

Mika Sukanen

# Proteesin pukemista ja irrottamista helpottava proteesiholkki

Asiakkaalla distaalisesti paksu tynkä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Apuvälineteknikko (AMK)

Apuvälinetekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

8.11.2016

|   |   |
|---|---|
| Tekijä(t)<br>Otsikko<br>Sivumäärä<br>Aika   | Mika Sukanen<br>Proteesin pukemista ja irrottamista helpottava proteesiholkki -<br>Asiakkaalla distaalisesti paksu tynkä<br>29 sivua + 0 liitettä<br>18.11.2016 |
| Tutkinto  | Apuvälineteknikko (AMK)   |
| Koulutusohjelma   | Apuvälinetekniikan koulutusohjelma  |
| Suuntautumisvaihtoehto  | Apuvälinetekniikka  |
| Ohjaaja(t)  | Lehtori Tomi Nurminen<br>VTL Päivi Kaljonen   |
| <p>Proteesin käyttö siihen tottuneelle henkilölle on erittäin tärkeää. Muutoksen proteesin tai amputaatiotyngän suhteen vaikuttavat proteesinkäyttäjän jokapäiväiseen elämään suuresti. Näiden seikkojen valossa lähdin toteuttamaan monimuotoista tuotekehittelyyn pohjautuvaa opinnäytetyötä, johon sain asiakkaan Suomen Proteesipalvelu OY:n kautta. Asiakkaan toivomuksesta pidin opinnäytetyön tuotokeskeisenä asiakaskeskeisyyden sijasta. Tuotteen tarve asiakkaan näkökulmasta on selvä.</p> <p>Tässä työssä kehitellen ja valmistan kaksi erilaista proteesiholkkiratkaisua asiakkaalle, jolla on distaalisesti paksu amputaatiotyngä. Tyngän epänormaali muoto on peräisin siihen tehdystä kirurgisesta operaatiosta ja kehnosta leikkauksen jälkeisestä hoidosta. Asiakkaalla oleva ongelma on melko tuore ja hän pärjää olemassa olevan proteesin kanssa, mutta käyttö on huomattavan haastavaa. Tuotteen tarkoituksena on mahdollistaa proteesin helppo pukeminen ja riisuminen, sekä toimia proteesin kiinnitysmekanismina asiakkaalla. Asiakas on iäkäs nais henkilö, jolla on raajapuutoksia myös käsissä, mikä heijastuu myös proteesin käyttöön.</p> <p>Opinnäytetyössäni viittaan amputaatiota ja tynkää, proteeseja sekä tuotekehitystä käsitteleviin teoksiin ja julkaisuihin. Niiden avulla pyrin perustamaan pohjan tuotteen prototyyppien teknisen toteutuksen menetelmiin ja tarkoituksiin.</p> |   |
| Avainsanat  | Proteesi, Amputaatio, Tuotekehitys  |

|  |   |
|--|---|
| Author<br>Title  | Mika Sukanen<br>Prosthetic Socket to Facilitate Prosthesis Donning and Doffing –<br>Customer with a Distally Large Amputation Stump |
| Number of Pages<br>Date  | 29 pages + 0 appendices<br>17 November 2016   |
| Degree   | Bachelor of Health Care   |
| Degree Programme   | Prosthetics and Orthotics   |
| Specialisation option  | Prosthetics and Orthotics   |
| Instructors  | Tomi Nurminen, Senior lecturer<br>Päivi Kaljonen, Lic.Soc.Sc.   |
| <p>The use of prosthesis is very important for customers who are used to it. Changes in prosthesis or in amputation stump have major effects on prosthesis user's daily living. Based on these facts I decided to make a product development based thesis. I got a customer for this thesis from Suomen Proteesipalvelu company. The customer asked me to focus more on the product development rather than on the customer because she did not want to be the center of the thesis. The customer has a clear need for this product.</p> <p>In this thesis I am aiming to develop and produce two different prosthesis sockets to ease prosthesis donning and doffing. The customer has a distally large stump which makes prosthesis donning and doffing very difficult for her. The problem in the stump originates from a surgical operation and poor postoperative treatment. The problem in the customer's stump is fairly new and she can live with her current prosthesis but it takes a lot of struggle in daily living. The product which is developed in this study enables easy prosthesis donning and doffing. It also works as a customer's prosthesis suspension system. The customer is an aged female who has malformations also in her hands. These facts reflect also on the use of the prosthesis.</p> <p>In this study I base my product development on some theoretical starting points such as amputation, stump, prosthesis and product development. With these theoretical starting points I try to create base for the purposes and methods in the technical implementations of the prototypes.</p> |   |
| Keywords   | prosthesis, amputation, product development   |

## Sisällys

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto                                | 1  |
| 2     | Opinnäytetyön tavoitteet ja taustaa     | 2  |
| 3     | Amputaatio                              | 3  |
| 3.1   | Sääriamputaatio                         | 4  |
| 3.2   | Tyngän hoito/postoperatiivinen hoito    | 6  |
| 3.3   | Tyngän tilavuuden vaihtelu              | 6  |
| 4     | Proteesien kiinnitysmekanismit          | 7  |
| 4.1   | Tappi- ja narulukitus                   | 7  |
| 4.2   | Alipainekiinnitys                       | 8  |
| 4.3   | Anatominen proteesin kiinnitys          | 8  |
| 5     | Tuotekehitys                            | 10 |
| 5.1   | Projektin käynnistäminen                | 10 |
| 5.2   | Luonnostelu                             | 11 |
| 5.3   | Ratkaisuvaihtoehdot                     | 12 |
| 5.3.1 | Vierekkäisläpällinen ratkaisuvaihtoehto | 13 |
| 5.3.2 | Vastakkäisläpällinen ratkaisuvaihtoehto | 14 |
| 5.3.3 | Halkaistava ratkaisumalli               | 15 |
| 5.3.4 | Ristikkäisläpällinen ratkaisumalli      | 16 |
| 5.4   | Kehittäminen ja viimeistely             | 16 |
| 6     | Tekninen toteutus                       | 17 |
| 6.1   | Käytettävät materiaalit                 | 18 |
| 6.2   | Mitanotto ja kipsinveisto               | 18 |
| 6.3   | Ensimmäinen prototyyppi                 | 19 |
| 6.3.1 | Ensimmäisen prototyypin sovitus         | 22 |
| 6.4   | Toinen prototyyppi                      | 23 |
| 6.4.1 | Toisen prototyypin sovitus              | 25 |
| 6.5   | Prototyyppien ongelmat                  | 25 |
| 7     | Pohdinta                                | 26 |
|       | Lähteet                                 | 28 |

## 1 Johdanto

Opinnäytetyöni on tuotekehittelytyö, jossa tavoitteenani on suunnitella ja valmistaa proteesin pukemista ja riisumista helpottava proteesiholkki. Tarkoituksena on mahdollistaa ja helpottaa distaalisesti ympärysmitaltaan kasvavan tyngän pukeminen holkkiin käyttäen kaupallista valmista silikonituppea. Ratkaisun on tarkoitus olla käyttökelpoinen niin sääri- kuin reisiamputoiduilla, vaikka opinnäytetyössäni keskityn sääriamputoidun proteesointiin. Opinnäytetyössäni mukana oleva asiakas on Suomen proteesipalvelu Oy:n asiakas. Asiakkaaseen tulen olemaan yhteydessä yrityksen kautta ja asiakastapaamiset tullaan tekemään hänen oman proteesimestarin kanssa yhteistyössä.

Aihe muodostui Metropolia ammattikorkeakoulun harjoittelujakson aikana, jolloin olin työharjoittelussa Suomen Proteesipalvelu OY:ssä. Asiakas itse ilmaisi kiinnostuksensa osallistua opinnäytetyöhön koehenkilönä. Hänen tyngän volyymi on muuttunut kirurgisen operaation seurauksena niin, että vain tyngän distaalipää on kasvanut ympärysmitaltaan, joka on vaikeuttanut proteesitekniistä toteutusta. Tuotteen merkittävyys asiakkaalle olisi huomattava, sillä synnynnäisistä vaivoista johtuen myös käsissä on toiminnallisia puutteita, jotka vaikeuttavat proteesin kanssa toimimista. Asiakkaan käsistä puuttuu useampi sormi ja haasteena distaalisesti paksumman tyngän lisäksi on huono tartunta ja voima käsissä, mikä vaikeuttaa proteesin ylle pukemista. Helposti avattavalla ja suljettavalla proteesiholkilla proteesin pukeminen helpottuisi ja se auttaisi asiakkaan toimintakykyyn positiivisesti.

Markkinoilla on vastaavanlaisia tuotteita, sekä yksittäisiä ratkaisuja vastaavaan ongelmaan löytyy. Valmiiden ratkaisuiden joukosta ei kuitenkaan löydy mielestäni tuotetta, joka vastaa opinnäytetyön asiakkaan tarpeita. Huono tartunta ja epämuodostumat käsissä lisäävät yksilöllistä tarvetta niin tyngän, kuin myös teknisen toteutuksen suhteen tuotteessa. Asiakkaalla on selkeä tarve uudelle proteesin käyttöä helpottavalle ratkaisulle, sillä iäkkään henkilön pitäminen liikkeellä on tämän terveyden kannalta avainasemassa. Asiakkaan lisäksi uskon yksinkertaisen ja toimivan ratkaisun koettuun ongelmaan helpottavan työtä myös protetiikkaa ammatikseen tekevien kanssa. Myös itselläni mielenkiinto alalla suuntautuu vahvasti proteeseihin ja siksi koen myös itse hyötyväni tämän opinnäytetyön tekemisestä ammatillisessa mielessä.

## 2 Opinnäytetyön tavoitteet ja taustaa

Ensisijaisena tavoitteena opinnäytetyössä on ratkaista asiakkaalla oleva proteesin käytön ongelma. Kyseessä on iäkäs nais ihminen, jonka liikkeellä pitäminen yleiskunnan kannalta on erityisen tärkeää. Asiakas on itse aktiivinen ja liikkuu proteesin kanssa hyvin, mutta proteesin pukeminen ja riisuminen tuottaa haasteita jokapäiväisessä käytössä. Tuotekehitystyön onnistuessa, lisää tuote varmasti asiakkaan itsenäistä pärjäämistä sekä toiminallisuutta ja turvallisuutta hänen jokapäiväisessä elämässä. Tämän opinnäytetyön tavoitteet eivät olleet odotusteni mukaisesti helppo saavuttaa, vaan tuotteen toimivuuden kehittämistä pitäisi vielä jatkaa tämän työn jälkeenkin. Uskon aiheen olevan monelle opiskelijalle kiinnostava. Tavoitteenani olikin valmistaa tuote sille rajatussa ajassa, mutta ajankäytön ja mukana olleiden henkilöiden aikataulujen sovittamisen suhteen haasteita riitti. Seuranta proteesin toimivuudesta jäi työssäni ajallisten resurssien ja aikatauluttamisen takia heikoksi. Työtä tämän aiheen parissa on varmasti tulevillekin opiskelijoille. Subjektivisen kokemukseräisen palautteen sain kuitenkin asiakkaalta lyhyeltä aikaväliltä, mutta testien ja mittareiden avulla todistettavaa hyötyä tuotteesta pitäisi tutkia ajallisesti parempien resurssien puitteissa.

Opinnäytetyössäni en tee vertailevaa tutkimusta saman kaltaisista tuotteita vaan pyrin kirjallisuuden ja tutkimusten kautta avaamaan teknistä ja fyysistä ongelmaa asiakkaan proteesin käytössä. Tutustuttuani vastaavan laisiin tuotteisiin huomasin ainakin osassa näiden tuotteiden toimivuudessa olevan riskitekijöitä opinnäytetyössäni olevan asiakkaan suhteen. Monissa saman kaltaisissa tuotteissa säätö on portaaton kiristysmekanismi, joka luo tynkään painetta sitä kestäville alueille. Portaaton säätö mahdollistaa säättämisen liian kireälle tai proteesin säätö voidaan jättää vahingossa tai mukavuushaluisesti liian löysälle. Molemmissa tapauksissa proteesin käyttö voi aiheuttaa huomattavaa vahinkoa tyngälle. Tarkoituksenani onkin valmistaa proteesiholkki, joka on ainoastaan avattavissa pukemista varten ja suljettavissa käytön ajaksi. Näin ollen proteesi on käytettävissä ainoastaan suljetussa asennossa, jossa sen on suunniteltu käytettävän. Myös jo aiemmin esille tulleen käsien toiminnan rajoitukset vaikeuttavat proteesin käyttöä pukemisen ja riisumisen suhteen. Valmiiden ratkaisuiden käyttö vaatii sorminäppäryyttä käytön onnistumiseksi.

Suurimpana haasteena opinnäytetyössäni oli aikataulujen osuminen yhteen työssä toimivien henkilöiden kanssa. Asiakkaalla ei ollut mahdollisuutta tulla sovitukseen proteesipajalle Helsinkiin vaan sovituksen jouduttiin tekemään kotisovituksina. Hänen asuessa

Riihimäellä, ei kotikäyntien tekeminen proteesimestarin muiden kiireiden keskellä onnistunut kovinkaan helposti. Sain kuitenkin suoritettua mitanoton ja kaksi erillistä sovitusta kotikäynneillä. Kotikäyntien huono puoli on myös työkalujen rajallinen määrä ja käyttö. Pajatiloissa kaikki tarvittavat työkalut proteesiin muokkaamiseen on saatavilla, mutta kenttäolosuhteissa esimerkiksi holkin reunojen muokkaaminen ei onnistu yhtä kätevästi.

### 3 Amputaatio

Sana amputaatio tulee latinan kielen sanasta amputare ja sillä tarkoitetaan jonkin raajan tai sen osan poistamista (Solonen-Huittinen 1991:21). Amputaatiossa pyritään sairaan ja toiminnan kannalta kelvottoman raajan tai sen osan poistoon luomaan mahdollisimman hyvät edellytykset kuntoutukselle. Amputaation tavoitteena on luoda toiminnallisesti hyvä, sopivan pituinen ja kivuton tynkä, johon hyvä ja istuva proteesi voidaan valmistaa. Se on lopullinen ja peruuttamaton kirurginen operaatio, joka on potilaan kokonaishoidon kannalta hyvin merkittävä. Toimenpiteen merkitys potilaan tulevalle liikuntakyvyille, elämänlaadulle ja elinaikaennusteelle on ratkaiseva. (Juutilainen-Lepäntalo 2010:699.) Leikkauksen jälkeen, postoperatiivisessa hoidossa keskitytään ensisijaisesti kivunhoitoon, hengitysharjoituksiin ja varhaiseen pystyyn nousuun potilaan kuntoutumisen edistämiseksi (Määttänen – Pohjolainen 2009:342).

Timo Pohjolaisen vuonna 1993 julkaisemassa amputaatiot ja protetisointi artikkelissa kerrotaan 90% amputoiduista olevan iältään yli 60 vuotiaita. Amputaatioiden määrän enustettiin kasvavan, kun yli 60 vuotiaiden osuus tulee kasvamaan yhteiskunnassa 30-40-vuoden kuluessa suurten ikäryhmien vanhetessa. (Pohjolainen 1993.) Kuitenkin 2010 julkaistussa suomalaistutkimuksessa tutkittiin 1997-2007 alaraaja-amputoitujen määrän kehittymistä Suomessa. Amputoitujen määrä on kääntynyt laskuun 2000-luvulle tultaessa, sen pysyttyä lähes vakiona 1990-luvulla. Suurten amputaatioiden riski väheni tutkimuksen seuranta-aikana noin 50% vaikka diabeetikkojen määrä on seuranta-aikana kasvanut. (Ikonen – Sund – Wenermo – Winell 2010.) Huomattava osa amputaatiopotiilaista on diabeetikoita, joilla toisen raajan menetyksen mahdollisuus viiden vuoden kulluttua ensimmäisestä amputaatiosta on jopa 15-35%. Yläraaja-amputaatioiden syy on usein traumaperäinen, kun taas alaraaja amputaatioissa merkittävimpiä ovat iskeemiset syyt, kuten diabeteksestä johtuvat verenkiertohäiriöt. Yläraajan amputaatiot iskeemisistä syistä ovat harvinaisia hyvä kollateraaliverenkierron vuoksi. (Juutilainen – Lepäntalo 2010:699; Määttänen – Pohjolainen 2009:343.)

**Taulukko 1. Amputaatiokirurgiassa huomioitavat seikat (Määttänen – Pohjolainen 2009:343)**

| Amputaatiokirurgiassa huomioitavaa |               |                 |                    |   |                    |                   |
|------------------------------------|---------------|-----------------|--------------------|---|--------------------|-------------------|
| Riittävä kivunhoito                | Tyngän pituus | Tyngän muotoilu | Neuroomien ehkäisy | Liiallisen arpikudoksen ja ihon ehkäisy | Nopea toipumisaika | Hyvä toimintakyky |

Amputaatiota tehtäessä terveiden kudosten avulla, voidaan varmistaa tyngän nopea ja hyvä paraneminen operaatiosta. Amputaatiota suunniteltaessa on tärkeä arvioida tyngän toiminnallista pituutta protetisoinnin kannalta. Tyngän lyhyt toiminnallinen pituus vaikeuttaa sen kiinnittämistä proteesiin, sekä voi johtaa iho ongelmiin vähäisten kontaktia kestävien ihoalueiden takia. Myös liian pitkä tynkä voi olla ongelmallinen, kuten opinnäytetyöni asiakkaalla (kuvio. 1), koska komponenteille jäävä tila proteesissa on hyvin rajallinen. Säarityngässä hyvä toiminnallinen pituus on noin puolesta vähintään yhteen kolmasosaan säären alkuperäisestä pituudesta. Neuroomia tyngässä pyritään vähentämään hermojen venyttämällä ja niiden katkaisemisella riittävän pitkältä amputaatiosta. Luiden muodostamat terävät kohdat tulee pyöristää, ihon rikkoutumisen estämiseksi. (Määttänen – Pohjolainen 2009:343.)

### 3.1 Säariamputaatio

Opinnäytetyössäni koehenkilönä toimiva asiakas on kokenut säariamputaation synnynäisten epämuodostumien johdosta. Alkujaan amputaatio tehtiin protetisoinnin kannalta ongelmallisen tyngän muodon takia. Tynkään on tehty useampi korjausleikkaus, joiden avulla asiakas on päässyt liikkumaan kiitettävästi hyvinkin pitkiä aikoja ilman tyngässä esiintyviä ongelmia. Tynkää on operoitu polvitaipeen alueelta useampaan otteeseen, sekä sitä on lyhennetty noin viisi senttimetriä. Vaikka lyhennystä on tehty, on tynkä silti hyvin pitkä ja olisi todennäköisesti toimivampi lyhyempänä.



Jos amputoitavaan jalkaan joudutaan tekemää nilkan yläpuolinen amputaatio, sääriamputaatio on yleensä ensisijainen vaihtoehto. Sääriamputaatioon pyritään sitä aktiivisemmin, mitä tärkeämpää itsenäinen liikkuminen on potilaalle ollut. Sääriamputaation tulee olla tarpeeksi pitkä, vaikka lyhytkin sääriamputaatio polvinivelen kanssa mahdollistaa suuremman voiman ja paremman kävelyn kuin reisitynkä. Sääriamputaation optimaalinen pituus polvinivel-tasosta mitattuna on 15-20cm. Pidemmällä tyngällä mahdollistetaan protetisoinnin kanalta tehokkaampi vipuvarsi, joka edesauttaa voiman käyttöä proteesikävelyssä (Juutilainen – Lepäntalo 2010:704.) Sääriamputaatio on tasona proksimaalisin, jossa useim-milta amputoiduilta voidaan odottaa lähes normaalia vastaavaa tilannetta. Reisiampu-toiduilla menetetty polvinivel lisää selvästi metabolista energian kulutusta sääriamputoi-tuun verrattuna. (Bowker 2004:481.)



Kuvio 1. Asiakkaan tynkä kuvattuna edestä ja sivusta

### 3.2 Tyngän hoito/postoperatiivinen hoito

Amputaatioleikkauksen jälkeen aloitetaan potilaan jälkihoito ja tehdään kuntoutussuunnitelma. Leikkauksen jälkeisessä vaiheessa keskitytään haavan paranemiseen, tyngän muovaamiseen ja sen turvotuksen vähentämiseen. Amputaation jälkeisen kuntoutumisen onnistuessa suunnitellusta, voidaan protetisointi aloittaa jo 20-40 päivän kuluessa amputaatiosta. Tynkä voidaan sitoa elastisella siteellä, niin että sen luoma paine on distaalisesti suurempi ja kevenee polvitaipeseen päin, tai tynkää voidaan pyrkiä muotoilemaan silikonituppihoidolla, joka on sitomista helpompi ja tehokkaampi keino. Silikonituppihoito voidaan aloittaa noin 3-4 viikon kuluessa amputaatiohaavan tikkien poistosta. Tyngän paineistamista ja muovaavaa hoitoa on hyvä jatkaa proteesin valmistumiseen saakka, sekä tarpeen vaatiessa turvotuksen laskemiseksi. (Määttänen – Pohjolainen 2009:344-345; Juutilainen – Lepäntalo 2010:707.)

Amputoidun raajan liike- ja asentohoidon tarkoituksena on ennalta ehkäistä nivelten virheasentoja ja säilyttää jäljelle jääneiden nivelten hyvä liikkuvuus sekä ylläpitää lihasvoimaa (Määttänen – Pohjolainen 2009:345). Hoito ja niihin kuuluvat harjoitukset edesauttavat kokonaisvaltaista toipumista ja kuntoutumista. Potilaan on tärkeä ymmärtää asentohoidon ja säännöllisen harjoittelun merkitys protetisoinnin onnistumisen kannalta. (Kruus-Niemelä 2010:149.) Alaraaja-amputoiduilla polven ja lonkan fleksiokontraktuuran estämiseen tulee kiinnittää erityistä huomiota (Määttänen – Pohjolainen 2009:345).

### 3.3 Tyngän tilavuuden vaihtelu

Lyhyellä aikavälillä tapahtuvat muutokset tyngässä johtuvat pääasiassa nesteiden siirtymisestä tyngässä. Nestekierron aiheuttama tyngän volyymimuutokset vaikuttavat selvästi myös proteesin istuvuuteen. (Zachariah – Saxena – Ferguson – Sanders 2004.) Huono kontrolli tyngän volyymimuutoksissa postoperatiivisessa hoidossa usein venyttää aikataulua proteesin käyttöönoton suhteen. Aikainen proteesin käyttöönotto mahdollistaa hyvän kuntoutuksen ja sitä kautta helpottaa itsenäistä elämää, fyysisten harjoitteiden tekoa sekä edesauttaa psyykkistä paranemista amputaatiosta. Amputaation hyväksyminen ja oman kehon kuvan takaisin saaminen mahdollisimman nopeasti amputaation jälkeen nopeuttaa paranemista ja helpottaa suhtautumista proteesiin ja sen käyttöön. (Lilja – Öberg 1997.)

## 4 Proteesien kiinnitysmekanismit

Kaupallisesti valmiiden proteesien kiinnitysmekanismien tarjonta on kasvanut huomattavasti vuosien varrella. Se antaa hyvin vaihtoehtoja protetisointiin, mutta luo myös haastetta potilaalle sopivimman kiinnitysmekanismien löytämisessä. (Michael 2004:409.) Potilaan fyysiset ja kognitiiviset ominaisuudet sekä henkilökohtaiset toivomukset otetaan huomioon sääriproteesin kiinnitystä valittaessa. Kiinnitysmekanismeja on mm. tappi- tai narulukko, alipaine- sekä mansettikiinnitys. Mansetti kiinnitystä käytetään erityisen lyhyiden tynkien protetisoinnissa. (Määttänen – Pohjolainen 2009:348.) Pitkän sääriproteesin johdosta mansettikiinnitys ei ole tarpeellinen opinnäytetyössäni koehenkilönä toimivan asiakkaan proteesissa.

### 4.1 Tappi- ja narulukitus

Tappikiinnityksen hyviä puolia ovat proteesin helppo pukeminen ja riisuminen sekä helpous ja varmatoimisuus sen käytössä. Heikkoutena ovat tyngän päässä olevasta kiinnityksestä johtuva pumppaus. Vahva pito silikonitupen päästä ja kävelyssä heilahdusvaiheessa tapahtuva tyngän päätä venyttävä liike aiheuttaa pumppaamista. Pitkissä tyngeissä rakennekorkeus tarvittaville komponenteille jää hyvin pieneksi tappikiinnitteisellä lukolla. (Krosin 2004:3.) Tracey L. Beilin sekä Glenn M. Streetin vuonna 2004 julkaisussa tappilukkokiinnitystä ja alipainekiinnitystä vertailevassa tutkimuksessa he uskovat tappilukon distaalisen pidon ja siitä johtuvan pumppauksen aiheuttavan ajoittaisia ja kroonisia iho-ongelmia, joita tappilukkoa käyttävät amputoidut kokevat. (Beil – Street 2004.)

Tappikiinnitys opinnäytetyössäni valmistettavassa proteesiholkissa ei ole mahdollinen, sillä tappilukko vie liikaa tilaa proteesiholkin ja jalkaterän välistä. Vapaa väli tulee huomioida lukkovaihtoehtoja mietittäessä pitkätynkäisille asiakkaille. Tappilukon korkeus voi olla jopa 50mm, joka vaikuttaa selvästi käytettävissä olevaan vapaaseen tilaan. (Krosin 2004:21.) Niinpä jalkaterän ja holkin väliin tarvittaville adaptereille ei jää tarpeeksi tilaa. Komponenttien valmistajilla on erilaisia sovellutuksia tappilukollisista kiinnitysmekanismeista, mutta vertailtuani kolmen suuren komponentti valmistajan tuotteita, 30mm oli tila jonka tappilukko vähintään vie proteesin pään ja jalkaterän välistä. Jalkaterän ja proteesiholkin välinen etäisyys oli mitattuna 60mm, näin ollen tappilukko vie tilasta puolet ja säätökappaleille jäävä tila on hyvin rajallinen (30 mm).

## 4.2 Alipainekiinnitys

Malayan yliopistossa tehdyn tutkimuksen perusteella alipainekiinnityksellä toimivien proteesien käyttäjät ovat tyytyväisempiä proteeseihinsa, kuin tappilukolla toimivien proteesien käyttäjät. Kaikki tyytyväisyyttä mittaavat parametrit näyttivät alipainekiinnitystä käyttävien amputoitujen tyytyväisyyden korkeampana kuin tappikiinnitteisen proteesin käyttäjien. (Gholizadeh – Osman – Eshraghi – Ali 2014.) Kuitenkin 2011 julkaistun tutkimuksen mukaan alipaine- ja tappikiinnitystä vertailevan tutkimuksen mukaan alipainekiinnityksellä toimiva proteesi vähensi proteesissa tapahtuvaa pumppausta, mutta koehenkilöt kuitenkin suosivat loppupeleissä tappikiinnikkeistä kiinnitysmekanismia (Klute ym. 2011).

Seal-in alipainekiinnityksellisissä silikonitupissa on tupen ja holkin väliin asettuvat tiivistysrenkaat. Tiivistysrenkaiden sijoittuminen on yleisesti tupen distaalipäässä, joka lisää tyngän pään volyymia. Näin ollen alipainekiinnitys ei sovellu suoraan koehenkilölleni opinnäytetyössäni. Myös reiden paksuus säären paksuuteen nähden aiheuttaisi vaikeuksia holkin yli reiteen vedettävän tiivistysmansetin kanssa.

## 4.3 Anatominen proteesin kiinnitys

Kun proteesin kiinnitys ei ole mahdollista alipaineen avulla, yleisesti ottaen toiseksi paras vaihtoehto on käyttää tyngän anatomista muotoa hyväksi proteesin kiinnitykseen. Anatomista muotoa käytettäessä, paikallinen voima voi muodostaa suuremman paineentynkään kuin alipainekiinnitys. Suurin osa proteesin käyttäjistä tottuu lisääntyneeseen paineeseen ajan myötä. Monissa tapauksissa, kuten nilkan alueen amputaatioissa, epänormaali tyngän muoto voi mahdollistaa erittäin hyvän tyngän kiinnityksen proteesiin. Ikkunan tai aukon tekeminen kovaan holkkiin on monessa tapauksessa välttämätöntä proteesin pukemisen mahdollistamiseksi. Ikkunan pitää olla mahdollisimman pieni ja se tulee olla suljettavissa proteesin päällä pysymisen varmistamiseksi. Tämän tyyppiset ratkaisut ovat käytössä muun muassa syme tyyppisten amputaatioiden protetisoinnissa. (Michael 2004:412.)

Jalkaterän- ja nilkan alueen amputaatioissa käytetään ensisijaisesti säären yläosaan ulottuvaa kireyssäädettävää proteesiholkkia. Proteesin tyngän pään ollessa paksu(nuijamainen), voidaan holkkiin tehdä aukko joka helpottaa proteesin pukemista. (pohjolainen 1993.) Syme amputaatioiden proteesit ovat niin sanotusti itsestään kiinnittyviä. Ne eivät tarvitse remmiä kiinnittymiseen. Kiinnityksen johdosta proteesissa tapahtuu huomattavan vähän pumppausta. (Doyle – Goldstone – Gramer 1993.) Koehenkilön nuijamaisen tyngän muodon takia, holkin periaatteen tulisi noudattaa syme/ nilkan aleen proteesien mallia. Aukaistavalla tai kireyssäädettävällä holkillä proteesin pukeminen ja riisuminen tulee helpommaksi, sekä tyngän kiinnitys holkkiin tapahtuu ikään kuin itsestään. Kiinnitysmekanismi mahdollistaa myös rakennetilan säilymisen holkin pohjan ja jalkaterän välillä.

## 5 Tuotekehitys

### 5.1 Projektin käynnistäminen

Tuotekehitysprojektin käynnistämisen edellytyksinä ovat tuotteen tarpeen olemassaolo, sekä ajatus sen toteuttamismahdollisuuksista. Pelkästään toinen näistä edellytyksistä ei riitä, sillä ilman tarvetta tuotteen kehittämiseen ei ole aihetta ja jos toteutusmahdollisuuksia ei löydy, ei tuotekehitysprojektin loppuun vienti ole mahdollista. Projektin toteutusmahdollisuuksien ja tarpeen havaitseminen voi tapahtua tavoitellusti tai sattumalta. (Jokinen 2001:17.) Tuotekehitys on yleisesti yritysmaailmassa määrätietoista toimintaa oman toiminnan parantamiseksi. Uusia tuotteita tarvitaan kilpailullisista syistä. Jatkuvalle tuotekehityksellä pyritään ylläpitämään kilpailukykyä ja parantamaan voitontekomahdollisuuksia. (Rissanen 2003:233.) Kehitettävän tuotteen tarve on opinnäytetyössäni olemassa jo asiakkaan tarpeen kautta. Asiakkaan toimintakyvyn, sekä arjessa pärjäämisen suhteen tuote olisi hänelle hyvin tärkeä. Uskon myös tuotteelle olevan kysyntää ammattihenkilöiden keskuudessa, kunhan se on helposti toteutettavissa sekä toimivuudeltaan luotettava. Työssäni kehityksen kohteena olevan tuotteen tarve tuli suoraan asiakkaalta itseltään. Toteutusmahdollisuuksia teknisesti löytyy varmasti useampia. Luonnostelun avulla pyrin kehittämään mahdollisimman monta erilaista ratkaisuvaihtoehtoa ja näin avartamaan ajatusmaailmaa erilaisten ratkaisuiden varalta.

Kehitettävästä tuotteesta laaditaan projektin käynnistämisen hyväksyville tahoille kehitysehdotus. Kehitysehdotuksessa kuvataan kehitettävä tuote, sen tekniset- ja taloudelliset vaatimukset, käytettävissä panos kehitystä varten sekä aikataulu. Kehitysehdotuksesta tehdään, joko myönteinen tai kielteinen päätös eli kehityspäätös. (Jokinen 2001:21.) Tuotekehitys tässä työssä on osana opinnäytetyötä, joten projektin käynnistäminen hyväksytetään ohjaavilla opettajilla. Opinnäytetyön tulee olla työelämälähtöinen ja alaa sekä opiskelijan ammatillista kehittymistä ja asiantuntijuutta kehittävä. (Härkönen - Karhu - Konkka - Mikkola - Roivas 2011.)

## 5.2 Luonnostelu

Tarkkojen mittakaavaisten piirustusten teko ei ole luonnosteluvaiheessa tarkoituksellista. Siinä pyritään kehittelemään vaihtoehtoisia ratkaisumalleja kehitettävälle tuotteelle ja havaitsemaan sekä analysoimaan mahdolliset ongelmat, hankkia asiantietoa, laatia vaatimukset ja tavoitteet, sekä tehdä päätökset tuotteen suhteen. Luonnosteluvaihe voidaan aloittaa myönteisen kehityspäätöksen saatua analysoinnilla. Analysoinnilla pyritään selvittämään kehityspäätöksen avulla muun muassa ongelman todellinen ydin, mitä odotuksia tuote luo ja mitä asiakas tai asiakkaat tuotteelta toivovat. (Jokinen 2001:25.)

Asiakkaan toiveet tuotteesta ovat korkealla. Hänen proteesin käyttö on tähän asti ollut lähes ongelmatonta itse proteesin osalta. Totuttu huolettomuus turhauttaa helposti vastoinkäymisten kanssa painittaessa. Ongelma asiakkaalla on melko tuore. Hän on käyttänyt proteesia koko ikänsä synnynnäisestä epämuodostumasta johtuen. Polvitaipeseen 2015/2016 vuosien vaihteessa tehty operaatio keskeytti proteesin käytön operatiosta toipumisen ajaksi. Huonon postoperatiivisen hoidon ohjeistuksen seurauksena tyngän muoto muuttui ja proteesin holkki jouduttiin uusimaan. Holkin uusinnan yhteydessä huomattiin tyngän pään ympäröimän kasvaneen tyngän ”varteen” nähden, joka aiheutti proteesin pukemisessa ongelmia.

Tavoitteiden asettaminen korkealle voi mahdollistaa hyviä tuloksia tuotekehitysprojektilta. Tavoitteena on kehittää markkinoiden parasta tuotetta jollain tavalla parempi. Tuotekehitysprosessin ollessa hidasta ja pitkäjänteistä toimintaa, olisi huonossa tapauksessa kehitettävä tuote jo vanhentunut ennen markkinoille pääsemistä. (Jokinen 2001:28-29.) Tavoitteenani on tuottaa tuote joka ensisijaisesti vastaa koehenkilönä toimivan asiakkaani tarpeita. Tuotetta ei ole suoraan tarkoitus viedä markkinoille ja koska käytössä oleva aika on rajallinen, seuranta tuotteen toimivuudesta ja viimeistely tämän työn puitteissa on vaikea toteuttaa käytettävissä olevilla resursseilla. Suurimmat haasteet tuotteen valmistuksessa tulee sen sovittamisessa ja koekäytössä. Sovitukset pitää tehdä asiakkaan kotona, mikä on aikataulullisesti haastava toteuttaa kaikkien mukana olevien henkilöiden osalta. Siksi sovituksia on käytössä vai rajallinen määrä ja tämä venyttää myös tuotteen valmistumista.

Kehitettävän tuotteen tarkka analysointi antaa työhön osallistuville osapuolille mielikuvan millainen tuotteen tulisi olla. Liiallinen valmistelutyö saattaa kuitenkin johdatella ratkaisumahdollisuuksia vapaan ideoinnin sijasta. Ratkaisumahdollisuuksia etsiessä tulee keskittyä vain ongelman tuottamaan välttämättömiin ratkaisuihin, keskittyä laadullisiin vaatimuksiin määrällisten sijaan ja pohtia uudelleen ongelman todellinen ydin. (Jokinen 2001:32-31.) Pyrin ensin kehittelemään tuotteelle ratkaisuja oman tietotaidon sallimissa puitteissa itsekseni. Tämän jälkeen kysyin näkemystä ongelman ratkaisemiseksi ammatikseen proteesien kanssa toimivien henkilöiden keskuudesta, kertomatta omia ideoitani heille. Näin omat mielipiteeni ja näkemys eivät johdatelleet heidän antamiaan ratkaisumahdollisuuksia eikä toisin päin. Pyrinkin ideointivaiheessa tiettyjen rajojen sisällä ideimaan mahdollisimman monta ratkaisumahdollisuutta proteesiholkin valmistukseen. Usein ideat johdattelevat toisiaan, jolloin päästään lähemmäs ideaalista ongelman ratkaisua. Ratkaisumahdollisuuksien ja ideoiden syntyminen voi tapahtua tarkoituksen mukaisesti tai sattumalta. Ideat voivat syntyä esimerkiksi ideointimenetelmien, unien, alitajunnan, yhteistyön ja kuuntelemisen tai systemaattisen analysoinnin avulla. (Jokinen 2001:30-71). Työskentelin opinnäytetyötä tehdessäni proteesipajalla, jolloin ympärilläni on useita protetiikan ammattilaisia. Heidän kanssaan yhteistyössä sain monia ideoita ja ratkaisuvaihtoehtoja tuotteen toteuttamiselle. Luotankin tässä tilanteessa vahvasti systemaattiseen yhteistyössä tapahtuvaan ideointiin tuotekehitystyössäni.

### 5.3 Ratkaisuvaihtoehdot

Luonnostelun kautta löydettyjä ratkaisuvaihtoehtoja analysoidaan niiden toimivuuden kannalta. Suuntaa-antavia testejä ja laskuja, joiden avulla voidaan valita ratkaisuvaihtoehdoista prototyypivaiheeseen valikoituvat ratkaisuvaihtoehdot. (Jokinen 2001:75.) Tuotekehitysprojektin voimavaroja kuluttavin vaihe on koekappaleiden eli prototyyppien valmistuksessa ja koetulosten analysoinnissa (Rissanen 2003:239). Ratkaisuvaihtoehtoja analysoidaan tarkasti, jotta niiden hyvät ja huonot puolet saadaan näkyviin. Ratkaisuvaihtoehtoja arvostellaan niiden toimivuuden kannalta. Arvostelu voi olla haastavaa, sillä kaikkea ei voida ottaa huomioon teoriassa tehtävien arvostelumenetelmien avulla. Tässäkin opinnäytetyössä kehityksen kohteena olevan tuotteen toiminnan arvostelu on haastavaa ilman konkreettista sovitusta ja testejä. Myös epävarmuus kaikkien toiminnan kannalta oleellisten ominaisuuksien huomioon ottamisessa on olemassa. Tätä voidaan kuitenkin yrittää vähentää esimerkiksi esittämällä ideoita muille henkilöille, jotka voivat tuorein silmin nähdä epäkohtia ratkaisuvaihtoehdoissa. (Jokinen 2001:75-76.)



Ratkaisuvaihtoehtoja tarkastelin jäljittelemällä niitä holkkeihin, jotka olivat jääneet kouluun ylimääräisiksi alemman vuosikurssin sääriproteesikurssilta. Tein näihin holkkeihin avaukset kolmen ensimmäisen ratkaisuvaihtoehdon tavoin ja tutkailin pääasiassa holkin jäykkyyden säilymistä. Kyseiset holkit eivät olleet opinnäytetyössäni koehenkilönä toimivan asiakkaan holkkeja, mutta mallina saman kaltainen pitkä ja suhteellisen tasapaksu tynkä.

### 5.3.1 Vierekkäisläpällinen ratkaisuvaihtoehto

Ensimmäinen ratkaisuvaihtoehto on vierekkäisläpällinen holkkimalli (kuvio.2) Tässä ratkaisussa tarkoituksena on tehdä kaksi holkissa kiinteänä olevaa joustavaa läppää, jotka joustavat holkkia puettaessa. Läpät sijoitetaan tyngässä ympäröimältään kapeimpaan kohtaan arvioiden sen tarpeellisen pituuden, jotta tynkä mahtuu holkin sisään. Läppien väliin jää kiinteänä holkissa oleva joustamaton tuki, jonka tarkoituksena on luoda jäyk-

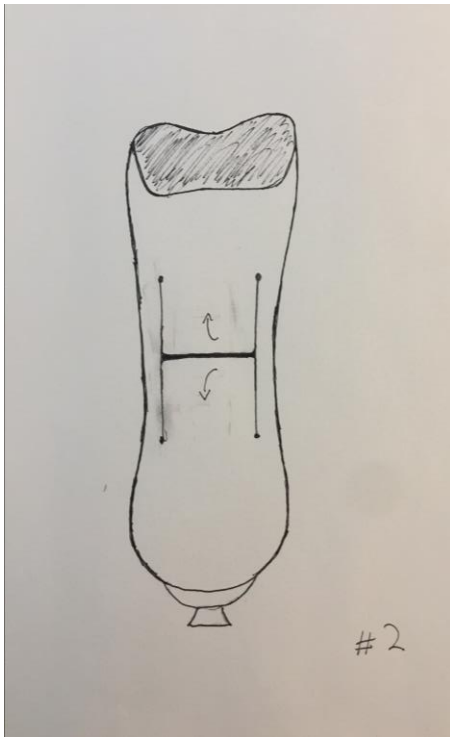


kyyttä holkkiin etu-taka-suunnassa. Holkin sahaaminen heikentää aina sen jäykkyyttä johonkin suuntaan ja tässä ratkaisussa tarkoituksena onkin olla viemättä sahauslinjaa holkkia ylhäältä katsottuna sen etupuolelle. Tällöin pyöreä muoto tukee ja jäykistää holkkia. Malli on tarkoitettu valmistaa yhdellä hartsivalulla käyttäen hiilikuitua jäykisteenä perlon/lasikuitu/nylglas-rungossa. Sahatun alustavan mallin testauksessa tuntui, että läppien sahaus ei vaikuttanut holkin jäykkyyteen juurikaan.

Kuvio 2. Vierekkäisläpällinen ratkaisuvaihtoehto

### 5.3.2 Vastakkaisläpällinen ratkaisuvaihtoehto

Toisen ratkaisuvaihtoehdon idea jalostui ensimmäisen mallin ideasta. Vastakkaisläpällisen mallin (kuvio.3) ajatuksena oli alun perin saada aikaan sahauslinja samaan suuntaan kuin mihin tynkä liikkuu proteesia puettaessa ja riisuttaessa. Näin ollen tynkä luis-taisi hyvin paikalleen läppien joutaessa. Tässä mallissa takaosaan ei jää jäykistävää tukea kuten ensimmäisessä ratkaisuvaihtoehdossa. Niinpä olettamuksena oli leikkauksen vähentävän proteesiholkin jäykkyyttä huomattavasti verrattuna ensimmäiseen ratkaisuvaihtoehtoon. Yhtenä kriteerinä tuotetta tehtäessä pidin sitä, että holkkiin tehdyt läpät eivät saa kiristyä tynkää vasten. Eli pukemisen jälkeen läppiä kiinnitettäessä ylimääräistä painetta tynkään ei saisi kohdistua. Koska läppien väliin ei jää mitään tukevaa

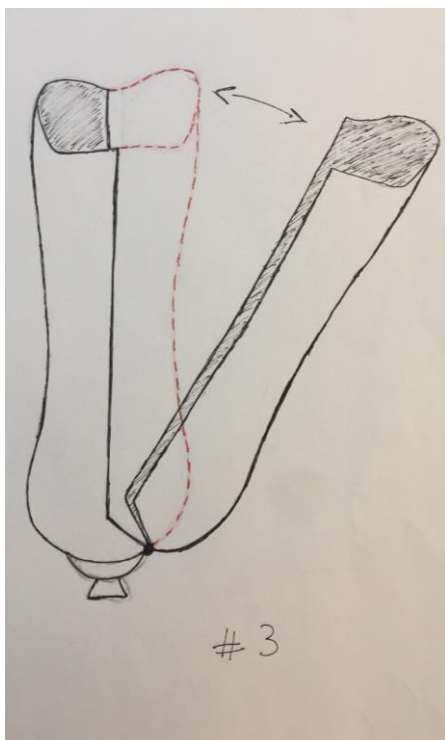


rakennetta, on kiristymisen estäminen tässä mallissa melko haastavaa. Alustavan mallin testauksessa holkin jäykkyys tuntui kärsineen jonkin verran, mutta löysältä holkin ei vaikuttanut.

Kuvio 3. Vastakkaisläpällinen ratkaisuvaihtoehto

### 5.3.3 Halkaistava ratkaisumalli

Halkaistavan mallin (kuvio.4) idea tuli samankaltaisesta osajalkateräproteesin holkista. Tässä mallissa holkki halkaistaan kahteen osaan niin, että tynkä on puettavissa holkkiin sen sivusta käsin. Haasteena tiesin tässä ratkaisussa olevan holkin jäykkyyden säilyttäminen, sillä pitkittäissuunnassa halkaistussa holkissa profiilin tuomaa jäykkyyttä ei juurikaan säily. Holkin alaosaan tulisi valmistaa myös sarna, jotta halkaistu osa holkista osuisi aina oikeaan kohtaan. Alustavan mallin tekeminen vahvisti olettamukseni jäykkyyden katoamisesta ja hylkäsinikin kyseisen ratkaisumallin hyvin nopeasti tämän havaittuani. Jos jäykkyys holkissa haluttaisiin säilyttää, tulisi holkin jäykisteitä olla erittäin paljon. Se lisää itsessään huomattavasti koko proteesin painoa, sekä vaikeutta kosmeettista toteu-

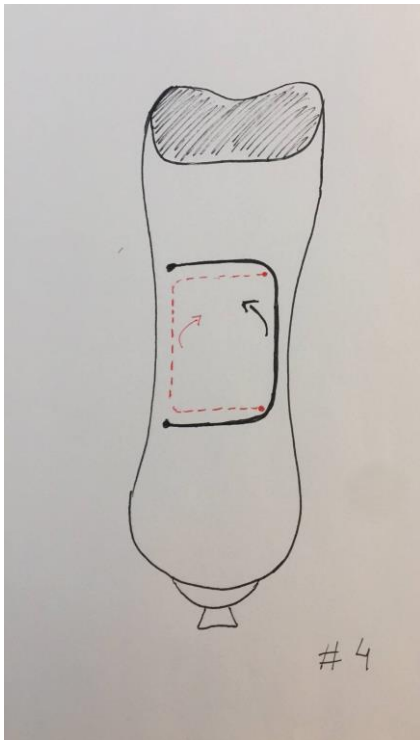


tusta proteesissa. Halkaistavassa mallissa positiivisena ominaisuutena olisi holkin muodon muuttaminen. Jos holkki kiinnitettäisiin aina varmasti hyvin, ei se voisi luoda ylimääräistä painetta tynkään, mikäli kipsinveistossa on onnistuttu toivotusti.

Kuvio 4. Halkaistava ratkaisuvaihtoehto

#### 5.3.4 Ristikkäisläpällinen ratkaisumalli

Ristikkäisläpällisessä ratkaisumallissa (kuvio.5) tarkoituksena oli varmistaa se niin, että läpät eivät pääse aiheuttamaan ylimääräistä painetta tynkään. Päällimmäisen läpän reuna oli tarkoitus jättää sisemmän läpän leikkauslinjojen ylitse niin, että läppiä kiristettäessä päällimmäinen läppä kantaa kiinteän holkin päältä. Jäykkyyden säilyminen oli kysymysmerkinä tämän ratkaisumallin kohdalla. Alustavaa testausta ei voitu tehdä kuten muiden holkkien kohdalla, koska kyseinen holkkimalli tuli suorittaa kahdella hartsivalulla. Ensimmäinen valu tehtäisiin sisemmän läpän aikaansaamiseksi läppien ollessa holkissa



päällekkäin. Alue joka kyseisessä holkissa joudutaan leikkaamaan alemman läpän aikaan saamiseksi, tulisi olemaan hyvin pitkälti saman kaltainen kuin vastakkäisläpällisessä holkkimallissa. Vaikka leikkauslinja onkin eri suuntainen, uskon jäykkyyden säilyvän tässä mallissa vähintään yhtä hyvin.

Kuvio 5. Ristikkäisläpällinen ratkaisuvaihtoehto

#### 5.4 Kehittäminen ja viimeistely

Luonnosteluvaiheen jälkeen tulee päättää ratkaisu, jota lähdetään suunnittelemaan yksityiskohtaisesti lopulliseksi markkinoitavaksi tuotteeksi. Kehittämävaiheessa pyritään suunnittelemaan tuote tuotteen yksityiskohdat niin, että viimeistelyvaiheessa työpiirustukset ja osaluettelot ovat yksikäsitteisesti tehtävissä. Tuotetta testataan ja todetaan sen heikkoja kohtia. Todetut heikkoudet pyritään eliminoimaan tuotteesta, jotta päästään lähemmäs haluttua lopputulosta. Heikkojen kohtien poistamiskierroksia joudutaan tekemään monesti useita. (Jokinen 2001:89.)

Viimeistelyssä tehdään tuotteen työpiirustukset, työselitteet, asennus- ja käyttöohjeet. Viimeistelyn yhteydessä päätetään lopullisista raaka-aineista, valmistustavoista jne. Laitteista joiden valmistuskustannukset ovat kohtuullisia valmistetaan vielä prototyypit. Jos kustannukset ovat suhteettomat, on syytä valmistaa pienoismallit. Myös käytettävien osien valmistuksesta sekä markkinoilta löytyvien osien käytöstä päätetään. (Jokinen 2001:96-99.) Ratkaisuvaihtoehdoista prototyyppien valmistukseen valikoituivat vierekkäisläpällinen sekä ristikkäisläpällinen ratkaisuvaihtoehto. Nämä vaihtoehdot vakuuttivat eniten alustavan jäykkyyden säilyttävyyden havainnoimisessa sekä teknisen toteutuksen suhteen. Halkaistava malli hylättiin teknisen toteutuksen vaativuuden takia ja vastakkäisläpällisessä mallissa liiallisen kiristämisen mahdollisuus epäilytti. Prototyyppi vaiheessa läppien kiinnitysmekanismi toimii tarralla varustettu joustamaton nylonremmi. Rajallisten resurssien johdosta tarkkojen työpiirustusten valmistaminen ja käytettyjen osien luettelo jäivät tämän työn puitteissa tekemättä. Teknisen toteutuksen avaamisen yhteydessä pyrin kuitenkin käymään työvaiheet sekä käytetyt materiaalit yksityiskohtaisesti läpi.

## **6 Tekninen toteutus**

Ideavaihtoehdoista prototyyppivaiheeseen valikoitui kaksi ratkaisuluonnosta. Ne ovat ratkaisuluonnoksista yksinkertaisimpia tekniseltä toteutukseltaan säilyttäen silti jäykkyyden holkissa. Nämä seikat olivat valmistuksellisesti osatavoitteena tuotteen kehittäessä. Valikoidut ratkaisumallit ovat myös yksinkertaisimpia käytettävyydeltään. Prototyyppivaiheeseen valikoitui ristikkäisläpällinen sekä vierekkäisläpällinen holkkimalli. Ristikkäisläpällisessä mallissa holkkivalu tehdään kaksiosaisena ja molemmissa paikallisesti vahvistettuna mahdollistamaan jouston ja jäykkyyden holkin oikeissa osissa. Joustoa tarvitaan holkin pukemisessa sekä riisumisessa, mutta holkki ei saa joustaa käytössä. Tämä ideologia tuottaa vaikeuksia teknisessä toteutuksessa, koska holkki tullaan osittain saamaan auki sen tarkoituksen mukaisen toimivuuden takaamiseksi. Jäykkyys ja joustavuus oikeassa suhteessa saadaan aikaiseksi oikeiden päämateriaalien ja jäykistävien rakenteiden valinnalla sekä sijoittelulla. Jos tämä ei onnistu valmistuksessa, holkki ei toimi käytössä oikealla tavalla. Tämä tarkoittaa, sitä että holkki ei kestä käyttöä tai sen pukeminen ja riisuminen ei onnistu.

## 6.1 Käytettävät materiaalit

Holkkivalussa käytössä olevat jäykistävät materiaalit ovat: perlonkuitu, nylglas, lasikuitu ja hiilikuitu. Perlonkuidun tarkoituksena on olla pintamateriaalina holkissa sen sisä- ja ulkopinnoilla. Se on sukkamaista kudottua kangasta, joka venyy ja muotoutuu hyvin tyn- gästä otetun mallin päälle. Perlon jättää tasaisen pinnan holkkiin, kun sitä käytetään va- lussa ensimmäisenä ja viimeisenä, eli sisä- ja ulkopinnalla. Nylglas on myös valuun tar- koitettua sukkamaista kudottua kangasta, mutta se sisältää 35% polyamidia ja 65% la- sikuitua. Nylglas muotoutuu myös hyvin tyngän mallin päälle ja lasikuidun ansiosta se on valussa huomattavasti perlonia jäykempää. Nylglas jättää valupinnan epätasaiseksi, jos sitä käytetään holkin sisä- tai ulkopinnassa. Lasikuidulla on valussa tarkoituksena jäy- kistää holkkia. Se on alun perin tarkoitettu käytettäväksi ohuissa holkkivaluissa, mutta myös jäykisteenä normaalisti tehtävissä holkeissa. Lasikuitu on tässä tapauksessa hol- kissa käytössä sekä kudottuna joustavana sukkana, että nauhana. Hyvin kestävä lasi- kuitunauha on tarkoitettu paikallisten vahvistuksien tekoon holkissa. Käytössäni valussa oli 40mm leveää lasikuitunauhaa sekä 20mm leveää hiilikuitunauhaa. Hiilikuitu on vielä lasikuitua jäykempää myös paikallisiin vahvistuksiin tarkoitettua materiaalia. (Otto Bock Materials :72-84)

## 6.2 Mitanotto ja kipsinveisto

Mitanotossa ja kipsinveistossa seurasin normaalin sääriproteesin valmistuksen periaat- teita. Mitanoton yhteydessä tynkä tutkitaan perusteellisesti ja siitä otetaan kipsimalli. Tyngän mitanotto voidaan suorittaa myös tietotekniikkaa hyväksikäyttäen esimerkiksi 3D-skannerin avulla, jolloin malli muotoillaan tietokonepohjaisilla ohjelmilla. (Määttänen – Pohjolainen 2009:350.) Asiakkaalla ollessa käytössä silikonituppi, suoritetaan mita- notto silikonitupen päältä. (Vaiheittainen protetisointi 2009) Asiakkaan tyngän muoto on jo itsessään distaalisesti ympärysmitaltaan kasvava ja valtaosa silikonitupista joita käy- tetään sääriamputoiduilla ovat tyngän päästä proksimaalisesti ohenevia. Tyngän pään ympärysmitta siis lisääntyy silikonitupen kanssa, joka asiakkaan tapauksessa lisää huomattavasti tyngän pään ympärysmitan suhdetta tyngän ”varteen”. Ennen ongelman esiintymistä, oli asiakkaalla käytössään 6mm paksu silikonituppi, joka oheni proksimaa- lisesti 3mm paksuiseksi. Tämän tupen kanssa proteesin pukemisessa ei ollut ongelmia ennen operaatiota. Proteesin pukemisen ongelman ilmaantumisen jälkeen käyttöön on otettu kauttaaltaan 3mm paksu tuppi, jolla saadaan oikaistua muotoja jo huomattavasti,

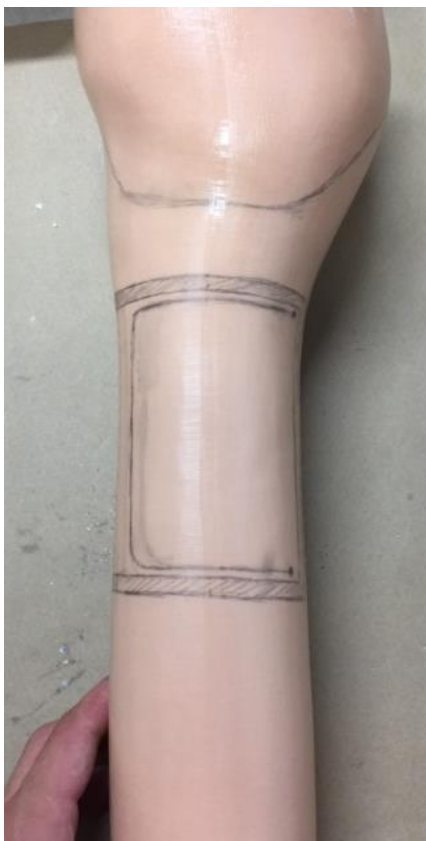
mutta ei tarpeeksi. Mitanotto suoritettiin käytössä olevan 3mm paksun tupen päältä. Mitanotossa pyrin jo kipsisiteen kietomisvoimakkuudella vaikuttamaan mahdollisimman paljon tyngän muotoihin. Kantopinnoilta hain puristusta ja tukea, mutta tyngän varren ja kärjen alueelta puristus oli vähäistä. Näin pehmytkudos ei kulkeudu kipsisidettä polvesta alaspäin kiedottaessa tyngän päähän. Mitanoton yhteydessä otin tyngästä silikonitupen päältä ympärysmitat, joita voin vertailla kipsiposiiviin kipsinveiston yhteydessä.

Proteesiholkin tulee jakaa ja pehmentää voima, joka kohdistuu tynkään koko kehon painolla proteesille varattaessa. Hyvä voiman jakaminen edellyttää ehdottoman tarkkaa protetisoitavan arviointia, hyvää mitanottoa ja holkin muotoilua. Teoriassa totaalikontaktiholkki jakaisi paineen kaikkialle tynkään tasaisesti, jolloin paine tynkää kohden olisi pienempi. Käytännössä tämä on kuitenkin lähes mahdotonta, sillä jotkut alueet tyngästä kestävät painetta huomattavasti toisia paremmin. Luisten alueiden kuten tibian harjan ja sen distaalipään sekä fibulan proksimaalipään paineen sieto on huomattavasti pehmytkudosalueita heikompaa. Paras lopputulos saadaan aikaiseksi jakamalla paine sitä kestäville alueille ja keventämällä paineitta heikosti kestäville alueilta tyngästä. (Kapp – Ferguson 2004:511.) Opinnäytetyössäni koehenkilönä toimivan asiakkaan tilanteessa tynkään kohdistuva paine joudutaan hakemaan selvästi tyngän proksimaalisesta osasta. Tyngän mediaalireuna on vahvasti tuettuna, jossa vastatuki haetaan tasaisesti lateraalireunalta. Polvijänteeltä ei voida vahvasti tukea, sillä asiakas ei kestä vahvaa tuentaa jänteeltä. Tibian harjan molemmilta puolilta voidaan hakea painetta tasaisesti, mutta tyngän posteriorisesta osasta ei voida hakea tukea, sillä alue josta paine pitäisi hakea on kriittinen proteesin pukemisen suhteen. Juuri tällä alueella on ympärysmitaltaan tyngän kapein kohta.

### 6.3 Ensimmäinen prototyyppi

Ensimmäiseksi prototyyppiä valikoitui ristikkäisläpällinen malli. Siinä tarkoituksena on tehdä kahdella valulla kaksikerroksinen läpällinen holkki, joka antaa periksi proteesia puettaessa. Aukeavat läpät ovat ristikkäin niin, että sisempi on auki lateraaliselta reunalta ja ulompi mediaaliselta. Tällä idealla tarkoituksena on ylläpitää holkin kiertojäykkyyttä verrattuna siihen, että holkista sahattaisiin kokonainen ”ikkuna” irti. Päällimmäinen läppä on avaukseltaan alemmaa suurempi, jolloin sen reunat jäävät kantamaan sisäläpän leikkausreunojen ulkopuolelle. Tämä estää läpän puristavan vaikutuksen ja sen, että tyn-

kään kohdistuisi liikaa painetta läppää suljettaessa. Mekanismi siis mahdollistaa ainoastaan läpän kiinnittämisen siihen kireyteen mihin kipsipositiivi on muokattu. Näin ollen liiallinen kireys tynkää vasten holkin avatulta alueelta ei ole mahdollista, eikä tynkään tästä johtuen pääse aiheutumaan liiallista painetta.



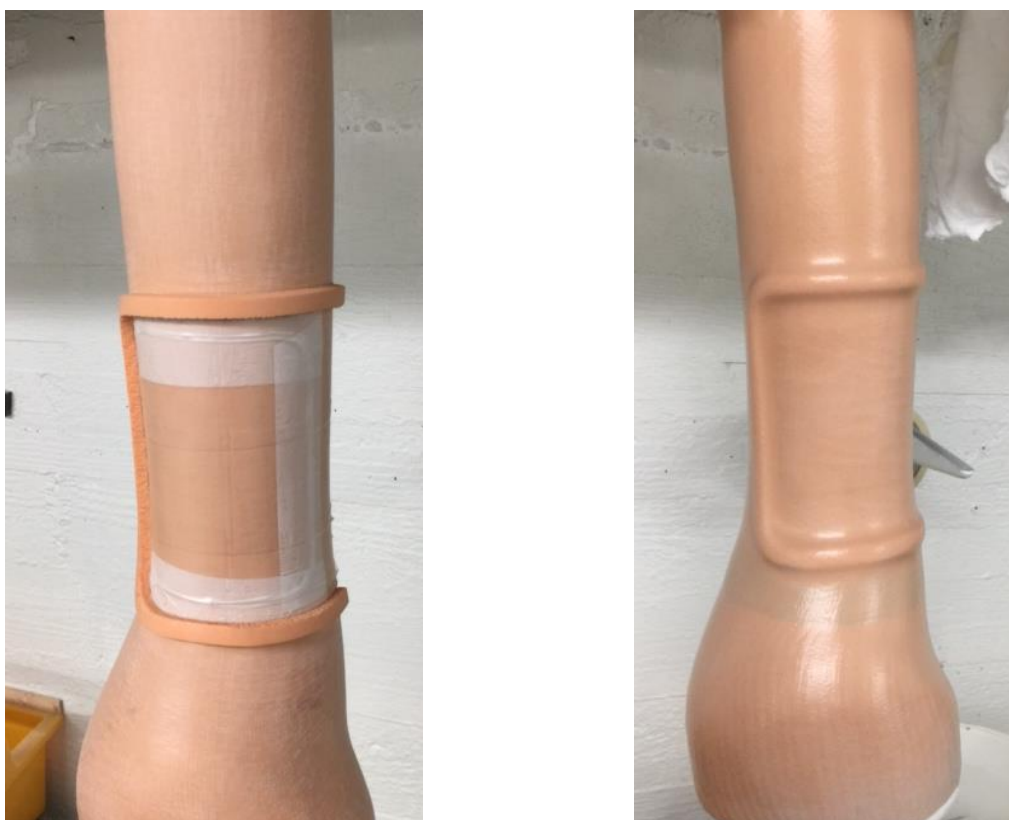
Ensimmäinen valukerros tehdään normaalin hartsivalun tavoin. Sen tulee kuitenkin olla ohuempi, kuin yhdellä valulla tehtävät proteesiholkit. Valun paksuus ja siihen tulevat jäykistävät materiaalit mietitään käyttäjän mukaan. Käyttäjän paino ja proteesin käyttöaktiivisuus vaikuttavat jäykistävien rakenteiden määrään proteesiholkissa. Käytin asiakkaan holkin valmistukseen perlon-, nylglas-, lasi- ja hiilikuitua. Perlonkuitu on holkissa perusrakenteena, jota vahvistetaan lasi/polyamidikuitu yhdistelmällä, nylglasilla, sekä lasikuidulla. Hiilikuitunauhalla tein paikallisia vahvistuksia ja jäykisteitä holkkiin. Alemmasta valusta tein neljä kerroksisen, johon laitoin kaksi kerrosta perlonkuidusta sukkaa ja kaksi nylglas sukkaa. Valun tein polyesterihartsilla alipaineen avulla. Polyesterihartsiin sekoitetaan 2-3% suhteessa kovetin aine, joka reagoiessaan kovettaa hartsin valmiiksi muoviksi.

Kuvio 6. Läppien leikkauslinjat hahmoteltuna ensimmäiseen valukerrokseen

Alemman valun kovetuttua, aloin hahmotella alemman läpän leikkauslinjaa. Linja tuli kohdistaa holkissa ohuimman ympärysmitan kohdalle. Mittasin ympärysmitat holkin päältä ja piirsin lyijykynällä linjan, josta holkki leikataan auki(kuvio.6). Tässä vaiheessa hahmottelin jo valmiiksi päällimmäisen läpän leikkauslinjaa, jolloin näin sen sijoittumisen mediaali-lateraali-suunnassa. Piirrettyäni ja hahmoteltuani läppien sijainnit, porasin 5mm poranterällä reiät alemman läpän leikkauslinjan molempiin päihin ja leikkasin kipsisahalla holkin auki piirtämäni linjaa pitkin. Porausreikien tarkoituksena on estää kovan holkin halkeamista sitä venytettäessä proteesia puettaessa. Läppien tullessa päällekkäin, on



päällimmäistä valua tehtäessä huomioitava sen kiinnittymisen estäminen alempaan kerrokseen läpän alueelta. Alempi kerros on siis suojattava ylemmän läpän suuruiselta alueelta. Käytin suojaamiseen PVC muoviteippiä. Suojauksen tuli kattaa alemman läpän alue, sekä noin 5mm sen ympäriltä joka suuntaan. Kun päällimmäinen valu on tehty alemman pintaan, ei alemman läpän leikkauslinjaa ole havaittavissa ja toisen läpän leikkauslinjan hahmottaminen on mahdotonta. Alemman- ja päällimmäisen valun väliin tein 4mm paksusta ja 5mm leveästä solukumista päällimmäisen läpän leikkauslinjaa myötäilevän kohouman, joka erottuu selvästi valun pinnasta (kuvio.7). Kohouma estää myös läppää sahattaessa sahanterän osumista alempaan valupintaan. Ennen pintavalun tekemistä, tuli alivalun pinta karhentaa pintavalun siihen kiinnittymisen takaamiseksi. Pintavaluun laitoin jäykisteiksi holkin etuosaan lasikuitunauhaa kulkemaan ristiin jäykistämään holkkiin kävelyssä kohdistavaa kiertoliikettä. Tämän lisäksi holkkiin tuli hiilikuitupannat läppien ala- ja yläpuolelle, sekä lasikuitua vahvistamaan holkin päähän tulevaa adapteria. Kipsin irrottaminen holkista ei antanut hyvää vaikutelmaa holkin toimivuudesta. Holkkia vedettäessä pois kipsin päältä, halkesi kipsistä pala distaalisesti. Holkki ei siis antanut periksi kovan kipsin irtoamiseksi holkista. Uskoin kuitenkin holkin toimivan asiakkaalla tyngän pehmytkudoksen joustaessa proteesia puettaessa.



Kuvio 7. Valkoisen muoviteipin alla näkyy alemman läpän leikkauslinja. Ylemmän läpän leikkauslinja kulkee kuvissa näkyvän solukumin muodostaman kohouman mukaisesti.

### 6.3.1 Ensimmäisen prototyypin sovitus

Sovitusten järjestäminen oli osahaasteena opinnäytetyötä tehtäessä. Asiakkaalla ei ollut mahdollisuutta tulla Helsinkiin proteesipajalle vaan sovitukset jouduttiin tekemään kotikäynteinä. Kotikäyntien yhteydessä sovituksessa ei voida esimerkiksi hioa holkin reunoja tai tekemään suurempia muutoksia lämpömuokattavaan holkkiin, koska työkalut ja -tilat ovat rajalliset. Sovituksessa helputuksekseni huomasin holkin toimivan suunnittelemani tavalla. Holkki oli asiakkaalle huomattavasti helpompi pukea kuin sovitushetkellä käytössä ollut proteesiholkki. Koska kyseessä oli ensimmäinen prototyyppi, tein kiristysmekanismiksi ainoastaan 30mm leveän tarralla varustetun joustamattoman nylonremmin, joka kiersi holkin ympäri ja lukitsi läpät. Ohjaajani kanssa todettuamme holkin sopivuuden asiakkaalle, jätimme sen hänelle koekäyttöön. Koekäyttöä ei kerennyt kulua montaakaan päivää, kunnes asiakas soitti tyngän kipeytyneen. Kipeytyminen ei kuitenkaan johtunut pukemisen helpottamiseksi tehdyistä läpistä vaan virheistä kipsinveistossa. Kipsinveistossa en ollut ottanut kantopinnoilta tarpeeksi tukea, josta johtuen tynkä pääsi valumaan liian syvälle holkkiin ottaen kiinni sen pohjaan. Näin ollen tyngän pää kipeytyi kontaktista holkin pohjaan.



Kuvio 8. Ensimmäinen prototyyppi sovitusvalmiina

Positiivisena asiana ensimmäisessä sovituksessa oli proteesin pukemisen ja riisumisen helpottuminen. Proteesia puettaessa huomasin kuitenkin pehmytkudoksen ottavan kiinni holkin sisäpinnalla läpän muodostaman luukun reunaan. Pehmytkudos ikään kuin pursui luukun reunan ympärille ja näin ollen hieman vaikeutti proteesin päälle pukemista. Ongelmaksi pidemmällä aikavälillä voi tulla silikonitupen kangaspinnan hajoaminen sen ottaessa kiinni luukun reunaan aina proteesia puettaessa ja riisuttaessa. Toista prototyyppiä tehtäessä on kyseinen ongelma pyrittävä eliminoimaan. Toiseksi ongelmaksi osoitautui holkin yläosan eli kantopintojen epäsopivuus. Tästä johtuen ennen toisen prototyypin tekemistä on kipsipositiivia muokattava ennen holkin valamista.

#### 6.4 Toinen prototyyppi

Vertailin käytössä olevan holkin mittoja ensimmäiseen prototyyppiin ja huomasin tehneeni poistot kipsipositiivista melko varovaisesti. Ennen ensimmäisen prototyypin valmistusta olin ottanut kipsistä kopion varmuuden vuoksi, koska epäilin kipsin rikkoutuvan holkkia irrotettaessa sen päältä. Ennen toisen prototyypin valmistusta muokkasinkin aikaisemmin käyttämäni kipsipositiivia reilusti. Hain painetta tynkään sen sietämille alueille huomattavasti aikaisempaa enemmän sekä lisäsin hieman pituutta kipsiin, jotta tyngän pää ei pääse osumaan proteesiholkin pohjaan. Toisena prototyyppinä valmistin vierekäisläpällisen holkkimallin. Siinä tarkoituksena on tehdä holkkiin kaksi läppää, jotka joustavat ja antavat tilaan holkin kapeasta kohdasta proteesia puettaessa. Kyseisen holkkimallin päätin tehdä yhdellä valulla. Yhdellä valulla tehtäessä läpät pääsevät joustamaan holkissa niin, että niitä kiristettäessä ne luovat liikaa painetta tynkään. Tästä johtuen läppiä on erikseen jatkettava mallissa, jotta ne kantavat niiden väliin jäävän alueen päälle eivätkä pääse luomaan painetta tynkään. Kehiteltävänä asiana ensimmäisestä prototyypistä oli luukun reunojen ahdistaminen proteesia puettaessa. Lähdin ratkaisemaan ongelmaa pyöristämällä sisäpinnan reunoja, jotta ne eivät olisi niin teräviä. Käytännössä toteutin tämän solukumista valmistetulla reunoistaan pyöristetyllä listalla. Listan asetin holkkivalussa alikalvon alle myötäilemään linjoja, joita pitkin läpät leikataan auki.

Holkkivalun suoritin periaatteeltaan hyvin pitkälti samalla kaavalla kuin ensimmäisessäkin prototyypissä, ainoastaan yksi kerroksisena. Holkin etuosaan tuli lasikuidusta ristikkäisvahviste tukemaan kierto liikettä, sekä läppien ala- ja yläpuolelle asetin hiilikuitunauhaa holkin ympäri. Läppien väliin jäävän osuuden tuuin myös hiilikuitunauhalla varmistakseni holkin etu-/takasuuntaisen jäykkyyden. Takaosan jäykkyys kyseisessä mallissa



on tärkeää, koska läppien leikkauslinjat ovat huomattavasti edempänä ensimmäiseen prototyyppiin verrattuna. Alustavia testejä kouluta löytyneillä holkeilla tehdessäni totesin, että mitä edemmäs leikkauslinja menee, sitä enemmän menetetään holkin pyöreän profiilin luomaa jäykkyyttä. Valettuani holkin, sahausin läpät auki solukumilistan muodostaman kohouman kohdalta. Sahauslinjan päihin porasin 5mm poranterällä reiät estämään holkin halkeamista sen ollessa jatkuvassa venytyksessä proteesia puettaessa ja riisuttaessa. Niin tässä kuin ensimmäisessäkin prototyypissä, holkin irrottaminen kipsiposiiviin päältä ei sujunut ongelmitta. Ainoa keino saada kipsi pois holkista oli rikkoa se holkin sisään.

Kuvio 9. Hiilikuituvahvisteet sekä läppien leikkauslistat holkin valuvaiheessa



Yksikerroksisen holkkivalun takia, jouduin tekemään erilliset stopparit läpille, jotta ne eivät voi painua tynkää vasten läppiä kiristettäessä. Stopparit tein läppien jatkeeksi nojaamaan niiden väliin holkin takaosaan jäävään osaan. Tein stopparit lasikuitunauhasta. Läppien väliin jäävän osan suojasin muoviteipillä niin, ettei lasikuitu tartu siihen kiinni ja laitoin sen keskelle solumuovista pienen listan (kuvio.10), josta läppien jatkeet on helppo irrottaa toisistaan. Stopparit ohjasivat myös hyvin prototyypissä käytettävän nylonremmin kulkua holkin ympäri.

Kuvio 10. Stopparit estävät tynkään kohdistuvan liiallisen paineen

### 6.4.1 Toisen prototyypin sovitus

Toisen prototyypin sovitus loi kovat odotukset ensimmäisen ollessa pienoinen pettymys. Tein kipsinveistossa suuria muutoksia edelliseen malliin ja kiristin huomattavien poistojen avulla holkin muotoa ensimmäiseen prototyyppiin verrattuna. Jo ensimmäisen ja toisen prototyyppiholkin yläosia verrattaessa huomasin toisen prototyypin olevan huomattavasti ensimmäistä tiukempin. Mielessäni kävikin, että olenko tehnyt holkista jo liian kiireän. Sovituksen yhteydessä huomasin kuitenkin, ettei näin ole. Asiakkaan pukiessa proteesia päälle huomasin välittömästi, että myös toinen prototyyppi oli liian löysä. Koska sovitus tehtiin aivan opinnäytetyön aikataulun loppuvaiheilla, oli tilanne suuri pettymys. Proteesi ei kantanut toivottavilta kuormapinnoilta tarpeeksi ja tynkä pääsi laskeutumaan holkkiin liian syväälle. Näin ollen holkkia ei voi koekäyttää toivotulla tavalla, sillä se voi aiheuttaa suuria ongelmia tyngässä.

Sovituksen yhteydessä yritin kuitenkin selvittää pukemista helpottavan mekanismin toimintaa käytännössä. Proteesia puettaessa läpät joustivat toivotusti, mutta holkin ollessa liian suuri ei voitu pidemmän aikavälin seuranta holkin toimivuudesta toteuttaa. Mitanoton yhteydessä otin tyngästä silikonitupen päältä ympärysmitat, joita käytin hyväkseni kipsinveistossa. Sovituksen yhteydessä otin uudet mitat tyngästä, sillä mielestäni olin kipsinveistossa tarkasti seurannut ottamiani ympärysmittoja. Sovituksen yhteydessä otettuja mittoja mitanotossa otettuihin mittoihin verrattaessa huomasin tyngässä tapahtuneen muutoksia. Tynkä oli ottamieni mittojen perusteella supistunut, mikä aiheutti holkin väljyyden. Asiakkaan mukaan hänen painonsa ei ole muuttunut eikä myöskään nesteiden kiertoon vaikuttavia lääkkeitä olla muutettu, joten tyngän supistumisen syy jäi arvoitukseksi.

### 6.5 Prototyyppien ongelmat

Aikataullisten resurssien vajavaisuus opinnäytetyön haasteellisuuteen lisättynä vaikeuttivat sen toteuttamista. Kävin asiakkaan luona yhteensä kolme kertaa. Nämä käynnit sisälsivät mitanoton sekä kahden eri prototyyppien sovituksen. Sovituksissa ongelmiksi muodostuivat proteesien epäsopivuus, joka ei aiheutunut pukemista helpottavasta mekanismista vaan kipsinveistossa tehdyistä virheistä. Epäsopivien holkkien takia seuranta niiden toimivuudesta ei voitu suorittaa ja prototyyppien toimivuutta ei voitu todeta käytännössä. Sovitusten yhteydessä niiden perusperiaate kuitenkin vaikutti sovituksessa tehtyjen havaintojen perusteella lupaavalta. Sopiva malli prototyyppien tekemiseen pitää saada aikaiseksi ennen kuin niiden toimivuutta voidaan kunnolla havainnoida.

## 7 Pohdinta

Odotukseni opinnäytetyötä kohtaan olivat melko korkealla. Tavoitteenani oli tehdä asiakkaalle proteesi, joka mahdollistaisi distaalisesti paksun tyngän pukeminen proteesiin. Mitanotto- ja sovituskäynnit asiakkaan luona, tämän ollessa estynyt tulemaan pajalle, loivat yllättäviä haasteita opinnäytetyön toteuttamisessa. Kaikkiaan kävin yhdessä työelämän ohjaajani kanssa asiakkaan luona opinnäytetyöni tiimoilta kolme kertaa. Nämä kerat pitivät sisällään mitanoton sekä kaksi sovitusta. Alun perin ajatuksenani oli, että teen asiakkaan luona mitanoton ja sovituksen lisäksi ainakin yhden seurantakäynnin prototyypin kohden, eli siis yhteensä viisi käyntiä. Tämä ei kuitenkaan toteutunut ja jouduin pärjäämään vähemmällä käynneillä.

Ensimmäisen prototyypin sovitus antoi odotuksia sen toimivuuden kannalta. Pettymyksekseni proteesiholkissa oli kuitenkin kipsinveistossa tapahtuneen virheen takia ongelmia ja prototyypin käyttöaika asiakkaalla jäi hyvin lyhyeksi. Koska asiakaskäyntiä ei saatu järjestymään, en myöskään saanut tehtyä korjauksia proteesiin. Tuotteen kehittäminen olisi ollut huomattavasti helpompaa, jos käytössä olisi ollut valmis toimiva kipsipositiivi. Näin olisin voinut keskittyä enemmän tuotteen kehittämiseen, eikä voimavaroja olisi kulunut mitanoton ja kipsinveiston tuomiin haasteisiin. Ongelman olisin voinut ratkaista sovitusholkilla, jolla kantopinnat sekä holkin linjat oltaisiin voitu varmistaa ennen prototyyppien tekoa. Prototyypeissä oltaisiin voitu tällä tavoin keskittyä vain tyngän distaalisen paksuuden tuomiin haasteisiin. Sovitusholkin tekeminen olisi kuitenkin vaatinut ainakin yhden proteesin sovituskerran lisää asiakkaan luona, jonka järjestäminen olisi ollut haastavaa.

Toinen prototyyppi oli malliltaan sellainen, jota lähdin aivan ensimmäisenä miettimään aloittaessani opinnäytetyötä. Jätin sen harkitusti toiseksi prototyyppiksi, sillä ajatuksella, että en lähde ”laput silmillä” tuottamaan ensimmäistä mieleen juolahtavaa ajatusta, vaan tarkastelen avoimesti myös muita mahdollisia ratkaisuja. Myös toisen prototyypin kanssa koin sovituksen järjestämisessä ongelmia. Sovitus oli tarkoitus pitää vain muutama päivä ennen tämän työn esittämistä, mutta asiakkaan terveydellisistä syistä se jouduttiin peruamaan. Niinpä opinnäytetyö esitettiin hieman keskeneräisenä. Sovitus saatiin kuitenkin järjestettyä ennen opinnäytetyön julkistamista. Myös toisen prototyypin kanssa ongelmat muodostuivat kipsimallin muotojen suhteen. Vaikka muutoksia kipsiin tehtiin, ei kantopinnat holkissa olleet vieläköän kohdillaan.

Kaiken kaikkiaan en ole täysin tyytyväinen opinnäytetyössäni tekemääni työhön. Ajankäytöllisesti olisin voinut suunnitella projektin huomattavasti paremmin ja aikaisempi aloitus työlle olisi voinut myös mahdollistaa useamman asiakaskäynnin opinnäytetyön puitteissa. Sain kuitenkin valmistettua kaksi periaatteeltaan toimivaksi todettua tuotetta asiakkaalle, vaikkakin prototyyppien toimivuuden seuraaminen käytössä jäi lyhyeksi. En siis voi olla varma olisiko juuri pukemista edistävä toteutus holkissa aiheuttanut ongelmia proteesin käytössä pidemmällä aikavälillä. Seurannan toteutukselle ei työssäni jäänyt aikaa. Myös loppuviimeistely tuotteen suhteen jäi tekemättä, joka antaa valmistetuista prototyypeistä mielestäni melko karun kuvan. Tuote vaatii vielä huomattavan paljon kehitystä ja seurantaa ennen, kuin sen toimivuus tai toimimattomuus voidaan varmasti todeta.

## Lähteet

- Beil, Tracey L – Street, Glenn M 2004. Comparison of interface pressures with pin and suction suspension systems. Journal of Rehabilitation Research and Development. Verkkojulkaisu. <http://www.rehab.research.va.gov/JOUR/04/41/6/pdf/Beil.pdf> Luettu:20.10.2016
- Bowker, John H 2004. Transtibial amputation: Surgical management. Teoksessa Smith, Douglas G – Michael, John W – Bowker, John H: Atlas of Amputation and Limb Deficiencies. American Academy of Orthopaedic surgeons: Rosemont/USA
- Doyle, William – Goldstone, Jerry – Kramer, Dave 1993. The Syme Prosthesis Revisited. American Academy of prosthetics and orthotics. Verkkojulkaisu. <[http://www.oandp.org/jpo/library/1993\\_03\\_095.asp](http://www.oandp.org/jpo/library/1993_03_095.asp)> Luettu: 20.10.2016
- Gholizadeh, Hossein – Osman, Noor Azuan Abu – Eshraghi, Arezoo – Ali, Sageed 2014. The Effects of Suction and Pin/Lock Suspension Systems on Transtibial Amputees' Gait Performance. University of Malaya. Verkkojulkaisu. < <http://journals.plos.org/plosone/article/asset?id=10.1371/journal.pone.0094520.PDF>> Luettu: 6.11.2016
- Härkönen, Ulla – Karhu, Raisa – Konkka, Jyri – Mikkola, Tuula – Roivas, Marianne 2011. Hyvinvointi ja toimintakyky-yksikön opinnäytetyöohje. Metropolia digipaino
- Ikonen, Tuija S 2011. Alaraaja-amputaatioiden määrä vähenee – mutta ei riittävästi. Lääketieteellinen aikakauslehti Duodecim 127(15). Verkkojulkaisu. <[http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p\\_p\\_id=Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet&p\\_p\\_action=1&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&viewType=viewArticle&tunnus=duo99704](http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&viewType=viewArticle&tunnus=duo99704)> Luettu:14.9.2016
- Ikonen, Tuija S. – Sund, Reijo – Venermo, Maarit – Winell, Klas 2010. Fewer Major Amputations Among Individuals With Diabetes in Finland in 1997–2007. Ncbi. Verkkojulkaisu. < <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2992197/>> Luettu: 4.11.2016
- Jokinen, Tapani 2001. Tuotekehitys. Väitöskirja. Helsinki: Hakapaino OY
- Juutilainen, Vesa – Lepäntalo, Mauri 2010. Amputaatiot. Teoksessa Roberts, Peter – Alhava, Esko – Höckerstedt Krister – Leppäniemi, Ari (toim.). Kirurgia. Helsinki. Kustannus Oy Duodecim
- Kapp, Susan L – Ferguson, John R 2004. Transtibial Amputation: Prosthetic Management. Teoksessa Smith, Douglas G – Michael, John W – Bowker, John H: Atlas of Amputation and Limb Deficiencies. American Academy of Orthopaedic surgeons: Rosemont/USA
- Kruus-Niemelä, Maria 2010. Teoksessa Salminen, Anna-Liisa(toim.) 2010. Apuvälinekirja. Kehitysvammaliitto ry. Kouvola: Solver Palvelut Oy.



Klute, Glenn K – Berge, Jocelyn S – Biggs, Wayne – Pongnumkul, Suporn – Popovic, Zoran – Curless, Brian 2011. Vacuum-Assisted Socket Suspension Compared With Pin Suspension for Lower Extremity Amputees: Effect on Fit, Activity, and Limb Volume. American Congress of Rehabilitation Medicine. Nettijulkaisu. <[http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993\(11\)00353-4/pdf](http://www.archives-pmr.org/article/S0003-9993(11)00353-4/pdf)> Luettu: 3.11.2016

Krosin, Richard 2005. The pin lock reference manual for prosthetists. Verkkojulkaisu. <<http://www.oandp.org/publications/resident/pdf/Locks.pdf>> Luettu:10.10.2016

Lilja, Magnus – Öberg, Tommy 1997. Proper Time for Definitive Transtibial Prosthetic Fitting. Verkkojulkaisu. [http://journals.lww.com/jpojournal/Abstract/1997/00920/Proper Time for Definitive Transtibial Prosthetic.9.aspx](http://journals.lww.com/jpojournal/Abstract/1997/00920/Proper_Time_for_Definitive_Transtibial_Prosthetic.9.aspx) Luettu: 20.10.2016

Michael, John W 2004. Prosthetic Suspension and Components. Teoksessa Smith, Douglas G – Michael, John W – Bowker, John H: Atlas of Amputation and Limb Deficiencies. American Academy of Orthopaedic surgeons: Rosemont/USA

Määttänen, Mika – Pohjolainen, Timo 2009. Raaja-amputaatiot, proteesit ja kuntoutus. Teoksessa Arokoski, Jari – Alaranta, Hannu – Pohjolainen, Timo – Salminen, Jouko – Viikari-Juntura, Eira (toim.): Fysiatría. Kustannus OY Duodecim. Keuruu: Otavan kirjapaino

Pohjolainen, Timo 1993. Alaraaja-amputaatiot ja protetisointi. Lääketieteellinen aikakauslehti Duodecim 109 (4). Käypä Hoito. Verkkootikkeli. <[http://duodecim-lehti.fi/web/guest/arkisto?p\\_p\\_id=Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo30045&dlehtihaku\\_view\\_article\\_WAR\\_dlehtihaku\\_p\\_auth](http://duodecim-lehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo30045&dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth)> Luettu: 17.8.2016

Rissanen, Tapio 2003. Yrittäjän Käsikirja. Saarijärvi: Pohjantähti Polestar

Vaiheittainen Protetisointi 2009. Suomen Proteesipalvelu. Onnistunut amputoidun alaraajan protetisointi. Verkkokirja. <<http://www.proteesipalvelu.fi/kirja2009.pdf>> Luettu: 27.10.2016

Zachariah, Santosh G – Saxena, Rakesh – Ferguson, John R – Sanders, Joan E 2004. Shape and volume change in the transtibial residuum over the short term: Preliminary investigation of six subjects. Journal of Rehabilitation Research and Development. Verkkojulkaisu. <<http://www.rehab.research.va.gov/jour/04/41/5/Zachariah.html>> Luettu 3.11.201



