



Jussi Pekkanen

# Sääri- ja reisiamputaatioiden kehittyneet tekniikat ja menetelmät

Kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Apuvälinetekniikka (AMK)

Apuvälineteknikko

Opinnäytetyö

1.12.2021

Tekijä	Jussi Pekkanen
Otsikko	Sääri- ja reisiamputaatioiden kehittyneet tekniikat ja menetelmät
Sivumäärä	27 sivua + 2 liitettä
Aika	29.10.2021
Tutkinto	Apuvälineteknikko (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Apuvälinetekniikan tutkinto-ohjelma
Ohjaajat	Lehtori Tomi Nurminen Yliopettaja Pekka Paalasmaa
<p>Opinnäytetyö on kirjallisuuskatsaus sääri- ja reisiamputaatioiden kehittyneistä tekniikoista ja menetelmistä. Se on toteutettu systemaattisen kirjallisuuskatsauksen periaatteita noudattaen, mutta siinä on myös laadullisen tutkimuksen tunnuspiirteitä. Tavoitteena oli kerätä ja tiivistää aiheeseen liittyvää tietoa systemaattisen tiedonhaun perusteella ja opinnäytetyö on toteutettu alaan liittyviä sähköisiä tietokantoja, sekä perinteistä kirjallisuutta ja muita lähteitä hyväksikäyttäen. Systemaattisessa tiedonhaussa on käytetty viittä eri sähköistä tietokantaa, joista saatuja tuloksia eli tutkimusartikkeleita on analysoitu narratiivisesti.</p> <p>Hakuprosessissa saatiin tuloksena yhteensä 16 englanninkielistä tutkimusartikkelia, joita on analysoitu ja arvioitu ennalta määriteltujen tutkimuskysymysten perusteella. Tutkimuksen tavoitteena oli saada tietoa sääri- ja reisiamputaatioiden kehittyvistä tekniikoista sekä niiden indikaatioista ja kliinisistä löydöksistä sekä arvioida niiden laatua ja soveltuvuutta Suomalaiseen terveydenhuoltoon.</p> <p>Tuloksissa on kuvailtu sääri- että reisiamputaatiotekniikoita, joista on saatavilla sekä kliinistä, että kokemusperäistä tietoa. Yksi eniten tutkittu menetelmä tunnetaan nimellä osseointegraatio (OI), jossa luun päähän asennetaan implantti, johon voidaan suoraan asentaa proteesinivelkomponentti. Toinen paljon tutkittu menetelmä on Ertli-luusynostoosi tai toiselta nimeltään bone-bridging (BB), jossa sääri- ja pohjeluu liitetään yhteen muotoillulla luukappaleella. Molemmista tekniikoista on olemassa usean vuosikymmenen ajalta tutkimustietoa, joita opinnäytetyössä analysoidaan.</p> <p>Yhtenä osa-alueena opinnäytetyössä esitellään ääreishermon kirurgisia interventioita, joilla pyritään edistämään proteesin käyttöä ja ehkäisemään neuropaattista kipua amputoidussa tyngässä. Näistä tekniikoista osa on kliinisessä käytössä ja osa kokeiluasteella. Kohdennettu lihaksen uudelleenhermotus (TMR) ja kohdennettu ihotunnon uudelleenhermotus (TSR) on esitelty suomalaisessa kirjallisuudessa yläraaja-amputaatioiden yhteydessä, jonka jälkeen sen potentiaalia myös alaraajan amputaatioissa on tutkittu. Regenerative peripheral nerve interface (RPNI) on noviisitekniikka, jolle ei löydy vakiintunutta käsitettä suomen kielellä. Sen avulla voidaan lisätä myoelektronisten proteesien ohjauksessa käytettävien EMG-signaalien lukumäärää ja sen on todettu parantavan niiden laatua. Agonist-antagonist myoneural interface (AMI) on noviisitekniikka, jolla pyritään edistämään sääriamputoitujen toiminnallista kykyä sekä ehkäistä neuroomakipua.</p> <p>Alan suomenkielinen kirjallisuus on vähäistä, mutta ulkomailla aihetta on tutkittu laajasti. Opinnäytetyössä kuvatuilla tekniikoilla on todettu olevan hyötyä alaraajaproteesin käyttäjälle sekä edistävän heidän elämänlaatuaan, mutta aiheeseen kaivataan lisää tietoa ja kokemusta.</p>	
Avainsanat	Amputaatio, alaraaja, sääriamputaatio, reisiamputaatio, proteesi

Author	Jussi Pekkanen
Title	Advanced techniques in transtibial and transfemoral amputation surgery
Number of Pages	27 pages + 2 appendices
Date	29.10.2021
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Prosthetics and Orthotics
Instructors	Tomi Nurminen, Senior Lecture Pekka Paalasmaa, Principal Lecturer
<p>The thesis is a literature review of advanced techniques and methods for transtibial and transfemoral amputations. It has been carried out in accordance with the principles of a systematic literature review, but it also has characteristics of a qualitative study. The aim of the thesis was to collect and summarize subject-related information by means of systematic data collection and analysis from five different databases and by using traditional literature and other useful sources as well.</p> <p>The process resulted in a total of 16 research articles written in English, which were then analyzed and evaluated on the basis of predefined research questions. The aim of the study was to obtain information about the subject and to evaluate its quality and suitability for the Finnish health care system.</p> <p>In the results, there is a description of transtibial and transfemoral amputation techniques for which both clinical and experiential data are available. One of the most studied methods is known as osseointegration (OI), in which an implant is placed at the end of the bone and a prosthetic joint component can be placed directly into. Another much-studied method is Ertl-bone synostosis, also known as bone-bridging (BB), in which tibia and fibula are joined together by a shaped bony implant. There is research data available on both techniques for several decades, which are analyzed in the thesis.</p> <p>One of the subjects in the thesis is a presentation of peripheral nerve surgical interventions aimed to promote the use of a lower limb prosthesis and preventing neuropathic pain in the amputated limb. Some of these techniques are in clinical use and some are in the stage-of-trial. Targeted Muscle Reinnervation (TMR) and Targeted Sensory Reinnervation (TSR) have been presented in Finnish literature regarding upper extremity interventions and since then they have been also studied in the field of lower extremity interventions, but no publications have been made yet. Regenerative Peripheral Nerve Interface (RPNI) is a novel technique for which there is no established concept in Finnish. It has been described to increase the number and quality of EMG signals used in the control of myoelectronic limb prostheses. The Agonist-Antagonist Myoneural Interface (AMI) is another novel technique that seeks to enhance functional capacity of transtibial amputees as well as to prevent painful neuromas in the amputated limb.</p> <p>There is little or few publications on the subject in Finnish, but it has been widely studied in the field of prosthetics abroad. These techniques seem to improve the use of lower limb prosthetic devices and improve the quality of life of an amputee but there is still a lot to discuss on the subject.</p>	
Keywords	Amputation, lower limb, transtibial, transfemoral, prosthesis

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Opinnäytetyön teoreettinen toteutus	3
2.1	Tutkimuskysymykset	4
2.2	Tutkimusstrategia ja menetit	4
2.3	Aiheen rajaus ja sen merkityksellisyys	5
2.4	Hakuprosessi sekä aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit	6
3	Tulokset	9
3.1	Osseointegraatio	10
3.2	Erti-luusynostoosi	14
3.3	Perifeerisen hermon innervaatiot (PNI)	16
3.3.1	Kohdennettu lihaksen uudelleenhermotus (TMR) – Kohdennettu ihotunnon uudelleenhermotus (TSR)	16
3.3.2	Ääreishermon liitännällinen elvytys (RPNI)	18
3.3.3	Vaikuttaja-vastavaikuttaja hermo-lihasliitos (AMI)	19
4	Pohdinta	21
	Lähteet	25
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkki laadun arvioinnin tarkistuslistasta (JBI)	
	Liite 2. Tulokset -taulukko	

# 1 Johdanto

Amputaatiota pidetään raajan tai jopa hengen pelastavana toimenpiteenä, joka usein joudutaan tekemään nopeallakin aikataululla, esim. trauma- tai verenmyrkytystilanteissa. Useimmiten kyse on kuitenkin tarkoin suunnitellusta moniammatillisesta toimenpiteestä, jossa voi olla mukana lääketieteen, hoitotieteen ja kuntoutuksen ammattilaisia sekä apuvälineteknikko ja potilaan lähiomaiset. Kliiniseltä näkökulmalta ajateltuna raajan pituutta ja tervettä kudosta tulisi säästää niin paljon kuin mahdollista ja sääriamputaation ajatellaan perinteisesti olevan reisiamputaatiota parempi vaihtoehto (Adams & Lakra 2020: 1.) Toisaalta, amputaatioiden kirurgiset tekniikat ja menetelmät sekä proteesiteknologiset ominaisuudet ovat kehittyneet viimeisten vuosikymmenten aikana huomattavasti eteenpäin, joka on aiheuttanut terveydenhuollon toimijoiden ja apuvälineiden käyttäjien keskuudessa epätietoisuutta siitä, onko raajan vitaalikudosten maksimaalinen säilyttäminen tulevilla apuvälineen käyttäjillä optimaalista, huomioiden heidän tulevan toiminnallisen ja elämänlaadullisen näkökulman (Hobusch & Döring & Brånemark & Windhager 2020: 724–725).

Valikoitu alaraajan amputaatiotaso yhdessä käytettävien kirurgisten tekniikoiden, sekä post-operatiivisen kuntoutuksen kanssa vaikuttaa mm. amputoidun tyngän muotoon, sen distaaliseen/plantaariseen paineensietokykyyn sekä tyngän haavaumien ehkäisyyn, jotka taas osaltaan vaikuttavat asiakkaan toimintakykyyn, protetisoinnin mahdollisuuksiin, sekä proteesin käytettävyyteen ja apuvälinetyytyväisyyteen (Pohjois-savon sairaanhoitopiiri 2020.)

Baars (2018) ynnä muut toteavat julkaistussa systemaattisessa katsauksessa, että keskimäärin puolet amputaation läpikäyneistä alaraaja-amputoiduista eivät ole tyytyväisiä proteesiinsa. Yleisimmät syyt tyytymättömyyteen ovat proteesin epämukavuus ja kipu (Baars & Schrier & Dijkstra & Geertzen 2018: 1.) Edellä mainittu tutkimus on rajoitettu sääriamputoituihin, mutta voi olettaa, että samankaltaisia tuloksia saadaan myös reisiamputoitujen osalta. Samalla voi myös olettaa, että vaikuttamalla amputaatiotekniisiin ja proteesiteknologisiin ratkaisuihin on mahdollista saada aikaan parempia tuloksia proteesia käyttävien välinetyytyväisyyteen sekä edistää heidän elämänlaatuaan.

Alan suomenkielinen tieteellinen kirjallisuus on melko vähäistä. Terveydenhuolto ja kirurgiset tekniikat ovat kehittyneet lähivuosina huomattavasti, oletettavasti myös protetisoinnin alalla. Barner-Rasmussen (2019) ja muut esittelivät yläraajan amputaatioiden

kehittyneitä tekniikoita ja niiden suomia mahdollisuuksia proteesin käytön edistämiseksi Duodecim-aikakauslehden katsauksessa, mutta alaraajan osalta ei vastaavaa julkaisua ole suomen kielellä tietääkseni toteutettu tähän päivään mennessä (Barner-Rasmussen & Hakkarainen & Siponen & Mattila & Pierides & Waris 2019: 19–25.)

Aihe on ajankohtainen sillä tietoa ja teknologiaa on käytettävissä, mutta käytyjen keskusteluiden perusteella kehittyneitä amputaation tekniikoita ja menetelmiä ei Suomessa välttämättä hyödynnetä täydellä potentiaalilla protetisoinnin näkökulmasta. 2010-luvun taitteessa tulleissa suomenkielisissä julkaisuissa todettiin alaraajan amputaatioiden määrän olevan vähenemään päin mm. revaskulaaristen hoitojen ja kirurgisten tekniikoiden kehittyessä sekä diabeteksen hoito-ohjelman ja jalkaongelmien hoidon parantuessa (Ikonen 2011; Winell 2006). Toisaalta on todettava, että terveyden- ja hyvinvoinnin laitoksen mukaan diabeteksen sairastavuuden määrät ovat nousseet Suomessa sekä muualla maailmassa koko 2000-luvun ajan, kun tämä taas on yksi yleisimmistä syistä alaraajan amputaatioihin (Diabeteksen yleisyys. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2020; Diabeetikon jalkaongelmat. Käypä hoito -suositus 2021).

Nikulainen (2020) toteaa 2000-luvun taitteessa tehtyjen alaraajan suurten amputaatioiden määrän Suomessa olleen vuositasolla noin 1300 kappaletta (Nikulainen 2020, s: 32–33.) Edellisen vuosikymmen aikana reisiamputaatioiden määrät ovat olleet keskimäärin 800 kappaletta vuodessa ja vuosittainen vaihteluväli on ollut tasaista. Sääriamputaatioiden kokonaismäärä taas on ollut keskimäärin 400 kappaletta vuodessa ja lukumäärä lievästi laskussa viime vuosina. Korjausoperaatioiden lukumäärä reisityngässä on tarkasteluvälillä ollut lievässä nousussa ja sääriytyngässä pysynyt jotakuinkin samoissa lukemissa. Toisaalta samaan aikaan jalkapöydän alueen ja varpaiden amputaatioiden lukumäärät ovat olleet tasaisessa nousussa (Toimenpiteiden lukumäärä vuosittain. Tietokantaraportit. Terveyden- ja hyvinvoinnin laitos 2021).

Myös alaraajaproteesin käyttäjän näkökulmasta aihe on tärkeä. Työelämäharjoittelussa olen tavannut useita proteesia käyttäviä asiakkaita, jotka ovat kuulleet tai lukeneet kehittyneistä amputaatiotekniikoista ja niiden suomista mahdollisuuksista, mutta etenkin meillä Suomessa näistä toimenpiteistä ei juurikaan ole ensikäden tietoa tai kokemusta tai jostain syystä niitä ei ole otettu käyttöön laajemmin. Olisikin erittäin tärkeää saada aiheesta keskustelua alan ammattilaisten ja asiakkaiden kesken sekä löytää vaihtoehtoisia ratkaisuja vallitseviin proteesin käyttäjien apuvälineongelmiin.

Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, mitä alaraajan amputaatiokirurgisia menetelmiä on kehitetty edistämään sääri- ja reisiproteesin käyttöä ja miten ne vaikuttavat valikoituun amputaatiotasoon sekä protetisoinnin mahdollisuuksiin. Opinnäytetyön tarkoituksena ei ole esitellä kaikkia sääri- ja reisiamputaatioiden tekniikoita ja menetelmiä, vaan keskittyä uusiin, vähemmän tunnettuihin tekniikoihin ja menetelmiin, sekä tulevaisuuden mahdollisuuksiin aiheen parissa.

Työn tavoitteena on kerätä ja tiivistää kirjallisuuskatsauksen avulla sääri- ja reisiamputaatioihin liittyvää tutkimustietoa, jäsentää sitä amputaatiotasoinnain sekä esitellä kirurgisia tekniikoita ja menetelmiä Suomen terveydenhuoltoon soveltuvilta osin sekä analysoida niiden merkitystä alaraajaproteesia käyttävien apuvälineen käyttökokemuksiin ja apuvälinetyytyväisyyteen. Esimerkiksi sota- ja konfliktialueilla tehdään enemmän traumaperäisiä amputaatioita, jotka mahdollisesti menetelmiltään ja syiltään eroavat Suomessa pääasiallisesti tehtyihin amputaatioihin ja ovat näin ollen myös teknisesti toteutettuna erilaisia.

Työstä rajataan ylemmän nilkkanivelen distalisemmalta tasolta suoritettut amputaatiot sekä lonkan ja polven disartikulaatiot. Työn tarve liittyy opintojen aikana esiin tulleisiin havaintoihin, työelämäharjoittelun asiakastapaamisiin, sekä aiheesta käytyihin keskusteluihin. Tiedon päivittämiselle on selkeää tarvetta alan toimijoiden keskuudessa.

Aihe koskettaa terveydenhuollon toimijoita monialaisesti. Uutta tietoa voi tulla etenkin alan opiskelijoille, apuvälineteknikoille sekä amputoitujen kanssa työskentelevien lääkinnällisen kuntoutuksen ammattilaisille, jotka toimivat alaraajaproteesia käyttävien asiakkaiden kanssa. Oman oppimisen, mielenkiinnon kohteen ja ammattilaisena kehittymisen kannalta aihe on erittäin relevantti ja ajankohtainen ja voi synnyttää jatkotyön aiheita tulevaisuudessa.

## **2 Opinnäytetyön teoreettinen toteutus**

Opinnäytetyö noudattaa pääasiassa systemaattisen kirjallisuuskatsauksen periaatteita, mutta siinä on myös laadullisen tutkimuksen ominaispiirteitä, esimerkiksi tiedonhaun ja -analysoinnin osilta, jolloin voidaan puhua integratiivisesta kirjallisuuskatsauksesta.

Joskus rajanveto näiden erilaisten kirjallisuuskatsausten välillä on haastavaa, etenkin jos lähdemateriaalia on käytetty niukasti ja aiheen systemaattinen tarkastelu tehty väljästi, jolloin on mahdollista, että systemaattisen katsauksen tunnuspiirteet eivät täyty ja silloin katsaus on ennemminkin narratiivinen. Kirjallisuuskatsaukset etenkin hoitotieteen

alalla ovat monipuolistuneet ja tulleet suosituimmiksi lähivuosina, joten käsitteistö ja menetelmät eivät ole vielä vakiintuneita. Se, että onko etenkin opinnäytetöiden kohdalla tällainen jyrkkä erottelu tarpeellista tai mielekästä onkin sitten eri asia.

## 2.1 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyö pyrkii vastaamaan siihen, mitä sääri- ja reisiamputaatioiden tekniikoita ja menetelmiä on kehitetty edistämään alaraajaproteesin käyttöä ja minkälaisia kliinisiä löydöksiä niistä on tehty. Tarkentavina kysymyksinä aiheeseen on, mitkä ovat näiden tekniikoiden ja menetelmien indikaatiot ja kontraindikaatiot ja miten ne soveltuvat suomalaisen terveydenhuoltoon.

## 2.2 Tutkimusstrategia ja menetelmät

Opinnäytetyö toteutetaan kirjallisuuskatsauksen tavoin, joka noudattaa pääosin Salminen (2011) esittämää Finkin systemaattisen kirjallisuuskatsauksen mallia, joka etenee vaiheittain. Ensimmäisiin vaiheisiin kuuluu tutkimuskysymyksen asettelu, kirjallisuuden sekä (sähköisten) tietokantojen valinta, sekä niissä käytettävien hakusanojen tai fraasien valinta, jotka vastaavat mahdollisimman hyvin tutkimuskysymyksenasettelua. Näiden määritelmien jälkeen itse tiedonhaku voidaan toteuttaa (Salminen 2011: 10–11).

Tämän jälkeen hakutuloksia ja materiaalia karsitaan käytännön ja metodologisen seulonnan kautta, jolla pyritään vähentämään tutkimukseen sisällytettävien julkaisujen määrää sekä saamaan olennainen tieto aiheesta. Seulonnassa voidaan käyttää esimerkiksi tiettyä julkaisujen ajanjaksoa, kieltä tai tutkimustyyppiä tai julkaisualustaa, jotta materiaali vastaisi mahdollisimman paljon asetettua tutkimuskysymystä tai -kysymyksiä. Periaatteena voi pitää, että mitä väljemmin perustein tämä osio on toteutettu, sitä enemmän hakutuloksia tietokannoista saa ja sitä enemmän jää materiaalia seulottavaksi muilla metodeilla, kuten lukemalla abstrakteja. Materiaalia seulotaan myös arvioimalla tutkimusten laatua, jolla saadaan parannettua oman tutkimuksen laatua ja reliabiliteettia (Salminen 2011: 10–11).

Viimeiset vaiheet Finkin mallissa liittyvät itse katsauksen tekemiseen ja tulosten syntetisointiin. Etenkin nämä vaiheet ovat kriteeri sille, että tutkimusta voidaan pitää ”oikeanlaisena” systemaattisena kirjallisuuskatsauksena (Salminen 2011: 10–11). Opinnäytetyöt eivät yleensä ole laajuudeltaan niin tieteellisiä julkaisuja, jotta tällaiseen kaavamaiseen katsaustyyppiin olisi tarvetta, sen vuoksi tulen kutsumaan opinnäytetyötäni vain kirjallisuuskatsaukseksi.

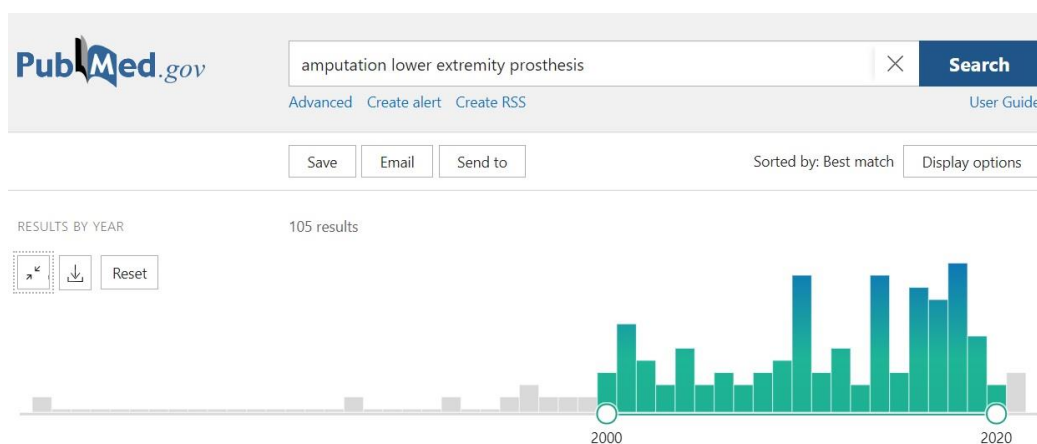


Alustavalla tiedonhaulla pyrittiin saamaan tietoa siitä, mitä edistyneitä ja vähemmän tunnettuja kirurgisia tekniikoita ja menetelmiä on kehitetty sääri- ja reisiamputoituille. Systemaattiseen tiedonhaakuun sisällytettiin jokainen tekniikka tai menetelmä, jonka olen tähän työhön nähnyt tarpeelliseksi kuuluvan. Kriteeriksi sille, mikä on mielestäni edistynyt tai vähemmän tunnettu tekniikka on se, ettei menetelmä ole joko laajasti käytössä Suomalaisessa terveydenhuollossa tai siihen ei ole opintojen aikana teoreettisesti syvennytty ja että sillä on todettu alaraajaproteesin käyttäjien keskuudessa kliinistä tai empiiristä hyötyä tavalla tai toisella. Edellä mainittuihin asioihin olen pyrkinyt pitämään puolueettoman ja kriittisen tieteellisen tarkastelunäkökulman.

### 2.3 Aiheen rajaus ja sen merkityksellisyys

Alaraaja-amputaatioista ja -proteeseista on tehty paljon tutkimusta ja oletettavasti teknologian kehittymisen myötä aiheesta on tullut lähivuosina terveydenhuollon tutkimuksen parissa suosittua. Historia kertoo myös, kuinka sotateollisuus ja proteesien kehityksen kulkee ”käsi kädessä” vuosisadoista toiseen. Esimerkiksi Wolf (2019) mainitsee tutkimuksessaan, että Yhdysvaltain maanpuolustusvoimat, veteraanijärjestö ja valtakunnallinen terveysjärjestö ovat tehneet tiivistä yhteistyötä viimeisen 25 vuoden aikana pyrkiäkseen edistämään proteesitekniikan kehitystä sekä amputoitujen elämänlaatua (Wolf & Cruz & Emondi & Langhals & Naufel & Peng & Schultz & Wolfson 2019: 120.) Toisena ääripäänä voidaan mainita Napoleonin henkilö lääkäri Jean Dominique Larrey (1766-1842), jonka sodanajan saavutuksia amputaatiokirurgiassa voidaan pitää merkittävinä edistysaskelina modernin amputaatiotekniikan saralla (Solonen & Huittinen 1992: 11–13.) Solosen Amputaatiot ja proteesit-kirja on ensimmäinen ja tähän päivään mennessä ainut kattava suomalainen teos aiheesta ja se on omistettu Suomen sotainvalideille.

2000-luvulla tulokset monialaisilta tutkimusten hakualustoilta kertovat trendin kehityksestä aiheen parissa. Esimerkiksi Science Direct -sivustolta tehty haku sanoilla ”amputation”, ”lower extremity” ja ”prosthesis” kertoo, että edellisen kahden vuosikymmenen välisten jaksojen aikana julkaistujen tutkimusartikkelien määrät vuositasolla ovat karkeasti arvioituna kaksinkertaistuneet. Samankaltaisuuden voi todeta myös tekemällä haun eri alustoilta samoilla yllä määritetyillä hakusanoilla, kuten kuvassa 1. voi todeta.



Kuva 1. Kuvakaappaus tutkimusartikkelien määrien kehityksestä aiheen parissa 2000-luvulla. Lähde: National library of medicine 2021.

Aihe on rajattu alaraajan suuriin amputaatiotasoihin eli sääri- ja reisiluun tasoilta tehtyihin raajan poistoihin. Alaraajan suuret amputaatiotasot tarkoittavat muun muassa sitä, mitkä ovat operatiivisesti yleisimmin suoritettuja tasoja alaraajan amputaatioille. Toisin kuin jalkaterän amputaatioissa, sääri- ja reisiamputaatiotasoja ei periaatteessa ole kuin kaksi: sääriluun ja reisiluun tasot sekä näiden lisäksi niveltasoilta tehdyt raajan poistot. Jalkaterässä luita ja niveliä on moninkertainen määrä muuhun raajaan verrattuna ja näin ollen myös amputaatiotasoja ja tekniikoita on useampia.

Sääri- ja reisiluun amputaatiotasot voidaan jakaa myös säästetyn raajan pituuden mukaan pitkiin, keskipitkiin tai lyhyisiin tynkiin, mutta jaottelu riippuu täysin tekijästä ja kontekstista. Tiedonhaun perusteella usein käytetään suurten tasojen jaottelua, transfemoraalinen ja transtibiaalinen ja/tai transfibulaarinen, riippuen katkaistusta ja/tai katkaistuista luista. Työstä on poissuljettu harvemmin operoidut amputaatiot eli sääri- ja reisiluun distaaliselta ja proksimaaliselta tasoilta tehdyt nivelen disartikulaatiot, jotka eivät välttämättä vaadi luun katkaisua. Tutkimusekonomisista syistä työstä rajataan pois myös polvinivelen disartikulaatiot, vaikka se soveltuisikin tietyiltä osin käsiteltävään aiheeseen.

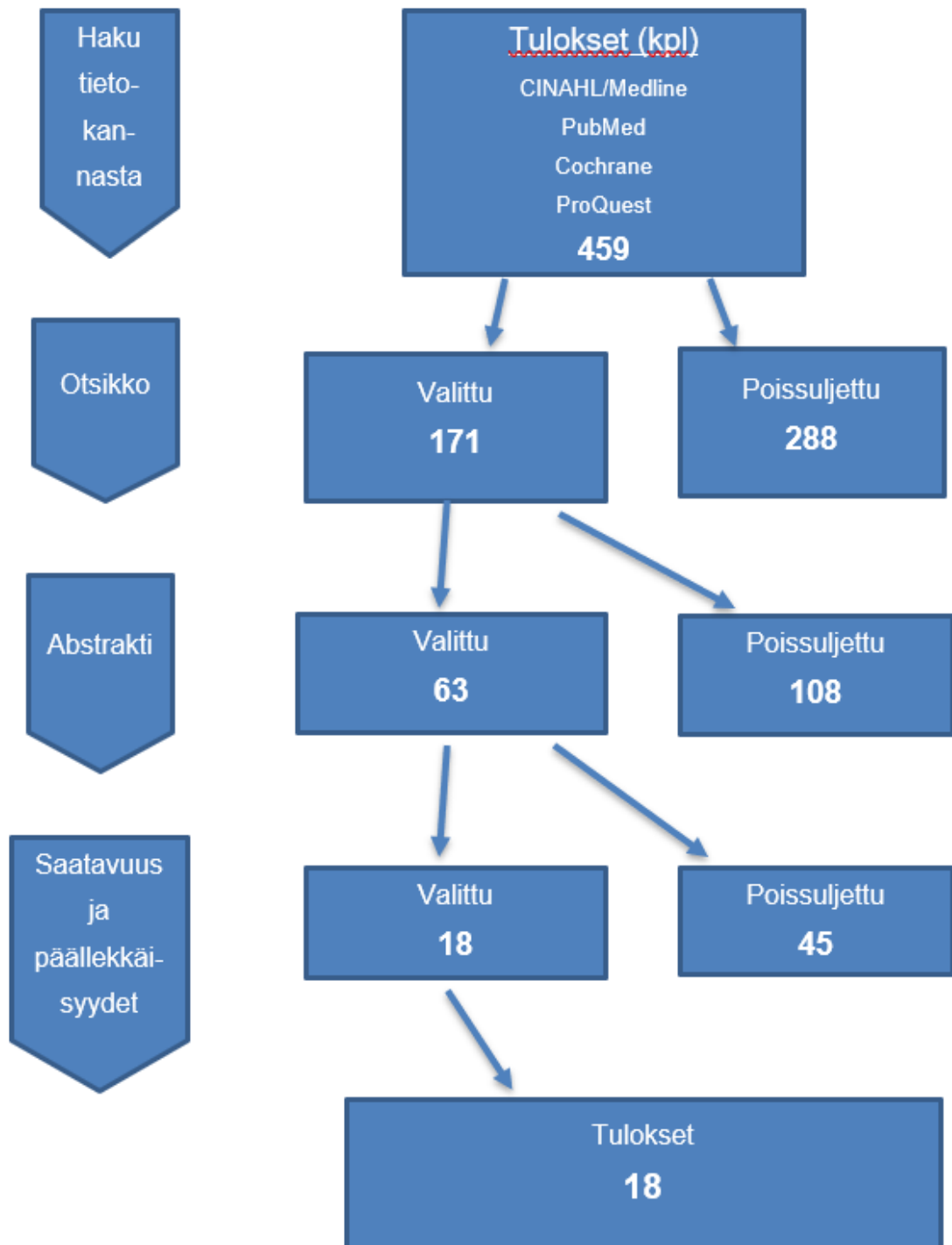
## 2.4 Hakuprosessi sekä aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Systemaattinen tiedonhaku on toteutettu useana eri ajankohtana kesän ja syksyn 2021 aikana. Tiedonhaussa on käytetty ennalta määritettyjä tietokantoja ja hakusanoja, jotka vastaavat työn tarkoituksenmukaisuutta. Tiedonhaussa määritellyt kriteerit ovat olleet samat tietokannasta riippumatta: julkaistujen tieteellisten artikkelien tuli olla julkaistu vuoden 2010 jälkeen, englannin tai suomen kielellä, vertaisarvioinnin läpikäyneitä ja

koko teksti tuli olla saatavissa. Pelkkiä abstrakteja, tapaustutkimuksia, konferenssijulkaisuja tai mielipidekirjoituksia ei ole lopulliseen aineistoon sisällytetty.

Tietokantoina on käytetty CINAHL-, Medline-, PubMed-, Cochrane- ja ProQuest- tietokantoja ja hakusanoina englanninkielisiä käännöksiä. Käytetyt hakusanat olivat: "amputation", "lower limb", "transfemoral", "transtibial", "osseointegration", "bone anchored prosthesis", "bridge synostosis", "targeted muscle reinnervation" ja "regenerative peripheral nerve interface" sekä "agonist-antagonist interface". Jokaiseen hakusanaan on sisällytetty synonyymejä ja monikkomuotoja sekä yleisesti käytössä olevia lyhenteitä, kuten esimerkiksi targeted muscle reinnervation-lyhenne = TMR. Hakusanat saattoivat kuulua mihin tahansa artikkelin osioon.

Artikkeleiden seulonta tapahtui vaiheittain. Ensimmäisessä vaiheessa jatkoon valikoidut artikkelit seulottiin otsikon perusteella, jonka tuli vastata työn aihetta. Koska hakutuloksia tuli paljon, tämä vaihe oli melko nopea ja vähänkään epäilystä aiheuttavat artikkelit rajattiin tässä vaiheessa työn ulkopuolelle. Seuraavassa vaiheessa työn ulkopuolelle valikoituivat abstraktin perusteella epäolennaiset artikkelit. Ne artikkelit, jotka valittiin abstraktin perusteella, seulottiin päällekkäisyyksien ja koko tekstin saatavuuden mukaisesti joko pois tai sisällytettäväksi työhön. Viimeisessä vaiheessa työhön sisällytettiin tarkoituksenmukaisimmat ja uusimmat artikkelit. Otantaan pyrittiin saamaan mahdollisimman monipuolinen ja laadukas katsaus erilaisia tutkimusartikkeleita, jotka on esitetty tarkemmin liitteessä 2.



Kuvio 1. Artikkeleiden hakuprosessi.

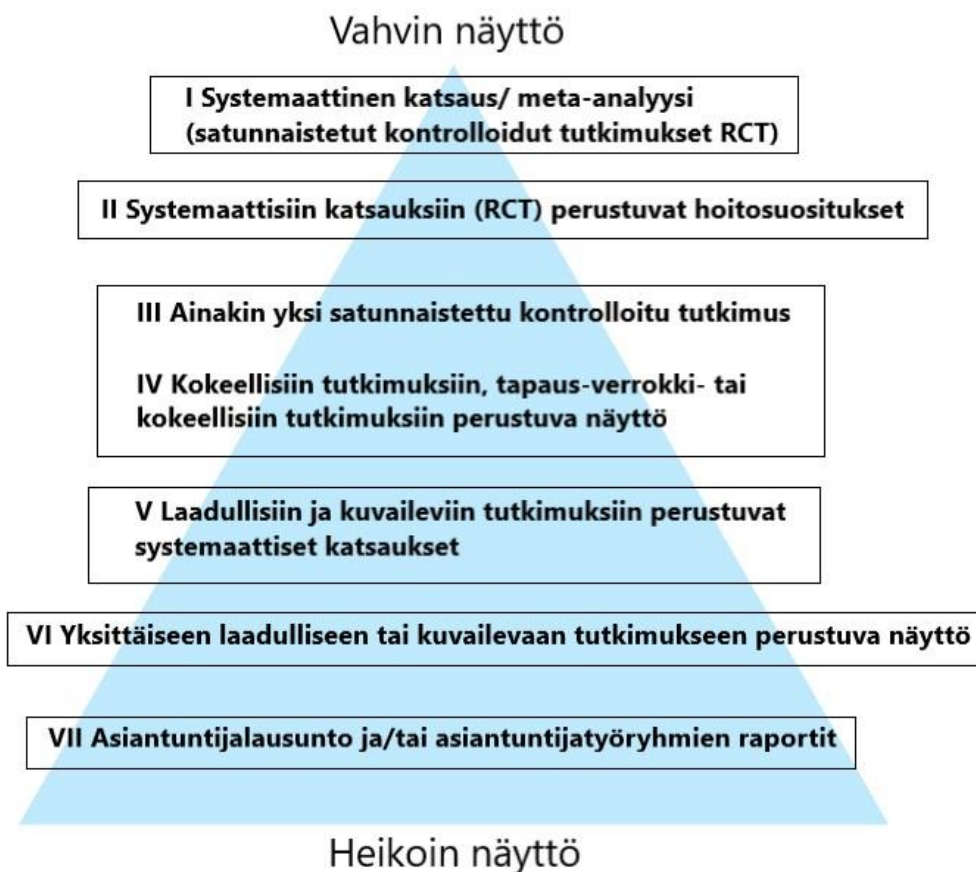
### 3 Tulokset

Kuten mainittiin kohdassa 2.1, tutkimuksen tuloksiin sisällytettiin alaraajan amputaatiotasosta kaksi: reisi- ja sääritason amputaatiot. Tutkimukseen sisällytyneistä artikkeleista yksikään ei eritellyt amputaatiotasoja edellä mainittua tarkemmin. Kaikki katsauksen artikkelit ovat julkaistu englannin kielellä vuosien 2015–2021 välillä.

Tutkimukseen valikoitui yhteensä 18 tutkimusartikkelia. Lopullisessa vaiheessa ajankäytöllisistä syistä poissuljettiin näistä vielä kaksi, joten lopullinen katsaukseen sisällyneiden tutkimusartikkeleiden lukumäärä oli 16. Osa tutkimuksista oli julkaistu alun perin joko monialaisissa aikakauslehdissä tai avoimissa sähköisissä alustoissa, osa koulun tai muun organisaation julkaisusarjoissa ja muutama oli korkeakoulun tai yliopiston päätöstöitä. Tutkimusartikkeleihin kuului mm. katsauksia, tapaustutkimus, tapaussarjatutkimuksia, asiantuntijan näkemyksiä, satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, eksperimentaalinen tutkimus ja kohorttitutkimuksia. Kaikki tutkimukset olivat vertaisarvioituja ja koko teksti saatavilla sähköisesti.

Artikkelit olivat pääosin laadukkaita sekä monikansallisia. Osassa tutkimuksista oli myös ilmoitettu näytön vahvuus asteittain. Näyttöön perustuvan tiedon kriittisellä arvioinnilla voidaan mm. vahvistaa kansallisten suositusten tarkoituksenmukaisuutta kliinisessä hoitotyössä. Elomaa & Mikkola (2010) jakavat tutkimusten näytön vahvuuden asteittain seitsemään eri kategoriaan. Mitä ylempänä hierarkiaa näytön vahvuus on, sitä todennäköisimmin se on ajanmukaista ja kliinisesti merkittävää tietoa (Elomaa & Mikkola 2010: 14–17).

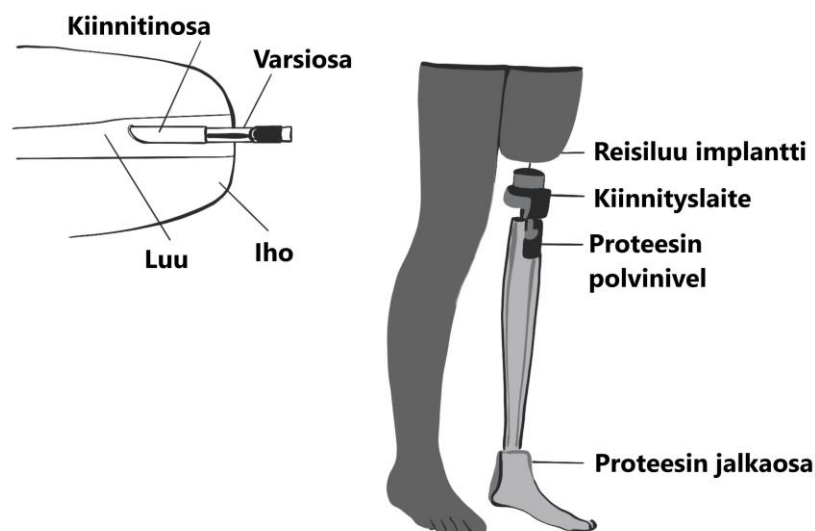
Opinnäytetyössä on myös käytetty tutkimuksen menetelmällisen laadun arviointia. Menetelmällisen laadun arviointiin käytin Joanna Briggs Instituutin (JBI) laadun arvioinnin mittareita. Menetelmällisellä laadun arvioinnilla pyritään valitsemaan suosituksiin mahdollisimman hyvälaatuisia tutkimuksia sekä vähentämään mahdollista tutkimusharhaa (Tutkimustiedon laadun arviointi. Hoitotyön tutkimussäätiö n.d.)



Kuvio 2. Näytön asteet. Kuvion mallina käytetty Elomaa & Mikkola (2010) kuvailemaa näytön asteet kaaviota.

### 3.1 Osseointegraatio

Osseointegraatio (OI) tarkoittaa luun sekä kehon ulkopuolisen laitteen yhteen liitántää, joka mahdollistaa raajaproteesin kiinnityksen suoraan luuhun ja ihonalaiseen kudokseen. Liitántä muodostetaan metallisen implantin avulla, joka on useimmiten tehty titaanista ja kiinnitetään luun medullaarikanavaan ruuvaamalla ja luuduttamalla. Osa implantista jää näkyviin kehon ulkopuolelle, toisin sanoen raajan jatkeeksi, johon voidaan suoraan kiinnittää nykyaikaisen proteesin nivelkomponentti. Tekniikkaa on sovellettu etenkin reisiamputoiduilla, joka vaatii proteesiniveleltä paljon liikettä ja voimaa. Tekniikkaa on sovellettu myös sääri-, olkavarsi- ja käsivarsi amputaatioihin, mutta kokemus ja tutkimustieto näistä tasoista on huomattavasti alhaisempi (Hoellwarth & Tetsworth & Rozbruch & Handal & Coughlan & Al Muderis 2020: 4.)



Kuva 2. Osseointegroitu alaraajaproteesi. Havainnekuvan mallina käytetty kuvaa sivustolta fda.gov (U.S. Food & Drug Administration)

Protetiikassa OI soveltuu etenkin tynkiin, joissa perinteisen holkkimallisen raajaproteesin käyttö on haastavaa tai tapauksissa, joissa proteesin käyttö aiheuttaa käyttäjälle sellaista vaivaa, joka estää päivittäisen käytön. Tällä hetkellä OI:lle ei ole olemassa selkeää indikaatiota amputaatioissa, mutta sen käyttöä ja sovellettavuutta muihin amputaatiotasoihin ja tekniikkaa sekä implanteja kehitetään jatkuvasti (Hoellwarth 2020: 7–8).

Tekniikka on kehitetty alun perin hammaslääketieteen innovaationa, mutta raajaproteiikkaan se on kehitetty Ruotsissa 1990-luvulla. Vuonna 1999 tekniikka sai oman teknisen ja teknologisen protokollan OPRAn (Osseointegrated Prosthesis for Rehabilitation of Amputation), joka laajensi sen soveltamista kansainväliseen käyttöön. Tähän päivään mennessä Suomessa ei ole tehty ainuttakaan alaraajan kirurgista operaatiota osseointegraatiolla.

Gerzinan (2019) järjestelmällisessä katsauksessa on tarkasteltu lähes 250 OI-tapauksen otantaa, jossa asennettuja implanteja oli yli 250 kappaletta. Kaikissa katsaukseen sisällytyneistä tutkimuksista keskimääräinen seuranta-aika oli yli vuoden, korkeimmillaan lähes 20 vuotta. Pisimmissä seuranta-ajan tapauksissa teknologia- ja kuntoutusprotokolla oli

ehtinyt muuttua ja tulokset eivät olleet vertailukelpoisia, mutta niistä oli ilmoitettu asianmukaisesti ja ryhmät oli jaettu omiksi osikseen.

Suurin huolenaihe osseointegraatiossa potilasturvallisuuden näkökulmasta on infektioriski. Gerzinan katsauksessa 7/9 tutkimuksista ilmoitti infektio komplikaatioista ja niiden ilmaantuvuus oli 18–63 % tapauksista. Infektiotapaukset olivat suurimmaksi osaksi pinnallisen kudoksen infektoita, jotka olivat hoidettavissa suun kautta otettavilla antibiooteilla. Suurin riski infektoissa on syvien kudosten infektiot tai osteomyeliitti (luutulehdus) ja niille esitetään tutkimusten valossa 10–20 % tapausriskiarviota. Edellä mainitut vakavammat tulehduskomplikaatiot voivat johtaa revisio-operaatioihin tai pahimmillaan implantin poistamiseen (Gerzina 2019: 143–144). Gerzinan mukaan ei ole olemassa korkealaatuista tutkimusta, joka esittäisi perinteisten proteesiholkki- ja OI-proteesien käyttäjien infektioriskien eroja.

Muita ilmoitettuja komplikaatoriskejä OI:ssa on luun murtumat sekä mekaaniset komplikaatiot ja laitehajoamiset. Murtumille ilmoitetaan tutkimusten valossa 0–7 % riskiarviota. Niissä kuitenkin mainitaan, että kaikki murtumatapaukset eivät välttämättä ole proteesiin liitännäisiä, vaan taustalla voi olla mm. kaatumisia tai piilossa olevia liitännäissairauksia. Mekaaniset komplikaatiot, jotka johtivat implantin poistoon ilmaantuivat 7 ja 3 prosentilla tapauksista ja laitehajoamisia esiintyi 8 ja 31 % tapauksista (Gerzina 2019: 144).

Reetz (2020) tarkastelee implantointia turvallisuuden näkökulmasta 5 vuoden seuranta-tutkimuksessaan, johon osallistui yhteensä 39 potilasta. Hän ilmoittaa implantin poiston syyksi myös implantointialueen kivuliaisuuden, jonka vuoksi proteesia ei voinut käyttää kahdessa potilastapauksessa. Yhdessä tapauksessa hän ilmoittaa implantin poistamisen syyksi implantin löystymisen ja kahdessa tapauksessa implantin hajoamisen, jotka vaativat revision, jonka jälkeen proteesia voitiin taas käyttää onnistuneesti. Reetz ilmoittaa tutkimuksessaan samankaltaista ilmaantuvuutta infektioiden osalta, kuin Gerzinan katsauksessa on ilmoitettu (Reetz 2020: 3–4).

Sekä Reetzin, että Gerzinan tutkimuksissa OI indikaatioiksi on ilmoitettu perinteisen holkkikiinnitteisen alaraajaproteesin käytön ongelmat ja Matthews (2019) ilmoittaa indikaationa myös traumatilanteet (Gerzina 2019: 142; Reetz 2020: 1; Matthews 2019: 113). Reetzin tutkimuksessa OI kontraindikaatioina on olleet diabetes, ääreisverenkierron häiriöt, amputoidun alueen säteilyaltistuminen, käynnissä oleva kemoterapia, lapsi-ikäinen potilas tai mielenterveyden ongelmat ja kuntoutumisprosessissa pitäytymisen vaikeudet (Reetz 2020: 2.)



Aiemmissa tutkimuksissa ääreisverenkierron häiriöt on ilmoitettu kontraindikaationa OI:lle, mutta Atallah (2017) tutkimuksessa on mukana viisi sääritason amputaatiopotilasta, joilla on todettu ääreisverenkierron häiriö ja heillä on vuoden seuranta-aika. Tutkimuksen osallistujista kolmen pääasiallinen liikkumistapa ennen implantointia oli pyörätuoli ja kaksi oli itsenäisesti liikkuvia. Leikkauksen jälkeisenä seuranta-aikana kaikki viisi osallistujaa liikkuvat itsenäisesti (Atallah 2017: 1518–1519). Haguen (2020) tulevaisuuteen suunnatussa joukkotutkimuksessa kuvaillaan alustavia tuloksia sääritason osseintegraatiolle, jossa on mukana joukko ääreisverenkierron sairauksia omaavia potilaita trauma potilaiden lisäksi. Haguen tutkimuksen tavoitteena on ehdottaa sääritason OI:lle oma operaatio- ja kuntoutus protokollansa. Tutkimuksen tulokset kuvaillaan tulevaisuudessa erillisessä tutkimuksessa (Hague 2020: 1–3).

Yleisin indikaatio OI:lle on kuitenkin perinteisen holkkimallisen alaraajaproteesin käytön ongelmat. Hague (2020) kuvailee holkkimalliproteesin käytössä ilmaantuvia yleisimpiä ongelmia, joita ovat mm. iho-ongelmat, kuten infektiot ja ihon rikkoontuminen, mekaaniset ongelmat, kuten huono istuvuus (käytettävyys), kipu, pistoning-ilmiö eli tyngän pumpumainen liike holkin sisällä ja raajan tunto-olemus-aistimuksen häiriintyminen, johtuen kudosten saaman proprioseptisen palautteen vähyydestä, joka voi johtaa mm. tasapainon häiriöihin ja kaatumisiin (Hague 2020: 2).

Tutkimusten mukaan yleisimmät ilmoitetut hyödyt osseointegraatiosta liittyvät toimintakykyyn ja elämänlaadullisiin mittareihin. Matthews (2019) pitkäaikaistutkimuksessa ilmoitettiin merkittäviä parannuksia fyysisessä toimintakyvyssä ensimmäisen kahden vuoden aikana sekä huomattavaa parantumista elämänlaadun usealla eri osa-alueella sekä kivun vähenemisessä. Esimerkiksi proteesin käyttöaika oli huomattavasti pitempi operaation jälkeen kuin ennen operaatiota. Hän mainitsee, että osa tutkittavista ei käyttänyt proteesia lainkaan ulkotiloissa pre-operatiivisesti ja post-operatiivisesti yli 90 prosenttia tapauksista käytti proteesia sekä sisällä, että ulkona (Matthews 2019: 115–118).

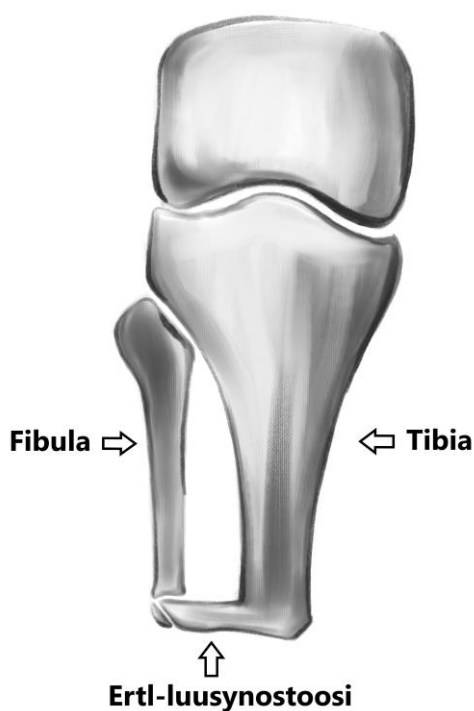
Hague (2020) ja Wolf (2019) ilmoittavat myös proteesin käytön (pukeminen ja irrottaminen) olevan helpompaa sekä suurempaa proteesin (ja raajan nivelten) liikelaajuuksia. Molemmat myös mainitsevat proteesin ja käyttäjän välisen toiminnan parannuksista mm. proprioseptisen palautteen myötä (Hague 2020: 10; Wolf 2019: 124).

Kärjitetysti voisi ilmaista, että tietyllä joukolla proteesin käyttäjistä elämälaatu voisi parantua OI:n myötä, mutta suuremmilla kustannuksilla. Gerzinan (2019) katsauksessa oli

mukana yksi tutkimus, jossa selvitettiin myös OI liittyvää ekonomiaa. Sen mukaan terveydenhuollollisia lisäkustannuksia OI tapauksista tuli keskimäärin noin 83 000 euroa potilasta kohden verrattuna perinteisen holkkimallisen proteesin käyttäjään (Gerzina 2019: 146).

### 3.2 Ertl-luusynostoosi

Tekniikka on saanut nimensä Janos Ertlin kehittämästä kirurgisesta menetelmästä. Ertl-luusynostoosissa sääri- ja pohjeluu yhdistetään toisiinsa niiden väliin asennettavalla muotoillulla luukappaleella, josta tekniikka saa myös toisen nimensä *bone-bridging* (BB). Tekniikka on kehitetty nimenomaan edistämään alaraaja-amputoitujen proteesin käyttöä. Ertl-luusynostoosiin pätevät samat indikaatiot, kuin sääriamputaatioihin yleisesti. Yleisimmät indikaatiot sääritason amputaatioille Suomessa ovat diabetes ja verenkiertosairauksien aiheuttama raajan iskemia, pehmytosainfektiot, trauma, epämuodostumat ja pahalaatuiset kasvaimet. Aikuisväestöllä yleisin alaraajan amputaatioon johtanut syy on diabetes ja verisuonisairaus ja nuoremmalla väestöllä äkillinen trauma (Pohjois-Savon sairaanhoitopiiri 2020).



Kuva 3. Ertl- luusynostoosi.

Felder & Skladman (2021) luettelevat Ertl-luusynostoosin antavan tyngälle paremman muodon holkkimallisen proteesin käyttöön ja lisäämällä sen voimantuottoa, tekemällä tyngästä paremmin kuormitusta kestävä ja estämällä fibulan liikkeen tibiaan nähden tyngässä kudosten sisällä, joka ehkäisee tyngän distaalipään haavautumista ja vähentää kipua. Edellä mainitut asiat edistävät alaraajaproteesin käyttöä ja monipuolistavat proteetisoinnin mahdollisuuksia. Heidän mukaansa tekniikka myös parantaa tyngän aineenvaihduntaa ja luun sisäistä painetta verrattuna Burgessin tekniikkaan, joka on yleisesti käytössä oleva ns. *golden standard*- tekniikka sääriamputaatioissa, sekä antaa tyngän säästyneille lihaksille fysiologisen toiminnallisuuden myodeesin avulla (Felder & Skladman 2021: 143).

Aihetta on tutkittu paljon toiminnallisen vertailun näkökulmasta ja sen oletetaan antavan tietyille käyttäjäryhmälle etua proteesin käytön hallintaan. Ferris (2015) on tietävästi ensimmäinen, joka teki tällaisen toiminnallisen vertailun moderneilla mittareilla Burgessin ja BB:n välillä ja synnytti aiheesta jatkotutkimusten trendin. Hänen käyttämät toiminnalliset mittarit ovat tästä lähtien olleet jatkotutkimusten standardi. Hän toteaa, että esimerkiksi porrasnousussa BB-ryhmä käyttää enemmän ei-amputoitujen kaltaisia toiminnallisia fysiologisia malleja ja heidän istumasta ylös nousu on nopeampi, kuin Burgess-ryhmällä. Hän pääättelee tämän johtuvan siitä, että BB-tyngässä on enemmän distaalista pinta-alaa ja sen voimantuotto on parempaa, kuin vertailun kohteena olevassa Burgessin ryhmässä (Ferris 2015: 68–69).

Hobusch (2020) toteaa järjestelmällisessä katsauksessaan, että tutkimuksessa, johon osallistui nuoria armeijan palveluksessa olevia trauma peräisiä alaraaja-amputoituja Ferruksen tulosten kaltaista toiminnallista paremmuutta BB ryhmässä ei voitu todeta, vaikkakin BB-ryhmän jäsenet palasivat nopeammin takaisin palvelukseen. Hän kuitenkin toteaa, että maahan kohdistuva voimantuotto BB-raajassa oli merkittävästi suurempi, kuin vertailuryhmällä. Myös varvastyönnön aikana syntyvä hetkellinen voimantuotto oli suurempi (Hobusch 2020: 733).

Bosse (2017) toteaa tulevaisuuteen suunnatussa yli sadan traumaperäisen sääriamputaatiopotilaan tapaustutkimuksessa, että aikaisemmissa tutkimuksissa ei ole löydetty merkittäviä toiminnallisia eroja Ertl- ja Burgess ryhmien välillä. Toimintakyvyn, tyngän distaalisen painonjakautumisen ja funktionaalisten mittareiden eroja on löydetty, mutta ne ovat saattaneet olla seurausta myös muista tekijöistä, kuten käytetyistä proteesin komponenteista ja linjauksista, katkaistun luun pituudesta yms. Artikkelissa todetaan,

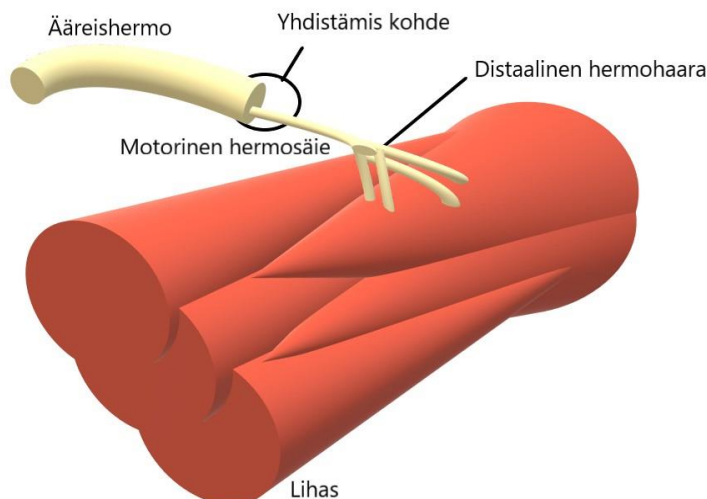
että kokonaisvaltainen hyöty Ertl-luusynostoosista voi jäädä vähäiseksi, jos ottaa huomioon operaatioon vaaditun pidemmän ajan, kirurgin (vähäisen) kokemuksen ja komplikaatioiden mahdollisuuden (Bosse 2017: 63–64, 67–68).

Aikaisemmat tutkimukset aiheesta ovat olleet melko heikkolaatuisia ja eksperimentaalisia. American academy of orthopaedic surgeons (AAOS) julkaistun Atlas of amputations and limb deficiencies vuodelta 2016 on alan suurin ja arvostetuin teos, jossa mainitaan Ertl-luusynostoosilla olevan laaja empiirinen kokemus ja käytäntö etenkin nuorten aktiivisten potilaiden keskuudessa, vaikka kirjallisuus ei tätä väitettä vielä tuekaan (AAOS 2016: 487–488.) Bossen tutkimus on suurin laatuun oleva satunnaistettu kontrolloitu tutkimus, jossa vertaillaan edellä mainittujen tekniikoiden välisiä klinisiä ja toiminnallisia eroja traumaperäisillä potilailla. Sen tuloksia odotetaan vielä julkaistavaksi ja se voi antaa kyseiselle tekniikalle tiettyjä yleistyksiä ja johdonmukaisuuksia potilasvalinnan ja tulosten valossa.

### 3.3 Perifeerisen hermon innervaatiot (PNI)

#### 3.3.1 Kohdennettu lihaksen uudelleenhermotus (TMR) – Kohdennettu ihotunnon uudelleenhermotus (TSR)

Kohdennetulla lihaksen uudelleenhermotuksella (TMR) tarkoitetaan menetelmää, jossa amputoidun tyngän säilyneitä lihaksia uudelleenhermotetaan samoilla liikehermoilla, jotka aiemmin hermottivat raajan lihaksia ennen amputaatiota. Menetelmä on kehitetty alun perin yläraaja-amputoiduille ja sen tarkoitus on lisätä myoelektronisen proteesin ohjausta käyttävien lihasta hermottavien EMG-signaalien lukumäärää, joilla voidaan saada samanaikaisesti hermottamaan useita lihasryhmiä ja näin ollen edistää proteesin käytettävyyttä (Barner-Rasmussen 2019: 22–23). Menetelmä on ollut lähivuosina tarkastelun aiheena myös alaraajan amputaatioissa ja sitä voidaan käyttää sekä reisi- että sääriamputoiduilla (Karczewski & Dingle & Poore 2021: 8–9.)



Kuva 4. Kohdennettu lihaksen uudelleenhermotus.

Barner-Rasmussen (2019) mainitsee kirjallisuuden tukevan TMR myös kivunhoidon menetelmänä. Sen on todettu mm. vähentävän amputaatiopotilaiden yleisesti kokemaan neuroomakipua ja aavesärkyä (Barner-Rasmussen 2019: 23). Perinteisissä amputaatioissa katkaistujen hermojen annetaan vetäytyä kudosten sisään raajassa tai ne liitetään suotuisampaan kasvuympäristöön, mutta on erittäin yleistä, että ne muodostavat hermopäähän kivuliaan neurooman. Katkaistut hermot kuitenkin uusiutuvat hitaasti ajan myötä ja ne antavat signaaleja, joille ei ole toiminnallista vastaanottavaa elintä. TMR- menetelmässä uusiutuva hermopää liitetään vastaanottavaan lihakseen ja sille annetaan uusi toiminnallinen kohde, jonka on todettu vähentävän neurooman muodostumista ja kipua (Mioton & Dumanian & Shah & Qiu & Ertl & Potter & Souza & Valerio & Ko & Jordan 2020: 2162).

Mioton ym. (2020) toteavat tutkimuksessaan, että jopa 85 % amputaation käyneistä potilaista kokee tynkäkipua ja 76 % aavekipua post-operatiivisesti. Tutkimukseen osallistui sekä ylä- että alaraaja-amputoituja, joita hoidettiin TMR- menetelmällä ja näistä 33 tapauksesta 14 oli alaraaja-amputoituja. Tutkimuksessa todetaan, että kaikista tutkimuksen osallistujista 19 koki tyngän kipua ja 17 osallistujaa aavesärkyä pre-operatiivisesti. Vuoden päästä post-operatiivisesti määrät vähenivät kahteen ja viiteen osallistujaan (Mioton 2020: 2164–2165).

Peters ym. (2020) toteaa katsauksessaan samankaltaisia tuloksia Miotonin tutkimuksen kanssa. Hän toteaa myös, että TMR vähentää opioidilääkkeiden käyttöä kivun hoidossa, joka on jo itsessään merkittävä positiivinen tulos (Peters 2020: 4–5). On todettu, että

primaarinen operaatio on tehokkaampaa kivunhoidollisesti, kuin sekundaarinen revisio, mutta aihe vaatii vielä jatkotutkimuksia (Peters 2020: 5; Karczewski 2021: 8–9.)

Alaraaja-amputoiduilla TMR soveltuukin tämänhetkisen tiedon valossa lähinnä kivunhoidolliseksi menetelmäksi. On kuitenkin oletettavissa, että tekniikoiden ja teknologioiden kehittyessä menetelmää voidaan käyttää tulevaisuudessa myös alaraajaproteesin ohjaukseen (Karczewski 2021: 9).

Kohdennettu ihotunnon uudelleenhermotus (TSR) on periaatteiltaan samankaltainen prosessi, kuin TMR, mutta katkaistu hermopää liitetään ihotuntoa hermottaviin hermojatkaisiin. Proteesiteknisesti kyseisellä menetelmällä voidaan saada aikaan tuntoaistin mukaista intuitiivista proteesin hallintaa (Wolf 2019: 123–124). Tekniikka on kuitenkin vasta kokeiluasteella yläraaja-amputoiduilla (Helsingin sanomat 3.9.2021.)

### 3.3.2 Ääreishermon liitännällinen elvytys (RPNI)

Ääreishermon liitännällinen elvytys ei ole vakiintunut käsite suomalaisessa kirurgiassa, eikä siitä tietääkseni löydy suomenkielisiä julkaisuja. Kyseessä on jotakuinkin suora käänös englanninkielisestä menetelmästä nimeltä regenerative peripheral nerve interface (RPNI), joka on kehitetty samaan tarkoitukseen kuin kohdennettu lihaksen uudelleenhermotus, mutta sen hyödyt mm. kivun ja aavesäryn hoidossa on huomattu samoin kuin TMR:n kohdalla. Erona kohdennettuun lihaksen uudelleenhermotukseen (TMR) on, että RPNI:ssä hermopää voidaan liittää itsenäiseen lihassiirteeseen, joka ei ole enää toiminnallinen lihas (Karczewski 2021: 8–10).

RPNI menetelmänä toimii niin, että katkaistuun hermoon liitetään lihassiirre, johon hermopää yhdistetään. Siirrännäinen antaa hermolle uuden kasvualustan ja ehkäisee neuroomaan syntyä. Neuroomassa hermon päähän syntyy kasvain, epämääräinen sidekudosmassa, joka voi olla hyvinkin kivulias ja tuottaa amputoidulle ylitsepääsemättömiä ongelmia proteesin käytössä (Karczewski 2021: 8–10.)

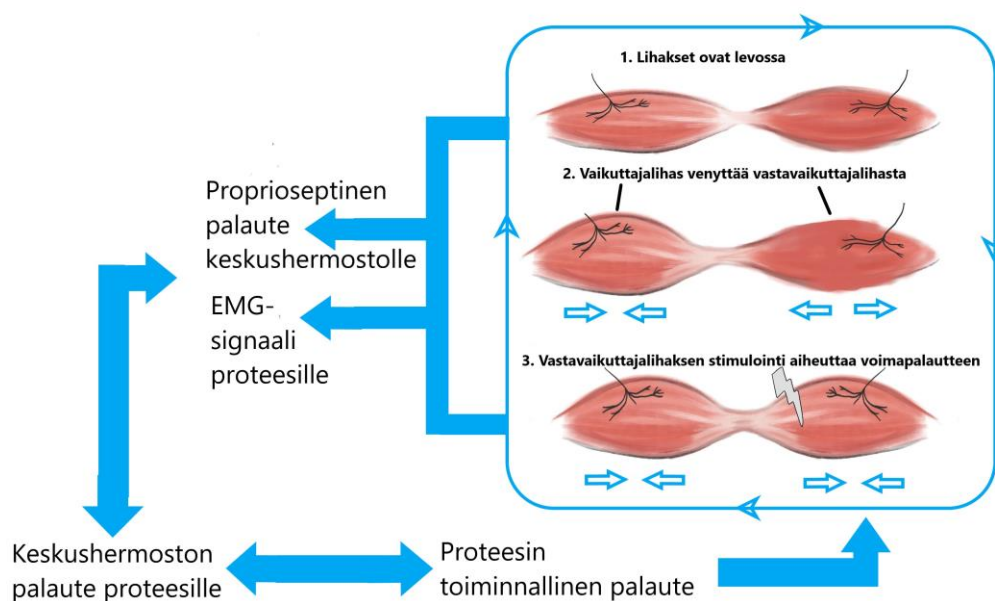
Karczewskin (2021) katsauksessa todetaan, että aiempien tutkimusten valossa RPNI on tehokas hoito neuropaattiseen kipuun. Hän mainitsee, että ensimmäisessä ihmiskoosteessa vuodelta 2016 neuroomakipu väheni 71 % ja aavesärky 53 % tapauksista ja potilaat ilmoittivat myös parempaa proteesin hallintaa. Uudemmassa tutkimuksessa vuodelta 2018 kenellekään RPNI tapauksille ei muodostunut kivuliasta neuroomaa, kun taas verrokkiryhmässä vastaavaa ilmentymää oli 13 % tapauksista (Karczewski 2021: 11).

Lihassiirrännäisen avulla menetelmällä voidaan edistää proteesin hallintaan käytettävien EMG-signaalien lukumäärää ja laatua, jolloin se mahdollistaa useamman liikesuunnan soveltamista proteesin käyttöön parempilaatuisena. Menetelmä soveltuu sekä ylä- että alaraaja-amputoiduille, mutta kliinistä soveltuvuutta alaraaja-amputoiduille voidaan esittää vasta kivunhoidollisena keinona. Menetelmässä on myös riskinsä. Ihokudokseen asennettavissa elektrodeissa on infektiio-, sekä laitehajoamisriski. Myös signaalin johdettavuudessa on omat ongelmansa laadun ja yhdistettävyyden puolesta (Karczewski 2021: 11–12).

### 3.3.3 Vaikuttaja-vastavaikuttaja hermo-lihasliitos (AMI)

Agonist-antagonist myoneural interface (AMI) on PNI- tekniikoista uusin, monipuolisin ja haastavin toteuttaa. Toisin kuin TMR ja RPNI, sitä ei ole alun perin suunniteltu yläraajan proteesin hallinnan edistämiseen tai neuroomakivun parantamiseen, vaan se on nimenomaan kehitetty edistämään alaraajan toimintaa ja proteesin hallintaa (Karczewski 2021: 12–15).

AMI:ssa liitetään agonisti- ja antagonistilihas yhteen amputoidusta raajasta valmistetulla jännekalvo- tai muulla kudoksiinliitoksella. Nämä lihakset muodostavat toiminnallisen yksikön, jossa agonistilihas supistuessaan venyttää antagonistilihasta ja lähettää lihasvenytyksen aiheuttaman EMG- signaalin keskushermostossa suoraan proteesinivelen toiminnaksi. Proteesinivel saa siis samankaltaista proprioseptistä palautetta lihasyksiköistä ja nivelen asennoista, kuin tavallisesti terveeseen raajan toiminnassa. Yksi AMI- liitos voi ohjata vain yhtä niveltä, eli sääriamputaatioissa tarvitaan kaksi liitosta, jotta myoelektronisessa nilkkanivelproteesissa voidaan ohjata sekä ylempää-, että alemmaa nilkkaniveltä. Menetelmässä yhdistellään myös muita PNI-tekniikoita (Felder 2021: 144; Karczewski 2021: 12; Wolf 2019: 124).



Kuva 5. Vaikuttaja-vastavaikuttaja hermo-lihasliitos. Havainnekuvan mallina käytetty kuvaa sivustolta bionicsforeveryone.com

Kliinisissä kokeissa saatujen tulosten perusteella menetelmä mahdollistaa korkealaatuisen tahdonalaisen liikekontrollin yhteen liikesuuntaan kerrallaan, myös kiertävissä liikesuunnissa. Myös intuitiivinen liikekontrolli on mahdollista proprioseptisen järjestelmän kautta ilman visuaalista palautetta (Wolf 2019: 124.) Clites (2018) ja Srinivasan (2019) toteavat, että AMI parantaa proteesin käytettävyyttä ja motorisia toimintoja. Felder (2021) erittelee, että edellä mainittuun kuuluu mm. parempi tyngän stabiliteetti ja liikesarjat, kävely on symmetrisempää ja rytmikkäämpää eli se noudattaa enemmän luontaista tapaa liikkua, sekä porrasmousu ja tyngän kiertotoiminnot ovat laadukkaampia, kuin vertailukohteilla. Clites ja Srinivasan mainitsevat, että menetelmää voidaan käyttää sekä primaari- että sekundaaritoimenpiteissä. Molemmat mainitsevat myös, että menetelmän avulla voi ehkäistä kivuliaan neurooman muodostumista ja se myös auttaa ylläpitämään amputaatioissa katkaistujen lihasten normaalia toimintaa ja ehkäisee näin ollen lihasatropiaa (Clites 2018: 6–8; Felder 2021: 144; Srinivasan 2019: 9).

Karczewski (2021) mainitsee, että AMI on tekniikaltaan monimutkainen ja voi vaatia useita operaatioita, joka johtaa pidempään sairaala-aikaan, pidempään kuntoutusaikaan ja vaatii kokeneen kirurgin (Karczewski 2021: 14–15.) Kliinisiä kokeita on tehty vain sääriamputoiduilla tällä hetkellä, mutta Clitesin mukaan tekniikkaa voidaan teoriassa soveltaa mihin tahansa raaja-amputaatiotasoon (Clites 2018: 8.)



Koska tekniikka on uusi ja siitä on vain vähän kliinisiä kokeita, ei voida tehdä johtopäätöksiä siitä, mitkä amputaatioon johtavat indikaatiot soveltuvat kyseiselle menetelmälle. Clites ja muut sovelsivat tekniikkaa traumapotilaille, mutta koska tekniikka vaatii paljon tervettä säilynyttä kudosta, voisi olettaa sen olevan käyttökelvoton esim. ääreisverenverenkiertohäiriötä sairastaville diabeetikoille. Toisaalta Srinivasan ja muut kehittivät tekniikkaa kaksiosaiseksi, jolloin se voisi antaa enemmän mahdollisuuksia kudosten säilyttämiseen ja sitä myötä laajentaa käytettävyyttä muihin potilasryhmiin.

## 4 Pohdinta

Ihmisen toimintakyvyn ja alaraajaproteesin käytön kannalta on suuri merkitys sillä, miltä tasolta raaja on amputoitu. Kliinisesti ajateltuna luun katkaisematta jättäminen on järkevää muun muassa vaskulaaristen kudosten säästämisen sekä muiden kudosten traumatisoinnin minimoimiseksi, mutta proteesiteknisesti niveltasoilta tehtyihin amputaatioihin on haastavaa toteuttaa toimiva apuväline. Osaksi tämä luultavasti johtuu siitä, että vielä ei osata tehdä niin pieniä ja kevyitä alaraajaproteesin nivelkomponentteja, jotka täysin vastaisivat luonnollista ihmisen nivelen toimintaa, jonka vuoksi optimaalinen alaraajaproteesin käyttö voi edellyttää amputointia proksimaalisemmalta tasolta, kuin mitä kudosten maksimaalinen säästäminen kliinisessä mielessä vaatisi.

Toiseksi, vaikka jalkaterän alueen kirurgiset tekniikat ja hoito-ohjelmat ovat kehittyneet viime vuosina, ovat jalkapöydän alueen amputaatiomäärät tasaisesti nousseet koko 2010-luvun ajan ja diabeteksen ja verisuoni sairauksien patologisuuden vuoksi on odotettavissa, että potilas tulee käymään uusinta-amputaatiossa jossain elämän vaiheessa. Se, että Suomessa tehdään enemmän reisi-, kuin sääriamputaatioita voi myös olla merkki siitä, että sairauksien hoito-ohjelmassa tai diagnostiikassa ei oteta riittävästi huomioon sitä, mikä olisi optimaalisin ratkaisu potilaan toimintakyvyn ja apuvälineen käytön kannalta tai puukko pidetään tupessa niin pitkään, että reisiamputaatio on välttämätön.

Tutkimusten mukaan reisiamputaation läpikäyneillä on jopa 25 % suurempi kuolleisuus, kuin sääriamputoiduilla. O'Banion (2020) mainitsee, että Yhdysvalloissa on yli miljoona sääri- ja reisiamputoitua, joista suurin osa (yli 80 %) on verenkiertosairauksien ja diabeteksen aiheuttamia. Yli puolet verenkiertosairauksia ja diabetesta sairastavista joutuvat lopulta käymään läpi sääri- tai reisiamputaation ja heistä yli 70 % on sääriamputoituja (O'Banion 2020: 1506; Advanced amputee solutions LLC 2012.)

Suuremman kuolleisuuden lisäksi myös alaraajaproteesia käyttävän elämänlaadullisista näkökulmista katsottuna sääriamputaatio voi olla parempi vaihtoehto, kuin reisiamputaatio. Liukkala (2016) mainitsee, että aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että reisiaproteesin käyttäjillä on liikkeessä jopa moninkertainen energiankulutus sääriaproteesia käyttävään tai ei-amputoituun verrattuna (Liukkala 2016: 26.) Myös proteesin käyttämättä jättäminen tai hylkiminen on reisiamputoituilla suurempaa (Balk 2018: 174–175.)

Edellä mainittujen asioiden valossa olisikin erityisen tärkeää moniammatillisesti sekä moniulotteisesti arvioida potilaan pre- ja postoperatiivista kuntoa sekä hänen todennäköisyyksiään päätyä apuvälineen käyttäjäksi jo ennen suunniteltua amputaatiota. Trauma- tai muissa akuuteissa amputaatioissa tilanne voi olla tietenkin hieman erilainen ja silloin kyseessä ei välttämättä ole tarkoin harkittu toimenpide vaan hengen pelastava sellainen. Tästä huolimatta eri skenaarioihin ja ratkaisuihin olisi hyvä varautua jo etukäteen.

Yllä oleva opinnäytetyö toivottavasti laajentaa sääri- ja reisiaproteesia käyttävien asiakkaiden ja potilaiden kanssa työskentelevien ammattilaisten sekä alan opiskelijoiden ajatusmaailmaa siitä, mihin asioihin on mahdollista vaikuttaa ennen asiakkaan protetisointia. Opintojen aikana en ole voinut välttyä siltä huomiolta tai ajatukselta, että apuvälineiden valmistajat ja amputoitujen kuntoutusta tekevät joutuvat jossain määrin työskentelemään enemmän tai vähemmän optimaalisilta lähtökohdilta siihen nähden, mitä apuvälineillä olisi mahdollista saada aikaan potilaan toimintakyvyn parantamisen kannalta. Tämä ei kuitenkaan tarkoita sitä, että siihen olisi kaikkien osapuolten tyytyminen. Saatavilla olevan tiedon hyödyntäminen ja koulutuksen lisääminen on yleisesti ottaen tunnustettu olevan tehokas keino parantaa ihmisten hyvinvointia, niin yksilö- kuin yhteiskunnallisellakin tasolla.

Opinnäytetyö ei kuitenkaan ole kaikkivoipainen ylistys siitä, että kehittyneistä tekniikoista ja menetelmistä hyötyvät kaikki alaraaja-amputoidut. Jos jokin asia on minulle valjennut tämän aiheen parissa niin se, että amputaatio on monimutkainen ja riskialtis toimenpide ja jokainen toimenpide on tehtävä huomioiden yksilön todennäköisyydet selvittää yhdestä tai useammasta operaatiosta, sekä arvioida hänen mahdollisuutensa päätyä apuvälineen käyttäjäksi, kuin myös valita oikea apuväline ottaen huomioon toimintakyvyn edellytykset. Silti, teknologia ja amputaatiokirurgiset interventiot antavat uusia mahdollisuuksia arvioida edellä mainittuja asioita. Kuten tuloksissa mainitaan, näillä

keinoilla on mahdollista vaikuttaa mm. amputoidun tyngän muotoon ja sen toiminnallisuuteen, tyngän paineensietokykyyn, kiputuntemuksiin, sekä asento-, tunto-, tasapaino- ja liikeaistikokemuksiin, kuin myös apuvälineen käytettävyyteen.

On otettava huomioon, että osa tuloksissa mainituista tekniikoista ja menetelmistä on edelleen kokeiluasteella tai niistä ei ole hyväksyttyä protokollaa suomalaisessa terveydenhoidossa. Osasta tekniikoista on kuitenkin saatu lupaavia tuloksia mm. neuropaattisen kivun hoidossa. Ääreishermon innervaatiot ovat osoittautuneet tehokkaiksi menetelmiksi aavesärky ja tynkäkivun ehkäisyn kannalta, joka on yksi suurimmista syistä siihen, miksi sääri- ja reisiproteesin käyttäjät eivät pysty käyttämään tai hylkivät apuvälinettä (Baars 2018: 1.)

Aiemmin työssä mainitsin myös siitä, että kyseisillä tekniikoilla on todistettu olevan positiivinen vaikutus vahvojen kipulääkkeiden käytön vähentymiseen amputaation jälkeisen kivun hoidossa, joka on jo itsessään erittäin rohkaiseva tulos. Yhdysvalloissa on esimerkiksi arvioitu joidenkin tutkimusten mukaan olevan noin kaksi miljoonaa alaraaja-amputoitua ja niiden mukaan jopa 80 % heistä kärsii kroonisesta kivusta. Yleisin alaraajan amputaatioon johtanut etiologia on ääreisverenkierron häiriöt ja diabetes (Peters 2020: 1; O'Banion 2020:1506.) Suomalaisen lääkäriseura Duodecimin käypä hoito -suositusten mukaan amputaation jälkeisen neuropaattisen hermokivun ja diabeettisen neuropatian yleisin hoitomuoto on lääkehoito ja lääkkeinä on usein opioidipohjaiset tai muut vastaavat keskushermostoon vaikuttavat kipulääkkeet (Neuropaattisen kivun hoito-opas. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim 2021.)

Ongelmaksi näiden uusien tekniikoiden ja menetelmien käyttöönotossa voi muodostua tekijöiden ja kokemuksen vähyys. Voi siis olla, että tulevaisuudessa osalla näistä tekniikoista on oma erikoistumisalansa. Yhdysvalloissa tämänkaltainen trendi on nähtävissä ja pienellä ”googlettamisella” selviää, että moni yliopistosairaala tai yksityinen klinikka on erikoistunut näihin tekniikoihin.

Tämän kirjallisuuskatsauksen suurimpia heikkouksia on siihen kuuluvien tutkimusartikkeleiden näytön asteen laatu sekä tutkimuksissa mukana olleiden potilastapausten vähäinen määrä sekä aiheen yksipuolinen näkemys. Suurin osa tutkimusartikkeleista tai katsauksiin kuuluvista tutkimuksista on näytön vahvuus asteeltaan tasoa III tai IV, mutta mukana on myös tason II tutkimuksia. Usein tämä johtuu siitä, että tutkimuksissa käytetyt metodit tai mittarit eivät ole validoituja tai kliinisten ihmisiin kohdistuvien tutkimusten pitkäaikaistuloksia ei ole saatavilla tai niiden tapausotanta on ollut pieni. Myös toisen henkilön tekemä tutkimusten menetelmällisen laadun arviointi puuttuu, joka on

myös yksi syy siihen, miksi tätä työtä ei voi kutsua järjestelmälliseksi katsaukseksi. Asia- ja käänkösvirheiden mahdollisuus on myös ilmeinen, koska en ole koulutuksellani lääketieteen ammattilainen eikä englanti ole äidinkieleni, myöskään työn sisältöä ei ole tarkastanut lääke- tai kielitieteen ammattilainen. Tein myös huomion, että monen aihepiirin parissa tutkimuksen tekijöinä on pitkälti samat henkilöt ja instituutiot, joten tutkimusharhan ja lobbauksen mahdollisuus on olemassa.

Tämä opinnäytetyö ei myöskään ole kaiken kattava katsaus aiheeseen, vaan jatkotutkimuksen aiheita löytyy useita. Tässä työssä luetellut tekniikat ja menetelmät ovat vain osa niistä, joita alaraajan amputaatioissa voidaan hyödyntää ja koska tekniikat kehittyvät jatkuvasti, tietous ja kokemus niistä lisääntyy ajan myötä. Tästä työstä poisjätetyt tekniikat ja teknologiat, sekä myöhemmässä vaiheessa poisjätetyt niveltasojen disartikulaatiot olisivatkin luonnollinen jatkotyö aiheesta kiinnostuneille.

Kyseinen työ on ensimmäinen kirjallisuuskatsaus, jonka olen tehnyt ja se on tietääkseni ensimmäinen suomenkielinen aiheesta tehty katsaus. Tämä on ollut erittäin opettavainen kokemus ja se on ollut samalla myös tutkimusmatka, joka on auttanut ymmärtämään moninaisia syy-seurauksia ja tulevaisuuden haasteita sekä mahdollisuuksia aiheen parissa.

## Lähteet

Adams, Curtis T. & Lakra, Akshay 2020. Below knee amputation. StatPearls (internet). Treasure Island. Florida (USA): StatPearls Publishing. 1-9. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK534773/#!po=94.4444>>. Viitattu 28.4.2021

Advanced amputee solutions LLC 2012. Amputee statistics you ought to know. <<https://advancedamputees.com/amputee-statistics-you-ought-know>>. Viitattu 28.10.2021

Atallah, Robin & Lu, William & Li, Jiao Jiao & Leijendekkers, Ruud & Frölke, Jan Paul & Muderis, Munred Al 2017. Osseointegrated Transtibial Implants in Patients with Peripheral Vascular Disease: A Multicenter Case Series of 5 Patients with 1-Year Follow-up. The Journal of Bone and Joint Surgery. New South Wales (Australia): (99) 1516-1523. <[https://journals.lww.com/jbjsjournal/Abstract/2017/09200/Osseointegrated\\_Transtibial\\_Implants\\_in\\_Patients.3.aspx](https://journals.lww.com/jbjsjournal/Abstract/2017/09200/Osseointegrated_Transtibial_Implants_in_Patients.3.aspx)>. Viitattu 29.10.2021

Baars, Erwin & Schrier, Ernst & Dijkstra, Pieter & Geertzen, Jan 2018. Prosthesis satisfaction in lower limb amputees. A systematic review of associated factors and questionnaires. Medicine. Baltimore (USA): Wolters Kluwer Health, Inc. 97 (39). 1-15. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6181602/>>. Viitattu 10.10.2021

Balk, Ethan M. & Gazula, Abhilash & Markozannes, Georgios & Kimmel, Hannah J. & Saldanha, Ian J. & Resnik, Linda J. & Trikalinos, Thomas A. 2018. Lower Limb Prostheses: Measurement Instruments, Comparison of Component Effects by Subgroups, and Long-Term Outcome. Comparative Effectiveness Review. U.S. Department of Health and Human Services. Rockville (USA): AHRQ Publication. (213) 1-196. <<https://europepmc.org/article/NBK/nbk531523#free-full-text>>. Viitattu 29.10.2021

Barner-Rasmussen, Ian & Hakkarainen, Matti & Siponen, Emilia & Mattila, Simo & Pierides, Georgios & Waris, Eero 2019. Kehittyvä kirurgia ja proteesiteknologia yläraaja-amputaatioissa. Lääketieteellinen aikakauskirja duodecim. Numero 1. 19 – 25. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo14719>>. Viitattu 6.4.2021

Bosse, Michael J. & Morshed, Saam & Reider, Lisa & Ertl, William & Toledano, James & Firoozabadi, Reza & Seymour, Rachel B. & Carroll, Eben & Scharfstein, Daniel O. & Steverson, Barbara & MacKenzie, Ellen J. 2017. Transtibial Amputation Outcomes Study (TAOS): Comparing Transtibial Amputation With and Without a Tibiofibular Synostosis (Ertl) Procedure. Journal of orthopaedic trauma. Charlotte (USA): Wolters Kluwer Health, Inc. (31) 63-69. <[https://journals.lww.com/jorthotrauma/Fulltext/2017/04001/Transtibial\\_Amputation\\_Outcomes\\_Study\\_\\_TAOS\\_\\_.12.aspx](https://journals.lww.com/jorthotrauma/Fulltext/2017/04001/Transtibial_Amputation_Outcomes_Study__TAOS__.12.aspx)>. Viitattu 29.10.2021

Clites, Tyler R. & Herr, Hugh M. & Srinivasan, Shriya S. & Zorzos, Anthony N. & Carty, Matthew J. 2018. The Ewing Amputation: The First Human Implementation of the Agonist-Antagonist Myoneural Interface. PRS Global Open. Boston (USA): Wolters Kluwer Health, Inc. (6) 1-8. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6414116/>>. Viitattu 29.10.2021

Elomaa, Leena & Mikkola, Hannele 2010. Näytön jäljillä: Tiedonhaku näyttöön perustuvassa hoitotyössä. Turun ammattikorkeakoulun oppimateriaaleja 12. Turku: Turun ammattikorkeakoulu. (5. painos) 1-65. <<https://julkaisut.tukkuamk.fi/isbn9789522161611.pdf>>. Viitattu 29.10.2021

Felder, John M. & Skladman, Rachel 2021. Translating technique into outcomes in Amputation Surgeries. *Science of Medicine*. St. Louis (USA): Missouri Medicine. (2) 141-146. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8029626/>>. Viitattu 29.10.2021

Ferris, Abbie E. 2015. Biomechanical assessment of Ertl and Burgess transtibial amputation techniques. University of Northern Colorado. USA: ProQuest Dissertations Publishing. 1-143. <<https://www.proquest.com/open-view/497b3e96a7adbc1c6e318c2c13cd47aa/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750>>. Viitattu 29.10.2021

Gerzina, Christopher & Potter, Eric & Haleem, Amgad M. & Dabash, Sherif 2019. The future of the amputees with osseointegration: A systematic review of literature. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*. New York (USA): Delhi orthopedic association. (11) 142-148. <<https://www.journals.elsevier.com/journal-of-clinical-orthopaedics-and-trauma>>. Viitattu 29.10.2021

Haanpää, Maija 2007. Neuropaattisen kivun hoito-opas. Käypä hoito -suositus. Suomalainen lääkäriaseura Duodecim. <<https://www.kaypahoito.fi/nix00086>>. Viitattu 29.10.2021

Hagberg, Kerstin 2019. Bone-anchored prostheses in patients with traumatic bilateral transfemoral amputations: rehabilitation description and outcome in 12 cases treated with the OPRA implant system. *Disability and rehabilitation: Assistive technology*. Göttingen (Sweden): Taylor & Francis Group. (4) 346-353. <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/17483107.2018.1449016>>. Viitattu 29.10.2021

Haque, Russel & Al-Jawazneh, Shakib & Hoellwarth, Jason & Adeel Akhtar, Muhammad & Doshi, Karan & Tan, Yao Chang & Lu, William Yenn-Ru & Roberts, Claudia & Al Muderis, Munjed 2020. Osseointegrated reconstruction and rehabilitation of transtibial amputees: the Osseointegration Group of Australia surgical technique and protocol for a prospective cohort study. *BMJ Open*. Sydney (Australia): 1-13. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7577069/>>. Viitattu 29.10.2021

Hobusch, Gerhard M. & Döring, Kevin & Brånemark, Rickard & Windhager, Reinhard 2020. Advanced techniques in amputation surgery and prosthetic technology in the lower extremity. *Efort open reviews*. Vienna (Austria): (5) 724-741. <<https://online.boneandjoint.org.uk/doi/full/10.1302/2058-5241.5.190070>>. Viitattu 29.10.2021

Hoellwarth, Jason & Tetsworth, Kevin & Rozbruch, Robert S. & Handal, Brianne M. & Coughlan, Adam & Al Muderis, Munjed 2020. Osseointegration for Amputees: Current Implants, Techniques, and Future Directions. *Journal of bone and joint surgery*. New South Wales (Australia): Wolters Kluwer Health Inc. 8 (3) 1-10. <[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7161721/#\\_\\_ffn\\_sectitle](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7161721/#__ffn_sectitle)>. Viitattu 10.11.2021

Hoitotyön tutkimussäätiö n.d. Tutkimustiedon laadun arvioiminen. <<https://www.hoitus.fi/tutkimustiedon-laadun-arvioiminen/>>. Viitattu 29.10.2021

Ikonen, T.S. 2011. Alaraaja-amputaatioiden määrä vähenee – mutta ei riittävästi. Lääketieteellinen aikakauskirja duodecim. 127(15). 1519–1520. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo99704>>. Viitattu 15.3.2021

Karczewski, Alison M & Dingle, Aaron M & Poore, Samuel O. 2021. The Need to Work Arm in Arm: Calling for Collaboration in Delivering Neuroprosthetic Limb Replacements. Proquest LLC. Lausanne (Switzerland): Frontiers Research Foundation. 1-43. <<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbot.2021.711028/full>>. Viitattu 29.10.2021

Krajbich, Joseph Ivan & Pinzur, Michael S. & Potter, Benjamin K. & Stevens, Phillip M. (toim.) 2016. Atlas of amputations and limb deficiencies: Surgical, prosthetic, and rehabilitation principles. Volume 2: Lower limb. Management issues. American academy of orthopaedic surgeons. Rosemont (USA): Bone and joint initiative (Canada). (Fourth edition) 429-748. Viitattu 29.10.2021.

Liukkala, Ida 2016. Reisiamputoidun proteesikävelyn edistymisen seuranta. Lomake fysioterapeutin ja apuvälineteknikon väliseen yhteistyöhön. Opinnäytetyö. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Matthews, Douglas John & Arastu, Mateen & Uden, Maggie & Sullivan, John Paul & Bolsakova, Kristina & Robinson, Kingsley & Sooriakumaran, Sellaiah & Ward, David 2019. UK trial of the Osseointegrated Prosthesis for the Rehabilitation for Amputees: 1995–2018. Prosthetics and Orthotics International. London (UK): Sage Journals. (43) 112-122. <<https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0309364618791616>>. Viitattu 29.10.2021

Mioton, Lauren M. & Dumanian, Gregory A. & Shah, Nikita & Qiu, Cecil S. & Ertl, William J. & Potter, Benjamin K. & Souza, Jason M. & Valerio, Ian L. & Ko, Jason H. & Jordan, Sumanas W. 2020. Targeted Muscle Reinnervation Improves Residual Limb Pain, Phantom Limb Pain, and Limb Function: A Prospective Study of 33 Major Limb Amputees. Clinical orthopaedics and related research. Chicago (USA): Association of Bone and Joint Surgeons. Wolter Kluwer Health, Inc. (478) 2161-2167. <[https://journals.lww.com/clinorthop/Fulltext/2020/09000/Targeted\\_Muscle\\_Reinnervation\\_Improves\\_Residual.34.aspx](https://journals.lww.com/clinorthop/Fulltext/2020/09000/Targeted_Muscle_Reinnervation_Improves_Residual.34.aspx)>. Viitattu 29.10.2021

Nikulainen, Veikko 2020. Invasive treatment of lower extremity arterial disease. National procedure rates and challenges in wound healing. Turun yliopiston julkaisusarja. Turku: Painosalama Oy. 1 – 74. <<https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/150849/AnnalesD1528NikulainenDISS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Viitattu 10.10.2021

O'Banion, Leigh Ann & Dirks, Rachel & Farooqui, Emaad & Kaups, Krista & Qumsiyeh, Yazan & Rome, Cambia & Davis, James 2020. Outcomes of major lower extremity amputations in dysvascular patients: Room for improvement. The American Journal of Surgery. Fresno (USA): Elsevier. (220) 1506-1510. <[https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961020305122?casa\\_token=97zwd-V-](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0002961020305122?casa_token=97zwd-V-)

KY8AAAAA:83eTy74VRZAD\_RQ4bWqK4mupZpYktiwhEz-x-JLQQTeJu-yoFij10GSrlzx4SyrC3rM-hSKPuMu3Z>. Viitattu 29.10.2021

Pekonen, Juho-Pekka 2021. Tutkijat kertovat kehittäneensä tekokäden, jolla voi tuntea kosketuksen – Video esittelee proteesin toimintaa. Helsingin sanomat -verkkojulkaisu 3.9.2021. <<https://www.hs.fi/tiede/art-2000008240573.html?share=5fcb978d9b6f17fccccd718c91f6645da>>. Viitattu 27.10.2021

Pohjois-savon sairaanhoitopiirin asettama työryhmä 2020. Sääri- tai reisiamputaatio ja proteesikuntoutus -hoitoketju (PSSHP). Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. <<https://www.terveysportti.fi/apps/ltk/article/shp01328>>. Viitattu 28.4.2021

Reetz, D. & Atallah, R. & Mohamed, J. & van de Meent, H. & Frölke, J.P. & Leijendekkers, R. 2020. Safety and Performance of Bone-Anchored Prostheses in Persons with a Transfemoral Amputation: A 5-Year Follow-up Study. The Journal of Bone and Joint Surgery. Nijmegen (Alankomaat): (00) 1-6. <[https://journals.lww.com/jbjsjournal/Abstract/2020/08050/Safety\\_and\\_Performance\\_of\\_Bone\\_Anchored\\_Prostheses.10.aspx](https://journals.lww.com/jbjsjournal/Abstract/2020/08050/Safety_and_Performance_of_Bone_Anchored_Prostheses.10.aspx)>. Viitattu 29.10.2021

Salminen, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus?: Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasan yliopiston julkaisuja. Opetusjulkaisuja 62, Julkisojohtaminen 4. Vaasa: Vaasan yliopisto. 6–11. <[http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf](http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf)> Viitattu 19.8.2021

Solonen, Kauko A. & Huittinen, Veli-Matti 1992. Amputaatiot ja proteesit. Proteesisäätiö. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy. Viitattu 12.10.2021

Srinivasan, Shriya S. & Diaz, Maurizio & Carty, Matthew & Herr, Hugh M. 2019. Towards functional restoration for persons with limb amputation: A dual-stage implementation of regenerative agonist-antagonist myoneural interfaces. Scientific reports. Cambridge (USA): Springer Nature. (9) 1981. <<https://www.nature.com/articles/s41598-018-38096-z>>. Viitattu 29.10.2021

Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin, Diabetesliiton lääkarineuvoston, Suomen Endokrinologiyhdistyksen ja Suomen Ihotautilääkäriyhdistyksen asettama työryhmä. Diabeetikon jalkaongelmat. Käypä hoito -suositus 2021. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. <<https://www.kaypahoito.fi/hoi50079>>. Viitattu 15.3.2021

Terveysten- ja hyvinvoinnin laitos 2020. Diabeteksen yleisyys. <<https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/diabetes/diabeteksen-yleisyys>>. Viitattu 15.3.2021

Terveysten- ja hyvinvoinnin laitos 2021. Toimenpiteiden lukumäärä vuosittain. Tietokantaratortit. <<https://sampo.thl.fi/pivot/prod/fi/thil>>. Viitattu 28.10.2021

Winell, K. & Niemi, M. & Lepäntalo, M. 2006. The national hospital discharge register data on lower limb amputations. European journal of vascular and endovascular surgery. 32 (1). 66 – 70. Epub. <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16513375/>>. Viitattu 15.3.2021



Wolf, Erik J. & Cruz, Theresa H. & Emondi, Alfred A. & Langhals, Nicholas B. & Naufel, Stephanie & Peng, Grace C. Y. & Schulz, Brian W. & Wolfson, Michael 2019. Advanced technologies for intuitive control and sensation of prosthetics. *Biomedical Engineering Letters*. Fort Detrick (USA): Springer Nature. (10) 119-128. <<https://link.springer.com/article/10.1007/s13534-019-00127-7>>. Viitattu 29.10.2021

## Esimerkki laadun arvioinnin tarkistuslistasta (JBI)



29.11.2018

### JBI: Arviointikriteerit järjestelmälliselle katsaukselle

Tätä tarkistuslistaa käytetään järjestelmällisen katsauksen metodologisen laadun arviointiin. Arvioinnin tarkistuslistaan sisältyy yhteensä 11 arviointikriteeriä, joiden yksityiskohtaiset sisällöt on lyhyesti kuvattu alhaalla. Arvioijan on hyvä tutustua myös Joanna Briggs Instituutin julkaisemaan katsauksen tekijöiden [käsikirjaan](#) arviointia tehdessään. Tarkistuslistan alkuperäinen englanninkielinen versio löytyy tästä [linkistä](#). Kunkin kriteerin toteutuminen arvioidaan asteikolla: Kyllä (K), Ei (E), Epäselvä (?), Ei sovellettavissa (NA).

Arvioija \_\_\_\_\_ Päiväys \_\_\_\_\_

Tekijä(t) \_\_\_\_\_ Vuosi \_\_\_\_\_ Nro \_\_\_\_\_

Arviointikriteeri	K	E	?	NA
1. Onko katsauksen kysymys esitetty selvästi ja yksiselitteisesti?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ovatko mukaanottokriteerit asianmukaiset verrattuna tutkimuskysymykseen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Onko hakustrategia asianmukainen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Ovatko käytetyt tiedonlähteet riittäviä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Ovatko tutkimusten laadun arvioinnissa käytetyt kriteerit asianmukaiset?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Onko vähintään kaksi arvioijaa itsenäisesti toteuttanut tutkimusten kriittisen laadun arvioinnin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Onko tietojen uuttamisvaiheessa käytetty menetelmiä virheiden minimoimiseksi?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Onko tutkimustulosten yhdistämisessä käytetty tarkoituksenmukaisia menetelmiä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Onko katsauksessa arvioitu julkaisuharhan todennäköisyyttä?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Ovatko katsauksessa esitetyt käytännön suositukset linjassa katsauksen tulosten kanssa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11. Ovatko katsauksessa esitetty jatkotutkimusehdotukset linjassa katsauksen tulosten kanssa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kokonaisarviointi: Hyväksy  Hylkää  Lisätietoja tarvitaan

Kommenteja (mukaan lukien syy hylkäykseen):

---

## Tulokset-taulukko

Tekijä	Vuosi	Artikkelin nimi	Tutkimuksen luonne	Amp. taso	Tekniikka tai menetelmä	Indikaatio	Löydökset	Laadun arviointi
Atallah et al.	2017	Osseointegrated Transtibial Implants in Patients with Peripheral Vascular Disease	Ta-paussarja. 5 tapausta, vuoden seuranta.	TT	Osseo integraatio	Ääreisverenkierron häiriö	Kaikki itsenäisesti mobil leikkauksen jälkeen, ennen leikkausta 3 pyörätuolissa. Vain yhdellä kipuja, ei plp. Mobiliteetti-luokitus nousi 1-2 tasoa. Proteesin käyttöaika ja elämänlaatu parantunut.	Level IV JBI 9/10
Peters et al.	2020	Targeted muscle reinnervation for the management of pain in the setting of major limb amputation	Asiantuntijan näkemys. Kirjallisuuskatsaus.	TT TF	TMR	Amputoidun tyngän hermokipu. Aavekipu.	Todisteita sekä hermokivun että aavekivun vähenemisestä primaari ja sekundaari operatiivisessa leikkauksessa. Opioidilääkityksen väheneminen kivun hoidossa. Primaarinen TMR tehokkaampi? Post-BKA ei neuroomaa 22 potilasta. Primaarinen TMR PLP selkeä ero trad amp. verrattuna.	JBI 4/6

Liite 2

2 (13)

Bosse et al.	2017	Transtibial Amputation Outcomes Study (TAOS): Comparing Transtibial Amputation With and Without a Tibiofibular Synostosis (Ertl) Procedure	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (RCT)	TT	Ertl  Burgess	Trauma	Ei merkittäviä eroja ryhmien välillä tai erot eivät olleet kliinisesti merkittäviä. Kokonaisvaltainen hyöty ertl-tekniikasta voi jäädä vähäiseksi, jos ottaa huomioon operaatioon vaaditun ajan, kirurgin (vähäisen) kokemuksen ja komplikaatioiden mahdollisuuden.	JBI 6/13
Clites et al.	2018	The Ewing Amputation: The First Human Implementation of the Agonist-Antagonist Myoneural Interface	Experimentaalinen tutkimus	TT	AMI	Trauma, epämuodostuma	Lievää hypertropiaa amputaatiotasossa ja tibian puolivälissä, jotka vaativat proteesiholkin modifiointia ja kiinnitys systeemin pidentämistä. Stabiili kudosten muodostus. Tahdonalainen lihasaktivointi AMI-lihaksissa. Vähemmän lihasepätasapainon aiheuttamaa kontraktuuraa (ei merkittävää lihasatropiaa). Ylemmän ja alemman nilkkanivelen liiketuntemukset.	JBI 7/9

Liite 2

3 (13)

Felder & Skladman	2021	Translating technique into outcomes in Amputation Surgeries	Asiantuntijoiden näkemys	TT TF	Osseo integraatio  Ertl  AMI	-	<p>Osseo TF: ehkäisee painehaavojen syntymistä, parantaa osseoperseptistä paineen ja asennon tuntua ja parantaa proteesin käyttöä, vähentää kivun tunnetta, parantaa yleistä elämänlaatua.</p> <p>TT: Ertl ei fibulan liikkumista tyngässä ja ehkäisee painehaavojen syntymistä, parempi paineensieto tyngän distaalipäässä ja enemmän voimaa -&gt; parempi proteesin käyttö, vähemmän kipua. Enemmän protetisointi mahdollisuuksia.</p> <p>Osseo TT: parempi liikkuvuus, parempi käynti, parempi proteesin käyttö -&gt; parempi elämänlaatu.</p> <p>AMI (Ewing): parempi tyngän stabiliteetti, liikesarja, kävelyn symmetria, porrasnousu ja kiertotoiminnot. Ei lihasatropiaa.</p>	JBI 5/6
Ferris	2015	Biomechanical assessment of ertl and burgess transtibial amputation techniques	Asiantuntijan näkemys	TT	Burgess,  Ertl	-	<p>Ertl liike strategiat porrasnousussa lähempänä ei-amputoituja (polvistrategia). Enemmän pinta-alaa -&gt; enemmän voimaa, nopeampi sit-to-stand,</p>	JBI 5/6

Liite 2

4 (13)

<p>Gerzina et al.</p>	<p>2019</p>	<p>The future of the amputees with osseointegration: A systematic review of literature</p>	<p>Järjestelmällinen katsaus</p>	<p>TF TT</p>	<p>Osseo integraatio</p>	<p>-</p>	<p>7/9 tutkimusta ilmoitti infektiokomplikaatioita 18-63 % tapauksista, pääasiassa pinnallisten kudosten ja hoito antibiootti. merkittävä uusintaoperaatioiden vähentyminen. 20 % riski osteomyeliitti (luutulehdus) ja 10 % riski implantin poistoon.</p> <p>3/9 tutkimusta ilmoitti murtumista. Proteesialueen murtumat 0-7 %, kokonaisuurtumat (ei välttämättä proteesiin liitännäiset) 3-10 %.</p> <p>3/9 tutkimusta ilmoitti elämänlaadun parannuksesta.</p> <p>2/9 tutkimusta ilmoitti fyysisen toimintakyvyn parannuksesta.</p> <p>4/9 tutkimusta ilmoitti mekaanisia komplikaatioita, laite hajoaminen 8 ja 31 %, implantin poisto 7 ja 3 % tapauksista.</p> <p>1/9 tutkimusta ilmoitti ekonomia vertailua OI vs trad, OI lisäkustannuksia tuli n. 83k €.</p>	<p>Level III JBI 9/11</p>
-----------------------	-------------	--	----------------------------------	------------------	--------------------------	----------	---	-------------------------------

## Liite 2

5 (13)

Hagberg	2019	Bone-anchored prostheses in patients with traumatic bilateral transfemoral amputations: rehabilitation description and outcome in 12 cases treated with the OPRA implant system	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (RCT)	TF - Bilateral	Osseo integraatio	Trauma	<p>9/12 käytti proteesia ennen operaatiota, suurin osa (8/12) liikkui pääasiallisesti pyörätuolilla ilman proteesia tai pyörätuolilla ja proteesin ja kävelykeppien kanssa. Kaikilla osallistujilla oli ongelmia istumisen kanssa.</p> <p>Seurannassa 11/12 käytti proteesia, 3 käveli ilman avustusta, 4 pyörätuolilla proteesin kanssa, 4 pyörätuolilla ilman proteesia, 1 vain pyörätuolilla. 7/12 ei ongelmia istumisen kanssa, 3 vähän ongelmia.</p> <p>Pinnalliset tulehdukset yleisiä (=10/12). Kaksi kertaa tulehdus 3/12, krooninen tulehdus 1/12. Syväkudos tulehdus (myös luutulehdus) 1/12, joka johti implantin poistoon 20 v. operaation jälkeen.</p> <p>Luunmurtuma kahdella, johtuen kaatumisesta -&gt; lopulta proteesin käyttöä hyvällä tasolla.</p> <p>8/12 mekaaninen ongelma (implantin osan vaihto tms.) + kirurgia. 4 ei mekaanista ongelmaa.</p>	JBI 4/13
---------	------	---	--	----------------	-------------------	--------	--	----------

Liite 2

6 (13)

Hague et al.	2020	Osseointegrated reconstruction and rehabilitation of transtibial amputees: the Osseointegration Group of Australia surgical technique and protocol for a prospective cohort study	Kohortitutkimus	TT	Osseo integraatio	Trauma  Ääreisverenkierron häiriöt	Fysiologinen painonjakauma raajalle, nivelten venyvyys ja rom parantunut, parempi istuma-asento, mechanoperseptiivinen (osseoperceptive) palaute, parempi proteesin sovitus ja irroitus, suurentunut liikkuvuus (mobiliteetti), parempi proteesin käyttö, kehonkuva ja elämänlaatu.	JBI 6/12
--------------	------	---	-----------------	----	-------------------	--	---	----------



## Liite 2

7 (13)

Hobusch et al.	2020	Advanced techniques in amputation surgery and prosthetic technology in the lower extremity	Järjestelmällinen katsaus	TT TF	Ertl  Osseo integraatio  TMR  RPNI	Ertl: trauma	<p>Ertl: Nuorilla armeijan trauma-potilailla ei todettu eroa kävelyvertailussa tai mekaanisissa ominaisuuksissa, mutta ertl palasivat nopeammin palvelukseen. Toisessa tutkimuksessa todettiin istuma-nousuajan olevan parempi ertl ja maahan kohdistuvan voiman olevan isompi. Lievää parannusta varvastyönön aikana ertl, jonka voi todeta pidemmissä tyngissä.</p> <p>Osseo: muiden apuvälineiden käyttö säilyy, aavesärky säilyy. Infektioriskin myötä/sen ehkäisemiseksi tutkimukset aiheen parissa lisääntyneet ja implantin materiaalit ja muotoilu kehittyneet. Luun tiheys muuttuu distaalipäästä -&gt; vaikuttaa implantin kestoon?</p> <p>TMR: vaikuttavia tuloksia kivun vähennyksestä. Hermokartoitus ja tekniikan kehitys -&gt; valmis päivittäiseen kirurgiseen rutiiniin.</p> <p>RPNI: erittäin hyviä tuloksia neuropaattisen kivun hoidossa. simpeli tekniikka, valmis päivittäiseen kirurgiaan.</p>	JBI: 6/11
----------------	------	--	---------------------------	----------	--	--------------	---	-----------

Karczewski	2021	The Need to Work Arm in Arm: Calling for Collaboration in Delivering Neuroprosthetic Limb Replacements	Katsaus	TT TF	TMR RPNI AMI Osseo	-	<p>TMR parantaa proteesin käyttöä, mahdollistaa bidirektionaalisen proteesin kontrollin, vähentää PLP, parantunut elämänlaatu kivun puolesta, vähentynyt opioidien käyttö. Ei kivuliasta neuroomia BKA. Rajoittunut tuoja/viejähaarakkeiden implentointi.</p> <p>RPNI samat kuin TMR, mutta ei niin rajoitettu implentointi. Yksilöllistetty ja parempilaatuinen signaali. 71% vähemmän neuroomakipu, 53 % PLP.</p> <p>AMI tuottaa korkealaatuisen viejäsignaalin hermostossa, tuottaa refleksinomaisia liikesarjoja, ehkäisee lihasatropiaa, parantaa luonnollista proteesin hallintaa, proprioseptinen palaute!</p> <p>Osseo luotettava mekaaninen toiminta, fysiologinen painonjakauma raajalle, parempi liikelaajuus, helpompi parempi ja pidempiaikainen proteesin käyttö. ONI tuottaa korkealaatuista viejä/tuoja-signaalia ja yhdessä OI-kanssa mahdollistaa laadukkaan proteesin käytön. Osseoperseptio parantaa proteesin käyttöä ja värinätunnetta luustossa. Parantanut neuroomien ehkäisy.</p>	JBI 6/11
------------	------	--	---------	----------	-----------------------------	---	--	----------

Liite 2

9 (13)

<p>Matthews et al.</p>	<p>2019</p>	<p>UK trial of the Osseointegrated Prosthesis for the Rehabilitation for Amputees:1995–2018</p>	<p>Tapaustutkimus</p>	<p>TF</p>	<p>Osseo integraatio</p>	<p>Trauma</p>	<p>Pre-opra joukolta 3/5 poistettiin implantti infektion vuoksi (yhdellä murtuma &gt; implantin löystyminen, joka johtui infektiosta). 40-60% selviytymisprosentti 11-18 vuotta.</p> <p>Post-opra mobilisointi keskimäärin 9kk. 2/13 impl. poistettiin 6 ja 11 v. Ei femurin lyhentämistä. Molemmille uusinta-implantointi. Selviytymisprosentti 80 11v ja yli 90 15v.</p> <p>12/18 vaatinut uusintaleikkauksen laitehajoamisen vuoksi.</p> <p>15/18 jonkinlaista katkaistun luun distaalista epämuodostumaa.</p> <p>Fyysinen toimintakyky selkeitä parannuksia 2 vuotta operaation jälkeen. Ei niin selkeitä 2-5v. Sama kivun suhteen.</p> <p>Elämänlaatu parantunut huomattavasti lähes kaikilla osa-alueilla. Proteesin käyttöaika parantunut huomattavasti (osa ei käyttänyt proteesia lainkaan ennen operatiota). Ulkotiloissa proteesia käytti ennen op 18%, post-op yli 90 %. Lähes kaikki ilmoittivat kivun vuoksi proteesin käyttämättä jättämisen pre-op, post-op ei kipua 2v ja 14% 5v.</p>	<p>JBI 8/10</p>
------------------------	-------------	---	-----------------------	-----------	--------------------------	---------------	--	-----------------

Liite 2

10 (13)

Mioton et al.	2020	Targeted Muscle Reinnervation Improves Residual Limb Pain, Phantom Limb Pain, and Limb Function: A Prospective Study of 33 Major Limb Amputees	Kohortitutkimus	N/A	TMR	Trauma  Infektio  Iskemia	Tynkä ja PLP-kipu vähenivät merkittävästi. Tynkäkipu 19/33 väheni 2/33, PLP 17/33 väheni 5/33.  Toimintakyky parantui yläraaja-amp, muttei alaraaja-amp (vähemmistö), ei kuitenkaan merkittävästi.	JBI 10/11
---------------	------	--	-----------------	-----	-----	---------------------------------------	--	-----------

Liite 2

11 (13)

<p>Reetz et al.</p>	<p>2020</p>	<p>Safety and Performance of Bone-Anchored Protheses in Persons with a Transfemoral Amputation:A 5-Year Follow-up Study</p>	<p>Tapaussarja</p>	<p>TF</p>	<p>Osseo integraatio</p>	<p>Proteesin käytön ongelmat, Trauma, Kasvain, Infektio  Kontra: diabetes, ääreisverenkierron häiriöt, säteilyaltistuminen, käynnissä oleva kemoterapia, lapsi, mielenterveyden ongelmat, vaikeus pitääntä kuntoutusohjelmassa</p>	<p>2/39 pyysi poistamaan implantin kivun vuoksi.  30/39 oli joku ongelma implantin kanssa (infektio, hajoaminen jne.)  30/39 oli infektio. Yhteensä 156 tapausta. 95% näistä grade 1-2/4. 5% grade 3, ei grade 4 tapauksia.  1 tapaus implantin löystyminen.  2 implantin hajoamista, jotka vaati revision.  Yhteensä 21 laitehajoamista, yleisin adapteri.  14/39 stooma, joka vaati operaation.  8/39 hypergranulaatio.  Elämänlaatu ja proteesin käyttöaika parantuivat merkittävästi.</p>	<p>Level IV  JBI 7/10</p>
---------------------	-------------	---	--------------------	-----------	--------------------------	--	---	-----------------------------------

Liite 2

12 (13)

<p>Srinivasan et al.</p>	<p>2018</p>	<p>Towards functional restoration for persons with limb amputation: A dual-stage implementation of regenerative agonist-antagonist myoneural interfaces</p>	<p>Asiantuntijan näkemys</p>	<p>TT TF</p>	<p>AMI</p>	<p>Trauma Revisio-amp.</p>	<p>Paremmat funktionaaliset toiminnot motorisissa testeissä, jotka vaativat propsioseptistä toimintaa.</p> <p>Parempi proteesin käyttö (useampi liikesuunta, hienomotoriikka)</p> <p>Neurooma muodostuman ehkäisy. Lihas atropian ehkäisy. Kivun ehkäisy.</p> <p>Ei infektiota, operaation epäonnistumista, nekroosia tai haavaumia. Vähemmän atropiaa.</p> <p>Korkealaatuinen signaali.</p> <p>Voimantuotto samankaltaista.</p>	<p>JB1 6/6</p>
--------------------------	-------------	---	------------------------------	------------------	------------	--------------------------------	--	----------------

Wolf et al.	2019	Advanced technologies for intuitive control and sensation of prosthetics	Asiantuntijan näkemys	TT TF	TMR TSR RPNI AMI Osseo     inte- graatio	-	<p>TMR mahdollistaa toiminnallisen intuitiivisen proteesin kontrollin.</p> <p>TSR mahdollistaa tuntemuksen kautta intuitiivisen proteesin kontrollin.</p> <p>RPNI mahdollistaa korkealaatuisemman signaalin tunnistamisen (vähemmän taustakohinaa, useampia yksilöllistettyjä signaaleita). s.124.</p> <p>AMI mahdollistaa korkealaatuisen tahdonalaisen liikekontrollin yhteen liikesuuntaan kerrallaan. Myös intuitiivinen liikekontrolli proprioseptisen järjestelmän kautta ilman visuaalista palautetta. Myös kiertävät liikesuunnat.</p> <p>Osseo ehkäisee holkkiproteesien käyttäjien kokemia ongelmia. Nopeampi ja helpompi proteesin käyttöönotto (pukeminen, riisuminen), paremmat liikelaajuudet, parempi mekaaninen yhteys proteesin ja käyttäjän välillä (painetuntuma, proprioseptinen järjestelmä palaute).</p>	JBI 6/6
-------------	------	--	-----------------------	----------	---	---	--	---------