

Janne Piippo

## **TEKNOLOGIA JA PROTEESIT ESTEETTÖMYYDEN TUKENA**

# **TEKNOLOGIA JA PROTEESIT ESTEETTÖMYYDEN TUKENA**

Janne Piippo  
Opinnäytetyö  
Kevät 2018  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Tietotekniikan koulutusohjelma, hyvinvointiteknologian suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Janne Piippo

Opinnäytetyön nimi: Teknologia ja proteesit esteettömyyden tukena

Työn ohjaaja: Jukka Jauhiainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2018

Sivumäärä: 57

---

Tietotekniikan koulutusohjelmassa on ollut vuodesta 2014 lähtien mahdollista tehdä opinnäytetyö kolmessa 5 opintopisteen suuruisessa osassa. Koosteopinnäytetyö tarkoittaa opinnäytetyön tekemistä osissa. Tämä opinnäytetyö on tehty viiden ja kymmenen opintopisteen suuruisissa osissa. Työ tehtiin internetlähteitä ja kirjallisia lähteitä apuna käyttäen.

Ensimmäinen opinnäytetyön osa käsittelee teknologisia apuvälineitä, jotka mahdollistavat esteettömyyttä. Työn alussa esitellään esteettömyys käsitteenä. Työssä perehdyttiin esteettömyydessä auttaviin apuvälineisiin ja siihen, kuinka ne ovat esteettömyyden tukena. Työssä selvitettiin tietoa erilaisista apuvälineistä, joita liikunta- ja aistirajoitteiset, vanhukset ja muistisairaat henkilöt käyttävät.

Opinnäytetyön yhdistetyn toisen ja kolmannen osan kokonaisuudessa perehdyttiin mm. sähköisiin käsiproteeseihin ja erilaisiin keinotekoisiiin ihoihin, joilla pyritään palauttamaan tuntoaistia proteesien käyttäjille. Työssä tarkasteltiin uusia innovaatioita proteesiteknologiassa ja raajaproteesien mahdollistamaa esteettömyyttä.

Opinnäytetyön yhdistetyn toisen ja kolmannen osan tarkoituksena oli saada kattava käsitys kehittyneimpien käsiproteesien tekniikan nykytasosta ja tulevaisuuden kehityslinjoista. Osaopinnäytetyöt antoivat kokonaisuudessaan hyvän käsityksen esteettömyyttä tukevista apuvälineistä, proteesiteknologiasta ja rakennusratkaisuista.

---

Asiasanat: apuvälineet, sähköiset proteesit, esteettömyys

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 OPINNÄYTETYÖN ENSIMMÄISEN OSAN ESITTELY	6
3 OPINNÄYTETYÖN TOISEN OSAN ESITTELY	7
4 YHTEENVETO	8
LIITTEET	
Liite 1 Esteettömyys teknologian avulla	
Liite 2 Proteesit esteettömyyden tukena	

# 1 JOHDANTO

Tietotekniikan koulutusohjelmassa on ollut vuodesta 2014 lähtien mahdollista tehdä opinnäytetyö koosteopinnäytetyönä. Koosteopinnäytetyössä normaali 15 opintopisteestä koostuva opinnäytetyö on jaettuna osiin. Koosteopinnäytetyö voitiin tehdä joko kahdessa tai kolmessa osassa. Tämä opinnäytetyö koostuu kahdesta osasta, joista toinen tehtiin keväällä 2015 ja toinen keväällä 2018.

Mahdollisuus opinnäytetyön tekemiseen osissa toi joustavuutta opinnäytetyön kirjoitusprosessiin. Koosteopinnäytetyömalli mahdollisti syventymisen useampiin eri aihealueisiin, sillä osaopinnäytetöiden sisällön ei ollut välttämätöntä olla samasta aihepiiristä. Aiheiden valinnassa oli valinnanvapautta.

## 2 OPINNÄYTETYÖN ENSIMMÄISEN OSAN ESITTELY

Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa perehdyttiin liikuntarajoitteisten, vanhus-  
ten ja muistisairaiden henkilöiden käyttämiin teknologisiin apuvälineisiin ja siihen,  
kuinka ne ovat esteettömyyden tukena. Työ alkaa esteettömyyden käsitteen sel-  
ventämisellä. Työssä tutustuttiin rakennusratkaisuihin, joilla pyritään mahdollista-  
maan sujuva liikkuminen asuinrakennusympäristössä. Lisäksi siinä pohdittiin pa-  
rannusideoita esteettömyyden toteutumiseen ja tutustuttiin tulevaisuuden tekno-  
logisiin apuvälineisiin kuten robottiapulaisiin ja ulkoisiin tukirankoihin eli eksoske-  
letoneihin.

### **3 OPINNÄYTETYÖN TOISEN OSAN ESITTELY**

Opinnäytetyön toisen osan pääaiheena olivat raajaproteesit. Työssä selvitettiin myoelektristen käsiproteesien toimintaperiaatteita, rakennetta sekä proteesien valmistamista 3D-tulostamalla. Työ viimeisteltiin keväällä 2018. Osaopinnäytetyö on 10 opintopisteen suuruinen kokonaisuus. Työssä keskityttiin nykyaikaisiin, kehittyneimpiin myoelektrisiin käsiproteeseihin. Bionisten silmien rakennetta ja toimintaa esitellään yhtenä aiheena. Tulevaisuuden proteesiteknologia, käsiproteesin ajatusohjaus ja keinotekoiset ihot ovat myös työssä käsiteltyjä aihealueita.

## 4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tekeminen kartutti laajasti tietoa proteeseihin liittyvistä asioista. Molempien osaopinnäytetöiden aiheet sivuavat toisiaan - näin ollen osaopinnäytetöiden kirjoittamisprosessia helpotti se, ettei kirjoittamisen välillä ollut hyppäystä aivan uuteen aihepiiriin. Kirjoittamisen mielekkyyttä lisäsi kiinnostus kehittyneitä nykyajan proteeseja ja ihmisille avuksi olevaa hyvinvointiteknologiaa kohtaan. Opinnäytetyötä tehdessä oppi tiedon- ja lähteidenhakutaitojen lisäksi uutta tietoa proteesiteknologiasta. Tuli myös tietämystä esteettömyyttä tukevista rakennusratkaisuista asuinympäristössä. Samalla oppi hahmottamaan ja työstämään suuria tekstikokonaisuuksia. Osaopinnäytetöiden tavoitteet saavutettiin onnistuneesti.



Janne Piippo

## **ESTEETTÖMYYS TEKNOLOGIAN AVULLA**

# **ESTEETTÖMYYS TEKNOLOGIAN AVULLA**

Janne Piippo  
Opinnäytetyö, osa 1  
Kevät 2015  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	4
2 ESTEETTÖMYYS	5
2.0 Esteetön ympäristö	5
2.1 Esteetön elektroniikkalaitteiden käyttö	5
2.2 Esteetön työelämä	6
3 ESTEETÖN ASUINRAKENNUS	7
4 ESTEETTÖMYYDESSÄ AUTTAVIA APUVÄLINEITÄ	8
5 PARANNUSIDEOITA ESTEETTÖMYYDEN TOTEUTUMISEEN	12
6 ESTEETTÖMYYDEN TULEVAISUUS	14
6.1 Tulevaisuuden teknologisia apuvälineitä	14
6.2 Tulevaisuuden esteetön koti	17
7 YHTEENVETO	19
LÄHTEET	20

## 1 JOHDANTO

Käsite ”esteettömyys” liitettiin alkujaan rakennetussa ympäristössä ja fyysisessä liikkumisessa kohdattuihin esteisiin. Se tarkoitti pääpiirteittäin vaivattoman pääsemisen varmistamista julkisiin tiloihin ja rakennuksiin. Viimeisinä 10–15 vuotena käsite on laajentunut merkittävästi: rakennuksien esteettömyyden lisäksi käsitettä voidaan käyttää niin viestinnän kuin palvelujenkin saavutettavuudesta puhuttaessa. Se merkitsee myös jokaisen kansalaisen mahdollisuuksia osallistua mukaan yhteiskunnan aktiviteetteihin. Nyky-aikana esteettömyys on saavuttanut aseman yhtenä tasa-arvoisen yhteiskunnan tunnusmerkeistä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia esteettömyyttä vanhusten, muistisairaiden sekä liikkumis- ja aistirajoitteisten henkilöiden arjessa. Työssä tarkastellaan tulevaisuuden ja nykyhetken apuvälineiden ja elektroniikkalaitteiden kanssa saavutettavaa esteettömyyttä. Lisäksi pohditaan parannusehdotuksia sen toteutumiseen julkisissa paikoissa.

Valitsin opinnäytetyön aiheen oman mielenkiintoni ja käsiteltävän asian ajankohtauuden pohjalta. Tasavertaisiin liikkumis- ja vaikuttamismahdollisuuksiin on kiinnitettävä yhä enemmän huomiota tulevaisuudessa, jotta asiointi kaikenlaisissa ympäristöissä onnistuisi kaikilta luontevasti. Jokaiselle asukkaalle kelpaavien asumisratkaisujen merkitys kasvaa väestön ikääntyessä.

## 2 ESTEETTÖMYYS

### 2.1 Esteetön ympäristö

Esteettömästä ympäristöstä eivät hyödy pelkästään liikuntarajoitteiset, muistisairaat ja vanhukset, vaan se auttaa suuresti muitakin tilojen käyttäjiä. Esimerkiksi tavaroita on helpompi kuljettaa ja tiloja on vaivattomampi siivota ja huoltaa, kun esteitä ei ole. Itsenäinen asuminen esteettömässä ympäristössä on mahdollista henkilöille, jotka olisivat täysin toisten avun varassa esteellisessä ympäristössä. Erityisen tärkeää esteettömyys on henkilöille, joilla on vaikeuksia kuulemisessa, näkemisessä tai liikkumisessa. Ihminen turhautuu helposti, jos jonkin asian hoitaminen vie tarpeettoman paljon aikaa. Olennaista onkin, että ympäristöstä pyritään muokkaamaan helposti lähestyttävä ja olosuhteiltaan sellainen, että asioiden hoitaminen onnistuu sujuvasti. Esteettömässä ympäristössä kaikilla on mukava olla. (1)

Esteetön työympäristö on jaettu eri osa-alueisiin: fyysiseen ympäristöön, esteettömään tiedonsaantiin, työn organisointiin ja asenteisiin esteettömyyden lähtökohtana. Työympäristö tulisi mukauttaa työntekijän tarpeiden mukaan työsuhteen alkuvaiheessa. Yhdenvertaisuuslaki määrittelee työympäristön mukautusvelvollisuuden. (2)

Rakennus on esteetön, mikäli se on kaikille sen asukkailleen toimiva ja turvallinen. Kaikkien tulisi päästä vaivattomasti rakennuksen eri tiloihin ja kerrostasoihin. Sen sijaan, että puhuttaisiin liikkumis- ja toimimisesteisistä henkilöistä, tulisikin turvatonta ja epäkäytännöllistä rakennusta pitää liikkumis- ja toimimisesteisenä. Rakennukset suunnitellaan ihmistä varten, eikä ihmisiä rakennuksia varten. Tilojen toiminnot ovat mahdollisimman helppokäyttöisiä esteettömässä rakennuksessa. (3)

### 2.2 Esteetön elektroniikkalaitteiden käyttö

Älypuhelinien asetuksia muuttamalla saadaan suurennettua näytöllä näkyvän tekstin fonttikokoa, jolloin heikkonäköinen henkilökin voi käyttää laitetta. Puhelinten kaiuttimen äänenvoimakkuussäädöillä huonokuuloinenkin pystyy käyttämään

laitetta. Elektroniikkalaitteiden pinnassa voi olla kohokuvioita, jotka ovat näkövammautuneen apuna. Älypuhelimeen on mahdollista ladata erilaisia esteettömyydessä auttavia sovelluksia, kuten puheentunnistus- ja suurennuslasisovelluksia. Puheentunnistusohjelma muuttaa esim. tekstiviestin suoraan puheeksi ja suurennuslasisovellus käyttää kännykän kameraa suurennuslasina.

### **2.3 Esteetön työelämä**

Osatyökykyiset henkilöt voivat osallistua työelämäään, mikäli työpaikan työtilat ovat helposti muunneltavissa palvelemaan heidän tarpeitaan. Työtä organisoimissa huomioonotettavia asioita ovat työntekijöiden fyysiset ja henkiset piirteet. Työntekijöiden kaipaamia erityisjärjestelyjä suunnitellaan osana työpaikan luonnollista toimintaa. Ympäristötekijöiden lisäksi myös ihmisten asenteet ja mielikuvat saattavat muodostaa esteitä työelämäään.

Kuuloliiton Ehyt-projektissa tehtiin tutkimus, joka kartoitti työympäristöön liittyviä ongelmia. Tutkimuksen tulokset antoivat kuvan, että työpisteisiin tehdään mukautuksia melko harvoin. Mikäli työpaikalla oli taustamelua, se vähensi usein työtilojen toimivuutta, eivätkä apuvälineet olleet niissä tilanteissa avuksi. Lisäksi huonokuuloiset kokivat vaikuttamismahdollisuutensa työtahtiin vähäisiksi, mikä vaikeutti työssä jaksamista.

### 3 ESTEETÖN ASUINRAKENNUS

Rakennuksen esteettömyydellä tarkoitetaan sitä, että kaikki käyttäjät voivat turvallisesti ja miellyttävästi liikkua kaikissa rakennuksen tiloissa. Kerrostalojen esteettömyyden lisäämiseksi rakennuksiin on asennettu hissejä, laitettu kaiteita ja suunniteltu ramppeja. Hissi lisää asumisen mukavuutta ja tuo liikkumiseen turvallisuutta.

Rakennuksen esteettömyyttä parantavia korjaustoimenpiteitä ovat mm. oviaukkojen leventäminen, kynnyshököjen madaltaminen, kulkuluiskien laittaminen ja käsihoiteiden asentaminen (4, s. 4.). Yllättävät tasoerot ja huonosti toteutetut liuskat tulisi korjata. Heikot käsivoimat omaavalle henkilölle liian raskaan oven avaaminen koituu esteeksi itsenäiselle arkiasioiden hoitamiseksi. Ratkaisuna tähän ongelmaan on kevyttöimisten heloitusten ja ovenaukaisulaitteiden käyttö. Yksikin ylitsepääsemätön este asuinrakennuksessa riittää estämään omatoimisen liikkumisen.

Yksikerroksinen pientalo antaa esteettömyydelle hyvät lähtökohdat. Tasoero maanpinnan ja lattiatason välillä ei saisi olla enemmän kuin 500 mm, koska sitä suurempi tasoero on vaikea hoitaa luiskan avulla (5). Luiskaa käytettäessä on huomioitava se, ettei ulko-ovi muodosta estettä luiskan käyttäjälle tasanteelle tultaessa. Luiska suunnitellaan yleensä nousevaksi. Toinen tapa on suunnitella se kulkemaan alaspäin maanpinnan tasosta sisäänkäyntitasolle. Tässä tapauksessa luiska ja ovenedustasanne tulee lämmittää ja tasanne viemäroidä erityisen hyvin.

Hygieniatilojen esteettömyydessä oleellista on, että tilat ovat riittävän laajat liikkumiseen. WC- ja pesutilat tulee olla liikkumisesteisille mitoitettuja ja varustettuja. Omissa voi olla merkintä, että kyseessä on vammautuneille varusteltu ja soveltuva WC-tila. Tällaisiin tiloihin on parhaassa tapauksessa pääsy suoraan aulasta, käytävästä tai muusta vastaavasta tilasta. (6)

## 4 ESTEETTÖMYYDESSÄ AUTTAVIA APUVÄLINEITÄ

Apuvälineet ovat henkilökohtaisia: niiden tulee soveltua käyttäjilleen ja olla tarkoituksenmukaisia. Apuvälineisiin lukeutuvat kaikki ihmisten arjen askareisiin kehitetyt välineet. Hoiva-alan ammattilaisten työssä tarvitaan työtä tukevia ja hoidettavan liikkumista helpottavia apuvälineitä. Siksi onkin tärkeää, että he tuntisivat yhdessä sosiaali- ja kuntoutusalan ammattilaisten kanssa olemassa olevat apuvälineet ja tietäisivät, minkälaiseen käyttöön mikin niistä parhaiten soveltuu.

Liikkumis- ja toimimisesteinen henkilö tarvitsee erilaisia apuvälineitä, jotta arki olisi sujuvampaa ja elämänlaatu hyvällä tasolla. Apuvälineillä vammasta tai sairaudesta aiheutuva toimintakyvyn heikkeneminen on osittain korjattavissa. Ne lykkäävät myöhemmäksi henkilön tarvetta laitoshoitoon siirtymiseen ja ylläpitävät liikkumiskykyä. Tekniset apuvälineet korvaavat vähäpätöisiä, käsityöllä tehtyjä tai raskaita työtehtäviä. Näin ollen ihmisresursseja kyetään ohjaamaan esimerkiksi hoitotyöhön, jota ei olisi tarkoituksenmukaistakaan korvata teknisillä laitteilla.

Hissi on tarpeellinen myös muillekin kuin pelkästään vanhuksille ja vammautuneille, sillä hissillä voidaan siirtää painavia esineitä, joiden siirtäminen portaita pitkin olisi hankalaa. Hissi voi olla läpiajettava tai sellainen, että pyörätuolilla peruutetaan siitä pois.

Hissin kutsu- ja hälytyspainikkeiden tulee olla niin alhaalla, että kaikki ylettävät painamaan niitä. Taustaseinän ja painikkeiden on erotuttava väreiltään toisistaan. Hissin painikkeet kannattaa suunnitella hissitoimittajan kanssa tapauskohtaisesti ja niissä on hyvä olla valot ja pistekirjoitusmerkintä. On myös suositeltavaa maalata hissien lattiaan ns. parkkiruudut, jotka auttavat hissiin asettumisessa niin, että mahdollisimman usea pyörätuolin käyttäjä mahtuisi hissiin samanaikaisesti. (7, s. 23.)

Kuulo heikkenee iän myötä, mikä on normaali ilmiö. Huonosta kuulosta aiheutuvat ongelmat ovat korjattavissa kuulonkuntoutuksen ja kuulokojeiden avulla. Kuulokoje on tärkeä apuväline huonokuuloiselle, sillä se hyödyntää käyttäjän jäljellä olevaa kuuloa tehden hänestä normaalikuuloisemman. Huonokuuloisuus voi liittyä ikähuonokuuloisuuteen tai sitten kyseessä voi olla vanhuksen kuulovamma.



Huonokuuloisella henkilöllä on osittaisen kuulovamma, mutta hän kykenee siitä huolimatta kuulemaan puhetta ja kommunikoimaan puheella. (7, s. 49)

Kuulokoje koostuu mikrofonia, kuulokkeesta ja sähköisestä vahvistimesta. Toiminta perustuu siihen, että ääni muuttuu sähköksi, kun se tulee kojeeseen mikrofonin kautta. Seuraavaksi sähkösignaali voimistuu ja muokkautuu vahvistimessa, minkä jälkeen sähkö muunnetaan kuulokkeessa takaisin kuultavaksi ääneksi. Käyttäjä voi säätää kuulokojeen äänenvoimakkuutta erillisestä säätimestä tarpeen mukaan. Kuulokojeen ohjelmointi tehdään tietokoneen avulla. (8)

Korvantauskoje on kaikista kuulokojemalleista yleisimmin käytössä. Sitä käytetään niin, että kojeen ulkoinen osa laitetaan korvalehden taakse ja korvakappaleen sijoitetaan korvakäytävään. Ääni kulkeutuu korvakappaleeseen pienikokoisen letkun kautta, jonka jälkeen se johdetaan korvaan.

Korvakäytäväkoje on sisäänrakennettu korvakappaleeseen. Kojeen tulee olla käytön aikana tiiviisti korvassa, sillä muuten saattaa ilmetä äänenkiertoa eli vinkumista. Kuulokoje käyttää virtalähteenään nappiparistoa. (9)

Rollaattori eli kävelyteline helpottaa liikkumisrajoitteisen henkilön kävelemistä. Rollaattoreissa on neljä pyörää, kädensijat, jarrut ja mahdollisesti istuin. Lisävarusteina niissä voi olla tavarakori, tarjotin tai laukkuteline. Rollaattoreja ei ole tarkoitettu liikkumisapuvälineeksi henkilöille, jotka ovat yksipuolisesti amputoituja tai liikkuvat ilman proteesia.

Turvapuhelimet on tehty niihin ongelmatilanteisiin, joissa vanhus on kykenemätön soittamaan apua tavallisella puhelimella. Tällaisia tilanteita syntyy esim. vanhuksen kaatuessa tai saadessa sairauskohtauksen. Jos vanhuksella on turvaranneke kädessään, hän voi kutsua apua napinpainalluksella. Rannekkeella onnistuu myös elintoimintojen seuranta. Läheiset voivat olla huoletta tietäessään, että turvattoman liikkumisen riski on hallittavissa, sillä laite lähettää automaattisen hälytyksen vanhuksen poistuessa sovitulta turva-alueelta (10). Mikäli vanhus eksyy, hänet löydetään helposti sijaintitiedon avulla. Omaiset näkevät netistä laitteen paikan vuorokauden ympäri. Paikantava turvapuhelin ja turvaranneke ovat laitteita, jotka soveltuvat parhaiten Alzheimerin tautia sairastavan henkilön arkeen, sillä vaeltelu ja paikantajun hämärtyminen kuuluvat taudinkuvaan.

Hälyttävä lääkeannostelija on huonomuistisen henkilön tukena, sillä se muistuttaa lääkkeiden ottamisesta oikeaan aikaan. Se on turvallinen laite: lääkkeitä ei voi ottaa liikaa ja ne tulevat esille oikeaan aikaan. Käyttäjän vastuulle ei jää muistettavaksi, mihin kellonaikaan lääkkeet tulisi ottaa. Hälyttävän lääkeannostelijan ja muidenkin laitteiden käyttämisen opastus tulisi aloittaa hyvissä ajoin. Myöhemmin laitteiden omaksuminen on haastavampaa dementiaan sairastuneelle, sillä muisti ja kognitiiviset taidot heikkenevät sairauden edetessä.

GSM-toimisen kaiutinpuhelimen pikanappeihin voidaan ohjelmoida omaisten ja hoitajien puhelinnumerot. Nappia painettaessa syntyy puheyhteys ja puhelin soittaa johonkin ennalta määrättyyn numeroon. Tästä toiminnosta on apua, jos vanhus kaatuu eikä pääse omin avuin ylös. Kaiutinpuhelimessa on yleensä erikseen punainen SOS-hätäpainike, jolla vanhus saa tilattua avun halutusta numerosta. (11)

Liikkeellä pysyminen kuuluu ihmisen perustarpeisiin. Asioita koetaan ympäristön ja sosiaalisen verkon kautta. Mikäli liikkumismahdollisuudet vaarantuvat loukkaantumisen tai jonkin sairauden myötä, tulevat apuvälineet ajankohtaisiksi. Ne poistavat liikkumisrajoituksia tilanteissa, joissa henkilön toimintakyky ei riitä perusliikkumiseen.

Sähkökäyttöisen pyörätuolin avulla liikkumisrajoitteiset ihmiset voivat osallistua esim. ulkoilmatapahtumiin. Kevytpyörätuoleilla onnistuu liikkuminen vähilläänkin lihasvoimilla ainakin vähäesteisissä, kynnyksettömissä sisätiloissa. Henkilö, jolla on selkäydinvamma, pärjää erilaisissa tilanteissa usean eri pyörätuolin avulla. Sähkökäyttöistä pyörätuolia voi käyttää heikot käsivoimat omaava henkilö ja sitä voidaan hallita muun muassa suutikulla tai ohjaussauvalla sormien, pään tai leuan liikkeiden voimalla. (12)

Näkövammaan kanssa pärjääminen on helpompaa näkemistä helpottavilla apuvälineillä. Apuvälineisiin lukeutuvat erilaiset suurennuslaitteet, puhesyntetisaattorit ja matkapuhelimet, joihin on asennettu näkemisessä auttavia sovelluksia. Matkapuhelimia, jotka sisältävät tietokoneen toimintoja, kutsutaan älypuhelimiksi. Niiden ohjelmoitavuus mahdollistaa yksilöllisten ratkaisujen tekemisen käyttäjien tarpeiden mukaan.

Yhä useammalla seniorilla on älypuhelin käytössään tavallisen puhelimen sijaan. Älypuhelimiin on ladattavissa monenlaisia hyötysovelluksia. Suurennuslasi – sovellus hyödyntää kännykän kameraa suurennetun kuvan luomiseksi näytölle. Tietokoneen suurennusohjelma suurentaa näytöllä näkyvän informaation ja puhesyntetisaattori sanoo ääneen näytöllä olevan tekstin. Jotkin sovellukset kuvailivat suomeksi, mitä kohteita käyttäjän juuri ottamassa kuvassa on. Kommunikointiin, kalenterin pitämiseen, puhe- tai kuvaviestillä hälyttämiseen ym. toimintoihin on saatavilla sovelluksia. (13)

Älypuhelimien käytettävyyttä saadaan lisättyä lukuisilla lisälaitteilla. Näitä ovat esimerkiksi kuulokkeet, kaiuttimet, kamerat ja ulkoiset näppäimistöt. Tietokoneen ominaisuuksia voidaan myös hyödyntää kytkemällä siihen puhelin kiinni.

## 5 PARANNUSIDEOITA ESTEETTÖMYYDEN TOTEUTUMISEEN

Ikäännyttäessä hämäränäön heikkeneminen johtaa siihen, että näkemiseen tarvittava valon määrä kasvaa. Esimerkiksi valomäärän tarve 40-vuotiaalla on kaksinkertainen 20-vuotiaaseen verrattuna (14). Myös värien näkeminen ja kontrastien erotuskyky heikkenevät, kun ihminen vanhenee. Siksi onkin tärkeää, että valaistuksen riittävyys huomioitaisiin nykyistä paremmin kodeissa ja julkisissa tiloissa.

Muistisairailta on vaikeuksia kodin laitteiden käytössä ja tasapainon pitämisessä. He huolehtivat turvallisuusasioista yhtä paljon kuin heidän omaisensa. Paloturvallisuuden parantamiseksi tarvitaan teknisiä apuvälineitä kuten palovaroittimia ja liesivahteja. Tulipalon yllättäessä asunnosta tulee päästä poistumaan esteettömästi ja turvallisesti.

Ikäihmisiä joutuu laitoshoitoon kaatumisten seurauksena, ja siksi onkin hyvin tärkeää ennaltaehkäistä niitä. Se onnistuu hankkimalla ikäihmisille turvalliset jalkineet ja varmistamalla liikkumisen esteettömyys. Avainasemassa ovat myös riittävän valaistuksen turvaaminen eri olosuhteisiin ja liikkumisapuvälineiden käyttäminen tarpeen mukaan. (15)

Kaikille suomalaisille on turvattu lailla oikeus nettiyhteyteen. Suomi on ensimmäinen maa, jossa on säädetty tällainen laki. Vuoteen 2015 mennessä kaikilla suomalaisilla on oikeus nopeaan laajakaistaan. Esteettömyyden näkökulmasta olisi ihanteellista, jos muissakin maissa tehtäisiin samoin. Sähköiset palvelut ovat yhä suurempi osa yhteiskunnan toimintaa. On tärkeää, että kaikille mahdollistetaan nettiyhteys, koska tietoyhteiskunnassa toimiminen edellyttää pääsyä internettiin.

Esteettömien ja saavutettavien asumisratkaisujen merkitys kasvaa väestön ikääntyessä. Suunnittelussa vallitsee nykyhetkellä kolme lähestymistapaa: *Universal Design*, *Inclusive Design* ja *Design for All*. *Universal Design* on lähtöisin USA:sta ja käytössä muun muassa Japanissa. *Inclusive Design* vallitsee Isossa-Britanniassa ja *Design for All* on omaksuttu Skandinaviassa. Nämä lähestymistavat ovat vaikuttaneet esteettömän asumisen kehittämiseen. Esteettömät ratkaisut keskittyvät nykyäänkin vielä usein fyysisiin ja funktionaalisiin ominaisuuksiin

ja sen takia muut ominaisuudet jäävät ideologiselle tasolle. Ohjeita esteettömään asumiseen voidaan löytää esim. maankäyttö- ja rakennuslaista sekä erilaisista esteettömän rakentamisen oppaista. (16)

Kulttuuripalvelut saadaan yhdenvertaisesti kaikkien ulottuville, kun esteettömyys on hyvin hoidettu. Kaikille myös tarjoutuu osallistumismahdollisuus tapahtumiin ja elämyksiin. On siis tärkeää, että ympäristö ja palvelut suunnitellaan myös erityistarpeita omaavia ihmisiä ajatellen.

Suomalaisilla työpaikoilla ei ole riittävästi kiinnitetty huomiota esteettömään liikkumiseen. Joillakin työpaikoilla on liian korkeita kynnyksiä, joiden ylittäminen pyörätuolilla tuottaa vaikeuksia. Opasteissa ei aina ole kontrasteja ja ne saattavat olla sijoitettuina väärin paikkoihin. Lisäksi WC-tilat voivat olla joillakin työpaikoilla liian pieniä. Työvoiman ikääntyminen ja yhä useamman ihmisen tarve esteettömälle työympäristölle tiedostetaan, mutta yhdenvertaisiin liikkumis- ja toimintamahdollisuuksiin työpaikoilla panostetaan vähäisesti.

## 6 ESTEETTÖMYYDEN TULEVAISUUS

### 6.1 Tulevaisuuden teknologisia apuvälineitä

Tulevaisuudessa osa halvaantuneista luultavasti saa liikkumiskykynsä takaisin eksoskeletonin eli ulkoisen tukirangan avulla (Kuva 1). Sen kehittäminen alkoi 1960-luvulla alun perin antamaan yhdysvaltalaissoilaille lisävoimaa. Se auttaa raskaampien taakkojen kantamisessa. Eksoskeletonin toiminta perustuu siihen, että sen anturit havaitsevat kehon liikkeitä ja ohjaustietokone saa koneraajat liikkeelle niiden tahdissa. (18)



*KUVA 1. Eksoskeleton (17)*

Robottipuku auttaa kävelemisessä niitä ihmisiä, joiden aivot toimivat, mutta jalat eivät. Kyseessä on ns. tehohaarniska, joka vahvistaa käyttäjänsä kävelyvoimia. Robottipuvun käyttöliittymän toteuttaminen voidaan tehdä istuttamalla aivoihin

käskyjä välittäviä neurosiruja. Keksinnön avulla liikuntarajoitteiset ja halvaantuneet pystyvät suorittamaan arjen voimaavaativia tehtäviä ja liikkumaan paikasta toiseen. (19, s. 56.)

Erilaiset robotit tulevat mukaan ihmisten arkeen ja auttavat askareiden suorittamisessa. Tulevaisuuden hoivarobotit tukevat omahoitoa sekä auttavat sairaita ja iäkkäitä pärjäämään pidempään omassa kodissaan. Vanhusten hoitokodeissa on jo testattu robottiapulaisia (Kuva 2). Japanissa robottikuutit lohduttavat tsunamista selvinneitä vanhuksia. Jotkin robotit voivat ohjata kuntojumppaa tai toimia viihdevälineinä, toiset taas osaavat katsoa pulssin ja hälyttää hoitajan paikalle (20). Koneälyä tutkinut Rodney Brooks on vakuuttunut siitä, että robotit pystyvät kykyjensä puolesta hyvin yltämään ihmisen tasolle, jopa ylemmäksikin. Brooksin mukaan ennen pitkää kehitetään itsetietoisia, inhimillisen älyn omaavia robotteja. Hän on varma, että 500 vuoden kuluttua robotteja on kaikissa tehtävissä. (21, s. 65)



*KUVA 2. Robottiapulainen (23)*

Kätensä tapaturmassa tai synnynnäisen vian takia menettäneet ihmiset saavuttavat täysin normaalin toiminnan robottikäden ansiosta. Robottikäsi on käsipro-

teesi, joka pystyy välittämään aistiärsykeimpulssit suoraan aivoihin samalla tavalla kuin ihmiskäsikin. Robottikädet vastaavat luonnollisia esikuviaan, sillä kehitystyössä otetaan mallia ihmiskädestä. Herkkätuntoisten tekosormien toteuttamista on pidetty mahdottomana tehtävänä, mutta vuonna 2013 LifeHand 2 -teko käsi osoitti sen olevan mahdollista. Se kykenee välittämään tuntoärsykeitä suoraan käyttäjän hermostoon. Kyseinen toiminto perustuu käsivarren hermoihin liitettyihin elektrodeihin, jotka vastaanottavat tekokäden antureista tulevia viestejä. (23, s. 14.)

Näkönsä osittain silmänpohjan ikärappeuman tai jonkin muun sairauden seurauksena menettäneet ihmiset voivat saavuttaa lukunäön tulevaisuuden proteeseilla. Suurentavat piilolinssit mahdollistavat näkemisen verkkokalvon toimivilla ääreisnäön osasilla henkilöille, joilla terävän näön alue on vaurioitunut. Sekin osa, joka on tuhoutunut, voidaan lähitulevaisuudessa korvata verkkokalvon alaisella proteesilla. (24)

Tulevaisuudessa saattaa olla mahdollista, että heikentynyt muisti saadaan kuntoon siruja käyttämällä. Muistiproteesit luultavasti tulevat paikkaamaan aivoja ja mikrosirut hoitamaan muistihäiriöitä. Alustavat rottakokeet ovat antaneet vihiä, että sirun kytkeminen hippokampukseen, pitkäkestoista muistia ylläpitävään aivojen osaan, voisi aikaansaada onnistumisia ihmiselläkin. (19, s. 56.)

Ajatuksensiirto elektroniikan avulla on vasta alkutekijöissään. Yhdysvalloissa, Washingtonin yliopistossa tehdyssä tutkimuksessa professori Rajesh Rao laittoi tietokoneeseen kytketyn elektrodihatun päähänsä. Hänen kollegansa teki samoin. Sen jälkeen Rao pelasi tietokonepelejä ja sai kollegansa käden painelemaan näppäimiä omien ajatustensa tahdissa. Näin ollen on mahdollista, että yhden henkilön ajatus saa toisen henkilön liikuttamaan kättään: elektrodit rekisteröivät ajattelijan käskyn, aivoärsyke siirtyy tietoverkon kautta vastaanottajan luona olevaan tietokoneeseen, josta se kulkeutuu eteenpäin vastaanottajan päässä olevien elektrodien kautta. Tämä tapahtumasarja aikaansaa vastaanottajan käden liikkumisen ajatuksen lähettäjän haluamalla tavalla. Tutkijat arvelevat, että aikaan ajatuksensiirtotekniikka voi auttaa halvaantuneita viestimään aivosignaleilla. (26, s. 8)



## 6.2 Tulevaisuuden esteetön koti

Tulevaisuuden kodissa koneet, laitteet ja järjestelmät kommunikoivat keskenään langattoman verkon välityksellä. Kotiverkon avulla ne ovat yhteydessä Internetiin. Se mahdollistaa kodin hallinnan ajasta ja paikasta riippumatta.

Kotiverkko ja älykkäät kodinkoneet, kuten esim. viihde-elektroniikkalaitteet, mahdollistavat kattavan palveluntarjonnan verkon välityksellä. Palveluita käytetään eri laitteilla älylaseista sähköisellä tapetilla varustettuun seinään. Ne voivat olla mm. vahti- ja terveystarjoajia, laitehuoltoa, opetusta ja opastusta. Palveluiden avulla liikuntarajoitteiset tuntevat olonsa turvallisemmaksi, kun he tietävät avun olevan helposti saatavilla. Palvelujen tuominen kotiin helpottuu yhteydenpitomahdollisuuksien kehittyessä.

Sastamalan koulutuskuntayhtymän eli SASKYn Koti-hankkeessa rakennetaan tulevaisuuden kotia ikääntyville, liikuntarajoitteisille ja muille erityistarpeita omaaville henkilöille. Yksi hankkeessa kokeilluista keksinnöistä on sormenjälkitunnistuksella varustettu ovi, joka tekee kotiavaimesta tarpeettoman (Kuva 3). Elektromagneettiseen kalvoon perustuva älylattia on vielä kehittämistä vaille oleva ratkaisu. Älylattian anturit seuraavat vanhuksen tilaa ja sijaintia. Se valvoo vanhuksen tilaa ja paikkaa, kuten onko hän kotona, ulkona tai mahdollisesti kaatunut antaen hälytyksen tarvittaessa. (20)



*KUVA 3. Sormenjälkitunnistin (21)*

Koti-hankkeen koulutus- ja esittelytiloista yksi seinä maalattiin oranssilla, sillä muistisairaiden värinaistimiskyky säilyy pisimpään kyseisen värin kohdalla. Värien lisäksi myös valosymbolit tukevat muistia. Väripaneelien eriväriset valot muistuttavat ja varoittavat eri asioista, kuten lääkkeen ottamisesta tai hellan unohtumisesta päälle. (20)

## 7 YHTEENVETO

Vanhusten, muistisairaiden sekä liikkumis- ja aistirajoitteisten henkilöiden kotona-asumista voidaan tukea teknologiaa hyödyntämällä. Teknologia tuo hyvinvointia myös palvelutaloissa asuvien ikääntyvien arkeen. Kaikki eivät kuitenkaan tahdo ottaa teknologian tuomaa apua vastaan. Esim. tulevaisuuden hoivarobotit luultavasti herättävät pelkoa ja vieroksuntaa joissakin vanhuksissa. Robotit eivät korvaa oikeaa ihmistä, mutta vähentävät silti vanhuksen yksinäisyyden tunnetta ja auttavat arkiaskareissa. Yksilölliset tarpeet ja mielipiteet on otettava huomioon apuvälinehankinnoissa.

Apuvälinesuunnittelussa tulisi tähdätä siihen, että lopputuotteet olisivat käyttäjien mielestä trendikkäästi suunniteltuja. Ne eivät saa olla käyttäjiään leimaavia, vaan helppokäyttöisiä ja pitkäikäisiä. Uusien välineiden käyttöön pitää antaa riittävää opastusta.

Väestön nopean ikääntymisen seurauksena esteettömän asumisen merkitys on korostumassa. Lähitulevaisuudessa yhä suurempi ihmismäärä kohtaa arkipäivissään fyysisen toimintakyvyn heikkenemisestä aiheutuvia haasteita. Teknologian kehityksen mukana tulevat uudet innovaatiot mahdollistavat esteettömämmän elämän niin vanhuksille, liikkumis- ja aistirajoittuneille kuin muistisairaillekin.

## LÄHTEET

1. Esteettömyys. 2015. Invalidiliitto ry. Saatavissa: <http://www.invalidiliitto.fi/portal/fi/esteettomyys/>. Hakupäivä: 25.2.2015.
2. Esteetön työympäristö. Kuuloliitto ry. Saatavissa: [http://www.kuulokynnys.fi/kuulokynnys/tyoelama/esteeton\\_tyoymparisto/](http://www.kuulokynnys.fi/kuulokynnys/tyoelama/esteeton_tyoymparisto/). Hakupäivä: 23.4.2015.
3. Tietoa esteettömyydestä. 2015. Satagroup Oy. Saatavissa: <http://www.esteettomyys.fi/esteettomyys>. Hakupäivä: 28.3.2015.
4. 2015. Koti kuntoon. Oulu-posti nro 2.
5. Könkkölä, Maija 2003. Esteetön asuinrakennus. Helsinki: Invalidiliitto ry.
6. Ympäristöministeriön asetus esteettömästä rakennuksesta. 2004. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/data/normit/28203-F1su2005.pdf>. Hakupäivä: 17.3.2015.
7. Anttalainen, Heli – Tapaninen, Reino 2009. Liikkumis- ja toimimisesteille soveltuvat perusopetuksen tilat, kalusteet ja varusteet. Vammala: Vammalan Kirjapaino Oy.
8. Kuulokoje. 2015. Kuuloavain. Saatavissa: <http://www.kuuloavain.fi/tieto/kuulon-kuntoutus/kuulokoje>. Hakupäivä: 10.4.2015.
9. Korvakäytävä - ja konkkakoje. Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. Saatavissa: [http://www.epshp.fi/1/yksikoiden\\_sivut/operatiivinen\\_toiminta/korva-\\_nena\\_ ja\\_kurkkutaudit/kuulokeskus/korvakaytavakoje](http://www.epshp.fi/1/yksikoiden_sivut/operatiivinen_toiminta/korva-_nena_ ja_kurkkutaudit/kuulokeskus/korvakaytavakoje). Hakupäivä: 5.4.2015.
10. Mitä hyötyä on paikantavasta turvapuhelimesta? 2015. Turvallinen Koti Oy. Saatavissa: <http://www.turvallinenkoti.fi/turvapuhelin/hyodyt>. Hakupäivä: 25.3.2015.
11. Vanhusvahti (GSM). 2013. Saatavissa: <http://tietoseniorit.blogspot.fi/2013/02/vanhusvahti-gsm.html>. Hakupäivä: 12.4.2015.
12. Pyörätuolin valinta. 2015. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Saatavissa: [http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artikkeli=nix00200](http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=nix00200). Hakupäivä: 7.3.2015.

13. Apuvälineet helpottavat näkövammaisen arkea. 2014. Mediaplanet Oy. Saatavissa: <http://www.silmienterveys.fi/naon-apuvälineet/apuvälineet-helpottavat-näkövammaisen-arkea>. Hakupäivä: 12.3.2015.
14. Näkemisen apuvälineet. 2014. THL. Saatavissa: <https://www.thl.fi/fi/web/toimintakyky/apuvälineet/oppimateriaali/perustietopaketti-lahihoitaja-ja-avustajaopiskelijoille/kommunikointi/näkemisen-apuvälineet>. Hakupäivä 13.4.2015.
15. Tietopankki Suomen 130.000 muistisairaana turvallisuuden parantamiseksi on avautunut. 2013. Muistiliitto Ry. Saatavissa: <http://www.muistiliitto.fi/fi/alasivut/ajankohtaista/tietopankki-suomen-130000-muistisairaana-turvallisuuden-parantamiseksi-avautunut/>. Hakupäivä: 17.2.2015.
16. Juntto, Anneli (toim.) 2010. Asumisen unelmat ja arki. Helsinki: Gaudeamus.
17. Eksoskeleton. Saatavissa: <http://www.bildirchin.az//wp-content/uploads/2013/03/hal-6.jpg>. Hakupäivä: 15.5.2015.
18. Larsen, Thomas 2013. Koneraaja palauttaa liikuntakyvyn. Tieteen kuvalehti nro 14.
19. Rantanen, Kalevi 2012. Keksinnöt lupaavat mullistuksia arkeen. Tiede nro 5.
20. Valli, Matti 2015. Kotona vai laitoksessa? – Apuvälineitä kotihoitoon. Sähköala koti.
21. Deltabit Dooris. Saatavissa: <http://www.stara.fi/wp-content/uploads/2014/08/deltabitdooris11082014a.jpg>. Hakupäivä: 15.5.2015.
22. Salomon, Ib 2013. Päihittääkö robotti ihmisen? Tieteen kuvalehti nro 7.
23. Riba II Robot – Home Improvement. Saatavissa: <http://www.interest.com/files/img/ent/art/1BF/281/JEm/8-sevimli-robot,2,con.jpg>. Hakupäivä: 15.5.2015.
24. Marc Prosser 2015. Tieteen kuvalehti nro 2.
25. Puttonen, Mikko 2015. Näkö takaisin kiikarilinsseillä. Tiede nro 3.
26. Nymann, Carsten – Bindslev, Jesper (toim.) 2014. Vieras ajatus liikuttaa kättä. Tieteen kuvalehti nro 1.

Janne Piippo

## **PROTEESIT ESTEETTÖMYYDEN TUKENA**

# **PROTEESIT ESTEETTÖMYYDEN TUKENA**

Janne Piippo  
Opinnäytetyö, osa 2+3  
Kevät 2018  
Tietotekniikan koulutusohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO	4
2 RAAJAPROTEESIT	5
3 MYOELEKTRISET PROTEESIT	8
3.1 Yleistietoa myoelektrisestä proteeseista	8
3.2 Myoelektrisen proteesin rakenne	9
3.3 Myoelektrisen proteesin ohjaaminen ja toiminta	10
4 LIHASTEN KOHDENNETTU UDELLEENHERMOTUS	11
5 ERI VALMISTAJIEN KEHITTYNEIMPIÄ PROTEESIKÄSIÄ	12
5.1 LUKE-proteesikäsi	12
5.2 Open Bionics -proteesikäsi	12
5.3 Bebionic-proteesikäsi	14
6 KÄSIPROTEESIN AJATUSOHJAUS	16
7 TULEVAISUUDEN PROTEESITEKNOLOGIAA	18
7.1 Keinotekoinen iho tuntoaistimuksen mahdollistajana	18
7.2 Asentoaisti proteesien osana	19
7.3 Aivosirut tuntoaistimiskyvyn palauttamisessa	19
7.4 Ultraääniteknologia proteesiohjauksen parantamisessa	20
8 BIONISET SILMÄT	21
9 YHTEENVETO	23



## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua erilaisiin proteeseihin, kuten myoelektrisiin käsiproteeseihin ja bionisiin silmäproteeseihin. Työssä selvitettiin niiden rakennetta ja toimintaperiaatteita. Painopiste oli kehittyneimmissä, sähköisissä proteeseissa. Työssä on lisäksi tietoa kehitteillä olevista proteesien päälle tulevista keinotekoisista ihoista ja niiden kyvystä palauttaa tuntoaistimusta proteesien käyttäjille. Lisäksi perehdyttiin myös mm. aivosiruihin, proteesien ajatusohjaukseen ja asentoaistiin.

Proteesit ovat keinotekoisia korvikkeita kehon eri osista, kuten raajoista, hampaista, silmistä, kasvon luista, suulaesta tai polvesta. Ne on suunniteltu funktionaalisista tai kosmeettisista syistä, tai molemmista. Proteesi voi olla irrotettavissa oleva tai pysyvästi implantoitu. Lääketieteen kehittyessä proteeseja on onnistuttu integroimaan osaksi kehon kudoksia, mukaan lukien osaksi hermojärjestelmää. Nykyajan proteesit ovat hyvin kehittyneitä ja ne pystyvät reagoimaan keskushermoston antamiin komentoihin. (1.)

Raajaproteesit voidaan yleisesti jaotella kehosta virtansa saaviin, kaasun paineella toimiviin ja akusta virtansa saaviin proteeseihin. Kehosta virtansa saavissa proteeseissa on käyttöongelmia joillakin käyttäjillä, sillä kehonvoimalla ohjaamisessa voi olla vaikeuksia. Ulkoisesta lähteestä virtansa saavia proteeseja voidaan käyttää paineen, kytkimen, venymäliuska-anturin, myoelektristen signaalien ja aivosähkösignaalien avulla. (2.)

## 2 RAAJAPROTEESIT

Mekaaniset ala- ja yläraajaproteesit mahdollistavat kätensä tai jalkansa esimerkiksi onnettomuudessa menettäneiden henkilöiden omatoimisen liikkumisen ja arkiaskareiden hoitamista. Mekaanisten proteesien lisäksi on olemassa nykyaikaisia sähkökäyttöisiä proteeseja, joilla pystytään suorittamaan hienomotorisia tehtäviä. Sähkökäyttöiset proteesit voidaan tehdä lähes oikean raajan näköisiksi.

Raajaproteesilla voidaan korvata raaja tai raajan osa. Se on yksilöllisesti valmistettu apuväline, joka parhaassa tapauksessa tuo merkittävästi toimintakykyä takaisin. Proteesien ominaisuuksien, kokoonpanojen ja käytettyjen komponenttien yhdistelmiä on runsaasti. (3.)

Alaraajaproteesit jaotellaan kuntoutustavoitteen ja alaraaja-amputaatiotason mukaan. Osajalkateräproteesi, sääriproteesi ja reisi-proteesi ovat tavallisimpia alaraajan amputaatiotasoja. Kun proteesi tehdään yhteistyössä lääkärin, fysioterapeutin, apuvälineteknikon ja käyttäjän kanssa, siitä saadaan mahdollisimman miellyttävä ja toimiva käyttäjän kannalta. (4.)

Juoksijat voivat käyttää proteesijalkoja, jotka ovat erityisesti suunnitellut urheiluun (kuva 1). Esimerkiksi juoksemiseen soveltuva jalkaproteesi koostuu lapaosasta ja holkista, jolla proteesi kiinnitetään tynkään. Lisäksi proteesissa voi olla keino-tekoinen polvinivel, mikäli se on tarpeellinen käyttäjän kannalta. Tämän tyyppinen proteesi varastoi kineettistä energiaa jousen tavoin ja näin ollen mahdollistaa urheilijan juoksemisen hyvinkin nopeasti. Lapa on tehty kevyestä hiilikuidusta. (5.)



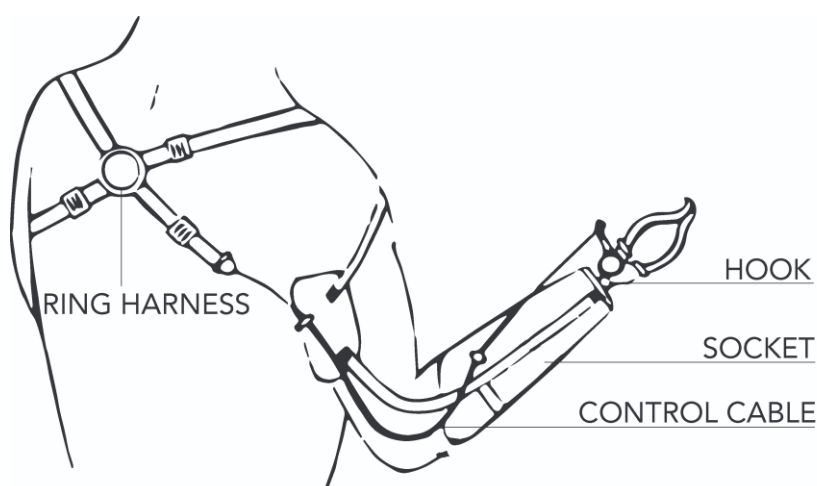
*KUVA 1. Juoksijalle soveltuva jalkaproteesi (5)*

Proteesin on oleellista olla muotoilultaan yksilökohtainen ja sopivista materiaaleista rakennettu kokonaisuus, joka parhaiten palvelee käyttäjänsä toiminnallisia tarpeita. Nämä tarpeet vaihtelevat sen mukaan, onko kyseessä ylä- vai alaraaja-proteesi. Alaraajaproteesien kehittämissä otetaan huomioon erityisesti vakaus kävellessä ja seistessä. Voidaan ottaa myös huomioon erityiset toiminnalliset tarpeet, jotka liittyvät juoksemiseen, hyppäämiseen tai muuhun urheilulliseen toimintaan. Yläraajaproteesien kehittämissä painotetaan tarttumiskyvyn ja päivittäisen elämän toimintojen, kuten syömisen, kirjoittamisen ja pukeutumisen, helpottamista proteesin avulla. (6.)

Nykyaikaiset aktiiviseen elämäntyyliin suunnitellut proteesit voivat sisältää pieniä tietokoneita, joilla ohjataan moottoreita ja saadaan proteesit jäljittelemään ihmisen normaalia kävelyä. Nykyään proteeseissa osataan käyttää rajapintoja, jotka lukevat signaaleja aivoista tai lihaksista, ja käyttäjä voi ohjata proteesia kuten todellista jalkaa vain ajattelemalla ja liikkumalla tavalliseen tapaan. Testausvaiheessa on sellaisia implantoivia elektrodeja, jotka lähettävät signaaleja aivoihin

ja antavat siten käyttäjälle kosketuspalautetta. Tämän kosketuspalautteen ansiosta proteesin käyttäjät voivat tuntea kontaktin proteesissaan ympäristön kohteita käsitellessään, aivan kuin se olisi biologinen käsi. (7.)

Käsi­proteesit voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan: ke­hokäyttöisiin ja ulkoisella virralla toimi­viin proteeseihin. Kehokäyttöiset proteesit käyttävät kaapeleita ja käyttäjään hihnalla kiinnitettäviä valjaita, jotta ne voisivat mekaanisesti liikuttaa keinotekoisia raajaa lihasten, hartioiden ja käsivarsien liikkeiden kautta (kuva 2). Kehokäyttöisen proteesin käyttäminen voi olla väsyttävää käyttäjälle, vaikka proteesia pystytään hallitsemaan mekaanisen toiminnan avulla. Ulkoisella voimalla toimivat proteesit pyrkivät ratkaisemaan tämän fyysisen rasituksen aiheuttaman ongelman käyttämällä akkua ja elektronista järjestelmää liikkeenhallinnassa. (8.)



*KUVA 2. Kehokäyttöisen proteesin osat (9)*

## 3 MYOELEKTRISET PROTEESIT

### 3.1 Yleistietoa myoelektrisistä proteeseista

Myoelektriset proteesit ovat nykyaikaisia, toiminnallisia käsiproteeseja (kuva 3). Niiden käyttövoima on peräisin ladattavasta akusta. Proteesin ohjaaminen tapahtuu amputoidun kädentyngän omilla lihaksilla tai mikrokytkimillä. Nykyaikaiset sähkömoottorit ja niitä ohjaavat mikropiirit mahdollistavat erilaista toiminnallisuutta, mm. sen, että käyttäjä pystyy pyörittämään tekokäden rannetta. Myoelektrisiin proteeseihin voi olla valittavissa ja vaihdettavissa erilaisia nyrkkejä, jotka soveltuvat eri käyttötilanteisiin. (10.)



*KUVA 3. Myoelektrinen käsiproteesi (11)*

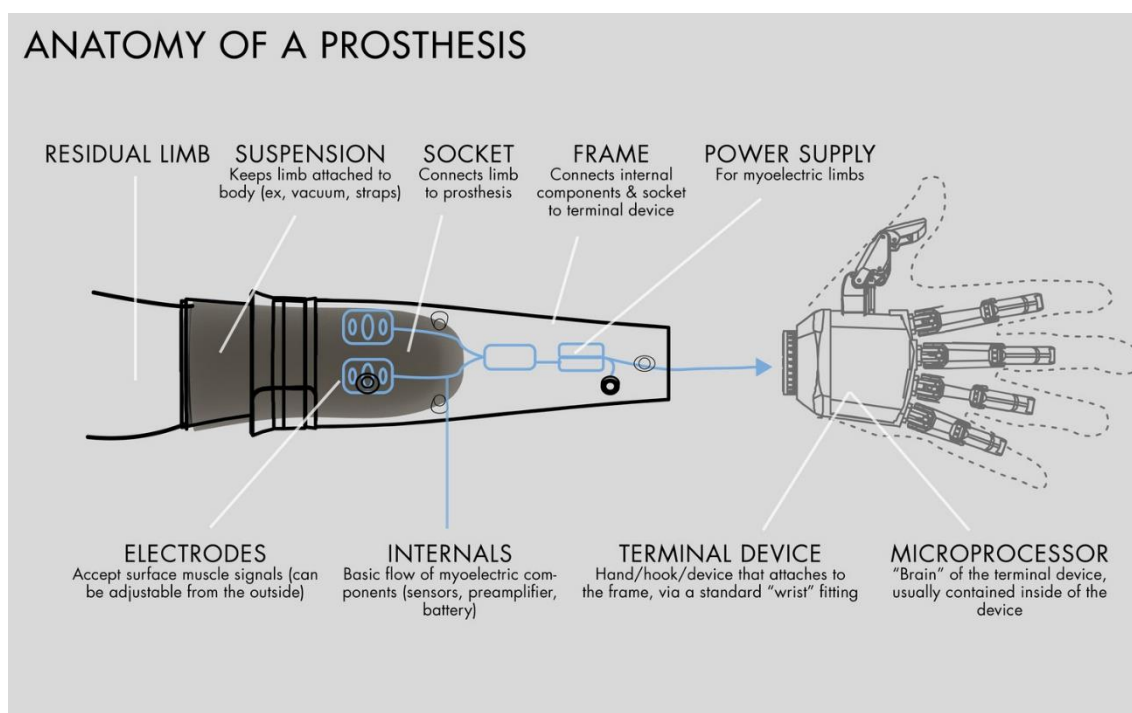
Myoelektrinen käsiproteesi on kuin normaali käsi. Sillä pystyy tarttumaan tavaroihin pinsetti- tai avainotteella ja käyttämään tietokonetta ja puhelinta näpyttelemällä. Pukeutuminenkin onnistuu, sillä proteesin peukalon pystyy laittamaan etusormen lähelle. Proteesin päätarkoitus on olla korvike puuttuvalle raajalle ja pyr-

kiä näyttämään luonnolliselta kädeltä. Vaikka sähköisellä käsi­proteesilla pystytään palauttamaan iso osa käden toimintakyvystä, se ei täydellisesti korvaa luonnollista kättä. (12.)

Myoelektristä yläraajaproteesia voivat käyttää kaikenikäiset. Kaikkein monimutkaisimmat, prosessiohjatut eli ns. hi-end-käsi­proteesit sopivat parhaiten työssäkäyville. Ne tekevät koulunkäynnistä, opiskelusta ja työnteosta helpompaa. Myoelektrisen hi-end-yläraajaproteesin käyttöönoton vaatimuksena on, että käyttäjällä on hyvä fyysinen kunto sekä kognitiivisia taitoja. Käytön harjoittelu edellyttää, että käyttäjällä on tarkka lihaksen erottelukyky sekä kyky oppia ja omaksua uusia asioita. (13.)

### 3.2 Myoelektrisen proteesin rakenne

Myoelektrisen yläraajaproteesin rakenne ja kokoonpano vaihtelevat proteesikoh­taisesti, mutta proteesit voivat esimerkiksi muodostua nyrkkiosasta, sisä- ja ulko­holkista, akusta, elektrodeista, paineantureista tai valjaskytkimistä (kuva 4). Useimmiten vakiovarusteena on kosmeettinen käsine. Proteeseihin on liitettävissä myös sähkötoiminen ranne ja kyynärnivel. (13.)



KUVA 4. Myoelektrisen proteesin anatomia (14)

### 3.3 Myoelektrisen proteesin ohjaaminen ja toiminta

Myoelektriset proteesit käyttävät EMG-signaaleja tai jonkin valitun lihaksen supistumisen aikaansaamia signaaleja myoelektrisen proteesikäden liikkeiden ohjaamiseen. Ulkoinen akku antaa tarvittavaa virtaa sähkömoottoreille ja mikroprosessorille proteesissa. Ne ohjaavat laitteen erisuuntaisia liikkeitä. Laitteen hallinta tapahtuu proteesin holkin sisällä olevien ihoelektrodien kautta. Elektrodit havaitsevat ja vahvistavat lihasryhmien sähköistä aktiivisuutta. Sähköisen aktiivisuuden aikaansaamat impulssit kierrätetään mikroprosessoriyksikköjen kautta, jolloin proteesi liikkuu sähkömoottoreilla. (15.)

Mikroprosessorit ovat komponentteja, joita on kaikissa myoelektrisissä proteeseissa. Ne tulkitsevat ja analysoivat nivelen sensoreiden signaaleja. Kun mikroprosessorit vastaanottavat signaaleja, ne voivat määrittää niiden perusteella, minkä tyyppisiä liikkeitä proteesinkäyttäjällä on aikomuksena tehdä minäkin hetkenä. (16.)

## 4 LIHASTEN KOHDENNETTU UDELLEENHERMOTUS

Lihasten kohdennetun uudelleenhermotuksen (Targeted Muscle Reinnervation, TMR) tarkoituksena on mahdollistaa käsiproteesin käyttäminen vaistonvaraisesti. Tätä tarkoitusta varten hermot, jotka joskus lähettivät signaaleja potilaan aitoon käteen, yhdistetään toisiin lihaksiin kirurgisesti. (17.)

Hermot ovat edelleen toiminnallisia amputointipisteeseen asti amputointitoimenpiteen jälkeen. Tällaiset amputointipisteen läheiset hermot voivat yleensä yhdistää itsensä eri lihaksiin ja aikaansaada supistuksia niissä. TMR perustuu kehossa olevan luonnollisen korjausmekanismin keinotekoiseen käynnistämiseen. Kirurgisen toimenpiteen lopputuloksena lihas, joka ei ole enää toiminnallinen amputoitumisen jälkeen, on jaettu useisiin segmentteihin kirurgisesti. Hermoliitokset tähän lihakseen on leikattu irti ja kirurgisesti siirretyt hermopäät tulevat osaksi lihasta. (17.)

Lihasten kohdennetun uudelleenhermotuksen vaatimassa kirurgisessa toimenpiteessä amputointipisteeseen päättyvät hermot uudelleenohjataan ohjaamaan kehon toisessa osassa olevaa tervettä korvikelihasta. Kirurgi voi esimerkiksi yhdistää potilaan rintalihaksiin ne hermot, jotka joskus ohjasivat käsivartta. Kun sen jälkeen potilas yrittää liikuttaa amputoitua kättä, alkuperäisen käsivarren hermoa pitkin kulkevat ohjaussignaalit aikaansaavat sen, että rintalihakset liikkuvat. Sen jälkeen rintalihasten sähköistä aktiivisuutta voidaan aistia elektrodeilla ja sitä voidaan hyödyntää ohjaussignaalien lähteenä proteesilaitteelle. (18.)



## 5 ERI VALMISTAJIEN KEHITTYNEIMPIÄ PROTEESIKÄSIÄ

### 5.1 LUKE-proteesikäsi

DEKA:n kehittämässä LUKE-nimisessä proteesikädessä (kuva 5) on sensoreita, jotka saavat proteesikäden reagoimaan käyttäjän omiin liikkeisiin. Se käyttää EMG-elektrodeja havaitakseen sähköisiä signaaleja, jotka syntyvät, kun käyttäjän jäljellä olevat lihakset supistuvat. Signaalien havaitsemisen jälkeen elektrodit lähettävät ne proteesin sisäänrakennetulle suorittimelle, ja sitten suoritin ohjaa proteesin liikettä. Käyttäjän kengässä on myös sensoreita, jotka reagoivat jalan liikkeisiin ja muuttavat proteesin sormien otelujuutta niiden mukaan. Sormien painanturit ilmoittavat, kuinka paljon voimaa sormien moottorit käyttävät, joten otelujuus on tilanteenmukainen eri esineitä käsiteltäessä. Proteesin kehityksen taustalla ovat Pittsburghin yliopiston tutkijat. (19.)

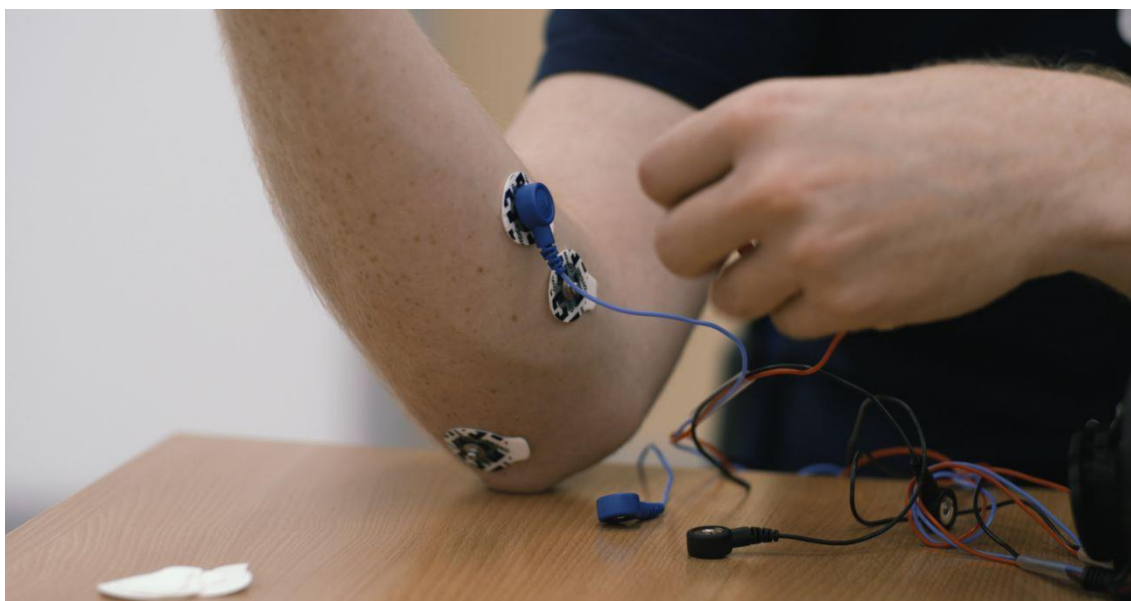


*KUVA 5. LUKE-proteesikäsi (20)*

### 5.2 Open Bionics -proteesikäsi

Open Bionics on kehittänyt 3D-tulostetun bionisen käden henkilöille, joilla on oma kyynärniveli, mutta joilta puuttuu käsi siitä kohdasta eteenpäin. Proteesi toimii käyttäjän lihaksiin asetettujen sensoreiden kautta (kuva 6). Sensorit lähettävät elektronista signaalia, minkä johdosta käsi liikkuu tiettyjä lihaksia koukistettaessa.

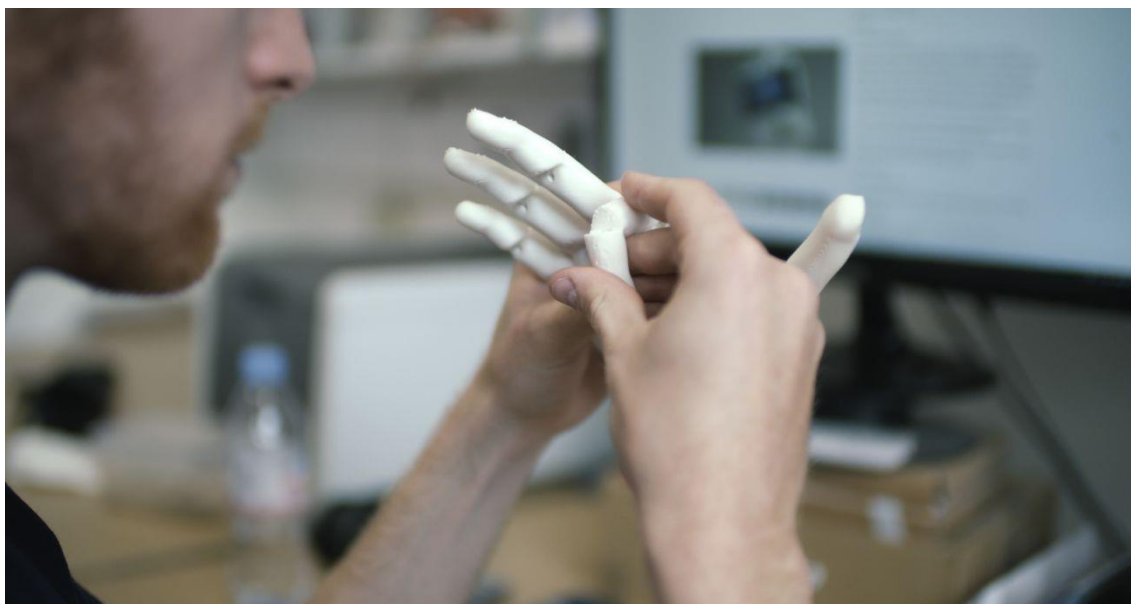
Jokaista sormea voidaan liikuttaa vaihtelevalla nopeudella itsenäisesti, mikä mahdollistaa erilaisia tarttumistoimintoja ja kädellä tehtäviä liikkeitä. (21.)



*KUVA 6. Sensoreiden laittaminen käyttäjän lihaksiin (21)*

3D-tulostus on avainasemassa Open Bionics -proteesikäden kehittämisessä. Aluksi raajatynkä 3D-skannataan siltä henkilöltä, jolle proteesia ollaan tekemässä. Sen jälkeen proteesi mallinnetaan 3D-mallinnusohjelmistolla. Lopuksi käsi ja sen holkki 3D-tulostetaan. Kaikki käden mekaaniset osat voidaan 3D-tulostaa, minkä johdosta tästä tavasta tulee kustannustehokas verrattuna perinteisten proteesien valmistustapoihin. (21.)

Open Bionics -kädet on luotu sekä jäykistä että joustavista materiaaleista. Sekä joustavia että jäykkiä materiaaleja tarvitaan käden eri osien erilaisten toimintojen mahdollistamiseksi. Sormet tulostetaan yhtenä osana joustavasta termoelastisesta muovista, ja ne ovat heti käyttövalmiit tulostuksen päätyttyä (kuva 7). Muut osat, joiden tulee olla jäykempiä, tulostetaan PLA:sta eli polylaktidista, joka on 3D-tulostamisessa usein käytetty muovi. (21.)



*KUVA 7. Open Bionics -proteesikäden sormet 3D-tulostetaan joustavasta materiaalista (21)*

### **5.3 Bebionic-proteesikäsi**

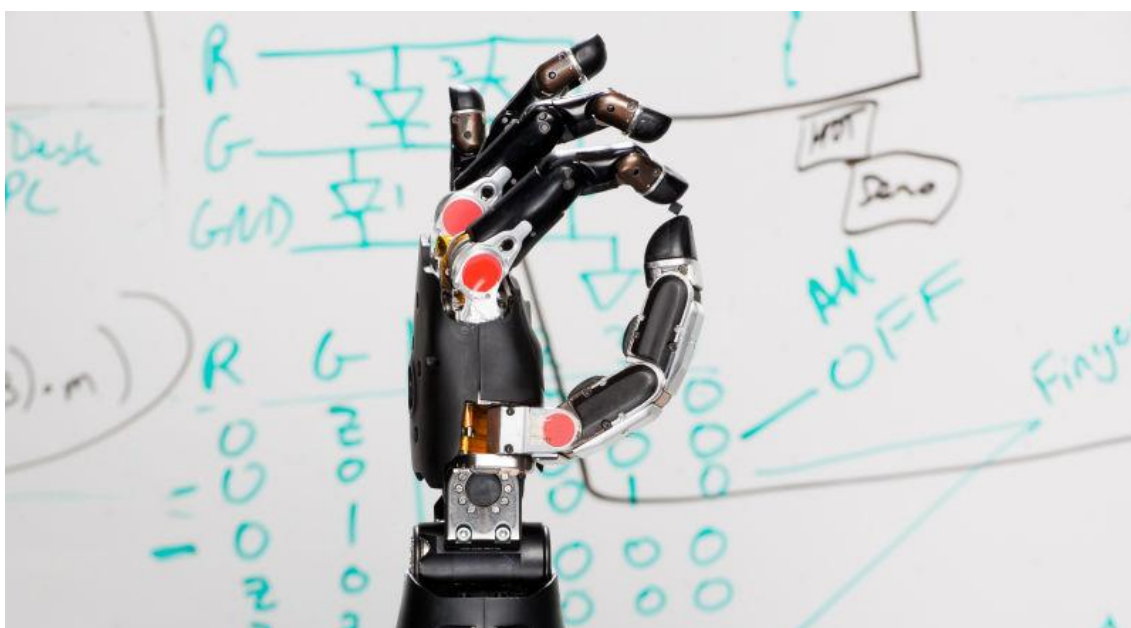
Bebionic-proteesikäsi on Otto Bockin kehittämä myoelektrinen proteesikäsi (kuva 8). Siinä on tehokkaita mikroprosessoreita, jotka jatkuvasti monitoroivat kunkin sormen asentoa, minkä ansiosta käden liikkeet ovat tarkkoja ja varmoja. Jokaisella sormella on oma moottorinsa. Kliinikkojen on mahdollista ohjelmoida proteesikättä langattomasti erillisellä Bebalance-ohjelmistolla, minkä johdosta käsi voidaan saada vastaamaan toiminnallisuudellaan tiettyjä yksilöllisiä erityisvaatimuksia ja tarpeita. Bebionicissa on automaattinen tarttumistoiminto, joka aistii otteessa olevan esineen irtoamisen, ja automaattisesti tiukentaa otetta siinä tapauksessa. (22.)



*KUVA 8. Bebionic-proteesikäsi (22)*

## 6 KÄSIPROTEESIN AJATUSOHJAUS

DARPA, Yhdysvaltain asevoimien tutkimusorganisaatio, on kehittänyt ajatuksella ohjattavan käsiproteesin (kuva 9). Se on tietokoneohjattu laite, joka kykenee vastaanottamaan aivoista tulevia signaaleja, ja kun proteesi muodostaa laiteparin oikeanlaisten kirurgisten implanttien kanssa, se kykenee myös lähettämään signaaleja aivoihin. Proteesin käyttäjällä on käsivarressaan myo-käsipanta, joka poimii elektronisia signaaleja käyttäjän lihaksista. Signaalit lähetetään sen jälkeen Bluetoothin avulla proteesikäden sisällä olevaan tietokoneeseen, ja se ohjaa laitteen sisäisiä moottoreita. Proteesin sormenpäissä on kosketusantureita, jotka voivat havaita tekstuurin, paineen ja lämpötilan. Signaalien on saavuttava aivoihin sormenpäistä, jotta käyttäjä voisi aistia kyseisiä asioita. (23.)



*KUVA 9. DARPA:n kehittämä ajatuksella ohjattava käsiproteesi (23)*

John Hopkinsin yliopiston tutkijat ovat rakentaneet vuonna 2016 proteesin, jonka he väittävät pystyvän yksittäisten sormien ohjaamiseen käyttäjän ajatuksen voimalla. Kyseessä on ajatuksella ohjattava käsiproteesi. Tutkimukset alkoivat niin, että aluksi neurokirurgi asetti 128 elektrodista koostuvan elektrodijoukon koehenkilön aivojen sille alueelle, joka ohjaa käden ja käsivarren liikkeitä. Sen jälkeen

tutkijat ohjeistivat koehenkilöä liikuttamaan yksittäisiä sormia. Koehenkilön liikuttaessa sormia tarkkailtiin samalla, mitkä koehenkilön aivojen osat lähettivät elektronista signaalia. Tähän käytettiin tarkoitukseen soveltuvaa tietokoneohjelmaa. (24.)

Tämän jälkeen tiimi keskittyi tuntoaistimukseen liittyvän sähköisen aivotoiminnan mittaamiseen. Koehenkilöllä oli kädessään hansikas, jossa oli värähtelijöitä sormenpäissä. Se aikaansai tuntoaistimuksia, jotka näkyivät aivotoiminnan lisääntymisenä. Sitten he väräyttivät koehenkilön yksittäisiä sormia erikseen ja tallensivat aivoista tulevat elektroniset signaalit. (24.)

Kun motorinen ja sensorinen data oli ryhmän tiedossa, proteesikäden ohjelmointi onnistui niin, että yksittäisiä sormia voitiin liikuttaa. Kunkin sormen liikkuminen riippui siitä, mikä aivojen osa aktivoitui. He yhdistivät proteesin koehenkilön aivoissa oleviin elektrodeihin ja ohjeistivat häntä ajattelemaan kunkin sormen liikuttamista. Tästä he huomasivat, että sähköiset signaalit olivat riittäviä aikaansaamaan liikettä proteesisormissa. (24.)

## 7 TULEVAISUUDEN PROTEESITEKNOLOGIAA

### 7.1 Keinotekoinen iho tuntoaistimuksen mahdollistajana

Mekaanisten ja elektronisten käsivarsi- ja jalkaproteesien ongelma on usein ollut se, etteivät potilaat tunne proteeseillaan. Nykyään ongelmaan on kuitenkin keksitty ratkaisuksi erilaisia keinotekoisia ihoja, joilla tuntoaistimus kyetään aikaansaamaan. Tuntoaistimuksen puuttuminen tuottaa vaikeuksia esim. proteesin liikkeiden sovittamisessa tilanteen mukaan ja sopivan otelujuuden hahmottamisessa. (25.)

Zhenan Baon johtama Stanfordin yliopiston tutkijaryhmä on kehittänyt muovista valmistetun keinotekoisien ihon, joka havaitsee painetta. Se pystyy lähettämään sähköisiä signaaleja, jotka vievät sensorista syötettä aivosoluille. Tämän synteettisen ihon yksi osa on tehty muovikerroksesta, johon on sisäänrakennettu hopeisia nanojohtoja. Nanojohdot muodostavat toisiinsa yhteen liitetyn johtavan verkoston, jonka ansiosta materiaali on venytettävissä ja taivutettavissa ilman, että signaalin lähettämiskyky menetettäisiin. Edellä mainittu rakenne on toteutettu erityistulostinta käyttäen. Tulostimessa käytetään erityistä muovimustetta, joka on kehitetty laboratoriossa yksinomaan ihon tulostamiseen. Joustavat virtapiirit sijoitetaan omille paikoilleen ihoa tulostettaessa. (26.)

Glasgow'n yliopiston insinöörit ovat löytäneet tapoja hyödyntää grafeenin fysikaalisia ominaisuuksia keinotekoisien ihon kehittämisessä. He ovat hyödyntäneet mm. grafeenin sähkönjohtokykyä saadakseen virran keinotekoiselle iholle, jotta tuntoaistimus on mahdollista aikaansaada. Tämä keinotekoinen iho toimii aurinkoenergialla. Grafeenin sähkönjohtavuus ja optinen läpinäkyvyys tekevät siitä ihanteellisen aurinkoenergian keräämiseen virran tuottamiseksi. Tiimin kehittämä iho vaatii vain 20 nanowatin tehon neliometriä kohti. Vaikka tällä hetkellä tiimin keinotekoisien ihon aurinkokennojen tuottamaa sähköä ei voidakaan varastoida, tutkitaan tapoja käyttämättömän energian ohjaamiseksi akkuihin. (27.)

## 7.2 Asentoaisti proteesien osana

Asentoaistilla tarkoitetaan kehon tunnetta omasta sijainnistaan ja omista liikkeistään. Asentoaistia mahdollistavalla kirurgisella toimenpiteellä pyritään palauttamaan osa asentoaistimuksen fyysisestä perustasta. (28.)

Keinotekoisten raajojen yksi suuri haittapuoli on asentoaistimuksen puuttuminen. Tämä voi ilmetä esim. niin, että tasapainoileminen jalkaproteesin kanssa ei onnistu ja että käyttäjä ei tiedä, missä asennossa hänen käsiproteesinsa on milläkin hetkellä, ilman asian tarkistamista. Lisäksi asentoaistimuksen puuttuminen aiheuttaa sen, että käyttäjä ei tunne keinotekoisen raajan kuuluvan osaksi omaa kehoaan, mikä voi johtaa aavekivun tuntemuksiin. (29.)

Massachusettsin teknillisen korkeakoulun tutkijat ovat työskennelleet uuden kirurgisen tekniikan parissa, joka käyttää koehenkilön olemassa olevia hermoja ja lihassäikeitä asentoaistimuksen mahdollistamiseksi proteesin käyttäjälle. Raajaa amputoitaessa kirurgin on koottava jäljelle jäävät lihakset, luut, verisuonet ja hermot vakaaksi kokonaisuudeksi raajatynگان päähän. Tällä tavoin toimittaessa raajatynkä paranee kunnolla ja proteesin kiinnittäminen siihen mahdollistuu. (30.)

## 7.3 Aivosirut tuntoaistimiskyvyn palauttamisessa

Aivosirujen avulla on saatu palautettua tuntoaistimiskykyä halvaantuneelle koehenkilölle. Hän pystyi aistimaan tuntoaistimista erillisen robottikäden kautta. Robottikäden sormien kosketukset oli mahdollista tuntea sen jälkeen, kun Pittsburghin yliopiston tiedemiehistä koostuva ryhmä asetti neljä aivosirua hänen aivoihinsa vuonna 2015. Myös robottikäden ohjaaminen mielen avulla onnistui. Osa aivosiruista asetettiin siihen aivoalueeseen, joka ohjaa liikkuvuutta. Tämän toimenpiteen ansiosta koehenkilö pystyi ohjaamaan robottikättä pelkällä ajatuksella. Toiset kaksi aivosirua implantoitiin tuntoaistimuksesta vastaavalle aivojen alueelle. Koehenkilön kalleen kiinnitettiin johtoliittimiä, joiden kautta aivosirujen elektrodit yhdistyivät ulkoiseen tietokoneeseen. Tietokone oli yhdistettynä robottikäden sensoreihin. Kun robottikäden sormia kosketettiin, sensorit välittivät tiedon kosketuksesta tietokoneelle, joka vuorostaan laittoi elektrodit aktivoimaan koehenkilön tuntoaistimuksesta vastaavaa aivoaluetta. Kyseessä oli ensimmäinen kerta maailmassa,



kun hermoimplantti mahdollisti kosketuksen tuntemisen proteesin kautta suoraan aivoja stimuloimalla. (31.)

#### **7.4 Ultraäänitekniologia proteesiohjauksen parantamisessa**

Tutkijat ovat hyödyntäneet ultraäänitekniologiaa proteesiohjauksen parantamiseen käsi- ja jalkaproteeseissa, kun lihasaktiivisuutta aistivassa ohjaamistavassa on huomattu rajoituksia ja puutteita. Nykyään yläraajaproteesit ovat yleensä lihasaktiivisuutta aistivalla sähköisellä ohjaamistavalla ohjattuja. Ihon päälle asetetut elektrodit keräävät lihasten elektronista aktiivisuutta raajatyngässä käyttäjän yrittäessä suorittaa kädenliikkeitä. Edellä mainitussa ohjaamistavassa ongelmana on se, että elektrodit eivät voi helposti erottaa signaaleja monien eri kyynärvarressa olevien lihasten välillä. George Masonin yliopiston tutkijatiimi on suunnitellut ja arvioinut pienikokoisia ultraäänimuuntimia, jotka lähettävät ääniaaltoja kehoon ja aistivat takaisin heijastuvat ääniaallot. Sen jälkeen nämä signaalit analysoidaan tietokonealgoritmeilla lihasten aktiivisuuden tunnistamiseksi. Tällä menetelmällä kyetään havaitsemaan lihasaktiivisuutta syvällä kudoksissa. Kyseisessä menetelmässä eri lihasryhmien lihasaktiivisuuksien erottamisessa on paljon enemmän tarkkuutta verrattuna ihon pinnalla olevien elektrodien tarkkuuteen. (32.)

## 8 BIONISET SILMÄT

Bionisten silmien avulla voidaan palauttaa osa menetetystä näöstä. Bioniset silmät sisältävät mikroelektrodeja, jotka on asennettu kirurgisesti silmään tai silmän lähelle optisen hermon myötäisesti. Optinen hermo lähettää impulsseja silmistä aivoihin. Mikroelektrodit stimuloivat niitä visuaalisen järjestelmän osia, jotka toimivat edelleen osalla näkönsä menettäneistä henkilöistä. Ne stimuloivat pienillä sähköimpulsseilla, jotka ovat vastaavanlaisia kuin bionisessa korvassa ja simpukkaimplanteissa käytetyt sähköimpulssit. Toimivien hermosolujen sähköinen stimulointi johtaa siihen, että sokea henkilö näkee pieniä valonvälähdyksiä. (33.)

Second Sight -niminen yritys on kehittänyt Argus II -verkkokalvoproteesijärjestelmän, johon kuuluu pienikokoinen, käyttäjän laseihin sijoitettu kamera (kuva 10). Laite toimii niin, että ensin kameran videokuva lähetetään käyttäjän mukana olevaan videonkäsittely-yksikköön, jossa se käsitellään ja muutetaan ohjeiksi, jotka lähetetään takaisin laseille kaapelin kautta. Nämä ohjeet lähetetään langattomasti implantin antennille. Sitten signaalit lähetetään elektrodijoukolle, joka lähettää pieniä sähköpulsseja. Näiden pulssien tarkoituksena on ohittaa vaurioituneet fotoreseptorit ja stimuloida verkkokalvon jäljellä olevia soluja, jotka välittävät visuaalisen informaation optista hermoa pitkin aivoihin. Tämä prosessi kokonaisuudessaan johtaa siihen, että käyttäjä havaitsee valokuvioita, jotka hän voi oppia tulkitsemaan näköhavaintoina ympäristöstä. (34.)



*KUVA 10. Argus II -verkkokalvoproteesijärjestelmä (35)*

## 9 YHTEENVETO

Tämän osaopinnäytetyön päätavoitteena oli tutustuminen myoelektrisiin proteeseihin, niiden rakenteeseen, toimintaan ja käyttämiseen. Myös bionisiin silmiin perehdyttiin. Eri valmistajien kehittyneimmät proteesikädet kuuluivat käsiteltyihin aiheisiin. Tarkasteltiin myös tulevaisuuden proteesiteknologiaan, kuten ultraääni-teknologiaa proteesiohjauksen parantamisessa sekä keinotekoisia ihoja, joilla pyritään aikaansaamaan tuntoaistimusta raajaproteesien osaksi. Tuntoaistia palauttavia keinotekoisia ihoja ja entistä kehittyneempiä bionisia silmiä tullaan varmasti näkemään tulevaisuudessa teknologian kehittyessä. Ne ovat nykyhetkellä vielä alkutekijöissään.

Nykyaikaiset myoelektriset käsiproteesit ovat esteettömyyden tukena, sillä ne palauttavat toimintakykyä takaisin käyttäjilleen. Käyttäjien kannalta on kuitenkin ongelmallista, että uusi teknologia on vielä erittäin kallista ja kokeiluasteella olevaa. Myoelektristen proteesien huomattavasta viime vuosina tapahtuneesta kehityksestä huolimatta tämänhetkiset laitteet jäävät useimpien niitä tarvitsevien henkilöiden ulottumattomiin niin korkean hinnan kuin laitteiden monimutkaisuudenkin takia. 3D-tulostamisen yleistyminen tulee kuitenkin halventamaan ja nopeuttamaan toiminnallisten käsiproteesien mekaanisten osien valmistamista. Näin ollen useammalla tulee olemaan varaa raajaproteesien hankkimiseen tulevaisuudessa.

Jos myoelektrisen käsiproteesin ohjaaminen, käyttämisen opettelu ja huoltaminen on liian vaikeaa, tai jos komplikaatioita ilmenee, proteesi voi siinä tapauksessa jäädä passiivisesti käytetyksi tai käyttäjänsä hylkäämäksi. Ongelmaksi voi muodostua myös kontaktihäiriöiden ilmeneminen ihon ja antureiden välisessä kosketuksessa. Näiden asioiden kehittämiseen tulisi keskittyä myoelektristen käsiproteesien jatkokehittelyssä.

Tätä osaopinnäytetyötä tehdessä oli mielenkiintoista selvittää nykyhetken tilannetta käsiproteesien kehityksessä. Kirjoitustyötä tehdessä oppi uutta tietoa mm. myoelektrisistä proteeseista, bionisista silmistä ja tekniikasta niiden takana. Lisäksi oppi asioita mm. lihasten kohdennetusta uudelleenhermotuksesta, joka on

käsi­proteesin käyttä­misen vaiston­varaisesti mahdol­listava kirurginen toimen­pide.  
Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin hyvin.

## LÄHTEET

1. Medical Definition of Prosthesis. MedicineNet. Saatavissa: <http://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?article-key=5076>. Hakupäivä 9.10.2017.
2. Myoelectric control of prosthetic hands: state-of-the-art review. 2016. Saatavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4968852/#b1-mder-9-247>. Hakupäivä 8.10.2017.
3. Raajaproteesit. 2018. Össur. Saatavissa: <https://www.os-sur.fi/klinikka/proteesit>. Hakupäivä 6.11.2017.
4. Raajaproteesit. Soleus Proteor. Saatavissa: <http://www.soleus-proteor.fi/tuotteet/raajaproteesit>. Hakupäivä 13.6.2017.
5. Blades of Glory: What Are Paralympic Running Blades Made Of?. 2012. Azo Materials. Saatavissa: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6792>. Hakupäivä 8.7.2017.
6. What is Prosthetics and Orthotics?. 2018. Georgia Tech. Saatavissa: <http://mspo.gatech.edu/prosthetics-orthotics/>. Hakupäivä 20.4.2017.
7. Here's how to convince the brain that prosthetic legs are real. 2016. The Conversation. Saatavissa: <http://theconversation.com/heres-how-to-convince-the-brain-that-prosthetic-legs-are-real-65009>. Hakupäivä 5.4.2017.
8. Myoelectric Prosthetics. Saatavissa: <http://www.myoelectricprosthetics.com/>. Hakupäivä 20.4.2017.
9. Prosthetic & Orthotic Care. Saatavissa: <http://www.pandocare.com/wp-content/uploads/2016/07/Identify.Transradial.Harness.jpg>. Hakupäivä 18.7.2017.
10. Yläraajaproteesit. Respecta. Saatavissa: <http://respecta.fi/fi/tuotteet/proteesit/ylaraajaproteesit/>. Hakupäivä 12.5.2017.
11. Solar to Power Prosthesis?. 2013. Voltaic. Saatavissa: <https://www.voltaicsystems.com/blog/solar-to-power-prosthesis/>. Hakupäivä 19.8.2017.

12. Touch Bionics -myoelektroniset yläraajaproteesit Respectasta. 2009. Suomen Käsiterapiayhdistys. Saatavissa: <http://kasi-tera.asiakkaat.sigmatic.fi/wp-content/uploads/2009/12/lu-natum4-09.pdf>. Hakupäivä 11.8.2017.
13. Uuden sukupolven käsi- ja jalkaproteesilla voidaan palauttaa iso osa käden toimintakyvystä. 2016. Respecta. Saatavissa: <http://www.respecta.fi/fi/yritys/blog/4-inno/116/uuden-sukupolven-kasiproteesilla-voidaan-palauttaa-iso-osa-kaden-toimintakyvysta/>. Hakupäivä 6.10.2017.
14. Emily Ziegelmeier. Saatavissa: <http://www.emilyziegel-meyer.com/mod/>. Hakupäivä 3.12.2017.
15. Medical Affairs Policy. 2017. WPS Health Insurance. Saatavissa: <https://www.wpsic.com/providers/files/microprocessor-controlled-myoelectric-limb-prosthesis.pdf>. Hakupäivä 15.8.2017.
16. Prosthesis – upper limb. 2018. HealthPartners. Saatavissa: [https://www.healthpartners.com/public/coverage-criteria/policy.html?contentid=AENTRY\\_046198](https://www.healthpartners.com/public/coverage-criteria/policy.html?contentid=AENTRY_046198). Hakupäivä 24.7.2017.
17. TMR (Targeted Muscle Reinnervation). 2013. Ottobock. Saatavissa: [https://www.ottobock.co.uk/prosthetics/upper\\_limbs\\_prosthetics/product-systems/tmr/](https://www.ottobock.co.uk/prosthetics/upper_limbs_prosthetics/product-systems/tmr/). Hakupäivä 16.10.2017.
18. What is targeted muscle reinnervation?. Sharecare. Saatavissa: <https://www.sharecare.com/health/physical-disabilities/what-is-targeted-muscle-reinnervation>. Hakupäivä 20.11.2017.
19. Smarter prosthetics created using sensors, software, electronics and 3D printing. 2017. The Institution of Engineering and Technology. Saatavissa: <https://eandt.theiet.org/content/articles/2017/05/smarter-prosthetics-created-using-sensors-software-electronics-and-3d-printing/>. Hakupäivä 12.2.2018.
20. DARPA-developed next-generation bionic arm hits the market. 2016. New Atlas. Saatavissa: <https://newatlas.com/darpa-deka->

- [luke-prosthetic-arm-mobius/44267/#gallery](http://luke-prosthetic-arm-mobius/44267/#gallery). Hakupäivä 11.8.2017.
21. Open Bionics: 3D printed prosthetic limbs. 2017. Ultimaker. Saatavissa: <https://ultimaker.com/en/stories/36096-open-bionics-3d-printed-prosthetic-limbs>. Hakupäivä 21.9.2017.
  22. Bebionic hand. Advanced Arm Dynamics. Saatavissa: <http://armdynamics.com/pages/bebionic>. Hakupäivä 5.11.2017.
  23. DARPA's Mind-Controlled Arm Will Make You Wish You Were a Cyborg. 2016. Gizmodo. Saatavissa: <https://gizmodo.com/darpa-mind-controlled-arm-will-make-you-wish-you-were-1776130193>. Hakupäivä 4.2.2018.
  24. Mind-controlled prosthetic allows movement of individual fingers. 2016. New Atlas. Saatavissa: <http://newatlas.com/mind-controlled-prosthetic-fingers/41886/>. Hakupäivä 12.2.2018.
  25. Kiertotie lisää tuntoa. 2017. Tieteen Kuvalehti, FOKUS -erikoisjulkaisu. s. 110.
  26. Electronic Skin for Improved Prosthetics. 2016. Engineering.com. Saatavissa: <https://www.engineering.com/PLMERP/ArticleID/12775/Electronic-Skin-for-Improved-Prosthetics.aspx>. Hakupäivä 10.1.2018.
  27. 'Synthetic skin' could lead to advanced prosthetic limbs capable of returning sense of touch to amputees. 2017. Phys.org. Saatavissa: <https://phys.org/news/2017-03-synthetic-skin-advanced-prosthetic-limbs.html>. Hakupäivä 13.2.2018.
  28. Prosthetics You Can Feel. 2017. MIT Technology Review. Saatavissa: <https://www.technologyreview.com/s/608366/prosthetics-you-can-feel/>. Hakupäivä 22.1.2018.
  29. New Approach to Amputation Could Reduce Phantom Pain. 2017. Scientific American. Saatavissa: <https://www.scientificamerican.com/article/new-approach-to-amputation-could-reduce-phantom-pain/>. Hakupäivä 14.10.2017.



30. Muscle grafts to give prosthetic limbs a more natural feel. 2017. New Atlas. Saatavissa: <https://newatlas.com/surgery-prosthetic-limbs-natural-feel/49852/>. Hakupäivä 6.11.2017.
31. Brain chips let a paralyzed man feel touch through a robotic arm. 2016. The Verge. Saatavissa: <https://www.theverge.com/2016/10/13/13269824/brain-implant-chip-feel-touch-robot-arm-paralyzed-tetraplegia>. Hakupäivä 13.1.2018.
32. Researchers use ultrasound technology to help amputees get greater control of prosthetics. 2017. News-Medical.net. Saatavissa: <https://www.news-medical.net/news/20171116/Researchers-use-ultrasound-technology-to-help-amputees-get-greater-control-of-prosthetics.aspx>. Hakupäivä 17.2.2018.
33. Artificial vision: what people with bionic eyes see. 2017. The conversation. Saatavissa: <http://theconversation.com/artificial-vision-what-people-with-bionic-eyes-see-79758>. Hakupäivä 8.12.2017.
34. How Is Argus® II Designed To Produce Sight?. 2016. Second Sight. Saatavissa: <http://www.secondsight.com/how-is-argus-r-ii-designed-to-produce-sight-en.html>. Hakupäivä: 14.12.2017.
35. Bionic Eye Implants: Hope For The Blind. 2016. AllAbout-Vision.com. Saatavissa: <http://www.allaboutvision.com/conditions/bionic-eyes.htm>. Hakupäivä: 16.12.2017.