



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Matilda Koskinen & Sami Heino

# Alaraajaprotetiikan historia ja kehitys

Integroiva kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Apuvälineteknikko (AMK)

Apuvälinetekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

30.10.2020

Tekijä(t) Otsikko	Matilda Koskinen, Sami Heino Alaraajaprotetiikan kehitys teknisestä näkökulmasta
Sivumäärä Aika	21 sivua 27.11.2020
Tutkinto	Sosiaali- ja terveystieteiden, Apuvälineteknikko (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Apuvälinetekniikan tutkinto-ohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Apuvälinetekniikka
Ohjaaja(t)	Lehtori Tomi Nurminen Yliopettaja Pekka Paalasmaa
<p>Läpi historian sodat, onnettomuudet, sekä epämuodostumat ovat olleet suuressa osassa alaraajaprotetiikan kehitystä. 1500-luvulla Alaraajaproteesien kehityksessä alkoi merkittävä nousukausi parturi kirurgi Parén keksintöjen ansiosta. Protetiikan kehitys on ollut kuitenkin jokseenkin hidasta, mutta sotien vaikutukset ovat kasvattaneet huomattavasti proteesien tarvetta. Amerikan sisällissodan sekä maailmansotien aikana amputoitujen määrä kasvoi entisestään, jolloin proteesien tarve ja kehitys ampaisi jyrkkään nousuun. Proteesien tarve johti uusien materiaalien ja menetelmien kehittämiseen ja alettiin myös ymmärtämään enemmän ihmisen biomekaanista toimintaa, sekä anatomiaa. Materiaalit, kuten puu ja nahka ovat olleet erittäin kauan proteesitekniikassa mukana, mutta muovit ja hiilikuidut alkoivat korvata niitä muutama vuosikymmen sitten. Nykyään alaraajaproteeseista halutaan kestäviä, kevyitä ja helppohoitoisia. Tänä päivänä on mahdollista myös 3D-skannata ja tulostaa komponentteja, mutta tämä tekniikka ei ole vielä yleisesti käytössä materiaalien epävarmuuden vuoksi. Uudet materiaalit, kuten hartsi ja hiilikutu ovat suhteellisen uusia materiaaleja protetiikassa.</p> <p>Opinnäytetyön pohjana käytimme integroivaa kirjallisuuskatsausta, koska halusimme saada lopputulokseksi kattavan kirjallisuuskatsauksen alaraajaprotetiikan proteesitekniikasta historiasta. Materiaalia keräsimme käyttäen erilaisia tietokantoja, sekä lukemalla kirjamateriaalia. Tietokannoista haimme lähteitä opinnäytetyöhömme sopivilla termeillä rajaten pois materiaalin, mikä ei vastannut hakujamme tai joista puuttui oleellisia kohtia, kuten abstrakti tai lähde. Hakuprosessin avulla saimme kerättyä tietoa ajankohdista, henkilöistä sekä heidän keksinnöistään. Opinnäytetyössämme esittelemme alaraajaprotetiikan kehittymistä ennen ajanlaskun alkua nykypäivään saakka käyden läpi proteesitekniisiä ratkaisuja ja niiden kehittäjiä.</p> <p>Tutkimuksemme perusteella voimme todeta, kehityksen olevan kohtalaisen hidasta ja sodat ovat olleet suuressa osassa alaraajaprotetiikan kehitystä. Suurin harppaus on tapahtunut toisen maailmansodan aikana, jolloin alettiin ymmärtämään paremmin ihmisen biomekaniikan toimintaa ja haluttiin kehittää uusia materiaaleja raskaan puun ja metallin tilalle. Uudet materiaalit, kuten hartsi ja hiilikutu ovat uusia materiaaleja protetiikassa. Alaraajaprotetiikka on myös kehittynyt edelleen ja uusia materiaaleja kehitetään ja jatkojalostetaan koko ajan.</p>	
Avainsanat	Protetiikka, Alaraajaprotetiikka, Historia, Valmistusmateriaali

Author(s) Title	Matilda Koskinen, Sami Heino History and development of lower limb prosthetics
Number of Pages Date	21 pages 27 November 2020
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Prosthetics and Orthotics
Specialisation option	Prosthetics and Orthotics
Instructor(s)	Tomi Nurminen, Senior Lecture Pekka Paalasmaa, Principal Lecturer
<p>Throughout history, wars, accidents, and deformities have been a major part of the development of lower limb prosthetics. In the 16th century, the development of lower limb prostheses began to rise significantly due to the inventions of barber surgeon Paré. However, the development of prosthetics has not been rapid, but the effects of the wars have greatly increased the need for prostheses. During the American Civil War and World Wars, the number of amputations increased further, with the need for and development of prostheses grew significantly. The need for prostheses led to the development of new materials and methods and a greater understanding of human biomechanical function and anatomy. Materials such as wood and leather have been involved in prosthetic technology for a very long time, but plastics and carbon fibers began to replace them a few decades ago. Today, lower limb prostheses are desired to be durable, lightweight and easy to care for. Today, it is also possible to 3D scan and print components, but this technology is not yet widely used due to the uncertainty of the materials.</p> <p>We used an integrative literature review as the basis for my thesis, because we wanted to get a comprehensive literature review on the prosthetic technology history of lower limb prosthetics. We collected material using various databases, as well as by reading book material. From databases, we searched for sources in terms appropriate to our thesis, excluding material that did not match our searches or that lacked essential elements such as an abstract or source. Through the search process, we were able to gather information about times, people and their inventions. In our thesis, we present the development of lower limb prosthetics before the beginning of time to the present day by going through prosthetic technology solutions and their developers.</p> <p>Based on our research, we can conclude that development is moderately slow, and wars have been a major part of the development of lower limb prosthetics. The biggest leap has taken place during the Second World War, when there was a better understanding of the workings of human biomechanics and a desire to develop new materials to replace heavy wood and metal. New materials such as resin and carbon fiber are new materials in prosthetics.</p>	
Keywords	Prosthetics, Lower limb prosthetics, History, Material

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Alaraajaproteesit läpi historian	1
3	Alaraajaproteesien kehittyminen	2
3.1	Ambroise Paré ja lukkonivel, 1510–1590	3
3.2	Pieter Adriaanszoon Veduyn, sääriproteesi ja liikkuva polvi, 1625–1700	4
3.3	James Potts ja varvaskäynti, 1843	4
3.4	Douglas Bly:n kumipesä ja pallonivel, 1858	4
4	Amerikan sisällissota, 1861–1865	5
4.1	James Edward Hanger, proteesiyritys ja kumikehys, 1843-1919	5
4.2	Geo B. Jewett, Salem jalka, 1860	5
4.3	D. Parmelee, hyödynnetään vakuumia ja ilmanpainetta, 1863	5
5	Ensimmäisen ja toisen maailmansodan vaikutus alaraajaproteesikehitykseen	6
5.1	Charles Radcliffe, Biomekaniikan isä, 1923-2013	6
5.2	Four-bar –mekanismi	7
5.3	Katsaus Suomen alaraajaproteesien kehitykseen	7
5.4	Aasian proteesihistoria	8
5.5	Hiilikuitukokeilu, 1960-1970	9
6	Nykypäivänä käytettävät teknologiset ratkaisut ja materiaalit	9
6.1	Mikroprosessoidut polvet	9
6.2	Hiilikuitu ja lasikuitu protetiikan materiaalina	9
6.3	Skannaus ja 3D-mekaniikka	10
7	Tiedonhaku ja kirjallisuustyyppi	10
7.1	Tietokannat ja muut tietolähteet	11
7.2	Aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit	12
7.3	Hakuprosessi ja aiheen rajaus	13
7.4	Aiheen analysointi ja laadun arviointi	13
8	Johtopäätös	14
9	Pohdinta	15
	Lähteet	16

## 1 Johdanto

Apuvälinetekniikassa ja kautta aikojen yksilöille on ollut tärkeä liikkua ja päästä paikasta toiseen, joten proteesikehitys on myös aikojen alussa ollut paljon alaraajoihin painottunutta. Sodassa on ollut tärkeä päästä etenemään joko jaloin tai ratsailla. Raajan puuttuminen vaikuttaa ihmisen toimintakykyyn ja tapaan liikkua, joten on tärkeää tietää miten ja mitä proteesiratkaisua käytetään korvatessamme alkuperäisen tai puuttuvan raajan, niin painon, kuin käyttötarkoituksen huomioon ottaen.

Opinnäytetyössämme tarkastelemme integroidun kirjallisuuskatsauksen avulla alaraajaprotetiikan historiaa proteesiteknillisestä näkökulmasta 1000 eKr. aina nykypäivään asti. Perehdymme henkilöihin ja innovaatioihin, jotka ovat olleet merkittäviä alaraajaproteesien kehitykselle. Lyhyet henkilökuvat antavat lukijalle ymmärrystä, millaiset ammattiryhmät alun perin proteeseja on valmistanut verrattuna nykypäivän selkeästi rajattuihin ammatteihin. Aikojen saatossa materiaalit ja tekniset ratkaisut ovat muuttuneet ja kehittyneet aina puujaloista mikroprosessoituihin ratkaisuihin.

Opinnäytetyön lähtökohdat ovat selkeät ja halusimme painottaa työmme vain alaraajaprotetiikan historiaan pitääksemme rajatut viitekehykset työssämme. Opinnäytetyössämme ei ole yhteistyökumppania, koska teimme kirjallisuuskatsauksen aiheesta, ja historiallisia lähteitä on jo valmiiksi paljon saatavilla, mutta niitä ei ole nivottu yhteen alaraajaprotetiikan historian aihealueen sisällä suomen kielellä. Opinnäytetyömme auttaa niin apuvälineteknikoita, kuin muitakin terveysalan opiskelijoita tietämään ja ymmärtämään, mistä protetiikka on kehittynyt ja miten kehityskaari on edennyt. Lopputuloksena on siis alaraajaprotetiikan kehitys proteesiteknillisestä näkökulmasta.

## 2 Alaraajaproteesit läpi historian

Proteesilla tarkoitetaan keinotekoista kehon osaa, joka on tehty korvaamaan puuttuva raaja. Proteeseja tehdään useisiin käyttötarkoituksiin tekohampaista keinotekoihin raajoihin. Näistä osa palvelee pelkästään kosmeettisena, kun taas usea

proteesi yhtäaikaaisesti toimii myös funktionaalisenä osana kehoa. Funktionaalisella proteesilla tarkoitetaan sellaista proteesia, jolla pystytään tekemään kehon toimintoja. (Shiel Jr. n.d.)

Proteesien käyttö kantautuu pitkälle ennen ajanlaskun alkua (LeMoyne 2016:2). Proteesien tarkoituksena on ollut tuoda yksilön toiminnallisuus takaisin, koska ennen tätä amputoidut ovat pääasiassa liikkuneet kainalosauvojen kanssa (Hernigou 2014). Kuitenkin vanhimmat proteesilöydöt ovat muinaisesta Egyptistä, Italian Capuasta sekä Kiinasta. Perehdymme silti syvemmin alaraajaproteesien historiaan noin 1500-luvulta nykypäivään, jolloin proteesien tekninen kehitys alkoi näkymään. Proteesikehitys on askel askeleelta parantunut ja jokainen askel on ollut lähempänä nykypäivän tekniikkaa. Voimme huomata, että vieläkin samoja proteesimekanismeja on käytössä, joita esimerkiksi 1800-luvulla on kehitelty. Jokainen kehitys on ollut tärkeä askel päästäksemme tähän proteesikehitykseen, missä nyt elämme (Amputee Coalition 2019.) Alun perin proteeseja valmistivat sepät, kilventekijät ja muut artesaaniammatillaiset sekä proteesia itse tarvitsevat henkilöt (Shurr, Cook 1990:1).

1500-luvulla proteesien kehitys, sekä amputaatiotavat kasvoivat huomasti sotateknologian kehityksen vaikutuksesta (Smith, Michael, Bowker 2004: 10-15). Ambroise Paré, kehittäjä vanhoista puujaloista parempia versioita ja asensi jousitoimisen polvinivelen. Paré kehitti myös paremman haavanhoitomenetelmän kiehuvan öljyn sijaan, joka oli merkittävä askel amputaation hoidossa ja vaikutti sitä kautta myös asiakkaan nopeampaan protetisointiin. 1860-luvun Amerikan sisällissota kasvatti amputaatioiden määrää ja yksi amputoiduista oli James E. Hanger, joka menetti jalkansa, rakensi itselleen proteesin ja palasi takaisin sotaan. Sodan jälkeen hän perusti oman proteesipajansa. Ensimmäisen ja toisen maailmansodan aikana kehiteltiin jälleen uusia menetelmiä, sekä materiaaleja proteeseihin. (Smith, Michael, Bowker 2004: 10-15.)

### 3 Alaraajaproteesien kehittyminen

On löydetty todisteita proteesien käytöstä jo ennen ajanlaskun alkua. Ne eivät kuitenkaan olleet kovin monikäyttöisiä, vaan yleensä ne olivat yksinkertaisia puujalkoja, jotka toivat tukea. Esimerkkinä on Kiinasta löydetty 2200-vuotta vanha kavi-

ollinen puujalka, jota oli käyttänyt mies, jonka vasen jalka oli epämuodostunut. Proteesi oli tehty puusta, härän sarvesta ja hevosen kaviosta. Se sidottiin nyöreillä reiteen kiinni. (Owen 2016.) Kuitenkin vanhin tunnettu proteesi on löydetty Italian Capuasta ja sen iäksi oli arvioitu n.300 vuotta eKr. Proteesi oli valmistettu pronssista (Science museum group n.d).

Todisteita mahdollisesta proteesin käytöstä on myös ollut jo muinaisessa Egyptissä, kun Kairosta löydetyllä muumionaisella oli yllään varvasproteesi, joka oli tehty puusta ja nahasta. Egyptistä on löydetty myös toinen varvasproteesi, joka oli paperimassan tapaista materiaalia, mikä koostui pellavasta ja eläinliimasta. (Brien, Vinh, Schuster, Mayforth, Johnson Chapin 2015: 1053-1055.) Uskonnot ovat myös vaikuttaneet protetisoinnin kehitykseen. Tästä hyvänä esimerkkinä on muinaisen Egyptin uskonto, joka korosti ihmisen kokonaisuutta, jossa uskottiin puuttuvan raajan vaikuttavan seuraavassa elämässä. Tällöin korvattava raaja valmistettiin kuidusta, eikä sillä ollut päätarkoituksena olla toiminnallinen, vaan sillä korvattiin puuttuva muoto ihmisestä. (Amputee Coalition 2019.) Myöhemmin tapahtunut esimerkki on Japanin kauppakielto Euroopan kanssa, jossa pelättiin kristinuskon leviämistä, joka samalla esti protetisoinnin merkittävät silloiset kehitysaskleet Japaniin. (Takechi 1992:98-103.)

### 3.1 Ambroise Paré ja lukkonivel, 1510–1590

Ambroise Paré oli parturi sekä kirurgi, joka hoiti sodassa haavoittuneita. Paré on tunnettu amputointimenetelmistään, mutta menetelmien myötä hän alkoi itse kehittää proteesiratkaisuja, joilla voisi auttaa amputoituja ja helpottaa proteesin toimivuutta (Hernigou 2013). Paré myös ymmärsi ensimmäisenä puhtauden merkityksen amputaatioiden parantumisessa (Laakso 2003:12). Merkittävin ratkaisu alaraajan proteesiteknisestä näkökulmasta on edelleen käytössä oleva lukkopolvi, joka oli mahdollista avata istuessa. Ajatus lukkopolvesta syntyi, kun Paré halusi proteesin, joka toimii, kun käyttäjä on hevosen selässä, joka oli erittäin ajankohtainen sodan aikana. Paré innovoi myös puujalkaan remmikiinnityksen, jolla proteesi saatiin tiukasti laitettua jalkaan kiinni. (Smith, Michael, Bowker 2004.)

Ambroise Parén kehittämät proteesit olivat erilaisia aikaisemmin kehitettyihin proteeseihin verrattuna, jotka olivat painavia ja epäkäytännöllisiä (Hernigou 2013).

Paré valmisti proteeseja nahasta, paperista ja liimasta, mitkä olivat puuta kevyempää (Amputee Coalition 2019). Paré halusi proteesien olevan käytännöllisiä ja pyrki jäljittelemään ihmisen anatomiaa suunnitellessaan proteeseja. (Hernigou 2013.)

### 3.2 Pieter Adriaanszoon Veduyn, sääriproteesi ja liikkuva polvi, 1625–1700

Pieter Adriaanszoon Veduyn oli hollantilainen kirurgi, joka tiettävästi kehitti ensimmäinen sääriproteesin vuonna 1696, jossa oli liikkuva ja lukkiutumaton polvinivel. Proteesissa oli korsetti reiden ympärillä, joka mahdollisti holkin säätövaran. Holkki oli tehty kuparista ja päällystetty nahalla. Jalkaosaa oli puuta. (May 1996: 5-6.)

### 3.3 James Potts ja varvaskäynti, 1843

James Potts esitteli ennen Amerikan sisällissotaa proteesin, jossa mahdollistettiin varvaskäynti. Proteesi oli transfemoraalinen reisiproteesi, jossa holkki ja varsi oli tehty puusta. Proteesissa metallinen polvinivel yhdistettiin nilkkaan nahkaisilla remmeillä, joka mahdollisti jalkaterän dorsifleksion, kun polvi taipui. (May 1996: 6.)

### 3.4 Douglas Bly:n kumipesä ja pallonivel, 1858

Douglas Bly oli lääkäri New Yorkista. Bly kehitteli ja patentoi uuden proteesin, joka sisälsi uusia materiaaleja sekä muotoja matkiakseen paremmin jalan oikeaa toimintaa. Bly ymmärsi, että proteesin tulee matkia anatomiaa eikä mekaniikkaa. Hänen kehittelemät proteesin parannukset olivat nilkassa oleva kumipesä sekä norsuluusta tehty pallo, jotka mahdollistivat luonnollisen nilkan kääntymisen sekä inversion ja eversion. Amerikan sisällissodan aikana proteesien tarve kasvoi ja Bly halusi proteesinsa hallituksen yksinoikeuden. Tämä ei kuitenkaan toteutunut, vaikka proteesi oli saanut maininnan ”ylivoimaisuudestaan”, mutta Bly oli hinnoitellut proteesinsa liian kalliiksi, jotta hallitus olisi voinut tuottaa niitä sotilaille. Bly osasi kuitenkin itse markkinoida proteesiaan, ja tieto proteesista levisi, joten amputoiduilla oli mahdollisuus ostaa itse kyseinen Blyn kehittämä ja rakentama proteesi. (Bachmann 2014.)



## 4 Amerikan sisällissota, 1861–1865

Amerikan sisällissota johti nopeaan amputaatiolukujen nousuun, jonka seurauksena proteesikehitys ampaisi kasvuun Amerikassa. Sanotaan, että Amerikan sisällissodan aikana olisi jätetty yli 80 raajaproteesipatenttia. Yksi patentin jättäjistä oli James Edward Hanger. (Amputee Coalition 2019.)

### 4.1 James Edward Hanger, proteesiyritys ja kumikehys, 1843-1919

Sotaveteraani James Edvard Hanger, joka itse menetti jalkansa, perusti oman proteesiyrityksen ja kehitti proteesin nilkan ympärille kumikehys. Kehyksen tarkoituksena oli jäljittää paremmin nilkan hallintaa (LeMoyne 2016:3). Proteeseissa pääraaka-aineena oli puu, joka päällystettiin nahalla (Davis McDaid n.d.). Maaliskuun 23. päivä Vuonna 1860 James Edvard Hanger patentoi ensimmäisen oman proteesinsa (Lively 2013).

### 4.2 Geo B. Jewett, Salem jalka, 1860

Salem jalan kehittäjä professori Geo. B. Jewett kehitti uuden ratkaisun sääriproteesiholkille, koska Jewett oli huomannut, ettei muiden vastaavien yritysten tekemät puiset proteesiholkit soveltuneet kunnolla tynkään. Jewett tahtoi proteesin tuntuvan hyvältä jalassa sekä samalla olevan vahva, kestävä, ekonominen ja elegantin näköinen. Holkkeja oli kaksi, joista sisempi tehtiin joustavasta materiaalista, mikä tehtiin tyngän muotoon tyngästä tehdyn valoksen avulla. Ulompi holkki tehtiin metallista, mikä toimi sisemmän holkin tukena. Metallinen holkki oli kestävä sekä hiukan joustava. Reisiamputaatioissa metallinen holkki yleensä korvattiin paksulla nahkaholkillä. Irrotettavaa sisäholkkia pystyttiin muokkaamaan jalan mukaan lisäämällä tai poistamalla täytemateriaalia. (Salem mass. 1865.)

### 4.3 D. Parmelee, hyödynnetään vakuumia ja ilmanpainetta, 1863

Parmeleen kehittämässä holkissa hyödynnettiin ilmanpainetta ja vakuumia, minkä ansiosta proteesi pysyi tyngässä kiinni. Näin ollen muunlaisia kiinnitysmekanismeja ei enää tarvittu. Tämä keksintö avasi uusia mahdollisuuksia amputoidun henkilön pukeutumiselle. (Chester, Atha nd.)

## 5 Ensimmäisen ja toisen maailmansodan vaikutus alaraajaproteesikehitykseen

Ensimmäisessä maailmansodassa amputaatioluvut nousivat jälleen. Amputaatioita tehtiin Ensimmäisen Maailmansodan aikana pelkästään Euroopassa arviolta 100 000, mikä oli sysäys proteesien kehitykselle.

Ensimmäisen maailmansodan aikana Northop Aviation Co. kehitteli ratkaisua raskaiden puu ja nahkaholkkien korvaamiseksi. Näin syntyi muovilaminoidut holkit. Vuonna 1945 oli Northop parantanut useiden proteesikomponenttien laatua (Stewart, Brenstock 1977: 31). Heidän kehittämää laminointitekniikkaa käytetään vieläkin, jossa puuvilla- tai nylonsukan päälle valetaan hartsi.

Toisen maailmansodan aikana sodassa raajansa menettäneet alkoivat olemaan tyytymättömiä proteeseihin niiden raskauden ja epäkäytännöllisyyden vuoksi. Protetisoinnissa käytettiin edelleen puun ja nahnan yhdistelmää. Yhdistelmä oli kuitenkin hankala, koska puu on painavaa ja nahka on vaikea pitää puhtaana hikoilun vuoksi. (UPMC 2015.) Toisen maailmansodan jälkeen alkoi myös proteesiholkkien kehitys, jossa ymmärrettiin holkin muodon vaikutus proteesiin sekä sen fysiologinen periaate. Tästä alkoi myös proteesien erilaisten kevyempien pienkomponenttien kehitys kevyemmiksi ja kestävimiksi. (May 1996: 8.)

### 5.1 Charles Radcliffe, Biomekaniikan isä, 1923-2013

Charles Radcliffea kutsutaan proteesien biomekaniikan isäksi. Hän tutki ihmisen liikkumista proteesien avulla ja hänen kehittämiensä ratkaisuja käytetään nykypäivänäkin. Radcliffen suurimpia proteesiratkaisuja olivat quadrilateraalinen holkki, PTB-proteesi, SACH jalka sekä nelipistepolvinivel (Metzger 2006). Alun perin yleisesti käytetty transfemoraalinen holkki oli tulppamainen. Quadrilateraalisen holkin Radcliffe kehitti 1950-luvulla, mikä hyödynsi jäljelle jääneitä lihaksia (Wilson 1992). Holkin muodossa on neljä seinämää, mitkä muotoillaan tyngän tarpeen mukaan. Pääpaino holkissa otetaan kuitenkin pakaralihasten ja istuinkyhmyn alle, minkä vuoksi holkin takaosa muotoillaan niin sanotuksi istuimeksi. Tällä saatiin kevennettyä kehon tuomaa kuormaa holkille. (Schuch 1992.)

Myös PTB-proteesi kehitettiin tulppamaisen holkin tilalle. Lyhenne PTB tulee Englannin kielisistä sanoista patella tendon bearing, mikä kuvastaa holkin toimintatapaa. Painopiste otetaan patellajänteeltä. Tämän vuoksi PTB proteesi pystyi paremmin kannattelemaan kehon aiheuttamaa kuormaa. (Rosenkanz n.d.)

Erilaisia jalkateräproteeseja on kehitelty aiemminkin, mutta Raddcliffen kehittämästä SACH-jalasta (Solid-Ankle-Cushion-Heel) tuli standardimalli. Aiemmat jalkaterät olivat valmistettu myös monesta muovi- tai kumikerroksesta, kuten tämä SACH-jalkaterä. Kerrokset saavat aikaan kantapään ja varpaiden osan kimmoisuuuden. SACH-jalasta tuli hyvin suosittu maailmanlaajuisesti sen yksinkertaisen tyylinsä sekä edullisen hintansa vuoksi. Nykyään sitä käytetään yleisesti ensiproteesissa sekä henkilöillä, jotka liikkuvat vain lyhyitä matkoja. SACH-jalkaa käytetään myös usein pienillä lapsilla. (Smith, Michael, Bowker 2004: 416-417.)

## 5.2 Four-bar –mekanismi

Four-Bar mekanismin tarkoituksena on matkia anatomisesti polviniveltä. Polvinivelessä on nelipistemekanismi. Näistä on useita variaatioita, mutta periaate on sama. Mekanismi on paljon stabiilimpi verrattuna yhden akselin polviniveleen. Nivel taittuu istuessa reiden alle, joten se on kosmeettisesti miellyttävämmän näköinen. (Smith, Michael, Bowker 2004: 795.)

## 5.3 Katsaus Suomen alaraajaproteesien kehitykseen

Suomessa proteesikehitys on tullut paljon Keski-Eurooppaa ja Amerikkaa jäljessä, mutta Suomen proteesimestarit ovat pyrkineet aktiivisesti hakemaan oppia ja tietoa muualta maailmasta messuilta ja muilta alan ammattilaisilta. Suomessa ensimmäinen proteesipaja on perustettu 1926, joka on ollut Suomessa ainoa laatuaan vuoteen 1939 asti. Sodat kuitenkin muuttivat suhtautumista amputoituihin, jonka jälkeen Suomessakin proteesikehitys alkoi levitä. Proteesiholkit valmistettiin aluksi haavasta, sekä käytetystä teräksestä. Haapa kuitenkin halkeili ja oli epäsopeva materiaali tynkään ja käytetty teräs oli liian haurasta, jolloin huomattiin, että leppä toimii paremmin proteesiholkkiin kestävyytensä ansiosta. 1960-luvulla puuholkit saivat väistyä muoviholkkien tieltä, mutta edelleen oli käyttäjiä, jotka vielä 1990-luvullakin halusi pitää puisen ja nahkaisen holkin, eikä vaihtaa sitä muoviseen ja kevyempään tottumussyistä. (Laakso 2003: 15-89.)

Suomessa proteesikehitykseen haettiin tukea ja tietoa paljon muualta maailmasta, jossa proteesikehitys oli Suomea paljon edellä. Suomeen saatiin 1954 ortopedimestari Günter Schnur opettamaan uudenlaisia Half-alaraajaproteeseja, joita myöhemmin on kutsuttu tarraproteeseiksi. Half-proteesissa holkki pysyy paikoillaan pelkästään lihasvoimien avulla. Schnurin ansiosta Suomessa alettiin myös hyödyntämään saksalaisia proteesien puolivalmisteita. Tämän jälkeen kehitys kiihtyi Suomessa, koska 1960-luvulla päätettiin, että jokaisella proteesia tarvitsevalla täytyy olla mahdollisuus valtion kustantamaan proteesiin ja 1970-1980-luvuilla alaraajaproteeseja valmistettiin vuosittain Suomessa noin 1200-1400 kappaletta. 1990-luvun alussa Suomessa kokeiltiin ensimmäisenä eurooppalaisena maana aktiivisääriproteesia, joka oli alun perin Yhdysvaltalainen keksintö. Aktiivisääriproteesi oli kevyt ja joustava hiilikuituproteesi, jonka alkuperäisversioon oli tehty hiukan parannuksia, jonka avulla pystyi kulkemaan maastossa ja sen valmistuksessa otettiin huomioon asiakkaan paino, sekä ponnistusvoima. (Laakso 2003: 15-89).

#### 5.4 Aasian proteesihistoria

Alaraajaprotetiikan kirjattu historia painottuu pitkälti Amerikkaan ja Eurooppaa, eikä esimerkiksi Aasian tai Afrikan proteesikehityksestä ole paljoa saatavilla olevaa tietoa. Siellä kuitenkin on yhtä lailla ollut amputaatioita ja proteesia tarvitsevia, vaikka kirjallisuutta aiheesta ei olekaan. On kuitenkin mielenkiintoista, että miten missäkin maassa proteesien alkutavalta on innovoitu ja mitä ratkaisuja siihen on keksitty saatavilla olevien materiaalien puolesta. Japanin tilanne 1600-luvulta 1800-luvulle on mielenkiintoinen, koska siellä kiellettiin kaupankäynti eurooppalaisten kanssa. (Takechi 1992: 98-103.)

Japanin hallitus siis kielsi 1600-luvulla kaupankäynnin eurooppalaisten kanssa, jolloin merkittävä tieto proteesiosaamisesta ei päässyt kantautumaan Japaniin asti mutkitta. Syynä tähän kieltoon oli kristinuskon leviäminen ja kaupankäynti oli sallittua ainoastaan Kiinan ja Alankomaiden kanssa. 1656 Kieltoa kesti yli kaksi ja puoli vuosisataa, jolloin Euroopassa on tehty merkittäviä keksintöjä protetisoinnin kannalta, kuten Parén lukkonivel ja Veduyn liikkuva polvinivel sääriproteesissa. 1900-luvun puolivälissä on vielä nähty proteesi, missä holkki oli tehty bambusta punomalla ja proteesin varsi oli myös bambua. Kyseinen proteesi on tehty Japanin maaseudulla, jossa on hyödynnetty käytössä olevia materiaaleja. (Takechi 1992: 98-103.)

## 5.5 Hiilikuitukokeilu, 1960-1970

1970-luvulla muovit ja laminaatit alkoivat yleistyä ja niillä korvattiin puu- ja nahkamalleja. Proteeseja alettiin myös valmistamaan hiilikuidusta, koska se oli kevyt materiaali ja helppo pitää puhtaana. (UPMC 2015). Ensimmäisen kerran hiilikuitua on kokeiltu proteeseissa 1960-luvulla. Hiilikuidun ongelmana on kuitenkin sen kallis hinta.

## 6 Nykypäivänä käytettävät teknologiset ratkaisut ja materiaalit

Robottiikka on alkanut olemaan osana protetiikkaa viime vuosikymmeninä ja tulevaisuudessa robotiikan merkitys mahdollisesti laajenee protetiikassa. Tällä hetkellä on jo kokeiltu mielellä ohjattavia proteeseja. Neuroaktiivisuus mahdollistaa teknologiassa motoriikan ja aistien palauttamisen robottiproteesiin. (Garde, Keefer, Botterman, Galvan & Romero 2009.)

### 6.1 Mikroprosessoroidut polvet

Ensimmäinen täysin mikroprosessoriohjatun polvinivelen toi markkinoille Ottobock vuonna 1997. Mikroprosessoroiduissa polvien sisältä löytyvät anturit sekä mikroprosessorit, mitkä ohjaavat polven nivelen toimintaa ja tasapainon säätelyä tietokoneohjelman kanssa samalla helpottaen askellusta. (Ottobock n.d.)

### 6.2 Hiilikuitu ja lasikuitu protetiikan materiaalina

Kuten aikaisemmin jo mainittiin, että ensimmäisen kerran hiilikuitua on kokeiltu proteeseissa 1960-luvulla. Hiilikuidun ongelmana on sen kallis hinta. Kuitenkin tutkimusten ja kehityksen tuloksena hiilikuidun käyttö on yleistynyt protetiikassa. (B.L. Klasson 1995.) Vaikkakin käyttö on yleistynyt, niin sitä usein käytetään, mikäli asiakas saa siitä tarvittavan hyödyn irti ja tarvitsee kevyen ja paljon rasitusta vaativan proteesin. Hiilikuitu, kuten myös titaani olisivat erittäin hyviä materiaaleja proteeseissa, mutta niiden valmistusprosessi on liian kallis. (Quigley n.d.) Kuitujen suunta ja määrä vaikuttavat valmistettavan osan jäykkyyteen ja taipumissuuntiin

(Zolek n.d). Hiilikuidulla pystytään myös korvaamaan usein rautaisia komponentteja, kuten niveliä, millä pystytään vaikuttamaan proteesin painavuuteen ja komponenttien kestävyteen ja lujuuteen (Quigley n.d).

Perinteisesti lasikuitua on käytetty proteeseissa vahvistamaan ohuita kohtia tai kohtia, mihin kohdistuu paljon rasitusta ja se on materiaalina halvempaa, kuin hiilikuitu (Quigley n.d). Hiilikuitu on pääsääntöisesti myös kestävämpää, kuin lasikuitu (Kevra n.d). Lasikuidulla pyritään ennaltaehkäisemään halkeamia ja rikkoumia tyyppisimmin hajoaviin kohtiin. Vahvistuksissakin on tärkeää tietää, mihin suuntaan kuidut menevät ja missä suunnassa ne kestävät parhaiten rasitusta. (Quigley n.d).

### 6.3 Skannaus ja 3D-mekaniikka

Tulevaisuuden näkymistä 3D-tekniikka on tällä hetkellä paljon puhuttu aihe ja se kehittyy koko ajan, mutta toistaiseksi materiaalien kestävyys ei ole tarpeeksi vahvaa ja tulostuksen hinta-laatu-suhde ei ole vielä tarpeeksi järkevä. Tulevaisuudessa toistuvilla rakennetestauksilla voidaan päästä erittäin vahvoihin ja hyviin tuloksiin 3D-tulotuksessa proteesiholkkien osalta. (Nickel, Barrons, Owen, Hand, Hansen, Des Jardins 2020). Kierrätys ja ekologisuus tulevat tulevaisuudessa näkymään protetiikassa entistä enemmän. Paljon pyritään jo nyt hyödyntämään muovin uudelleen käyttämistä protetiikassa (Material District 2019).

Proteeseista halutaan nykypäivänä kevyempiä, kestävämpiä, toiminnallisimpia ja näyttävämpiä. Nykypäivän teknologia mahdollistaa 3D skannauksen, jonka avulla pystytään ottamaan tarkka mallinnus halutusta kehon osasta nopeasti. Mallinnusohjelmia hyödyntäen pystytään myös tekemään tarvittavat mittaukset ja muutokset. (Matthew, McMillion n.d).

## 7 Tiedonhaku ja kirjallisuustyyppi

Opinnäytetyömme on integroiva kirjallisuuskatsaus. Integroivassa kirjallisuuskatsaus on hyvä kirjallisuustyyppi opinnäytetyöllemme, koska se on toimiva tapakoota jo olemassa olevasta tiedosta selkeästi jäsennelty yhteenveto sekä tutkia aihetta monipuolisesti. Opinnäytetyössämme ei ole selkeästi näkyvää vertailua, koska tavoitteemme oli saada kattava kirjallisuuskatsaus alaraajaprotetiikan historiasta. Opinnäytetyössämme on käytetty tarkkaa lähdekritiikkiä ja asioita on tutkittu

useista eri lähteestä, jolloin olemme voineet arvioida aineiston laatua. (Stolt, Axelin, Suhonen 2015: 13, 110-111).

Aloitimme pohtimaan opinnäytetyön aihetta aluksi vain protetiikan historian perusteella, koska se oli aihe mikä meitä kiinnosti yhteisesti. Päätimme kuitenkin, että aihetta tulee rajata vielä enemmän ja sille pitää saada tarkemmat kehukset. Tekstimme tulee pysyä tiettyjen raamien sisällä ja aiheen tulee olla tarpeeksi selkeä pitääksemme työssämme punaisen langan. Rajasimme myös pois amputaatiomenetelmät opinnäytetyöstämme, ettei tekstimme mene liian sekavaksi. Perehtyessämme aihealueen sisällä oleviin julkaisuihin emme löytäneet aineistoa vastaavaa suomenkielistä julkaisua, missä meidän haluamamme aiheet olisivat käsitelty kattavasti. Näistä lähtökohdista aloimme työstämään opinnäytetyötämme ja etsimään julkaisuja netistä sekä kirjallisuudesta tietokantoja hyödyntäen.

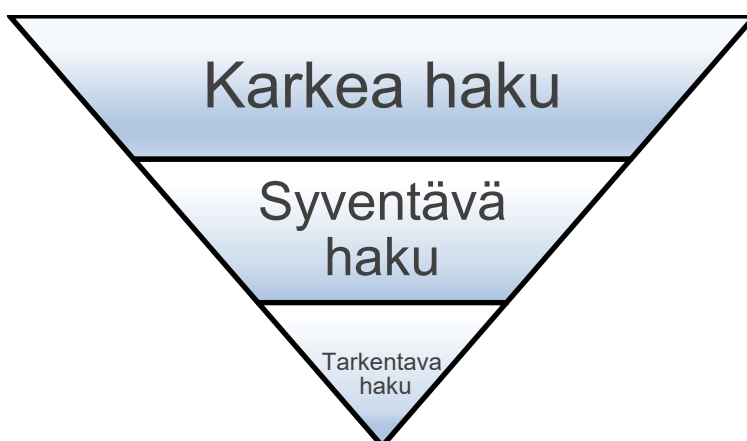
Opinnäytetyömme hakusanat pystyimme määrittelemään kunnolla, kun olimme päättäneet selkeän otsikoinnin ja opinnäytetyön sisällön. Aineistohakua teimme koko opinnäytetyömme ajan, koska historiaa lukiessa tulee usein uutta tietoa ripotellen ja tieto aiheesta laajenee ja tulee uutta aiheellista tietoa opinnäytetyötämme ajatellen.

## 7.1 Tietokannat ja muut tietolähteet

Opinnäytetyön aiheiden haussa käytimme kolmea sähköistä tietokantaa sekä muita tietolähteitä, kuten Google scholar ja asiantuntijoiden blogikirjoituksia. Aluksi suoritimme karkean haun käyttämällä hakusanoja Lower Limb Prosthetics ja history. Näiden hakusanojen antamista tuloksista pystyimme seulomaan opinnäytetyöhömmä sopivaa materiaalia. Karkean haun tuloksista saatiin uusia hakusanoja syvempään hakuun, joihin kuuluivat henkilöiden nimet ja heidän keksintönsä. Syventävä haku tuotti lisää hakusanoja, joita käytimme tarkentavissa hauissa.

TIETOKANNAT	SISÄLTÖ
<b>PUBMED</b>	Tietokanta, joka sisältää lääketieteellisiä artikkeleita
<b>FINNA/METCAT</b>	Finna sisältää Museoiden, kirjastojen sekä arkistojen sisältöä
<b>OANDP.COM</b>	Lääketieteellisiä lehtiartikkeleita

Kuvio 1 Tietokannat



Kuvio 2 Tiedon etsimisen malli

## 7.2 Aineiston sisäänotto- ja poissulkukriteerit

Sisäänottokriteerit:

- Artikkelin kieli: suomi, ruotsi ja englanti.
- Artikkelit rajautuu protetiikan historiaan, alaraajaprotetiikkaan, alaraajaprotetiikan kehittäjien elämään.



- Julkaisujen ajankohta: 1900-2020. Julkaisujen ajankohdan pidimme näin varhaisena, koska halusimme tutkia julkaisuja, mitkä ovat tehty innovaatio- tai keksintöajankohdan omana aikana.
- Ennalta määrättyt asiasanat.

Poissulkukriteerit:

- Artikkelin sisältö ei vastaa hakukriteerejämme.
- Artikkelin lähde on epäluotettava.
- Koko artikkeli ei ole luettavissa/saatavilla tai siinä ei ollut abstraktia.
- Artikkeli tai julkaisu oli maksullinen.

### 7.3 Hakuprosessi ja aiheen rajaus

Etsiessämme julkaisuja ja lähteitä opinnäytetyöhömmä aloitimme suuremmilla käsitteillä, mistä aloimme tekemään tarkempia hakuja, kuten vuosiluvut, henkilöt, keksinnöt, materiaalit. Usein joltain aihealueelta tuli taas uutta tietoa, mistä lähdimme tekemään uusia hakuja esimerkiksi materiaali, innovointivuosi, keksinnöt ja kokeilut, tulokset, kehitys, jne.

### 7.4 Aiheen analysointi ja laadun arviointi

Aiheen luokittelua teimme keksintöjen sekä innovaatioiden vuosikymmenten perusteella. Sotien merkitys näkyy protetisoinnin kehityksessä merkittävästi, joten luokittelimme sodat myös omiksi ajanjaksoiksi ja sotien aikana kehitetyt alaraaja-proteesiratkaisut sotien alaotsikoiksi.

Artikkelien ja tekstien laatua arvioimme lähdekriittisesti sekä katsoimme, että artikkeleista löytyy abstrakti ja tarvittavat lähdetiedot. Kaikista löytämistämme nettiaikkeleista ei löytynyt päivämäärää tai julkaisuvuotta, joten teimme tällöin laadun arviointia sisällön ja lähteen perusteella.

## 8 Johtopäätös

Vanhimpien proteesilöytöjen perusteella voi selvästi sanoa, että raajojen menetyksiä sekä kehon epämuodostumia on ollut niin kauan, kun ihmisistä on kirjattu historiassa. Teknologian kehittyessä myös proteesit ovat kehittyneet. Kehityksen vauhti ei ole kuitenkaan ollut kovin vauhdikasta vasta, kuin 1900-luvulla, jolloin maailmansotien vaikutukset alkoivat vaatimaan uudenlaisia protetisointitekniikoita sekä uudempia materiaaleja. Voimme kuitenkin nähdä, että proteesikehityksen suurina vaikuttajina olivat suuret sodat, missä usein menetettiin raajoja taisteluissa.

Alaraajaproteeseilla tahdottiin saada amputoitujen henkilöiden toiminnallisuus takaisin, joten erilaisia ratkaisuja alettiin kehittää jo aikaisessa vaiheessa. Parén kehittämä lukkonivel toimi ratsastuksen apuna, mutta myöhemmin muut alkoivat kehittämään holkkeja ja niveliä henkilön kävelemisen parantamiseksi. Pelkästään kävelykyvyn takaisinsaaminen ei ollut ainoa tarve. Holkkien kiinnitys ja mukavuus alkoivat olemaan tärkeässä osassa proteesien kehitystä. 1950-luvulla alettiin perehtymään proteesien toimintaan biomekaanisen näkökulman kannalta. Kävelysyklistä haluttiin luonnollisempaa. Holkkeihin alettiin kehittää parempia tukipintoja, jotka eivät rasittaneet tynkää ja hyödynsivät tyngässä olevia lihaksia ja kudoksia.

Proteesit ovat olleet hyvin pitkään valmistettu puusta, nahasta ja metallista. Aikaa katsoessa taakse päin muovit, hartsit ja hiilikuidut ovat hyvin uusia keksintöjä. Puun ja nahan käyttöä on vähennetty uusien materiaalien tullessa, mutta niitä kuitenkin on käytössä vielä nykypäivänä. Materiaalikehitys on kehittynyt teknologian kehittyessä. Nykyisillä materiaaleilla on mahdollista tehdä kevyitä, mutta silti kestäviä proteeseja. Nyt on jo mahdollista, että raajan skannauksella ja tietotekniikan avulla voidaan luoda nopeasti 3D tulostettuja proteeseja. Tämänhetkinen tekniikka ja materiaalit eivät täysin mahdollista kestäviä ratkaisuja, mutta tähän suuntaan ollaan kuitenkin koko ajan menossa.

Monilla apuvälinetekniikan aihesanoilla ja keksinnöillä ei ole suomenkielistä sanavastinetta, joten tietämys alkuperäisestä vieraskielisestä sanasta on hyötyä, kuten esimerkiksi four-bar mechanism. Tällöin toki on myös hyötyä ymmärtää sanan tarkoitus, sekä pystyä kertomaan asia omin sanoin.

Jatkotutkimuksena aiheeseen olisi mahdollista tehdä amputointitapojen sekä yläraajaprotetiikan kehitys samoina vuosisatoina.

## 9 Pohdinta

Aihetta suunnitellessa aloitimme ottamalla selvää protetiikan historiasta. Alue on kuitenkin laaja ja tietosisältö lähes kaikessa historiaan viittaavissa teksteissä on sama, joten rajasimme aihealueemme vain alaraajaprotetiikkaan. Aiheen punaisen langan pitäminen oli haasteellinen tehtävä, sillä aiheessa saattoi helposti harhaantua muihin aiheisiin, joten tarkassa rajauksessa pysyminen oli tärkeää tietoa etsiessämme. Tämän vuoksi esimerkiksi amputaatiotavat rajasimme työstämme kokonaan pois, vaikkakin ne kuuluvatkin oleellisesti protetiikan eri vaiheisiin. Aiheen materiaalin kerääminen eri tietokannoista ja lähteistä ei ollut aivan yksinkertaista, sillä tieto oli suurimmaksi osaksi muulla kielellä, kuin suomi ja joistain aiheista sopiva teksti oli hyvinkin piilotettu isomman tekstin sisään, jolloin sattui tietämättään lukea aiheeseen sopivan tekstin ohi. Aiheen keräämistä tosin helpotti se, että meitä oli kaksi tekemässä opinnäytetyötämme. Tiedon kerääminen nopeutui sekä monesta artikkelista sai paremmin selkoa, kun pystyimme keskustelemaan aiheesta yhdessä. Opinnäytetyötä tehdessä oli hetkiä, jolloin tekstin kirjoittaminen sujui ja saimme aikaan paljon. Oli myös hetkiä, jolloin projekti ei edennyt laisinkaan. Nämä hetket, jolloin projekti ei edennyt olivat kuitenkin hyväksi, sillä ajatukset opinnäytetyöstä saivat rauhoittua, jolloin uudelleen luettaessa näki mahdolliset muokattavat kohdat sekä tekstiin saatiin uusia ideoita ja sisältöä.

Oman haasteensa opinnäytetyöhömmme toi fyysinen opinnäytetyöpajojen puuttuminen ja lähiopetuskerrat, joita ei pystytty järjestämään keväällä. Tästä syystä sai myös itse tutkia entistä enemmän aikaisempien vuosien opinnäytetöitä, josta pystyi katsomaan mallia ja mitä kaikkea opinnäytetyö tulee pitää sisällään. Jälkikäteen mietittynä olisi ollut järkevämpää tutkia muiden valmistuneiden opinnäytetöitä jo

ennen kuin omaan aiheeseen perehtyy tarkemmin. Tällöin olisi heti opinnäytetyön aloituksesta ollut selkeämpää mistä opinnäytetyö koostuu ja muun muassa aineisto haku olisi ollut helpompaa ja selkeällä otsikoinnilla on helpompi lähteä nivomaan tietoa omien otsikoiden alle.

## Lähteet

Amputee Coalition 19.4.2019. History of The Prosthetic Leg Through The Ages. Blogikirjoitus. Saatavilla osoitteesta: <https://www.amputee-coalition.org/history-prosthetic-leg/>. Luettu 27.9.2020.

Bachmann 13.1.2014. Dr. Bly's Artificial Leg. The Shelf. Preserving Harvard's Library Collections. Saatavilla osoitteesta: <https://blogs.harvard.edu/preserving/2014/01/13/dr-blys-artificial-leg/>. Luettu 28.9.2020.

Chester. C Haddan', Atha Thomas. Status of Above-Knee Suction Socket in the United States. Saatavilla osoitteesta: [http://www.oandplibrary.net/al/pdf/1954\\_02\\_029.pdf](http://www.oandplibrary.net/al/pdf/1954_02_029.pdf). Luettu 15.9.2020.

Ambroise Paré IV: The early history of artificial limbs (from robotic to prostheses). Springer Link. International orthopaedics (SICOT) 37, 1195-1197 (2013). Saatavilla osoitteesta: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00264-013-1884-7>. Luettu 15.9.2020.

Drucker, Charles B. 2008. Ambroise Paré and the Birth of the Gentle Art of Surgery. Us National Library of Medicine. Saatavilla osoitteesta: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2605308/>. Luettu 14.3.2020.

Fliegel, O. Feuer, M.D. 1966. Historical Development of Lower-Extremity Prostheses. Orthotics & Prosthetics Community. Virtual Library Project. Saatavilla osoitteesta: [http://www.oandplibrary.org/op/1966\\_04\\_313.asp](http://www.oandplibrary.org/op/1966_04_313.asp). Luettu 14.3.2020.

Fliegel, O. Feuer, M.D. 1966. Historical Development of Lower-Extremity Prostheses. Orthotics & Prosthetics Community. Virtual Library Project. Saatavilla osoitteesta: <[http://www.oandplibrary.org/op/1966\\_04\\_313.asp](http://www.oandplibrary.org/op/1966_04_313.asp)>. Luettu 14.3.2020.

Hernigou, Philippe 4.1.2014. Crutch art painting in the middle age as orthopaedic heritage (Part I: the lepers, the poliomyelitis, the cripples). Julkaistu nettilähteessä PMC. Löytyy osoitteesta: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4037520/>>. Luettu 27.9.2020.

Hierton, Tor. 1995. Benamputationer och proteser. 2.painos. Ystads Centraltryckeri.

Krajbich, Joseph Ivan. Pinzur, Michael S. Potter, Benjamin K. Stevens, Philip M. 2016. Atlas of Amputations and Limb Deficiencies. Saatavilla osoitteesta: <[https://books.google.fi/books?id=k3VsDwAAQBAJ&pg=PT901&lpg=PT901&dq=selling+Atlas+of+Amputation+and+Limb+Deficiencies&source=bl&ots=lqLhCIA-Uun&sig=ACfU3U1b6eI\\_01LjLBFbINbUpFi1DIqnJA&hl=en&sa=X&ved=2ahU-KEwjp7bTOI4jpAhWlqIsKHQbMAQwQ6AEwEXoECAsQAQ#v=onepage&q=selling%20Atlas%20of%20Amputation%20and%20Limb%20Deficiencies&f=false](https://books.google.fi/books?id=k3VsDwAAQBAJ&pg=PT901&lpg=PT901&dq=selling+Atlas+of+Amputation+and+Limb+Deficiencies&source=bl&ots=lqLhCIA-Uun&sig=ACfU3U1b6eI_01LjLBFbINbUpFi1DIqnJA&hl=en&sa=X&ved=2ahU-KEwjp7bTOI4jpAhWlqIsKHQbMAQwQ6AEwEXoECAsQAQ#v=onepage&q=selling%20Atlas%20of%20Amputation%20and%20Limb%20Deficiencies&f=false)>. Luettu: 27.4.2020.

Laakso, Mikko 2003. Liikkeelle. Proteesisäätiö 50- vuotta 1953-2003. Proteesisäätiö.

LeMoye, Robert 2016. Advances for Prosthetic Technology. Form Historical Perspective to Current Status to Future Application. E-Kirja. Saatavilla osoitteesta: <<https://link-springer-com.ezproxy.metropolia.fi/book/10.1007%2F978-4-431-55816-3#about/>>. Luettu 28.5.2020.

Lindqvist, Castor 1961. Alaraajan proteesien ja tukisidosten toiminta. Proteesisäätiö.

Lindqvist, Castor 1987. Vammaisvälineoppia. Raajaproteeseista, raajojen tukikudoksista, tukipohjista, erityisjalkineista, vartalotuista, kaulatuista. Proteesisäätiö.

Material District 11.1.2019. Affordable Prosthetics Made From Recycled Plastic Waste. Saatavilla osoitteesta: <<https://materialdistrict.com/article/prosthetics-recycled-plastic/>>. Luettu 26.9.2020.

Martin, Jay. Pollock, Andrew. Hettinger, Jessica. 2010 Microprocessor Lower Limb Prosthetics: Review of Current State of the Art. Journal of Prosthetics and Orthotics. Saatavilla osoitteesta: <[https://journals.lww.com/jpojournal/Fulltext/2010/07000/Microprocessor\\_Lower\\_Limb\\_Prosthetics\\_\\_Review\\_of.10.aspx](https://journals.lww.com/jpojournal/Fulltext/2010/07000/Microprocessor_Lower_Limb_Prosthetics__Review_of.10.aspx)>. Luettu 15.3.2020.

May, Bella J. 1996. Amputations and prosthetics, a case study approach. 2.painos. Julkaisija F. A. Davis Company.

McMillion, Matthew. Artec3D. Creating optimal orthotics and prosthetics with Artec Eva and Spider. Saatavilla osoitteesta: <<https://www.artec3d.com/cases/creating-optimal-orthotics-and-prosthetics-artec-eva-and-spider>>. Luettu 23.8.2020.

Metzger, Sherry. 2006. The O&P Edge. Charles Radcliffe, Father Of Prosthetic Biomechanics. Saatavilla osoitteesta: <[https://opedge.com/Articles/ViewArticle/2006-03\\_14](https://opedge.com/Articles/ViewArticle/2006-03_14)>. Luettu 3.10.2020.

Owen, Jarus. 2016. The Institute of Archaeology Cass. Prosthetic Leg with Hoofed Foot Discovered in Ancient Chinese Tomb. Saatavilla osoitteesta: <[http://www.kaogu.cn/en/International\\_exchange/Academic\\_activities\\_\\_\\_/2016/0115/52799.html](http://www.kaogu.cn/en/International_exchange/Academic_activities___/2016/0115/52799.html)>. Luettu: 24.9.2020.

Parkin, Josh 2015. Step-by-step: prosthetic legs through the ages (gallery). Mosaic. Saatavilla osoitteesta: <<https://mosaicscience.com/story/step-step-prosthetic-legs-through-ages-gallery/>>. Luettu: 15.3.2020.

Quigley, Michael J. Prosthetic Management: Overview, Methods, and Materials. Orthotics & Prosthetics Community. Virtual Library Project. Saatavilla osoitteesta: <<http://www.oandplibrary.org/alp/chap04-01.asp>>. Luettu: 15.3.2020.

Radcliffe, C. W. 1994. Four-bar linkage prosthetic knee mechanisms: kinematics, alignment and prescription criteria. Prosthetics and Orthotics International, 1994, 18, 159-173. Saatavilla osoitteesta: <[http://www.oandplibrary.org/poi/pdf/1994\\_03\\_159.pdf](http://www.oandplibrary.org/poi/pdf/1994_03_159.pdf)>. Luettu 5.10.2020.

Rosekranz, Gabriel. The Patellar-Tendon-Bearing Prosthesis. Saatavilla osoitteesta: <[http://www.oandplibrary.org/al/pdf/1962\\_02\\_001.pdf](http://www.oandplibrary.org/al/pdf/1962_02_001.pdf)>. Luettu 4.10.2020.

Staros, Anthony. The SACH (Solid-Ankle Cushion-Heel) Foot. Saatavilla osoitteesta: <[http://www.oandplibrary.org/op/pdf/1957\\_02\\_023.pdf](http://www.oandplibrary.org/op/pdf/1957_02_023.pdf)>. Luettu 4.10.2020.

Science museum group. Copy of Roman artifactual leg, London, England, 1905-1915. Saatavilla osoitteesta: <<https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co84549/copy-of-roman-artificial-leg-london-england-1905-1915-artificial-leg>>. Luettu 24.3.2020.

Smith, Douglas G., Michael John W., Bowker John H. 2004. Atlas of Amputations and Limb Deficiencies. Surgical, Prosthetic, and Rehabilitation Principles. Third edition. American Academy of Orthopaedic Surgeons.

Solonen, Kauko A. & Huittinen, Veli Matti 1991. Amputaatiot ja proteesit. 1.painos. Proteesisäätiö.

Stewart, Robert E., Brenstock, William. M. 1977. Veterans Administration Prosthetic And Sensory Aids program since world war II.

Salem leg company, Salem mass. 1865. The Salem leg, Under The Patronage Of The United States Government. Saatavilla osoitteesta: <<https://collections.nlm.nih.gov/ext/dw/101650959/PDF/101650959.pdf>>. Luettu: 13.9.2020.

Shurr, Donald G, Cook, Thomas M 1990. Prosthetics & Orthotics. 2. painos. Julkaisija Appleton & Lange.

Schuch, C.Michael 1992. Transfemoral Amputation: Prosthetic Management. Digital Resource Foundation for the Orthotics & Prosthetics Community. Virtual Library project. Chapter 20B - Atlas of Limb Prosthetics: Surgical, Prosthetic, and Rehabilitation Principles. Saatavilla osoitteesta: <<http://www.oandplibrary.org/alp/chap20-02.asp>>. Luettu 4.10.2020.

Stolt, Minna, Axelin, Anna, Suhonen, Riitta 2015. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turun Yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. Sarja A73. Juvenes Print. Luettu 10.9.2020.

Takechi, H 1992. History of prostheses and orthoses in Japan. Prosthetics and Orthotics International, 1992,16, 98-103. Kibikogen Rehabilitation Center for Employment Injuries,

Okayama, Japan. Saatavilla osoitteesta: <[http://www.oandplibrary.org/poi/pdf/1992\\_02\\_098.pdf](http://www.oandplibrary.org/poi/pdf/1992_02_098.pdf)>. Luettu 29.9.2020.

UPMC Health Beat 8.3.2015. Rehabilitation. Timeline: Prosthetic Limbs Through the Years. Saatavilla osoitteesta: <<https://share.upmc.com/2015/03/timeline-prosthetic-limbs-years/>>. Luettu 27.3.2020.

William C. Shiel Jr. Medical Definition of Prosthetic. MedicNet. Saatavilla osoitteesta: <<https://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=15985>>. Luettu 17.3.2020.

Wilson Jr. A.Benett 1992. History of Amputation Surgery and Prosthetics. Digital Resource Foundation for the Orthotics & Prosthetics Community. Virtual Library project. Chapter 20B - Atlas of Limb Prosthetics: Surgical, Prosthetic, and Rehabilitation Principles. Saatavilla osoitteesta: <<http://www.oandplibrary.org/alp/chap20-02.asp>>. Luettu 4.10.2020.

Zolek. Carbon Fiber Education center. How is Carbon Fiber Made? Saatavilla osoitteesta: <<http://zolek.com/carbon-fiber/how-is-carbon-fiber-made/>>. Luettu 23.8.2020.



