AND "stress fracture", haku tuottaa kaksi tulosta. Hakutuloksista ensimmäinen on jo aiemmin ilmi tullut ja otettu mukaan tarkempaan sisällön analyysiin. Myös toinen tutkimuksista on otsikon ja abstraktin perusteella sopiva ja se otetaan mukaan sisällön analyysiin.

12.3.2016 Haku Pubmed-tietokannasta tuottaa 205 tulosta hakulausekkeella ((Ultrasound AND fracture)) OR (ultrasound AND bone). Hakuasetuksina käytettiin; kliininen tutkimus, ihmisillä toteutettu, ilmainen kokotutkimus, julkaistu vuoden 2000 jälkeen ja englanninkielinen. Hakutulosten joukosta löytyy neljä otsikon perusteella sopivaa tutkimusta, joista yksi on sama kuin Pedro-tietokannan haussa. Näistä yksi hylätään abstraktin perusteella. Pubmed-tietokannan hausta löytyy siis kaksi uutta tutkimusta otettavaksi tarkempaan sisällön arviointiin.

14.3.2016 käyttäen samoja hakuasetuksia hakulausekkeella "ultrasound AND "bone healing" löytyy yksi tulos, joka tuli jo aiemmassa tiedonhaussa ilmi. Lipus hakusanalla löytyy 34 tulosta, mutta uusia soveltuvia tutkimuksia ei tule ilmi.

5.4.2016 Tiedonhaussa käyttäen aiempia hakuasetuksia, hakulausekkeena "Ultrasound AND "stress fracture" OR ultrasound AND "over use fracture", haku tuotti 18 tulosta. Tulosten joukossa oli yksi aiemmin ilmi tullut, otsikoltaan sopiva

tutkimus mutta joka hylättiin abstraktin perusteella. Uusia soveltuvia tutkimuksia ei siis tullut ilmi.

12.3.2016 Medic-tietokannasta haku ei tuota tuloksia hakulausekkeella "ultraääni AND murtuma". Hakulausekkeella "ultrasound AND fracture" löytyy 2 tulosta, jotka otsikon perusteella todetaan sopimattomiksi. Hakuasetukset: julkaisuvuosi 2000–2016, vain kokotekstit, asiasanojen synonyymit käytössä, kaikki kielet.

12.3.2016 Haku ARTO-tietokannasta hakulausekkeella "ultrasound AND fracture" tuottaa kolme tulosta, jotka eivät ole otsikon perusteella sopivia. Vastaavalla suomenkielisellä haulla "ultraääni AND murtuma" ei löydy hakutuloksia.

12.3.2016 ALEKSI-tietokanta ei tuota hakutuloksia hakulausekkeilla "ultraääni JA murtuma" tai "ultraääni JA luu".

13.3.2016 Haku Cochrane-tietokannasta tuotti 158 tulosta hakulausekkeella "ultrasound AND fracture", hakuasetuksina "trials" ja julkaistu aikavälillä 2000–2016. Hakutulosten joukossa oli 19 otsikon perusteella sopivaa tutkimusta, joista kaksi todettiin myös abstraktin perusteella sopivaksi. 19 otsikon perusteella sopivan tutkimuksen joukosta neljä oli jo aiemmissa hauissa löytyneitä. Kaksi tutkimusta otettiin mukaan tarkempaan sisällön arviointiin.

13.3.2016 Cinahl-tietokannasta haku tuotti 62 tulosta hakulausekkeella "ultrasound AND fracture NOT guided", hakuasetukset: julkaistu 2000–2016, kieli suomi tai englanti, linkki koko tekstiin saatavilla. Hakutulosten joukosta löytyi kolme otsikon perusteella sopivaa tutkimusta, jotka kuitenkin abstraktin perusteella todettiin epäsopiviksi koska olivat kirjallisuuskatsauksia.

13.3.2016 Ebscon SportDiscus-tietokannasta haku tuotti 89 tulosta hakulausekkeella "ultrasound AND fracture". Hakutulosten joukosta löytyi seitsemän otsikon perusteella sopivaa tutkimusta, niistä kuusi hylättiin abstraktin perusteella ja yksi otettiin mukaan tarkempaan sisällön analyysiin.

5.4.2016 Tiedonhaku Google scholar tiedonhakupalvelusta hakulausekkeella "stress fracture" AND ultrasound" tuotti 7280 hakutulosta. Niistä sata relevanssin mukaan ensimmäistä käytiin läpi. Joukosta löytyi neljä uutta otsikon perusteella sopivaa tutkimusta. Näistä kolme hylätään abstraktin perusteella ja yksi hyväksytään mukaan tarkempaan sisällön analyysiin.

Kaikkiaan hakuprosessissa käytiin läpi 725 hakutulosta. Niiden joukosta löydettiin 11 tutkimusta, jotka katsottiin otsikon ja abstraktin perusteella sopiviksi, ja joista oli myös saatavilla ilmainen kokotutkimus. Tutkimusongelman tarkennuksen jälkeen yhdestätoista kokotekstin sisällön arviointiin valitusta tutkimuksesta kolme todettiin sisällöltään tutkimusongelmaa vastaavaksi. Hakuprosessi on kokonaisuudessaan kuvattuna myös taulukkomuotoisesti (liite 3). Näistä kolmesta tutkimuksesta kaksi oli satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia ja yksi tutkimusryhmältään huomattavasti pienempi, satunnaistamaton kliininen tutkimus ilman omaa kontrolliryhmää. Tulosten vertailukohtana käytettiin aiemmin julkaistujen samantyyppisten tutkimusten tuloksia. Tutkimustulosten yleistettävyyden suhteen CCT-tyyppinen tutkimus on näyttöarvoltaan RCT-tutkimuksia heikompi (kuva 11).

Van Tulder- menetelmällä arvioitujen tutkimusten tuli saavuttaa vähintään kuusi pistettä yhdestätoista. Molemmat satunnaistetut kontrolloidut tutkimukset täyttivät vaaditut laatuksiteerit ja tulivat hyväksytyksi mukaan systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen (Liite 6). Kolmannen CCT-tyyppisen tutkimuksen arviointiin Van Tulder-menetelmä ei ole tarkoituksenmukainen. Tämän tutkimuksen arviointiin käytettiin Palomäen ja Piirtolan mukaamaa sairaanhoitajaliiton laatimasta alkuperäistutkimusten laadun arvioinnin kriteeristöä (Palomäki & Piirtola 2012, 25) (Liite 4). Tällä arviointimenetelmällä maksimipistemäärä oli 20. Tutkimuksen tuli saavuttaa vähintään 14/20 pistettä tullakseen hyväksytyksi mukaan systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Tutkimus saavutti 17/20 pistettä ja näin ollen tuli hyväksytyksi systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen. Kyseinen alkuperäistutkimusten laadunarviointikaavake on kuvattuna liitteessä 4.

7 SYSTEMAATTISEEN KIRJALLISUUSKATSAUKSEEN VALITUT ALKUPERÄISTUTKIMUKSET

Hakuprosessin ja laadun arvioinnin jälkeen systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen valikoitui kolme alkuperäistutkimusta (Taulukko 7). Tutkimukset pääsisältöineen ovat eriteltyinä myös taulukkomuotoisesti tutkimusten sisällön analysoinnin helpottamiseksi (Liite 7).

Taulukko 7. Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen valitut alkuperäistutkimukset.

Yadav, YK., Salgotra, KR. & Banerjee, A. 2008. Role of Ultrasound Therapy in the Healing of Tibial Stress Fractures. (Intia)
Rue, J-P., Armstrong, D., Frassica, F., Deafenbaugh, M. & Wilckens, J. 2004. The Effect of Pulsed Ultrasound in the Treatment of Tibial Stress Fractures. (USA)
Uchiyama, Y., Nakamura, Y., Mochida, J. & Tamaki, T. 2007. Effect of Low-Intensity Pulsed Ultrasound Treatment for Delayed and Non-union Stress Fractures of the Anterior Mid-Tibia in Five Athletes. (Japani)

Tutkimus, Role of ultrasound therapy in the healing of tibial stress fractures, on toteutettu Intian asevoimissa. Tutkimukseen osallistui 67 asevelvollista joilta oli todettu sääriluun rasitusmurtuma. Kliinisesti todetut rasitusmurtumat kuvattiin murtuman vaikeusasteen määrittämiseksi. Käytetty rasitusmurtumanvaikeusasteluokitus oli 4-portainen, 0-tarkoittaa että murtumaa ei ole ja III-luokka on oireiltaan ja radiologisesti todettuna selkeä rasitusmurtuma. Ultraäänihoitoa saaneessa ryhmässä oli 39 henkilöä, joista 25:llä oli II-luokan rasitusmurtuma ja 14:sta III-luokan rasitusmurtuma. Vertailu ryhmässä oli 28 henkilöä, joista 17:sta oli II-luokan rasitusmurtuma ja 11:sta III-luokan rasitusmurtuma. Ultraäänihoitoa saanut ryhmä sai päivittäistä hoitoa tavanomaisella ultraäänilaitteella 10 minuuttia seuraavilla hoitoasetuksilla: taajuus 3 MHz, teho: 1 W/cm², syketaajuus: 1:2. Vertailuryhmä sai päivässä 10 minuuttia placebohoitoa ultraäänilaitteesta, joka ei ollut toiminnassa. Hoitojakson ajan sotilaiden palvelus oli kevennettyä. Kun potilaat todettiin

palveluskelpoiseksi, he olivat kuukauden ajan seurannassa oireiden uusiutumisen varalta. (Yadav, Salgotra & Banerjee 2008.)

Potilaiden paranemista seurattiin kliinisesti. Potilaat todettiin kuntoutuneiksi seuraavien kriteerien pohjalta:

- Kun kipua ei ollut enää päivittäisissä toiminnoissa
- Kun paikallista kipua tai arkuutta ei ilmennyt palpoidessa tai koputustestissä
- Kun ei ollut enää havaittavissa paikallista kudoslämmön nousua
- Kun painopistetesti tuotti negatiivisen tuloksen
- Kun yhden jalan hyppytesti suoritettiin kivuttomasti ja tasapainon säilyttäen

Ultraäänihoitoa saaneessa ryhmässä edellä mainittujen kriteerien pohjalta määritetty kykenemättömyys palvelukseen kesti keskimäärin 25,46 vuorokautta. Kontrolliryhmässä palveluksesta poissaolo kesti keskimäärin 39,92 päivää. Ultraäänihoitoa saanut ryhmä siis todettiin palveluskelpoiseksi keskimäärin 14 vuorokautta, eli 36 % nopeammin kuin kontrolliryhmässä. Ero on tilastollisesti merkitsevä. (Yadav ym. 2008.)

Tutkimus *The Effect of pulsed ultrasound in the treatment of tibial stress fractures* on toteutettu Yhdysvaltain laivaston akatemiassa. Tutkimuksen kohteena olleen kurssin aloitti 1224 kokelasta, heistä 15 % naisia. Kahden ensimmäisen kuukauden aikana, joka sisälsi kuuden viikon peruskoulutusjakson, ilmeni 58 henkilöllä rasitusmurtuma joista 43 henkilöllä oli sääriluun rasitusmurtuma. Rasitusmurtuma diagnoosit oli varmistettu radiologisesti. Tutkimusjoukon kooksi muodostui 26 henkilöä, koska osa rasitusmurtuman saaneista keskeytti koulutuksen, kieltäytyi tutkimuksesta, keskeytti hoidot tai muista terveydellisistä syistä ei voinut osallistua tutkimukseen. Tutkimusjoukossa oli 43 rasitusmurtumaa, usealla tila oli siis molemmissa raajoissa. Palvelukseen paluukelpoisuus määritettiin pidempään oireilleen raajan mukaan. Ultraäänihoitoa saaneessa ryhmässä oli 14 henkilöä ja kontrolliryhmässä, joka sai placebohoitoa toimimattomasta ultraäänilaitteesta 12 henkilöä. Molemmissa ryhmissä puolet olivat miehiä ja puolet naisia. (Rue ym. 2004.)

Hoitoa annettiin 20 minuuttia päivässä luun kasvun stimulaattoriyksiköllä, joka tuotti matalatehoista sykkivää ultraääntä. Hoitoasetuksia ei eritelty tarkemmin. Hoitojakson ajan potilaat olivat kevennetyssä palveluksessa. Kuntoutumista seurattiin kliinisesti, kun potilas pystyi suorittamaan yhden jalan hyppytestin kivuttomasti eikä murtumakohdalla ollut enää palpaatio arkuutta, otettiin jalasta röntgenkuva. Jos radiologisesti oli nähtävissä merkkejä murtuman paranemisesta, potilas todettiin palveluskelpoiseksi. Molemmissa ryhmissä oireet kestivät keskimäärin noin 56 päivää, ultraääniryhmässä vaihteluväli oli 20–90 päivää ja kontrolliryhmässä 29–78 päivää. Ryhmien välillä ei ollut eroa oireiden kestossa ja palvelukseen paluun nopeudessa. (Rue ym. 2004.)

Tutkimus *Effect of low-intensity pulsed ultrasound treatment for delayed and non-union stress fractures of the anterior mid-tibia in five athletes* toteutettiin Tokain yliopiston tutkijoiden toimesta. Tutkimusjoukko koostui viidestä urheilijasta, jotka olivat olleet sairaalan potilaina sääriluun rasitusmurtuman takia vuosien 1998–2003 välillä. Urheilijoiden joukossa oli tenniksen pelaaja, judoka, jalkapalloilija ja kaksi koripalloilijaa, heistä neljä oli miehiä ja yksi nainen. Kaikilla heillä rasitusmurtumat olivat paranemiseltaan viivästyneitä delayed union tapauksia tai non-union tapauksia. Rasitusmurtuma diagnosoitiin radiologisesti. Ultraäänihoito aloitettiin keskimäärin 5,2 kuukautta oireiden puhkeamisen jälkeen. Ultraäänihoitojakso päätettiin kun murtuma todettiin parantuneeksi sekä kliinisesti että radiologisesti. Potilaat ohjattiin itsenäisesti käyttämään ultraäänihoitolaitteita, jotka he saivat kotiinsa. Päivittäinen hoitoaika oli 20 minuuttia, hoitotaajuus 1,5 MHz, pulssitaajuus 1:5. Ultraäänihoitojakson alussa potilaita ohjeistettiin välttämään murtumakohtaan kipua tuottavia tekijöitä mutta muutoin jatkamaan normaaleja päivittäisiä toimintojaan lajiharjoittelua lukuun ottamatta. Paluu harjoitteluun sallittiin kun potilaat olivat kliinisesti oireettomia. (Uchiyama ym. 2007.)

Tutkimuksessa kontrolliryhminä käytettiin kolme aiemmin julkaistua tutkimusta, joissa samantyyppisistä vammoista kärsiviä potilaita oli hoidettu erilaisia konservatiivisen hoidon menetelmiä käyttäen (Kuva 12). Kontrolliryhmien hoidon sisältö ja tutkimusjoukon koko: Orava, lepo (8); Retting, lepo ja sähköhoito (6); Batt, ilmalasta (3).

Keskimäärin ultraäänihoitajakso kesti 11 kuukautta, vaihteluväli 8-14 kk, jota seurasi 6-12 kuukauden seurantajakso. Seurantajakson aikana potilailla ei todettu oireiden uusiutumista. Keskimäärin potilaat tulivat oireettomaksi 3,8 kuukauden kuluttua ultraäänihoidon aloittamisesta, vaihteluväli 2-5 kk. Vertailun kohteena olleissa tutkimuksissa potilaat saavuttivat kivuttoman tilan 6-9 kuukauden välillä, Orava ka 6 kk (6-9), Retting ka 7,5 kk (5-11) ja Batt ka 9 kk (3-14). Kyseisessä tutkimuksessa murtumat todettiin radiologisesti parantuneeksi keskimäärin 11 kuukauden kuluttua ultraäänihoidon aloittamisesta, vaihteluväli 8-14 kk. Vertailututkimuksissa radiologinen parantuminen todettiin 6-9 kuukauden kuluttua hoidon aloittamisesta, Orava ka 6 kk (3-10), Retting ka 7,5 kk (5-11) ja Batt ka 9 kk (3-14). Paluu normaaliin lajiharjoitteluun tapahtui kyseisessä tutkimuksessa keskimäärin kolmen kuukauden jälkeen ultraäänihoidon aloittamisesta, vaihteluväli 2-4 kk. Vertailututkimuksissa lajiharjoitteluun paluu tapahtui Rettingillä keskimääräisesti 7,5 kk jälkeen (5-11) ja Battilla 12 kuukauden jälkeen (11–14), Oravan tutkimuksessa harjoitteluun paluuta ei oltu mitattu. (Uchiyama ym. 2007.)

Author	Cases	Treatments	Recovery period		
			Pain (months)	Full sports activity (months)	Bone union (months)
Retting ³	6	Rest with ES	7.5 (5-11)	7.5 (5-11)	7.5 (5-11)
Orava ⁶	8	Rest	6 (3-10)	Unknown	6 (3-10)
Batt ¹	3	Pneumatic lower leg brace	9 (3-14)	12 (11-14)	9 (3-14)
Present result	5	LIPUS	3.8 (2-5)	3 (2-4)	11(8-14)

ES, electrical stimulation; LIPUS, low-intensity pulsed ultrasound

Kuva 12. Ultraäänihoito verrattuna muihin konservatiivisiin hoitomenetelmiin (Uchiyama ym. 2007).

8 TULOKSET

Yadav, Salgotra ja Banerjee osoittivat tutkimuksessaan että ultraäänihoito selvästi lyhensi sääriluun rasisurmurtumasta toipumisaikaa potilailla, joiden paranemisen seuranta perustui klinisiin tutkimuksiin, mahdollistaen samalla nopeamman palvelukseen palaamisen. Samoin Uchiyama, Nakamura, Mochida ja Tamaki osoittivat että ultraäänellä hoidetut sääriluun rasisurmurtumat tulivat kivuttomiksi selvästi nopeammin kuin vertailututkimuksissa. Paluu normaalin harjoittelun pariin tapahtui myös Uchiyaman ym. tutkimuksessa vertailukohteita nopeammin. Uchiyaman ym. tutkimuksessa ei ilmennyt hoidon päättymisen jälkeen oireiden uusiutumista 6-12 kk seurantajakson aikana. Myöskään Yadav ym. eivät raportoineet oireiden uusiutumisesta kuukauden kestäneen jälkiseurantajakson aikana. Sen sijaan Rue, Armstrong, Frassica, Deafenbaugh & Wilckens eivät raportoineet ultraäänihoidon nopeuttavan sääriluun rasisurmurtuman oireiden häviämistä ja palvelukseen paluuta, vaan palveluksesta poissaolojako muodostui yhtä pitkäksi ultraäänihoidoa saaneessa ryhmässä ja kontrolliryhmässä. (Yadav ym. 2008; Uchiyama ym. 2007; Rue ym. 2004.)

Ruen ym. tutkimustulokset ovat ristiriidassa Yadav ym. ja Uchiyaman ym. esittämiin tuloksiin. Kuitenkaan yksikään tutkimus ei raportoi ultraäänihoidon pahentaneen rasisurmurtuman oireita tai pidentäneen niiden kestoa, siksi voidaankin katsoa että ultraäänihoito on turvallinen vaihtoehto rasisurmurtuman hoitoon, vaikkakaan sen hyödyistä ei saatu ristiriidatonta näyttöä. Tästä huolimatta voidaan katsoa että näyttöä on olemassa sen puolesta, että ultraäänellä hoidetut sääriluun rasisurmurtumat tulevat kivuttomaksi nopeammin ja että ultraäänihoito voi mahdollistaa nopeamman palaamisen liikunnalliseen harjoitteluun kuin muita konservatiivisia hoitolinjoja käyttäen.

Uchiyaman ym. tutkimuksessa huomattiin että vaikka klinisten tutkimusten perusteella rasisurmurtuma vaikuttaa parantuneelta, radiologisesti tutkittuna se ei vielä sitä ole. Rue ym. eivät vastaavasta ilmiöstä raportoineet. Yadavin ym. tutkimuksessa palvelukseen paluupäätös tehtiin klinisten tutkimusten pohjalta, eikä radiologisia tutkimuksia tässä vaiheessa enää tehty. (Yadav ym. 2008;

Uchiyama ym. 2007; Rue ym. 2004.) Tämä tutkimus ei siis tarjonnut vastausta siihen perustuuko ultraäänihoidon mahdollistama nopeampi paluu liikunnalliseen harjoitteluun varsinaisesti ultraäänien luutumista stimuloivaan vaikutukseen, vai siihen että ultraäänihoido teki murtumat kivuttomaksi nopeammin.

Rasitusmurtuman hoitoon käytetyt hoitoasetukset olivat pääpiirteissään yhteneväiset. Kaikissa tutkimuksissa käytettiin matalatehoista sykkivää ultraääntä. Kahdessa tutkimuksessa päivittäinen hoitoaika oli 20 min (Rue ym. & Uchiyama ym.) ja yhdessä 10 min (Yadav ym.). Hoitotaajuutena Yadav ym. käyttivät 3 MHz ja Uchiyama ym. 1,5 MHz, Rue ym. tutkimuksen tarkkoja hoitoasetuksia ei raportoitu. Hoidon intensiteetti oli Yadavilla ym. 1 W/cm², Uchiyamalla ym. hoidon intensiteetti oli ilmoitettu tavanomaisista Eurooppalaisista normeista poikkeavalla tavalla, intensiteetti oli joka tapauksessa matala. Yadavilla ym. sykkivän ultraäänien pulssitaajuus oli 1:2 ja Uchiyamalla ym. 1:5. (Yadav ym. 2008; Uchiyama ym. 2007; Rue ym. 2004.)

9 POHDINTA

9.1 Tutkimustulosten pohdinta ja johtopäätökset

Tutkimusten perusteella näytti selvältä että ultraäänihoito lyhentää rasitusmurtuman oireiden ilmenemistä. Mikä tämän ilmiön aiheuttaa, ei ollut varsinaisesti tutkimuksen kohteena yhdessäkään alkuperäistutkimuksessa. Kuitenkin erityisesti Uchiyama ym. pohdinnassaan käsittelivät mahdollisia syitä, jotka voivat olla tekijöinä siihen, että ultraäänellä hoidetut rasitusmurtumat tulivat oireettomaksi vertailuryhmiä nopeammin. Heidän tutkimuksessaan potilaan tultua oireettomaksi, otettiin magneettikuvat jotka osoittivat luuödeeman hävinnan murtumakohdasta. Samalla muutokset kortikaaliluussa olivat vähentyneet. Uchiyama ym. päättelivät että ultraääni lisää luun ja ympäröivien pehmytkudosten nesteiden läpäisevyyttä. Myös lähdekirjallisuudessa tuotiin esiin ultraäänen kalvojen läpäisevyyttä lisäävä vaikutus. Uchiyama ym. uskovat että ultraäänen rasitusmurtuman oireiden ilmenemistä lyhentävä vaikutus perustuu sen turvotusta vähentäviin fysiologisiin vaikutuksiin, sekä kortikaaliluun muutosten vähenemiseen. (Uchiyama ym. 2007.)

Samalla Uchiyama ym. kuitenkin havaitsivat että ultraäänihoitoa saaneet kliinisesti tutkien parantuneilta vaikuttaneet rasitusmurtumat, eivät vielä tässä vaiheessa täyttäneet täydellisen luutumisen kriteereitä radiologisesti tutkittuna. Rue ym. eivät raportoineet vastaavasta havainnosta ja Yadav ym. eivät käyttäneet enää kuvantamista potilaan täytettyä kliinisen paranemisen merkit. Poiketen kahdesta muusta tutkimuksesta, Uchiyama ym. tutkimuksessa rasitusmurtumat olivat deayed- ja non-union tapauksia. Tästä syystä Uchiyaman ym. havainto poikkeamasta kliinisen paranemisen merkeistä ja radiologisesti todetun paranemisen ajankohdasta, ei välttämättä ilmene kuin delayed- ja non-union tapauksissa. Näistä havainnoista johtuen on kuitenkin pidettävä kontrollikuvausta tarpeellisena siinä vaiheessa, kun ultraäänellä hoidettu rasitusmurtuma osoittaa kliinisen paranemisen merkkejä. (Uchiyama ym. 2007; Rue ym. 2004; Yadav ym. 2008.)

Toisaalta Yadav ym. pitivät murtuman paranemisen seurannassa kliinisiä tutkimuksia ensisijaisena. He olivat tietoisia ilmiöstä että murtuma jatkaa edelleen lujittumistaan radiologisten tutkimusten mukaan kliinisesti todetun paranemisen jälkeenkin. Yadav ym. mukaan röntgen- ja isotooppitutkimukset kuvaavat huonosti murtuman paranemisen astetta ja myös ennustavat huonosti paranemisen etenemistä. Isotooppitutkimukset voivat näyttää positiivista tulosta rasisusmurtumasta vielä vuosi kliinisen paranemisen jälkeenkin. Tästä syystä Yadavin ym. mukaan isotooppitutkimusta ei pitäisi käyttää rasisusmurtuman paranemisen seurannassa. (Yadav ym. 2008.)

Uchiyaman ym. ja Yadavin ym. tutkimusten mukaan ultraäänihoito mahdollisti urheilijoille ja sotilaille vertailuryhmiä merkittävästi nopeamman paluun normaaliin harjoitteluun. Uchiyaman ym. tutkimuksessa käytettiin perinteisiä kuntoutusprotokolia rohkeampaa lähestymistapaa rasisusmurtuman kuntoutukseen sallimalla urheilijoille paluun normaaliin harjoitteluun siinä vaiheessa kun he tulivat kivuttomiksi, vaikka radiologisesti tutkien murtuman täydellistä paranemista ei ollut vielä tapahtunut tässä vaiheessa. Tästä huolimatta Uchiyaman ym. tutkimuksessa rasisusmurtumat paranivat täydellisesti, vaikkakin hitaammin kuin esim. täyslevossa olleilla potilailla. Myöskään vamman uusiutumisen ei raportoitu seuranta-aikana. Vaikkakaan selvää näyttöä ultraäänihoidon rasisusmurtuman luutumista nopeuttavasta vaikutuksesta ei saatu, voidaanko mahdollisesti päätellä että ultraäänellä oli kuitenkin jokin luun korjausprosesseja stimuloiva vaikutus. Uchiyaman ym. tutkimuksessa rasisusmurtuman paraneminen eteni, vaikka potilaat kuormittivat alaraajojaan heille normaalilla harjoittelulla jo huomattavasti ennen täydellistä ja radiologisesti todennettua paranemista, mikä on täysin poikkeavaa normaaliin rasisusmurtuman kuntoutusprotokolaan nähden. (Yadav ym. 2008; Uchiyama ym. 2007.)

Rue ym. eivät kuitenkaan havainneet omassa tutkimuksessaan ultraäänihoidon nopeuttavan palvelukseen palaamista. Oman tutkimuksensa pohdinnassaan he erittelivät syitä joista tulos on voinut johtua, vaikka muissa tutkimuksissa ultraäänihoidolla oli todettu olleen hyötyjä rasisusmurtuman hoidossa. Ruen ym. tutkimuksessa ultraäänihoito päästiin aloittamaan keskimäärin vasta 29 päivän

kuluttua oireiden ilmenemisestä. Yadav ym. eivät raportoineet viiveestä oireiden ilmaantumisen ja hoidon aloittamisen välillä. Mahdollisesti syy heidän tutkimustulostensa poikkeavuuteen on tässä. Rue ym. viittaavat pohdinnassaan case report-tutkimukseen, jossa huippuvoimistelijan rasitusmurtumaa hoidettiin menestyksekkäästi ultraäänellä. Myös Yadav. ym viittasivat pohdinnassaan samaan tutkimukseen. Voimistelijan rasitusmurtuma diagnosoitiin päivä oireiden ilmenemisen jälkeen ja hoito aloitettiin välittömästi. Hoito mahdollisti voimistelijan osallistumisen olympialaisiin. Viive rasitusmurtumien diagnosoinnin ja oireiden ilmaantumisen välillä on tyypillistä, mutta viive tulisi pyrkiä minimoimaan. Ruen ym. esiin nostama esimerkki kertoo nopean diagnosoinnin merkityksestä. Heidän tutkimuksessaan viive oireiden ilmenemisen ja hoidon aloittamisen välillä voi hyvinkin selittää miksi ultraäänihoidosta ei todettu hyötyä heidän tutkimuksessaan. (Rue ym. 2004; Yadav ym. 2008.)

Rue ym. tuovat pohdinnassaan esille, että mahdollisesti ultraäänen hyöty murtuman hoidossa on suurimmillaan juuri paranemisprosessin alussa. Ultraääni saattaa nopeuttaa luutumisosprosessin käynnistymistä, mutta kun luutuminen on jo alkanut, ei ultraäänihoidolla enää tässä vaiheessa ole välttämättä suurta merkitystä. Rue ym. viittaavat pohdinnassaan eläinkokeeseen, jossa paranemisprosessin alkuvaiheessa annettu ultraäänihoido oli lisännyt murtumal alueella tiettyjen kasvutekijöiden ilmaantumista ja stimuloanut pehmeän kalluksen muodostumista. Rue ym. kertovat, että ultraääntä käytetään non-union ja toisinaan myös delayed union murtumien hoitoon laivaston akatemiassa, vaikka tavanomaisten sääriluun rasitusmurtumien hoitoprotokolaan se ei kuulukaan. Edellä mainituista tekijöistä johtuen ultraäänihoido saattaa sopia erityisen hyvin non-union ja delayed union murtumien hoitoon, stimuloimaan jostain syystä viivästynyttä paranemisprosessin käynnistymistä. (Rue ym. 2004.)

Toinen Ruen ym. esiin nostama mahdollinen selitys heidän tutkimustensa tuloksille oli käytetty hoitoaika. Ruen ym. tutkimuksessa hoitoa annettiin päivittäin 20 minuuttia, kun taas huippuvoimistelijan tapaustutkimuksessa hoitoaika oli 3x20 min päivässä. Rue ym. pohtivat oliko heidän käyttämänsä hoitoaika riittävä rasitusmurtuman paranemisen stimuloimiseksi. Toisaalta Yadavin ym. tutkimuksissa päästiin positiivisiin tuloksiin puolta lyhyemmälläkin hoitoajalla.

3x20 minuutin päivittäinen hoitoaika kuulostaa pitkältä verraten perinteisiin ultraäänen hoitoaikasuosituksiin. Käytettävistä hoitoasetuksista vallitsee yksimielisyys kaikissa läpikäymissäni tutkimuksissa ja lähteissä, matalatehoinen ja sykkivä ultraääni on ainoa murtumien hoitoon käytetty moodi. Koska murtumien hoidossa pyritään vain vähäisiin lämpövaikutuksiin, on 3x20 minuutinkin hoitoaika luultavasti täysin mahdollista toteuttaa ilman haittavaikutuksia. (Rue ym. 2004; Yadav ym. 2008.) Ultraäänihoidon haittavaikutukset ovatkin useimmiten yhteydessä liialliseen lämpövaikutukseen (Sandström ym. 1991, 115–116; Low & Reed 2000, 200).

Aro ym. mainitsevat teoksessaan sääriluun etukorteksin epätäydelliset murtumat vaikeina tapauksina, jotka paranevat hyvin hitaasti ja saattavat vaatia leikkaushoitoa, tyypillisesti ydinnaulausta (Aro ym. 2010). Uchiyaman ym. tutkimuksen murtumatapaukset olivat juuri tämän kaltaisia. Heidän tutkimuksessaan kaikki murtumat lopulta paranivat täydellisesti ultraäänihoidoa käyttäen. Tämä herättää ajatuksen, voitaisiinko ultraäänihoido nähdä vaihtoehtoisena hoitomuotona operatiiviselle hoidolle paranemiseltaan viivästyneille sääriluun etukorteksin rasitusmurtumille. Uchiyama ym. itse esittävät näkemyksen, että jos ultraäänihoido ei ole neljässä kuukaudessa auttanut rasitusmurtuman oireisiin, tällöin ydinnaulaus on paras vaihtoehto mahdollisimman nopean paluun takaamiseksi harjoittelun pariin. (Uchiyama ym. 2007.)

Uchiyaman ym. ja Yadavin ym. tutkimusten tuloksilla voi olla suuri merkitys urheilijoille ja asevoimien yksiköille. Mikäli ultraäänihoido mahdollistaa rasitusmurtumasta kärsivälle urheilijalle parikin viikkoa nopeamman paluun normaalin harjoitteluun, voi tällä olla merkittävä vaikutus esim. kilpailukauden onnistumiseen. Tästä syystä ultraäänihoido on houkutteleva ja varteenotettava hoitomuoto rasitusmurtumasta kärsivälle urheilijalle. Asevoimissa taas rasitusmurtumien esiintyminen vaikeuttaa yksiköiden koulutuksellisten tavoitteiden saavuttamista ja vaikuttaa sotilaallisen valmiuden ylläpitoon (Rue ym. 2004). Ultraääni näyttää tarjoavan mahdollisuuden palveluksesta poissaolojaksojen lyhentämiseen, siksi menetelmästä voi olla hyötyä myös asevoimien lääkintäyksiköiden käytössä.

Tutkimustulosten johtopäätöksenä totean, että sääriluun rasisusmurtumien hoitoon voidaan käyttää matalatehoista sykkivää ultraääntä, kun tavoitteena on mahdollisimman nopea palaaminen potilaalle normaaleihin aktiviteetteihin. Samalla kuitenkin on muistettava, että näyttö menetelmän puolesta ei ole toistaiseksi vahvaa.

9.2 Jatkotutkimusehdotukset

Uchiyama ym. havaitsivat tutkimuksessaan että sääriluun non-union ja delayed-union tapauksissa kliinisten tutkimusten perusteella parantunut murtuma ei sitä vielä ollut radiologisesti tarkasteltuna. Asiaa olisi syytä tutkia, tapahtuuko sama ilmiö myös tavanomaisissa sääriluun rasisusmurtumissa, joissa ei ole kyse viivästyneestä paranemisesta. Aihe on merkittävä siltä kannalta, tulisiko luottaa ensisijaisesti kliinisiin havaintoihin vai tarvitaanko tueksi myös kuvantamista, päätöksenteossa potilaan paluusta normaaleihin aktiviteetteihin. Uchiyama ym. havaitsivat myös ultraäänihoidon vähentäneen turvotusta murtuma-alueella ja arvioivat sen olevan kipua lievittävä tekijä. Uchiyaman ym. havaintojen pohjalta on syytä tutkia tarkemmin onko ultraäänihoido lähinnä rasisusmurtuman kivun hoitoa vai onko sillä todellisia luutumista stimuloivia vaikutuksia.

Uchiyaman ym. tutkimuksessa ultraäänellä hoidetut rasisusmurtumat paranivat vaikka potilaille sallittiin urheilulajiinsa palaaminen kesken hoitajakson ennen kuin radiologisesti oli nähtävissä täydellistä murtuman paranemista. Jotta voitaisiin tehdä luotettavia päätelmiä siitä mahdollistaako ultraäänihoido raajan normaalia kuntoutuslinjaa kovemman kuormituksen toipilasaikana, täytyy asiasta tehdä lisätutkimuksia. Tällöin on luotava tutkimusasetelma jossa on kolme tutkimusryhmää, yhdessä ryhmässä hoitolinja on normaali konservatiivinen sisältäen lepoa, toinen ryhmä on levossa mutta saa ultraäänihoido, kolmas ryhmä saa ultraäänihoido ja jatkaa normaalia raajan kuormitusta heti ultraäänihoidon alettua tai jonkin määritellyn ajan jälkeen.

Murtuman hoito ultraäänellä aihealueena kokonaisuudessaan vaatii vielä runsaasti lisätutkimuksia. Menetelmästä on olemassa lupaavia tutkimustuloksia

mutta laajoilla tutkimusjoukoille toteutettuja satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia tarvitaan lisää. Tutkimustietoa tarvitaan erityisesti siitä mitkä ovat ne tekijät joihin perustuen ultraääni voisi mahdollisesti vaikuttaa luun korjausprosesseihin, ja missä vaiheessa paranemisprosessia ultraääntä tulisi käyttää. Kirjallisuuskatsauksin voitaisiin tuottaa lisätietoa siitä minkä tyyppisten murtumien hoitoon ultraääni olisi omimmillaan, ja minkäläisten hoitomuotojen yhteyteen ultraääni sopii käytettäväksi.

9.3 Tutkimuksen luotettavuuden pohdinta

Validiteetti ja reliabiliteetti ovat keskeisiä käsitteitä tutkimuksen luotettavuuden arvioinnissa. Validiteetti-käsite jaetaan ulkoiseen ja sisäiseen validiteettiin. Ulkoinen validiteetti tarkoittaa sitä kuinka yleistettäviä tutkimuksen tulokset ovat. Sisäinen validiteetti yksinkertaistettuna tarkoittaa sitä mittaavatko tutkimusmenetelmät niitä asioita, joita on tarkalleen ottaen haluttu tutkia. Reliabiliteetti kuvaa tutkimuksen toistettavuutta. Jotta tutkimus on reliabeeli, tulisi kahden tai useamman eri tutkijan pystyä toistamaan sama mittaus ja saada samanlaisia tuloksia. Tällöin tutkimuksen tulokset eivät muodostu sattumanvaraisesti. (Metsämuuronen 2006, 57, 64–67.) Katson että tutkimukseni on validi siltä osin, että tutkimuksen tulokset vastaavat asetettuun tutkimuskysymykseen ja tutkimuksen tavoitteisiin. Tutkimuksen validiteettia vahvistaa myös että työni teoriaviitekehys on rajattu tutkimusongelmaa ja työn tavoitteita vastaavaksi.

Tutkimuksen luotettavuuden kannalta kattavat tiedonhauet ovat keskeisiä. Tiedonhaussani aineisto alkoi kylläntymään, eli samat hakutulokset esiintyivät hauissa eri tietokannoissa sekä myös erilaisilla hakulausekkeille ja hakusanoilla. Tältä osin tiedon valikoitumisesta johtuva harha on pyritty minimoimaan. Alkuperäistutkimusten poissulkukriteeriksi määrittelin, jos tutkimus on julkaistu ennen vuotta 2000. Tiedonhakujen rajaaminen julkaisujen iän perusteella lisää tutkimuksen luotettavuutta, taaten että systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa esiintyy nykyaikaista tietoa. Toisaalta tästä syystä on myös saattanut rajautua systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ulkopuolelle iältään vanhempi mutta laadukkaasti toteutettu aihetta käsittelevä tutkimus. Tutkimuksen reliabiliteettia tukee tarkoin kuvattu tiedonhakuprosessi. Tämä

tekee tutkimuksesta toistettavan. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tekemisessä on tärkeää kiinnittää huomiota alkuperäistutkimusten laatuun. Laadun arviointi lisää kirjallisuus katsauksen yleistä luotettavuutta. (Johansson ym. 2007.) Työssäni suoritin asianmukaisesti alkuperäistutkimusten laadun arvioinnin mikä lisää työn tulosten luotettavuutta.

Kirjallisuuskatsauksen teossa on olemassa mahdollisuus kieliharhan syntymiseen, jos käytetään vain yhdellä kielellä julkaistuja alkuperäistutkimuksia (Johansson ym. 2007, 53). Tässä tapauksessa tutkijan oma kielitaito mahdollisti ainoastaan englannin- tai suomenkielisten tutkimusten huomioimisen. Suurin osa lääketieteellisistä tutkimuksista julkaistaan englanniksi, joten kieliharhan syntymisen riski ei ole suuri. Kuitenkin kaksi kertaa hakuprosessin aikana juoduin hylkäämään otsikon perusteella sopivan tutkimuksen sen julkaisukielen takia.

Työn luotettavuutta heikentää rajallinen pääsy tutkimusmateriaaleihin. Tiedonhaut täytyi keskittää niihin tietokantoihin, joihin korkeakouluni kautta on pääsy. Näidenkin tietokantojen sisällä ongelmaksi saattoi muodostua kokotutkimustekstien saatavuus. Viidestätoista abstraktin perusteella sopivaksi katsotusta tutkimuksesta, viiteen ei ollut maksutonta pääsyä. Tästä syystä joitain tutkimuksen aiheeseen sopineita relevantteja tutkimuksia on saattanut jäädä huomiotta. Mikäli tutkimustekstejä olisi ollut valmis ostamaan, olisi se nostanut työn luotettavuutta tältä osin. Tutkimustulosten yleistettävyyttä olisi parantanut jos olisin löytänyt enemmän alkuperäistutkimuksia systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseeni.

9.4 Työn eettisyys

Opetus- ja kulttuuriministeriö on asettanut asiantuntijaelimen, tutkimuseettisen neuvottelukunnan edistämään hyvää tieteellistä käytäntöä Suomessa. TENK on laatinut yhdeksän kohtaa käsittävän hyvän tieteellisen käytännön ohjeistuksen (Liite 5). TENK toteaa hyvän tieteellisen käytännön johdantokappaleessa *"Tieteellinen tutkimus voi olla eettisesti hyväksyttävää ja luotettavaa ja sen tulokset uskottavia vain, jos tutkimus on suoritettu hyvän tieteellisen käytännön*

edellyttämällä tavalla” (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012). Lause summaa osuvalla tavalla hyvän tieteellisen käytännön merkityksen.

Hyvä tieteellinen käytäntö ohjaa myös korkeakouluopiskelijoiden työskentelyä. Läpi opinnäytetyöprosessin olen pyrkinyt työskentelemään hyvän tieteellisen käytännön mukaisesti. Hyvän tieteellisen käytännön kohdan 1 mukaisesti olen työskennellyt rehellisesti sekä pyrkinyt huolellisuuteen ja tarkkuuteen tutkimuksen kaikissa vaiheissa. Kirjallisuuskatsaukseen tutkimusmetodina tai sen aiheeseen ei liity sellaisia kysymyksiä, jotka kohdan viisi tarkoittamalla tavalla vaatisivat tietyillä aloilla vaadittavaa eettistä ennakoarviointia, kuten voi liittyä esim. kliiniseen tutkimukseen tai eläinkokeisiin. Myös alkuperäistutkimusten toteutuksen eettisyyteen on kiinnitetty huomiota. Työhöni valikoituneissa alkuperäistutkimuksissa en todennut etiikan osalta moitittavaa. Työssäni on käytetty asianmukaisia lähdemerkintöjä, jotta muiden tutkijoiden ja kirjoittajien työ tulee huomioiduksi kohdan 3 tarkoituksen mukaisesti. Kohtien 7 ja 8 tarkoittamia eturistiriitoja tai esteellisyyksiä ei kohdallani ole tähän tutkimukseen liittyen, koska tutkijana olen riippumaton ja vailla ulkopuolista rahoitusta. Kohdassa 6 mainitut oikeudet ja tekijyyteen liittyvät periaatteet on linjattu toimeksiantosopimuksessa (Liite 1). (Tutkimuseettinen neuvottelukunta 2012.)

9.5 Opinnäytetyöprosessin pohdinta

Idea opinnäytetyön aiheesta oli olemassa jotakuinkin vuoden, toisen vuoden kesti opinnäytetyön suunnitelman pyörittely. Kun varsinaisen opinnäytetyön työstäminen alkoi todenteolla tammikuun lopulla 2016, prosessi eteni siitä alkaen varsin sujuvasti. Työn teon rytmi säilyi hyvin yllä, opinnäytetyötä työstettiin rutiininomaisesti eteenpäin lähes päivittäin. Jotain käyntivaiheitakin työskentelyyn tuli opettajien kommentteja odotellessa. Varsinaisen opinnäytetyön työstäminen eteni varsin itsenäisesti. Ohjaavien opettajien kanssa opinnäytetyötä käytiin läpi pariin otteeseen. Lisäohjauksesta olisin hyötynyt erityisesti opinnäytetyön suunnitelmaa työstäessäni. Tässä vaiheessa saamani harvat kommentit olivat melko ylimalkaisia, eivätkä juuri auttaneet suunnitelman laatimisessa. Vuoden vaihteessa toinen ohjaavista opettajistani vaihtui, minkä koin hyvin merkitykselliseksi opinnäytetyön valmistumisen kannalta.

Jälkikäteen todeten tekisin toisin opinnäytetyöprosessin läpiviennissä ainakin sen, että tutustuisin tutkimusmenetelmä kirjallisuuteen tarkemmin jo tutkimussuunnitelman laatimisvaiheessa. Nyt metodologiaan tutustuminen jäi ennakoita pintapuoliseksi ja siihen tarkempi paneutuminen tapahtui vasta opinnäytetyön edetessä. Lisäksi pilottihaku vaiheessa olisi ollut hyvä tutustua hakutuloksiin ja niiden saatavuuteen vielä tarkemmin, mikä olisi auttanut aihealueen rajauksessa. Nyt tutkimuskysymys tarkentui lopulliseen muotoonsa vasta tiedonhakuprosessin aikana, sääriiluun rasitusmurtumien ollessa ainoa murtumatyyppi josta löytyi enemmän kuin kaksi saatavilla olevaa kokotutkimusta. Opinnäytetyössäni olen erityisesti tyytyväinen tulosesioon ja niiden pohdintaan.

Ennen opinnäytetyön aloittamista en olisi koskaan uskonut että pystyn tuottamaan noin 60 sivua tieteellistä tekstiä ja lopulta vielä melko tuskattomasti. Tiesin itseni hyväksi kirjoittajaksi mutta koulutöitä kohtaan se ei aiemmin ollut juuri ilmennyt. Ennen koulutöiden aloittaminen ja niihin keskittyminen oli hyvin tuskaista. Viimeisenä opiskeluvuotena sain kokea mitä merkitsee opiskelurytmiin pääseminen, mikä on tavallaan sääli että kokemus tästä syntyi vasta opintojen loppusuoralla. Viimeiselle opiskeluvuodelle suuresti muuttuneet ajankäyttömahdollisuuteni tekivät sen mahdolliseksi. Opinnäytetyön tekeminen tarjosi positiivisia oppimiskokemuksia. Työn tekeminen synnytti parhaimmillaan jopa jonkinlaista intoa. Työn lähestyessä loppuaan ja ymmärryksen työn metodologiaa kohtaan kasvaessa, huomasin kuinka siitä olisi voinut hioa entistä paremman mutta tietysti palautuspäivämäärä tuli ennen pitkää vastaan. Lopultakin opinnäytetyö tarjosi kai jonkinlaisen itsensä voittamisen kokemuksen, mitä en ole aiemmin opintoihin liittyen kokenut.

LÄHTEET

- Abdelghani, M. 2013. Stress fractures. Viitattu 24.5.2016. <http://www.slideshare.net/me002eg/1-stress-fractures>
- Aro, H., Kröger, H., Böstman, O., Lassus, J & Salo, J. 2010. Traumatologia. 7. painos. Keuruu: Kandidaatti kustannus
- Chattanooga medical supply. Viitattu 4.5.2016. <http://www.chattmed.com/index.php?act=viewCat&catId=46>
- Diter. Viitattu 4.5.2016. <http://www.diter.com/www/tuotteet/fysioterapia/ultraaani>
- Fox, J. & Sharp, T. 2007. Practical electrotherapy. Churchill Livingstone.
- Hytönen, M., Bäck, L., Malmivaara, A. & Roine, R. 2008. Suomen Lääkärilehti 37/2008 – Radiotaajuushoito nenän tukkoisuuden hoidossa. Viitattu 13.4.2016. http://www.thl.fi/attachments/halo/SLL_2008_37_Radiotaajuushoito%20nen%C3%A4n%20tukkoisuuden%20hoidossa.pdf
- Johansson, K., Axelin, A., Stolt, M. & Ääri, RL. 2007 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja sen tekeminen. Turku: Turun yliopisto.
- Kahn, J. 1994. Principles and practice of electrotherapy. Churchill Livingstone.
- Karsikas, R. 2016. Diter Oy, toimitusjohtaja, fysioterapeutti. Sähkö- ja ultraäänihoidon koulutus 15.1.2016 Lapin kuntoutus Oy
- Kiviranta, I. & Järvinen, M. 2012, Ortopedia. Keuruu: Kandidaatti kustannus.
- Käypä hoito. 2011. Sääriluun murtumat. Viitattu 18.12.2015 <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50018>
- Lookfordiagnosis.com. Viitattu 28.2.2016. http://www.lookfordiagnosis.com/mesh_info.php?term=Osteoblasts&lang=1
- Low, J. & Reed, A. 2000 Electro therapy explained – Principles and practice. Butterworth – Heinemann
- Metsämuuronen, J. 2005. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: International Methelp KY.
- Midlands technical college. Columbia, USA. Viitattu 28.2.2016. <http://classes.midlandstech.edu/carterp/Courses/bio210/chap06/lecture1.html>
- Miller, T. & Kaeding, C. 2012. Stress fractures in athletes – Diagnosis and management. Viitattu 13.5.2016. https://books.google.fi/books?id=DsflBAAAQBAJ&pg=PA145&lpg=PA145&dq=ossifying+mechanism+tibial+stress+fracture&source=bl&ots=ZRpY7hpsqF&sig=MwlNd_8zsfuudUD5x3uSG_yXNvc&hl=fi&sa=X&redir_esc=y#v=snippet&q=ossifying%20mechanism%20tibial%20stress%20fracture&f=false

Mäkelä, M., Varonen V., & Teperi, T., 1995. Systemoitu kirjallisuuskatsaus tiedon tiivistäjänä. Viitattu 18.2.2016. http://duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo60413&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth=

Netter, F. Atlas of human anatomy. 1994. Sveitsi. Ciba-Geigy

Orthopedic institute. 2016. Illinois, USA. Viitattu 28.2.2016. <http://orthopedic-institute.org/fracture-care/types-of-fractures/>

Palomäki, G. & Piirtola, H. 2012. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus terveydenhuollon hoitoketjuista ja niiden vaikuttavuudesta. Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 11.5.2016. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/44246/Palomaki_Gitta_Piirtola_Heli.pdf?sequence=2

Peterson, L. & Renström, P. Urheiluvammat – Hoito ja ennaltaehkäisy. 1987. Jyväskylä: Valmennuskolmio.

Rue, J-P., Armstrong, D., Frassica, F., Deafenbaugh, M. & Wilckens, J. 2004. The Effect of Pulsed Ultrasound in the Treatment of Tibial Stress Fractures

Saarelma, O. 2014. Lääkärikirja Duodecim - Rasitusmurtuma ("marssimurtuma"). Viitattu 3.5.2016. http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00771

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus?. Viitattu 18.2.2016. http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

Sand, O., Sjaastad, O., Haug, E & Bjälje, J. 2013. Ihminen – Fysiologia ja anatomia. 8-10. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy

Sandström, M. & Metsola, P. 1991. Fysikaaliset syvälämpö ja sähköhoidot. Jyväskylä: Valmennuskolmio.

Skalski, M. Fredericson MRI classification of medial tibial stress syndrome. Viitattu 24.5.2016. <http://radiopaedia.org/cases/fredericson-mri-classification-of-medial-tibial-stress-syndrome>

Sormaala, M., Visuri, T., Kiuru, M. & Pihlajamäki, H. 2007. Varusmiesten rasitusmurtumien diagnoosi ja hoito. Viitattu 12.4.2016. http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/haku?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_lifecycle=0&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_hakusana=rasitusosteopatia&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_p_frompage=haku&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_viewType=viewArticle&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_tunnus=duo96650

Talonpoika, A. 2012. DBX-luunkorvikevalmisteiden käyttö Kuopion yliopistollisessa sairaalassa vuosina 2005—2007. Itä-Suomen yliopisto. Terveystieteiden tiedekunta. Opinnäytetyö.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö. Viitattu 11.5.2016. <http://www.tenk.fi/fi/htk-ohje/hyva-tieteellinen-kaytanto>

Uchiyama, Y., Nakamura, Y., Mochida, J. & Tamaki, T. 2007. Effect of Low-Intensity Pulsed Ultrasound Treatment for Delayed and Non-union Stress Fractures of the Anterior Mid-Tibia in Five Athletes.

Von Knorring, S. Kasvavien urheilijoiden rasitusvammat. Liikuntatieteellinen seura. Viitattu 12.5.2016. http://www.lts.fi/sites/default/files/page_attachment/pe-stefan_von_knorring-kasvavien_urheilijoiden_rasitusvammat.pdf

Väänänen, K. 1996. Lääketieteellinen aikakauskirja – Luun elämänkaari. Viitattu 4.4.2016.

http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/uusinnumero?p_auth=iRfZ8Xr9&p_p_id=59_INSTANCE_abc1&p_p_lifecycle=1&p_p_state=normal&p_p_mode=view&_59_INSTANCE_abc1_struts_action=%2Fpolls_display%2Fvote_question

Yadav, YK., Salgotra, KR. & Banerjee, A. 2008. Role of Ultrasound Therapy in the Healing of Tibial Stress Fractures.

LIITTEET

Liite 1. Toimeksiantosopimus

Liite 2. Murtuman paranemisen vaiheet (Aro ym. 2010, 219)

Liite 3. Taulukko 8, hakuprosessi taulukkomuodossa kuvattuna

Liite 4. Alkuperäistutkimusten laadunarviointi (Palomäki & Piirtola 2012)

Liite 5. Hyvä tieteellinen käytäntö (Tutkimuseettinen neuvottelukunta)

Liite 6. Taulukko 9, tutkimusten laadunarviointi Van Tulder-menetelmällä

Liite 7. Taulukko 10, systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen valitut alkuperäistutkimukset pääsisällöiltään taulukkomuotoisesti

Liite 8. Sääriluun rakenne (Netter 1994, 482)

Liite 1.

OPINNÄYTETYÖN TOIMEKSIANTOSOPIMUS

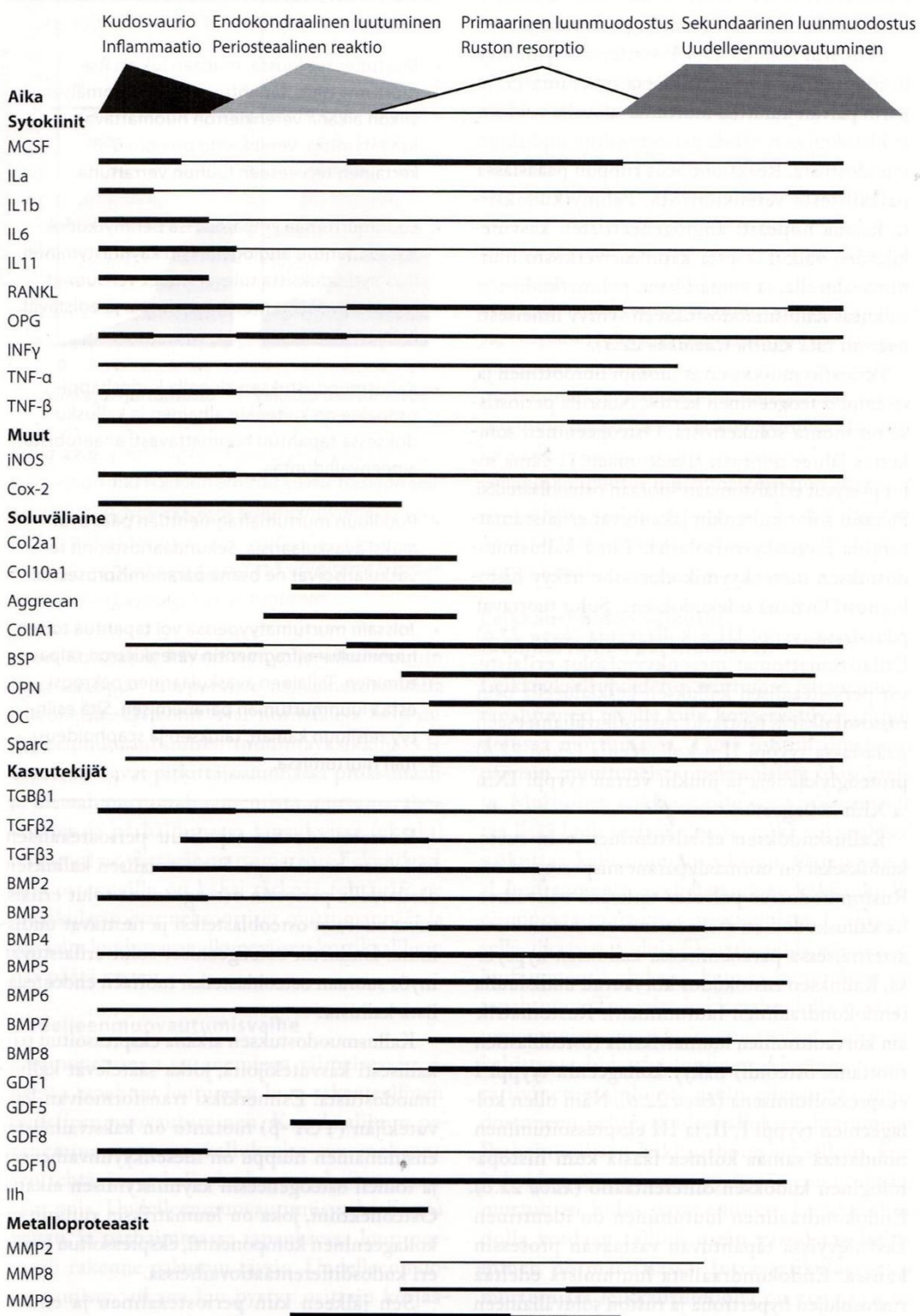
Tämä sopimus soveltuu käytettäväksi ainoastaan sellaisten opinnäytetöiden yhteydessä, joita ei toteuteta ammattikorkeakoulun ulkopuolisen rahoituksen hankkeessa.

Toimeksiantaja	Nimi (esim. yritys) Santa's Fysio Yhteystiedot (yhteyshenkilö, puhelin, sähköposti) Jarmo Dementjeff, 020 798 4264	
	Työn aihe Ultraäänihoidon vaikuttavuus murtumien paranemiseen - Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	
Tekijä	Nimi Eemeli Kaartinen	Opiskelijanumero [REDACTED]
	Katuosoite [REDACTED]	Postinumero [REDACTED] Postitoimipaikka Rovaniemi
	Puhelin [REDACTED]	Sähköpostiosoite eemeli.kaartinen@edu.lapinamk.fi
	Suoritettava tutkinto Fysioterapia	Ryhmätunnus A705F11
Lapin AMK	Yhteyshenkilön nimi (ohjaaja) Mika Rahkola	Tehtävänimike Fysioterapian lehtori
	Toimipaikka ja osoite Jokiväylä 11 96300 Rovaniemi	
	Puhelin [REDACTED]	Sähköpostiosoite mika.rahkola@lapinamk.fi
Toimeksiantosopimuksen ehdot		
Ohjaus	Ohjaava opettaja valvoo työtä ammattikorkeakoulun puolesta ja antaa työn edellyttämiä ohjeita ja neuvoja. Ammattikorkeakoulu ja opettaja eivät ole konsulttivastuussa työstä.	
Dokumentointi	Ammattikorkeakoulun opinnäytetyöt ovat julkisia. Työstä laaditaan ammattikorkeakoulun opinnäyteohjeen mukainen kirjallinen esitys, josta toimitetaan yksi kansitettu kappale ammattikorkeakoulun kirjastoon tai julkaistaan sähköisessä muodossa Theseus-verkkokirjastossa. Työ arkistoidaan oppilaitoksella sekä tulostettuna että sähköisessä muodossa.	
Oikeudet	Opinnäytetyön tekijänoikeudet kuuluvat tekijälle. Toimeksiantaja saa rinnakkaisen käyttöoikeuden opinnäytetyön tuloksiin opinnäytetyön valmistuttua. Ammattikorkeakoululla on jatkuvasti voimassa oleva oikeus käyttää tuloksia omassa opetus- ja TKI-toiminnassaan. Sopijapuolilla on mahdollisuus sopia muista opinnäytetyön tuloksia koskevista oikeuksista kuitenkin niin, että tämän sopimuskohdan nojalla ammattikorkeakoulun saamat oikeudet säilyvät voimassa.	
Keksinnöt	Jos tekijä on osallisena keksintöön, joka patentoidaan, mainitaan hänet yhtenä keksijöistä. Mahdollisesta keksintökorvauksesta sovitaan erikseen noudattaen ammattikorkeakoulun tai toimeksiantajan keksintöohjeen linjauksia. Opinnäytetyön tai sen osan julkaiseminen tai hyödyntäminen ei saa vaarantaa sen tai sen osan suojaamista patentilla tai hyödyllisysmallilla.	
Vastuut	Opinnäytetyön tulos toimitetaan sellaisena kuin se on. Tekijä tai ammattikorkeakoulu eivät anna tulokselle takuuta eivätkä vastaa sen soveltuvuudesta toimeksiantajan tarpeisiin. Sopijapuolet ovat vastuussa toisilleen sopimusrikkomuksen aiheuttamista välittömistä vahingoista. Vastuun syntyminen edellyttää tahallaan tai törkeällä huolimattomuudella aiheutettua sopimusrikkomusta.	
Lisäksi sovitaan		
Salassapito	Ohjaavilla opettajilla ja opinnäytetyön tekijöillä on salassapitovelvollisuus työn aikana esille tulleisiin luottamuksellisiin asioihin. Toimeksiantajan tulee tarkistaa, että julkaistava opinnäytetyö ei sisällä salassa pidettävää aineistoa. Tarvittaessa käytetään toimeksiantajan erillistä salassapitosopimusta.	
	Tätä sopimusta on laadittu kolme (3) samansisältöistä kappaletta, yksi (1) kullekin sopimuksen osapuolelle. Sopimus perustuu ammattikorkeakoulun hyväksymään opinnäytetyösuunnitelmaan ja se astuu voimaan allekirjoitushetkellä.	
	Paikka ja päivämäärä	Allekirjoitus
Toimeksiantaja	Rovaniemi 7.2.2016	[Handwritten Signature]
Tekijä	Eemeli Kaartinen	Rovaniemi 7.2.2016
Lapin AMK	7.2.2016 ROVANIEMI	[Handwritten Signature]

Liite 2.

Luunmurtumat 219

MURTUMAN PARANEMISEN VAIHEET



Kuva 22.5. Murtuman paranemisen vaiheet.

Liite 3.

Taulukko 8 Hakuprosessi taulukkomuodossa kuvattuna.

Tietokanta	Hakusanat ja hakutulokset	Otsikon perusteella sopivat	Abstraktin perusteella sopivat	Koko tekstin perusteella valitut
Pedro	"Ultrasound AND fracture" (12) "Ultrasound AND bone" (14) "bone healing" (17) "Lipus" (8) "Ultrasound AND stress fracture" (2) Yht: 53	9	8, joista 4 saatavilla	2
Pubmed	"Ultrasound AND fracture OR ultrasound AND bone" (205) "ultrasound AND "bone healing" (1) "Lipus" (34) "Ultrasound AND "stress fracture" OR ultrasound AND "over use fracture" (18) Yht: 258	4	3, joista 2 saatavilla	0
Medic	"ultraääni AND murtuma" (0) "ultrasound AND fracture" (2) Yht: 2	0	0	0
Arto	"ultrasound AND fracture" (3) "ultraääni AND murtuma" (0)	0	0	0

	Yht: 3			
Aleksi	"ultraääni JA murtuma" (0) "ultraääni JA luu" (0) Yht: 0	0	0	0
Cochrane	"ultrasound AND fracture" (158)	19	2, molemmat saatavilla	0
Ebsco (cinahl)	"ultrasound AND fracture NOT guided" (62)	3	0	0
Ebsco (SportDiscus)	"ultrasound AND fracture" (89)	7	1, saatavilla	0
Google scholar	"stress fracture" AND ultrasound" (7280, joista 100 relevanssin perusteella ensimmäistä käyty läpi)	4	1, saatavilla	1
Yhteensä:	725	46	15 joista 10 saatavilla	3

Liite 4.

ALKUPERÄISTUTKIMUSTEN LAADUN ARVIOINTI			
Tutkimus	Kyllä	Ei	Ei tietoa / Ei sovel- lu
Tutkimuksen tausta ja tarkoitus			
Tutkittava ilmiö on määritelty selkeästi.	●		
Tutkimuksen aihe on perusteltu kirjallisuuskatsauksen avulla sisällöllisesti, menetelmällisesti ja eettisesti.			●
Tutkimuksen tarkoitus, tavoitteet ja tutkimustehtävät on määritelty selkeästi.	●		
Aineisto ja menetelmät			
Aineistonkeruumenetelmät ja – konteksti on perusteltu ja kuvattu riittävän yksityiskohtaisesti.	●		
Aineiston keruumenetelmä soveltuu tutkittavaan ilmiöön.	●		
Aineiston keruu on kuvattu.	●		
Aineiston käsittelyn ja analyysin päävaiheet on kuvattu.	●		
Analyysimenetelmä soveltuu tutkittavaan ilmiöön.			●
Tutkimus on luotettava ja eettisesti toteutettu.	●		
Tutkimuksen kohderyhmä on relevantti	●		
Tutkimuksen otos on riittävä ja sitä on arvioitu. (kvantitatiivinen tutkimus)	●		
Tutkimuksen sisällön riittävyttä on arvioitu. (kvalitatiivinen tutkimus)			
Tutkimuksen luotettavuus ja eettisyys			
Tutkija on nimennyt kriteerit, ja niiden pohjalta arvioinut tutkimuksen luotettavuutta.			●
Tutkija on pohtinut eettisiä kysymyksiä huolellisesti.	●		
Tulokset ja johtopäätökset			
Tulosten merkittävyyttä on arvioitu.	●		
Tutkimuksen tulokset ovat merkittäviä ja yhteneväisiä aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna.	●		
Tulokset on esitetty selkeästi ja niitä on verrattu aikaisempiin tutkimuksiin.	●		
Tutkimusten tulokset perustuvat tutkimuksiin ja ovat hyödynnettävissä.	●		
Kokonaisarvio			
Tutkimus muodostaa eheän, selkeän ja loogisen kokonaisuuden.	●		
Tutkimuksesta saadaan vastauksia tutkimuskysymyksiin.	●		
Tutkimus on sovellettavissa suomalaisen terveydenhuollon kenttään.	●		

Liite 5.

Hyvä tieteellinen käytäntö

1. Tutkimuksessa noudatetaan tiedeyhteisön tunnustamia toimintatapoja eli rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta tutkimustyössä, tulosten tallentamisessa ja esittämisessä sekä tutkimusten ja niiden tulosten arvioinnissa.
2. Tutkimukseen sovelletaan tieteellisen tutkimuksen kriteerien mukaisia ja eettisesti kestäviä tiedonhankinta-, tutkimus- ja arviointimenetelmiä. Tutkimuksessa toteutetaan tieteellisen tiedon luonteeseen kuuluvaa avoimuutta ja vastuullista tiedeviestintää tutkimuksen tuloksia julkaistaessa.
3. Tutkijat ottavat muiden tutkijoiden työn ja saavutukset asianmukaisella tavalla huomioon niin, että he kunnioittavat muiden tutkijoiden tekemää työtä ja viittaavat heidän julkaisuihinsa asianmukaisella tavalla ja antavat heidän saavutuksilleen niille kuuluvan arvon ja merkityksen omassa tutkimuksessaan ja sen tuloksia julkaistessaan.
4. Tutkimus suunnitellaan ja toteutetaan ja siitä raportoidaan sekä siinä syntyneet tietoaineistot tallennetaan tieteelliselle tiedolle asetettujen vaatimusten edellyttämällä tavalla.
5. Tarvittavat tutkimusluvut on hankittu ja tietyillä aloilla vaadittava eettinen ennakoarviointi on tehty.
6. Tutkimushankkeessa tai tutkimusryhmässä sovitaan ennen tutkimuksen aloittamista tai tutkijoiden rekrytointia kaikkien osapuolten - niin työnantajan, vastuullisen tutkijan (*principal investigator*) kuin ryhmän jäsenten - oikeudet, tekijyyttä koskevat periaatteet, vastuut ja velvollisuudet sekä aineistojen säilyttämistä ja käyttöoikeuksia koskevat kysymykset kaikkien osapuolten hyväksymällä tavalla. Tutkimuksen edetessä sopimuksia voidaan tarkentaa.
7. Rahoituslähteet ja tutkimuksen suorittamisen kannalta merkitykselliset muut sidonnaisuudet ilmoitetaan asianosaisille ja tutkimukseen osallistuville ja raportoidaan tutkimuksen tuloksia julkaistaessa.
8. Tutkijat pidättäytyvät kaikista tieteeseen ja tutkimukseen liittyvistä arviointi- ja päätöksentekotilanteista, jos on syytä epäillä heidän olevan esteellisiä.
9. Tutkimusorganisaatioissa noudatetaan hyvää henkilöstö- ja taloushallintoa sekä otetaan huomioon tietosuojaa koskevat kysymykset.

Liite 6.

Taulukko 9. RCT-tutkimusten laadun arviointi Van-Tulder menetelmää käyttäen. Taulukossa esiintyvät Van Tulder-menetelmään liittyvät kysymykset ovat Hytösen ym. mukaelma menetelmästä (Hytönen, Bäck, Malmivaara & Roine, 2008.)

Van Tulder-menetelmä	YK Yadav, KR Salgotra & A Banerjee. 2008.	J-P Rue, D Armstrong, F Frassica, M Deafenbaugh, J Wilckens. 2004.
Tehtiinkö satunnaistaminen asiaankuuluvasti?	Kyllä	Kyllä
Oliko hoidon määräytyminen salattu?	Kyllä	Kyllä
Olivatko ryhmät samanlaiset merkittävien prognostisten tekijöiden osalta?	Kyllä	Kyllä
Oliko potilas sokkoutettu intervention suhteen	Kyllä	Kyllä
Oliko terapeutti sokkoutettu intervention suhteen?	Kyllä	Kyllä
Oliko hoidon päätetapahtumien arvioija sokkoutettu intervention suhteen	?	?
Olivatko mahdolliset lisäinterventiot kaikissa tutkimusryhmissä samanlaiset?	Kyllä	Kyllä
Oliko tutkimusmyöntövyys hyväksyttävä kaikissa tutkimusryhmissä?	Kyllä	Kyllä
Kerrottiinko tutkimuksesta poisjääneiden määrä ja oliko syy hyväksyttävä	Kyllä	Kyllä
Oliko päätetapahtumien arvioinnin ajoitus	?	Kyllä

samanlainen kaikissa ryhmissä?		
Analysoitiinko tulokset hoitoaikeen mukaan?	Kyllä	Kyllä
Maksimi pistemäärä 11, 1p=kyllä, 0p=ei, ?=ei raportoitu.	9/11	10/11

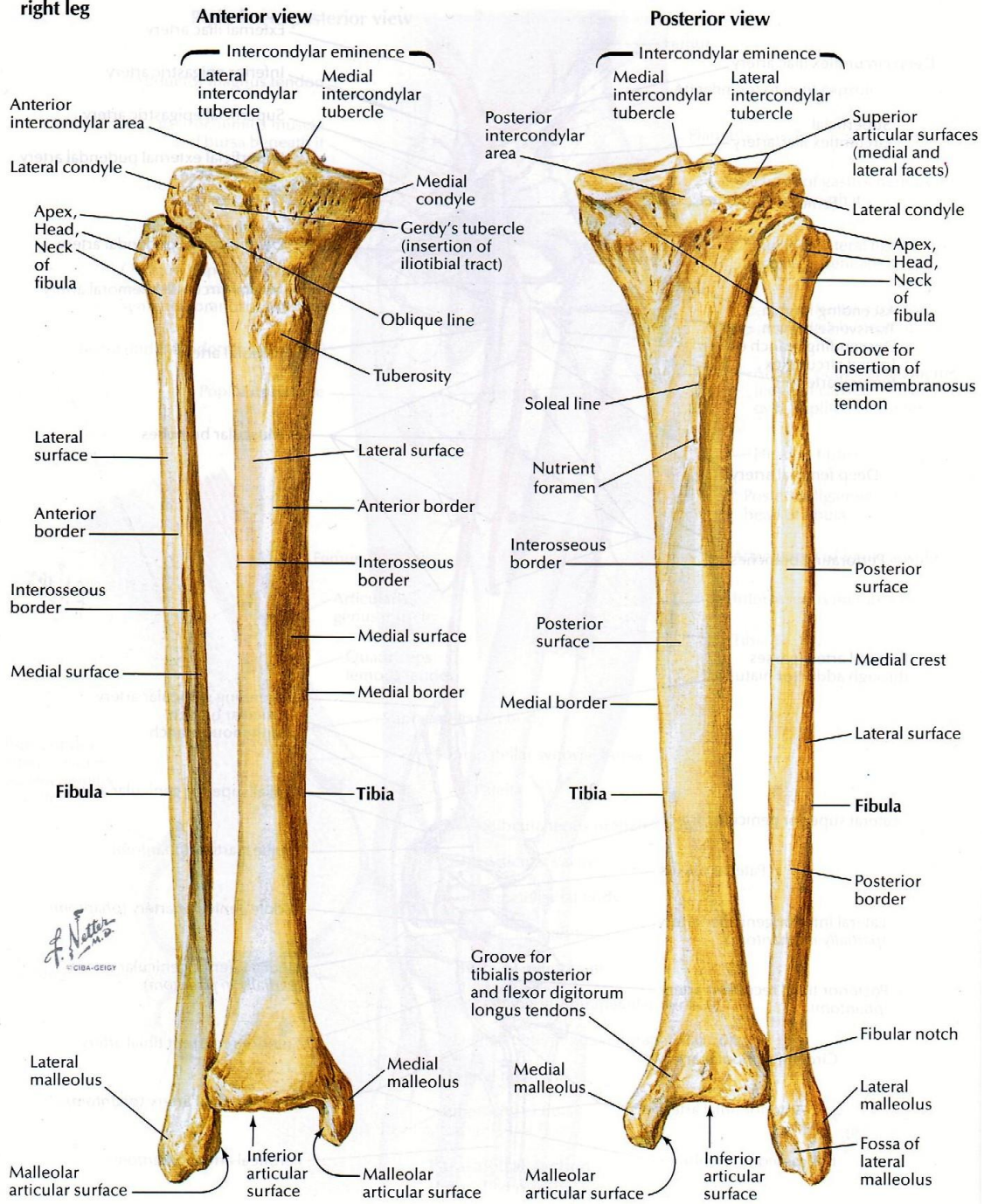
Liite 7.

Taulukko 10. Systemaattiseen kirjallisuuskatsaukseen valitut alkuperäistutkimukset pääsisällöiltään.

Tutkimuksen tekijä, julkaisuvuosi ja maa.	YK Yadav, KR Salgotra & A Banerjee. 2008. Intia.	J-P Rue, D Armstrong, F Frassica, M Deafenbaugh & J Wilckens. 2004. USA.	Y, UCHIYAMA., Y, NAKAMURA., J, MOCHIDA. & T, TAMAKI. 2007. Japani
Tutkimustyyppi	Randomized controlled trial	Randomized controlled trial	Controlled clinical trial
Tutkimusjoukko	67 asepalvelusta suorittavaa miestä	26 merivoimien koulutuksessa olevaa henkilöä.	5 urheilijaa
Tutkimuksen tarkoitus	Selvittää ultraäänihoidon vaikutusta sääriluun rasisusmurtumiin	Selvittää ultraäänihoidon vaikutusta sääriluun rasisusmurtumiin	Selvittää ultraäänihoidon vaikutusta sääriluun rasisusmurtumiin delayed- ja non-union tapauksissa.
Interventio	Ultraäänihoido 10min päivässä, asetuksilla 3MHz, 1Wcm ² ja syketaajuus 1:2.	Ultraäänihoido 20min päivässä, matalatehoinen sykkivä, hoitoasetuksia ei eritelty tarkemmin.	Ultraäänihoido 20min päivässä, matalatehoinen sykkivä, 1,5MHz taajuus.
Tulokset	Ultraäänihoidoa saanut ryhmä tuli oireettomaksi ja palasi normaaliin palvelukseen 2 viikkoa eli 36% nopeammin kuin placebo-hoidoa saanut kontrolliryhmä.	Ultraääni ja placebo ryhmissä oireita koettiin yhtä pitkän aikaa. Normaaliin palvelukseen palaamisen nopeudessa ei ollut eroa.	Kivuttomaan tilaan päästiin nopeammin ja paluu urheiluun tapahtui selvästi nopeammin kuin vertailuissa tutkimuksissa. Täydellinen luutumisen ei kuitenkaan tapahtunut vertailukohteita nopeammin vaan keskimäärin hieman hitaammin. Huomattiin että rasisusmurtuman oireettomuus ja kliinisten

			tutkimusten perusteella arvioitu paranemisen vaihe ei korreloi radiologisiin tutkimuksiin murtuman paranemisen tilasta.
--	--	--	---

Liite 8.

Bones of
right leg

Kuva 13. Sääriluun rakenne (Netter 1994, 482).