



Saastamoinen Olavi

Yksilöllinen alaraajaproteesi harmaapapukaijalle

Tuotekehitystyö

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Apuväleteknikko
Apuvälinetekniikan
koulutusohjelma
Opinnäytetyö
12.11.2010

Tekijä Otsikko	Olavi Saastamoinen Yksilöllinen Alaraajaproteesi Harmaapapukaijalle
Sivumäärä Aika	35 sivua 10.11.2010
Tutkinto	Apuvälineteknikko
Koulutusohjelma	Apuvälinetekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Apuvälineteknikko
Ohjaajat	Koulutuspäällikkö Maria Kruus-Niemelä Lehtori Tomi Nurminen Yliopettaja Kaija Matinheikki-Kokko Glyn Heath
<p>Opinnäytetyöni aiheena on Yksilöllisen raajaproteesin valmistaminen harmaapapukaijalle. Asiakkaani on 36- vuotias. Sen oikea alaraaja on vaurioitunut vuosia sitten sen jäätyä kiinni hänen rautoihin lentoonlähdön yhteydessä. Jalka oli jäänyt hoitamatta, mistä oli seurannut pitkäaikainen kiputila, virheasento sekä lopulta kasvaimia pitkittyneen kudosten ärsytyksen seurauksena. Vajaat kaksi vuotta sitten raaja päätettiin amputoida sääriluun kohdalta. Tyngän suojana pidettiin huovasta valmistettuja tossuja, mutta oli kuitenkin tarpeen kehittää kestävämpi ratkaisu proteesiksi.</p> <p>Omistajat ottivat yhteyttä kouluunne ja sitä kautta päätin ryhtyä kehittämään proteesia, jonka avulla lintu voisi käyttää jalkaansa liikkumiseen ja samalla tynkä olisi suojattuna. Tavatesamme ensi kertaa otettiin säären tyngästä pituus- ja ympärysmittoja, joiden perusteella mitoitin proteesin. Myöhemmin tyngästä saatiin otettua myös kipsimitta, joka vastaa tarkasti jalan oikeaa muotoa. Sitä käytettiin proteesin viimeisimmissä versioissa. Ensimmäisiä malleja varten tehtiin ympäry- ja pituusmittojen mukaan puinen positiivi tyngästä. Valmistustekniikkana kokeiltiin Ihmistenkin proteeseissa käytettäviä valutekniikoita, päätyen lopulta lämpömuovattavaan hiilikuituun. Jalkaa vasten tulevana pehmusteena käytettiin melkein kaikissa kokeiluissa Ponia, joka tasaa hyvin iholle tulevaan painetta. Viimeisessä mallissa kokeiltiin pehmusteena silikonista. Malliltaan proteesi on pitkittäin kahta halkeava ja kuminauhalla kiristettävä. Halusin suunnitella mallin, jossa tyngän pää ei ole kontaktissa mihinkään koska se on hyvin arka.</p> <p>Projekti osoittautui hyvin haastavaksi. Suurimpia ongelmia ovat olleet papukaijan taipumus hajottaa proteesit nokallaan ja pitkä välimatka minun ja asiakkaani välillä, joka vaikeutti tapaamisia. Kävelysuorituksen sujuvuudessa ei edistytty niin hyvin, kuin toivottiin. Kävely tapahtuu edelleen nokkaan tukeutuen, kuten alussa. Proteesi kuitenkin mahdollistaa amputoidun raajan kuormittamisen, joten seisominen ja kävely onnistuvat huomattavasti paremmin, kuin ilman proteesia. Kehitystyö ei ole valmis. On mahdollista kehittää kokonaan uusi lähestymistapa asiaan tai ainakin parantaa olemassa olevaa rakennetta ja materiaaleja sekä proteesin istuvuutta edelleen.</p>	
Avainsanat	apuvälineet, proteesit, silikonit, hiilikuitu, papukaija

Author Title	Olavi Saastamoinen Customized Lower Limb Prosthesis for a Grey Parrot
Number of Pages Date	35 pages 10 November 2010
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Prosthetics and Orthotics
Specialisation	Prosthetist-Orthotist
Instructors	Maria Kruus-Niemelä, Head of degree programme Tomi Nurminen, Lecturer Kaija Matinheikki-Kokko, Lecturer Glyn Heath
<p>The purpose of this thesis was to manufacture an individual limb prosthesis for an African grey parrot. My client is 36 years old. Its right leg was damaged several years ago when its leg got stuck on the cage iron while trying to take off. The leg was left untreated, which was followed by a long-term pain, bad posture and finally tumors as a result of prolonged tissue irritation. Less than two years ago veterinarian decided to make a transtibial amputation. The owners made some felt slippers to protect the stump but it was necessary to develop a sustainable prostheses solution.</p> <p>The owners contacted our school and I decided to develop a prosthesis that allows the bird to use the leg and protects the stump. When we had the first appointment, I measured the stump with a measuring tape. Later I was able to make a plaster mold that more accurately reflects the true shape of the leg. I tried some manufacturing techniques and decided to use thermoplastic carbon fibre. I used Poron as a soft padding in almost every experiment. The last model was tested with silicone padding. The model of the prosthesis is fissile lengthwise and it is tightened by a rubber band. I wanted to design a model in which the end of the stump has no contact with any surface because it is very sensitive.</p> <p>The project proved to be very challenging. The main problems were the parrot's tendency to break the prosthesis with its beak and the long distance between me and my customer, which made the appointments more difficult to arrange. The smoothness of gait did not progress as well as I had hoped. The parrot is still relying on its beak while walking, as in the beginning. The prosthesis, however, allows it to bear weight on the amputated leg, so standing up and walking succeed much better than without the prosthesis. The development is not fully finished. It is possible to develop a completely new approach to the matter or at least improve the existing structure and materials and the fit of the prosthesis.</p>	
Keywords	prosthesis, parrot, silicone, tumor

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	ELÄIN ASIAKKAANA	1
2.1	Eroja ihmiseen verratuna	1
2.2	Etiikka	2
3	ESIMERKKEJÄ ELÄINTEN APUVÄLINEISTÄ	3
3.1	Proteesit	3
3.2	Ortoosit	6
4	ASIAKKAAN ESITTELY	6
4.1	Yleistietoa harmaapapukaijoista	7
4.2	Vammautuminen ja amputaatio	7
4.3	Nykyiset ongelmat ja tarpeet	8
5	PROTEESIN KEHITYSTYÖ	10
5.1	Ensitapaaminen	10
5.2	Proteesi valutekniikalla	11
5.3	Proteesi polypropeeni- muovista	15
5.4	Proteesi uudistetulla alaosalla	18
5.5	Uusi mitanotto	19
5.6	Proteesi Orfilight- muovista	21
5.7	Proteesi lämpömuovattavasta hiilikuidusta	23
5.8	Proteesi silikonista valmistetulla pehmusteella	27
6	POHDINTA	31

LÄHTEET

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tyypiltään tuotekehitystyö. Aiheena on raajaproteesin suunnittelu ja valmistus Afrikan harmaapapukaija Vikelle. Lähtökohtana oli papukaijan omistajien yhteydenotto koulullemme syksyllä 2009. Työn pääaiheena on proteesin tuotekehityksen prosessin kuvaus, mutta mukana on myös yleistä asiaa eläimistä.

Kehittely jaksottuu luontevasti prototyypeittäin ja niihin liittyvine uusine ideoineen ja ongelmineen. Tarkoitus oli saada aikaan proteesi, jonka kanssa onnistuu niin seisominen, kävely, kuin metalliritilöistä osittain muodostulla pesäpaikalla kiipeilykin. Materiaalit ja työmenetelmät ovat vaihtuneet prosessin aikana useaan kertaan.

Olen toteuttanut tätä projektia yhdessä Salfordin Yliopiston Glyn Heathin, papukaijan omistajien sekä eläinlääkäri Gisle Sjöbergin kanssa. Olen myös saanut hyviä ideoita monilta muiltakin henkilöiltä. Kehitystä parempaan suuntaan on nähtävissä toiminnallisesti arvioituna. Valitsin yhden suunnan kehitykselle ja koetin viedä sen niin pitkälle, kuin aikaa oli käytettävissä. Kehitystyö on vaatinut ehkä enemmän aikaa ja energiaa, kuin aluksi osasin ajatellakaan. Onneksi mukaan on mahtunut myös onnistumisen kokemuksia.

2 ELÄIN ASIAKKAANA

2.1 Eroja ihmiseen verrattuna

Kysyin Gisle Sjöbergiltä, eräältä suomen johtavista eksoottisiin eläimiin erikoistuneelta eläinlääkäriltä, miten hän luonnehtisi ihmisen ja eläimen eroja asiakkaana. Ihmisiltä saa paremmin palautetta ja heitä on helpompi motivoida, koska on yhteinen kieli. Toki ihmisetkään eivät aina ole suopeita hoidolle. He kenties tutkivat internetistä, onko lääkäri ollut oikeassa ja kyseenalaistavat tämän näkemyksiä. Eläimillä on yksinkertaisempaa kokeilla vaikkapa jotain uutta hoitoa, koska ei ole ennakkoluuloja siinä merkityksessä, kuin ihmisellä saattaa olla tai ainakaan ne eivät välttämättä osaa niitä ilmaista. Toiminta on eläinten kanssa suoraviivaisempaa ja perustuu enemmän lääkärin päätöksiin sekä todellisiin havaittuihin oireisiin kun potilaan puheilla ei ole mahdollisuutta sekoittaa lääkärin pääteöksentekoa. (Sjöberg 2010.)

Eläintä eikä varsinkaan vaativana lemmikkinä pidettyä papukaijaa voi lopulta opettaa tottelemaan saumattomasti. Eläimelläkin on oma tahto ja se tulee esiin tarpeen tullen. Jos eläin haluaa esimerkiksi hajottaa proteesinsa, se myös tekee sen jossain vaiheessa. Toisaalta eläintä voi tietyillä apuvälineillä estää koskemasta proteesinsa, mutta ihmisen kohdalla se onkin vaikeampi asia. (Sjöberg 2010.)

Asiakkaanani oleva papukaija Vikke on välillä myös Gislen asiakas. Hänen mielestään se on ihan mukava asiakas, kunhan ei olla sen kotona jolloin käytös saattaa olla agressiivista. Vaikeutena sen tapauksessa ollut esimerkiksi sulkien ja leikkaushaavan tikkien nyyppiminen. Ylipäänsä eläinten hoitamisessa on haastavaa oppia käsittelemään eläimiä, että voidaan viedä läpi hoitotoimenpiteet. (Sjöberg 2010.)

2.2 Etiikka

Ihmiset ovat valmiita tekemään yhä enemmän lemmikkiensä hyvinvoinnin eteen niin rahallisesti kuin muutenkin. Eläimille on nykyään monenlaisia helposti ylellisyydeksi luokiteltavia palveluja. Lemmikeistä on tullut myös tavallaan tapa toteuttaa itseään. Niistä voi tulla jopa elämäntapa.

Eläinlääketiede on melko herkästi tunteita nostattava aihe, kun tullaan alueelle jossa ei ole enää yksiselitteistä, mikä on oikeasti eläimen edun ja hyvinvoinnin kannalta paras ratkaisu. Laki kieltää tarpetonta kipua ja tuskaa aiheuttavien eläinten hoitoon liittyvän tai muuhun käsittelyyn tarkoitetun välineen valmistamisen (Eläinsuojelulaki 1996.). Yhä vaativampia sovelluksia kuitenkin tuodaan ihmislääketieteen puolelta eläinlääketieteen seen. Lemmikin omistaja saattaa vahvasti eläytyä hoidettavansa sielunelämään ja alkaa kokea ajattelevansa lemmikkinsä ajatuksia. Mutta missä vaiheessa ihmisen tahto lemmikin suhteen on epäreilua eläimen kannalta? Mistä tiedetään, mitä eläin itse haluaisi, jos saisi päättää? Onko eläimillä edes kykyä ajatella sellaisia asioita? Entä missä menee raja esimerkiksi eläinlääkärin ammatillisten intohimojen ja rahallisen hyödyn tavoittelun ja eläimelle parhaan ratkaisun välillä? Jos asiakkaalla on varaa maksaa, kuka silloin määrää, mitä on oikein tehdä ja mistä pitäisi kieltäytyä?

(Tannenbaum 1995: 374-376, 381-384, 389-393.)

Toisaalta voi olla niinkin, että ihminen laiminlyö velvollisuutensa huolehtia lemmikkieläimestään. Jos niin on, onko eläin itse moraalittomuuden kohteena vai ajatellaanko asiaa omistavan ihmisen kautta ja eläin on vain objekti? Toisin sanoen, onko eläin uhri vai onko kyseessä vain paha ihminen. Nykyään ollaan ehkä enemmän menossa eläimen yksilön oikeuksia ajavaan arvomaailmaan. (Rollin 2006: 27-29.)

Itse olen ehkä hieman erilaisessa asemassa päätösten eettisyyden suhteen kuin esimerkiksi eläinlääkärit, joiden käsissä on lemmikkien elämä ja kuolema. Voin vain tehdä parhaani tilanteessa, johon tulin mukaan kesken prosessin.

3 ESIMERKKEJÄ ELÄINTEN APUVÄLINEISTÄ

Glyn Heath Salfordin yliopistosta on työskennellyt paljon eläinten apuvälineiden parissa ja häntä voidaan varmasti pitää yhtenä alan merkittävimmistä osaajista. Sain käyttööni materiaalia joistakin hänen projekteistaan. Suurin osa asiakkaista on ollut koiria, mutta myös esimerkiksi muutama lintukin on mahtunut mukaan.

Glyn on ollut mukana suunnittelemassa ja valmistamassa eläimille sekä proteeseja, että ortooseja. Salfordin yliopisto on ollut mukana käynnistämässä amputoiduille ja muuten vammautuneille eläimille tarkoitettua hoitotoimintaa Lacerta Rehabilitation Ltd:n kautta. Se on eräänlainen eläinsairaala, jossa on voidaan tarjota eläimille esimerkiksi fysioterapiaa, vesiterapiaa, apuvälineitä, kuten proteeseja ja ortooseja sekä vaikkapa mahdollisuus päästä magneettikuvaukseen. Yleisimpiä apuvälineitä ovat proteesit ja ortoosit. (Heath 2010.)

3.1 Proteesit

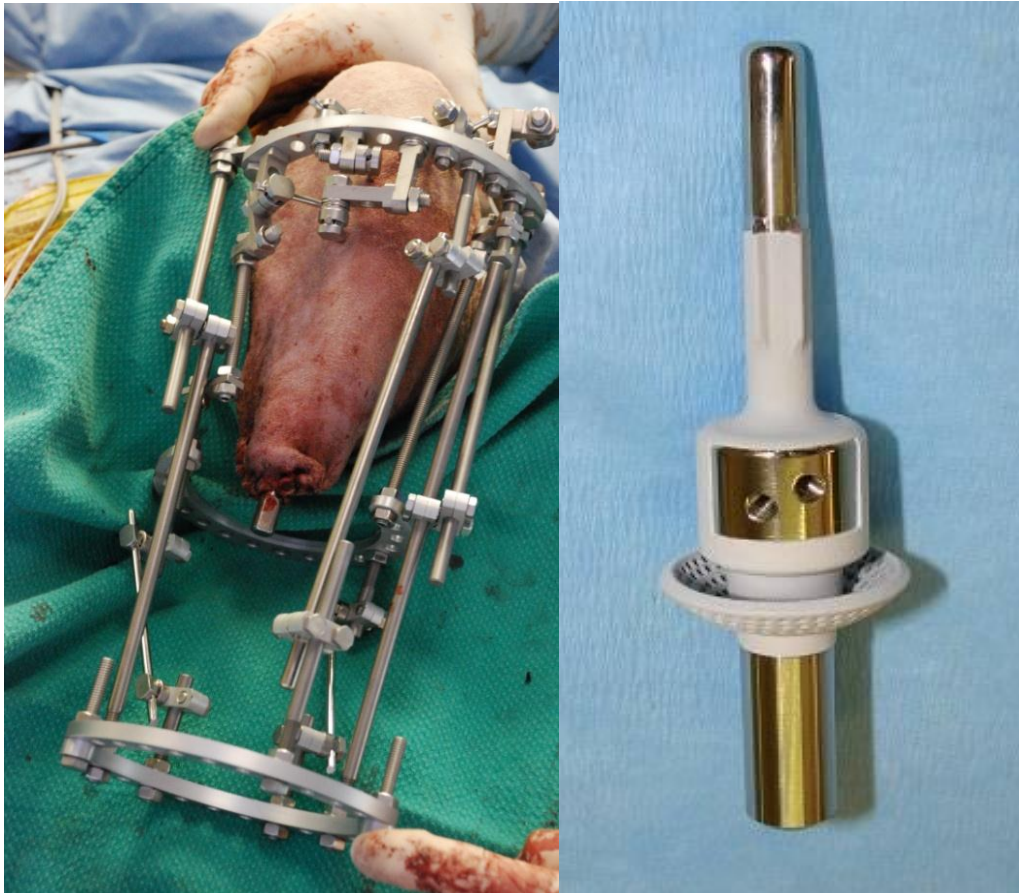
Kuten aiemmin jo mainitsin, suurin osa asiakkaista on koiria. Amputaation syyt vaihtelevat erilaisista syövästä ja kasvaimista traumoihin, esim. auton törmäyksestä aiheutuneisiin. Proteesit voidaan jakaa kahteen ryhmään niiden kiinnitystavan perusteella: perinteisiin holkkikiinnitteisiin eri variaatioineen sekä osseointegraatio- tekniikalla toteutettuihin. Holkkikiinnitteisissä malleissa kiinnitys tapahtuu usein joko tarranauhojen tai proteesiin kiinnittyvän nivelöidyn mansetin avulla. (Ks. kuvio 1.) Osseointegraatiossa amputiodun raajan, eläimillä useimmiten sääriluun, päähän osittain luun sisään kiinnitetään adapteri joka luutuu kiinteäksi osaksi raajaa. (Ks. kuviot 2 ja 3.) Ihon ulkopuolelle

jäävään osaan voidaan kiinnittää halutunlainen proteesi. Tekniikka on sekä eläimille, että ihmisille sovellettuna varsin tuore keksintö. (Heath 2010.)



KUVIO 1. Kuvissa mansetillinen proteesi. (Heath 2010)

Osseointegraatiolla saavutetaan saumaton istuvuus amputoidun raajan ja proteesin välillä. Uusista ratkaisuista ja niiden toimivuudesta pitkäaikaisessakin käytössä voidaan saada tietoa kokeilemalla niitä ensin eläimillä ja soveltamalla löytöjä ihmisten proteeseissa. (Heath 2010.)



KUVIO 2. Osseointegraatio- leikkaus. Oikealla luuhun kiinnitettävä adapteri. (Heath 2010)



KUVIO 3. Osseointegroitu proteesi käytössä. (Heath 2010)

3.2 Ortoosit

Eläinten ortoosit ovat aika tuore apuvälinetyyppi. Suurin osa myös niiden käyttäjistä on koiria. Tyypillisiä diagnooseja ortooseja käyttävillä ovat eriasteiset halvaukset ja traumat sekä ligamenttien ongelmat. Kuten ihmisilläkin, eläinten ortooseilla pyritään mahdollistamaan raajan mahdollisimman normaali kuormittaminen askelsyklin eri vaiheissa. Ortoosia voidaan myös käyttää osana kuntoutusta trauman tai ylipäänsä kirurgisen operaation jälkeen. Lacerta Rehabilitation Ltd:ssä ollaan perehdytty myös kävelyn analysointiin. Se on paitsi proteesin, myös erityisesti ortoosin suunnittelussa ja vaikuttavuuden arvioinnissa tärkeää. (Heath 2010.)



KUVIO 4. Ortoosin kanssa vauhdissa. Oikealla ortoosi sivulta. (Heath 2010)

4 ASIAKKAAN ESITTELY

Syksyllä 2009 minulle välitettiin koulun kautta sähköpostiviesti, jossa kysyttiin halukkuutta suunnitella ja valmistaa raajaproteesi harmaapapukaijalle. Minulla ei ollut aiempaa kokemusta eläinten apuvälineistä, mutta asiaa mietittyäni päätin kuitenkin katsoa, mitä voisin asialle tehdä. Kyseessä on 36-vuotias yksilö, jolta on amputoitu oikea raaja.

4.1 Yleistietoa harmaapapukaijoista

Harmaapapukaija eli jako (*Psittacus erithacus/timneh*) on älykäs, seurallinen ja voi elää jopa yli viisikymmentävuotiaaksi. Alalajit *erithacus* ja *timneh* eroavat toisistaan jonkun verran koon ja värityksen osalta. Asiakkaani kuuluu kooltaan suurempaan ja väritykseltään vaaleampaan *erithacus*-alalajiin. Laji kuuluu papukaijojen heimoon. Sen luontaiset elinalueet sijaitsevat Afrikan keskiosissa.

Harmaapapukaijat viihtyvät parhaiten metsäisillä alueilla mutta myös asutuksen lähellä, esimerkiksi puistoissa. Kyseessä on hyvin sosiaalinen laji, joka elää hyvinkin suurissa, jopa n. tuhannen yksilön parvissa. Luonteeltaan sosiaaliset harmaapapukaijat ovat erittäin älykkäitä, vaativat paljon huomiota sekä leimautuvat helposti omistajaansa. Lisäksi ne ovat hyviä puhumaan, matkimaan ja ovat varsin leikkisiä. Toisaalta lajille on jossain määrin ominaista, että jotkut yksilöt saattavat käyttäytyä jopa itsetuhoisesti. Harmaapapukaijojen luontaista ravintoa ovat erilaiset pähkinät, siemenet, hedelmät ja marjat. Suosio lemmikkinä on johtanut lajin luokitteluun silmälläpidettäväksi, mikä tarkoittaa että kanta on taantunut. Alaraajoilla on tärkeä merkitys päivittäisen toiminnan kannalta, koska niitä käytetään tarttumiseen syömiseen ja tasapainon ylläpitämiseen. (Juniper - Parr 2003: 20-25, 375-376; Ritchie - Harrison - Harrison 1994: 104-107.)

4.2 Vammautuminen ja amputaatio

Asiakkaani oikea alaraaja on ollut vaurioitunut nuoresta saakka. Se on pakotilanteessa lentoon lähtiessä jäänyt jalastaan jumiin häkin rautoihin. Raaja oli mennyt sijoiltaan ja jäänyt virheelliseen asentoon. Vammaa ei ollut hoidettu, vaan jalka oli edelleen nykyiselle omistajalle tullessa virheasennossa.

Vikke oli välissä kerennyt olla jo useammalla omistajalla. Jossain vaiheessa vammautuneeseen raajaan oli alkanut kasvaa möykkyjä, jotka eläinlääkäri oli todennut kasvaimiksi. Niitä oli yritetty poistaa, mutta ne olivat kasvaneet takaisin entistä isompina. Lopulta elokuussa 2008 oli päädytty siihen, että raaja amputoidaan hieman sääriluun puolen välin alapuolelta. Sääriluu lyheni amputaatiossa noin 2 cm. (ks. kuvat 5 ja 7.)



KUVIO 5. Vasemmalla menossa nukutus. Oikealla kuva amputoitavasta raajasta ennen operaatiota. (Sjöberg 2010)

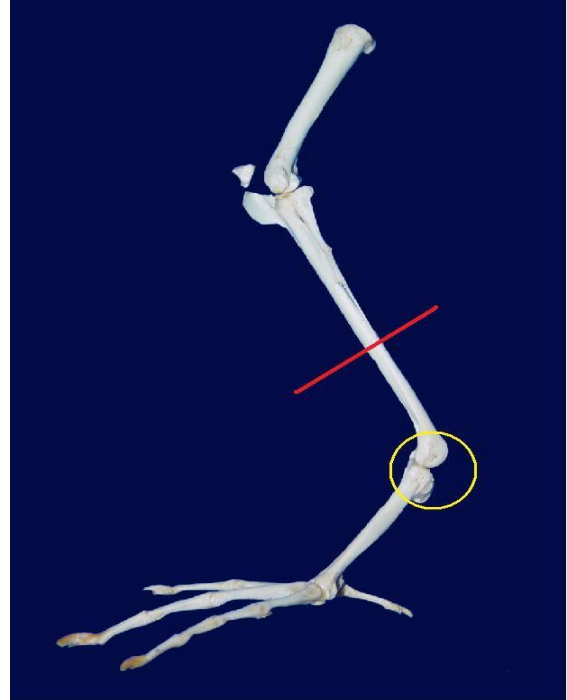
4.3 Nykyiset ongelmat ja tarpeet

Amputaatiosta lähtien papukaijalle on tehty huovasta eräänlaisia tossuja proteesin korvikkeeksi. Ne olivat käytössä n. vuoden amputaation jälkeen. Ne toimivat suurelta osin aivan hyvin. Niiden käytössä on kuitenkin muutamia ongelmia. Tossun pukeminen on sen verran vaikeaa, että siihen tarvitaan kaksi henkilöä ja tiukkuuden säätely on hieman vaikeaa. Taito ja tuntuma toki kehittyvät ajan myötä. Jos tossu jää liian löysälle, se pääsee tekemään pumppavaa liikettä, mikä voi aiheuttaa hiertymiä. Jos se taas on liian kireällä, vaikeutuu jalan nestekierto ja tyngän pää turpoaa. Lisäksi huovutettu huopa kovettuu käytössä ja on karhea suoraan ihoa vasten asetettuna, mistä voi seurata ihon ärtymistä ja mahdollisesti ihorikkoja pitkäaikaisen käytön myötä. Myös huonohko hengittävyys on osoittautunut ongelmaksi tyngän päässä olevan leikkaushaavan paranemisen kannalta. Lisäksi tossut ovat kertakäyttöisiä. Niitä kuluu vähintään yksi päivässä, mikä jottuu huovan kovettumisesta ja muokkaantumisesta käytössä. Edellä mainituista syistä ratkaisu todettiin pitkäaikaiseen käyttöön puutteelliseksi. Tossu ei myöskään kokonaan kompensoi raajojen pituuseroa, joka on noin 1,5 cm. Toiminnallinen pituusero on hieman pienempi johtuen terveen jalan kääntymisestä kohti vartalon keskilinjaa. (ks. kuvio 6.) Kävely on tälle kyseiselle papukaijalle tärkeää, koska se ei ole pystynyt lentämään vuosiin sulkien nyppimisen vuoksi.

Kuten ihmisillä, myös papukaijoilla pituusero rasittaa kehoa epäsymmetrisesti. Osa kuormituksesta on itse pituuseron aiheuttamaa ja osa kompensaation aikaansaamaa erilaisten kiertojen ja taivutusten kautta. Lantio voi kallistua lyhyemmän raajan puolelle, mikä yhdessä lihasten epätasaisen kuormituksen kanssa johtaa lihasten kipeytymiseen ja kudosten ärsyyntymiseen. (Ahonen 2002: 382.)



KUVIO 6. Ilman proteesia.



KUVIO 7. Amputaatiotaso sääriluussa ja kantapää, jolle tulee suurin taakka seisessa.

Tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa raajaproteesi, joka olisi huopatossua helppoikäyttöisempi, toimivampi ja kestävämpi. Proteesin avulla oli tarkoitus oppia kävelemään nykyistä tilannetta paremmin. Todennäköisesti lintu on vammautumisestaan saakka kävellyt nokkaansa tukeutuen, mikä näyttää varsinkin tottumattoman silmään hyvin vaivalloiselta tavalta edetä. (ks kuvio 12.) Samalla se kuitenkin keventää kipeään raajaan kohdistuvaa painetta. Se on siis eräänlaista kompensointia kivun takia. Toinen näkyvä ongelma on sulkien nyppiminen. Omistajien ja eläinlääkärin mielestä se johtui todennäköisesti alunperin kivusta, jonka vaurio jalassa ja sen pitkittynyt hoitamattomuus olivat saaneet aikaan. Sittemmin nyppiminen on jäänyt sille tavaksi, vaikkakin myös amputoidun tyngän pää on kipeä. Myös stressi voi laukaista nyppimisen. Papukaijat, varsinkin harmaapapukaijat ovat luonteeltaan jääräpäisiä ja tietyllä tavalla omiin kaavoihinsa kangistuvia.

5 PROTEESIN KEHITYSTYÖ

Tämä proteesin kehitystyö noudattaa aika yleistä tuotekehityksen kaavaa. Aluksi luonnostellaan erilaisia ratkaisumalleja ja annetaan niiden hautua. On ensin hyvä tiedostaa ongelma ja tarve, tutustua siihen lähemmin ja analysoida sitä eri näkökulmista. Kun ollaan selvillä ongelman luonteesta ja mahdollisiin ratkaisuihin liittyvistä toiveista, aletaan miettiä, miten sen voisi ratkaista. Todennäköisesti syntyy muutamia ratkaisumalleja. Ne on käytävä läpi ja valittava parhaat jatkokehittelyyn. Ylipäänsäkin selvitetään erilaisten ratkaisumallien heikkoudet ja vahvuudet, että pystyy valitsemaan parhaan kompromissin tarpeiden kannalta katsottuna. On puntaroitava erilaisia vaihtoehtoja monelta kannalta. Lopulta on kuitenkin otettava riski, kun lähdetään toteuttamaan ideaa. Eihän välttämättä tiedetä etukäteen, toimiiko se. (Jokinen 2001:21-25, 66-67, 75-76, 90-91)

Tämä proteesin kehitystyö on jaksottunut prototyypeittäin. Jokaisen mallin jälkeen analysoitiin sen heikot kohdat ja mietittiin kehitettäviä kohtia. Sitten kokeiltiin käytännössä, kuinka ideat toimivat. Joskus onnistuttiin paremmin toisinaan taas todettiin tarve jatkokehittelylle.

5.1 Ensitapaaminen

Prosessi alkoi ottamalla yhteyttä Viken omistajaan, jolloin sovittiin ensimmäisestä tapaamisesta Metropolian apuvälinetekniikan koulutusohjelman tiloissa lokakuussa 2009. Tapaamisen aikana tein havaintoja linnusta, sen olemuksesta ja liikkumisesta. Lintu oli sikäli vaikea asiakkaana, ettei se antanut vieraan koskea itseensä. Amputoitua tynkää tarkasteltaessa lintu oli asetettava selälleen peiton päälle. Samalla peitettiin linnun pää, jotta se rauhoittuisi.

Yleiseltä olemukseltaan lintu näytti olevan hieman heikossa kunnossa. Pääasiassa se johtui siitä, että sillä oli vahva taipumus nyppiä sulkiaan. Tynkä oli yleiseltä olemukseltaan luiseva ja muodoltaan melko tasapaksu sekä poikkileikkaukseltaan lähellä pyöreää. Lihasmassaa ei ollut juuri lainkaan. (ks. kuvio 8.) Amputoitaessa tynkä oli jätetty mahdollisimman pitkäksi protetisoinnin helpottamiseksi. Toisaalta se oli vaikeuttanut jänneiden liittämistä tyngän päähän ja leikkaushaavan sulkemista. Leikkaushaavassa esiintyi jossain määrin vuotoa. Tyngän aika säännöllisestä muodosta ja asiakkaan paikallaan

pitämisen vaikeudesta johtuen päätin tyytyä pituus- ja ympärysmittoihin. Tyngän pituus polvinivelen alapuolelta mitattuna on n. 3 cm. Ympärysmitta heti polvinivelen alapuolella oli mitanottohetkellä n. 3,2 cm ja ohuimmassa kohdassaan tyngän puolivälissä n. 3,0 cm ja tyngän distaalipään paksuimmalla kohdalla n. 3,4 cm (ks. kuvio 8.).



KUVIO 8. Ensimmäinen piirros tyngän mitoista. Kuvassa tyngän päällä olevat mitat ympärysmittoja.

Koska kyseessä oleva lintu seisoo ja kävelee siten, että ruumiin paino terveen jalan puolella kohdistuu pääasiassa intertarsica- nivelelle, toisin sanoen kantapäälle, on raajoilla toiminnallista pituuseroa kävellessä n. 2 cm tai hieman vähemmän. Täsmällinen mitaaminen oli vaikeaa. Lisäksi terveen jalan kuormitus on lisääntynyt, koska amputoituneen jalan arka tyngän pää ei kestä kuormitusta. Tämä on johtanut siihen, että terve jalka on kääntynyt ikään kuin sisäänpäin kohti kehon poikittaissuuntaista painopistettä. Se vähentää jonkin verran raajojen toiminnallista pituuseroa (ks. kuviot 6 ja 7.)

5.2 Proteesi valutekniikalla

Aloitin prototyypin suunnittelun etsimällä internetistä tietoa eläinten proteeseista. Huomasin aika pian, että kyseessä on varsin harvinainen aihe. Löysin kuitenkin muutamia sivuja, joissa oli kuvattu erilaisia eläinten proteeseja. Varsinkin kiwi- linnulle tehty raajaproteesi kiinnosti, koska kuvan perusteella tyngässä oli yhtäläisyyttä Viken jalkaan.

Myös siinä tyngän pää on paksumpi kuin keskiosa. Se edellyttää, että proteesin holkiosa on oltava ainakin osittain avettava. Tyngän päässä oleva paksunema vaikeuttaa umpinaisen proteesin holkin valmistamista sekä helposti puettavaksi, että tukevasti paikallaan pysyväksi. Ongelma on saman tyyppinen kuin ihmisillä syme- amputaatiossa.

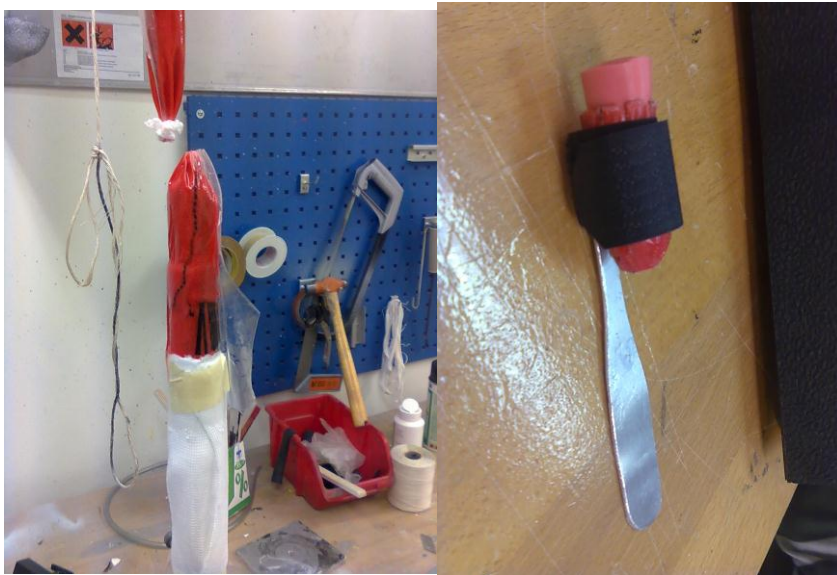
Laskin mittaamieni ympärysmittojen perusteella tyngän vastaavat halkaisijat. Koska tynkä vaikutti muodoltaan melko säännöllisen pyöreähköltä, päätin tehdä proteesin holkista pyöreän ja käyttää melko paksua pehmustetta ihoa vasten tasaamaan kuormitusta. Pehmusteen materiaaliksi valitsin 3 mm paksun polyuretaanipohjaisen Poronin sen hyvien kuormaa tasaavien ominaisuuksien ansiosta.

Holkin alapäähän jätin hieman mittoja enemmän tilaa tyngän muodon takia. Valmistin tyngän mittojen perusteella suunnitellun muotin puusta (ks. kuvio 9) Valitsin materiaaliksi puun, koska sitä on suhteellisen helppo työstää. Se tuntui kestävämmältä ja helpommin työstettävältä kuin kipsi, jota yleensä käytetään ottaessa mittoja ihmisen raajasta proteesin valmistusta varten. Muotin mittoihin laskin käyttämäni pehmusteen paksuuden (3mm), koska tarkoituksena oli tehdä pehmusteesta irtonainen sisäholkki.

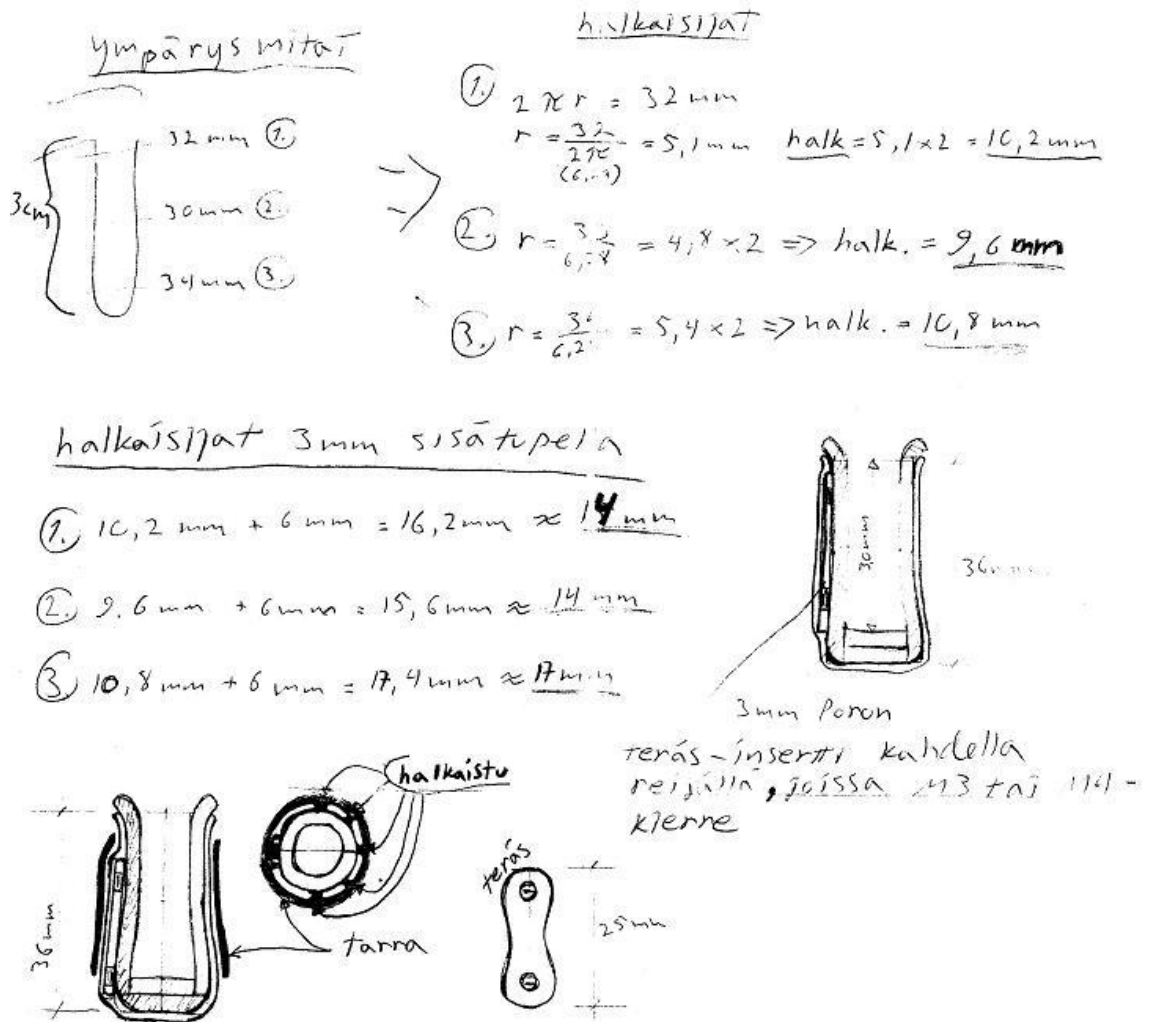


KUVIO 9. Kolmen ensimmäisen proteesin puiset mallit aikajärjestyksessä vasemmalta oikealle.

Holkin päätin tehdä valutekniikalla, jossa alipaineen avulla imeytetään hartsi holkin vahvikkeena käytettävän kuiturakenteen sisään. Käytin valussa kuituna nylonsukkaa ja Otto Bockin elastista hartsia, koska sitä käyttämällä on mahdollista valmistaa holkista osittain avattava. Tarkoitus oli, että irtonainen sisäpehmuste puetaan ensin ja sitten sen päälle osittain avattava ja joustava proteesin varsinaisen rungon muodostava ulkoholkki. Paketin piti kasassa tarra, jolla oli tarkoitus varmistaa holkin pysyminen pehmusteen päällä ja linnun jalassa (ks. kuviot 10 ja 11.).



KUVIO 10. Vasemmalla proteesin valu ja oikealla valmis proteesi odottamassa sovitusta. Kuvassa jalkaterää ei ole vielä taivutettu muotoonsa.



KUVIO 11. Hahmotelmia valutekniikalla valmistetusta prototyypistä.

Holkin kylkeen, kuitukerrosten sisään, laitoin alumiinisen kappaleen, johon holkin valun jälkeen tein kierteelliset reiät. Niihin kiinnitin holkin sulkevan tarran lisäksi alumiinista tehdyn jalkaterän. Tein jalkaterän suoraksi, että proteesin sovitustilanteessa sen voisi taivuttaa ja lyhentää sopivan mittaiseksi. Ruuvikiinnitys myös teki mahdolliseksi erilaisten jalkaterien kokeilun (ks. kuvat 10 ja 11.).

Sovituksessa kävi hyvin pian ilmi, että proteesin rakenteessa on hyvin paljon puutteita. Ensinnäkin pukeminen oli liian hankalaa. Irtonainen sisäpehmuste oli vielä suhteellisen helppo pukea. Ulkoholkki oli kuitenkin mitoitukseltaan liian tiukka pukemisen kannalta, joten sitä ei saatu puettua riittävän syvälle. Lisäksi tarran kiristäminen proteesin ympä-

rille osoittautui liian haastavaksi pidellen samalla jalkaa paikallaan. Koska sisäpehmuste ei mennyt riittävän syväälle holkin sisään, se ei pysynyt kunnolla paikallaan, vaan pyrki pyörimään ja lopulta putosi kokonaan. Jalkaterän rakenne osoittautui myös keskeneräiseksi. Sen rakenne oli liian raskas ja kömpelö. Proteesin pyörähtäessä jalassa väärään asentoon se ei toiminut toivotulla tavalla. Lisäksi toiminnallinen pituusero terveeseen jalkaan kävellessä on sen verran pieni, että jalkaterän rakenne oli turhan monimutkainen ja pystysuunnassa tilaa vaativa. Pukemiseen ylipäänsä tarvittiin käytännössä kaksi henkilöä. Toinen pitelee lintua selällään pää peitettynä ja toinen pukee proteesin. Ensimmäisessä proteesin prototyypissä oli niin paljon heikkouksia, että se todettiin sellaiseen käyttökelvottomaksi.

5.3 Proteesi polypropeenimateriaalista

Ensimmäinen prototyyppi oli lähinnä osoittanut toimimattomia ratkaisuja. Uusi malli oli siis suunniteltava käytännössä uusista lähtökohdista. Ensinnäkin päätin luopua irrallisesta sisäpehmusteesta pukemisvaikeuksien ja paikallaan pysymisen ongelmien vuoksi. Halusin holkista paremmin avattavan ja pehmusteesta kiinteän. Kiinnitystekniikkaa piti myös muuttaa yksinkertaisemmaksi ja sirommaksi.

Sain idean ortoosimaisesta rakenteesta. Ortoosi on jonkin kehon osan asennon tuentaan, oikaisuun, lepuuttamiseen tai liikkeen ohjaamiseen käytettävä apuväline (Epler - Nawoczinski 1997: 2). Ensimmäisestä prototyypistä poiketen tässä mallissa ei ollut erillistä jalkaterää vaan se muodosti saumattomasti proteesin alaosan. (Ks. kuvio 12 ja 13.) Alaosasta tehtiin läpimitaltaan aika suuri, n. 25 mm, koska Vikke pitää erilaisten ritilöiden päällä kiipeilyä ja tarkoitus oli estää jalkaterää juuttumasta ahtaisiin väleihin. Rungosta tein kahtia aukeavan, jotta sen saisi helposti avattua pukiessa. Pehmusteen liimasin holkin sisäpintaan kontaktiliimalla. Materiaalina päätin käyttää Poronia, polyuretaanipohjaista hyvin painetta tasaavaa pehmustemateriaalia.

Valutekniikka osoittautui aika hankalaksi ja työlääksi näin pienessä koossa tehtynä, joten itse holkin materiaali tuli uudelleen harkittavaksi. Koska tämän prototyypin idea syntyi ortooseista, päätin kokeilla holkin valmistusta polypropeenista. Muovi sulatetaan levynä uunissa ja vedetään kuumana ja notkeana muotin päälle alipaineen imiessä sulan muovin tiiviisti muotin pintaa vasten. Muotti osoittautui kuitenkin muodoltaan hanka-

laksi muovin käytön kannalta. Leveän alaosan juureen jäi hyvin helposti ryppyjä kriittiseen kohtaan. Onnistuessaan muovista valmistettu holkki oli kohtuullisen helppo ja nopea tehdä, mutta ryppejen muodostuminen muotin päälle asettamisen aikana pilasi useita holkkeja. Onnistuneet holkit olivat erittäin siroja, kevyitä ja toimivia. Mitoitukseltaan tämä holkki oli tynkää vasten tulevalta osaltaan hyvin samanlainen, kuin edellinenkin. Koska holkki oli kahtia aukeava, piti vielä ratkaista, kuinka se pysyisi jalassa ja olisi sopivan kireä. Päätin kokeilla kuminauhaa, jolla kiristetään holkki tyngän ympärille. Sivuille jätin liepeet, joista vetäen holkkia raotettiin ja saatiin tynkä sisään (ks. kuvio 31). Ratkaisun perusrakenne osoittautui toimivaksi ja jäi käyttöön myös myöhempisiin malleihin. Vaikeampaa oli löytää kuminauhalle sopiva kireys, ettei se ole liian tiukka ja kuitenkin pysyy tukevasti jalassa. Ensimmäinen malli oli jälkeinpäin ajateltuna liian tiukka. Osittain syynä oli turhan vahvan kuminauhan käyttö.



KUVIO 12. Muovinen aihio.



KUVIO 13. Proteesin runko-osa.

Proteesia sovittaessa tuli huomattua selkeästi edellistä mallia helpompi puettavuus (ks. kuvio 14.). Holkki oli tosin liian tiukka, mutta toimi muuten aika hyvin. Pituudessa oli turhan paljon ylimääräistä, mikä näkyi käytössä jalan kuormittamisen vaikeutena. Tällä prototyypillä päästiin kuitenkin ensimmäistä kertaa kunnolla testaamaan seisomista ja kävelyä (ks. kuvat 15 ja 16.). Koska tässä mallissa tyngän pää jää kokonaan vaille kuormitusta, ei sen arkuus haitannut liikkumista, kuten ilman proteesia. Vaikka jalkateräosa oli tehty leveäksi, oli holkki muuten tehtävä alaosaltaan aika avonaiseksi. Se johti proteesin takertumiseen ritilän rakoihin tietyssä kulmassa. Tätä mallia tein muutaman kappaleen, koska papukaija tuhosi niitä nokallaan. Ei voida varmuudella sanoa, johtuuko proteesin pureminen istumattomuudesta, tottumattomuudesta, uteliaisuudesta vai jos-

tain muusta syystä. Proteesia myös lyhennettiin muutamia millimetrejä tuleviin malleihin.



KUVIO 14. Pukeminen.



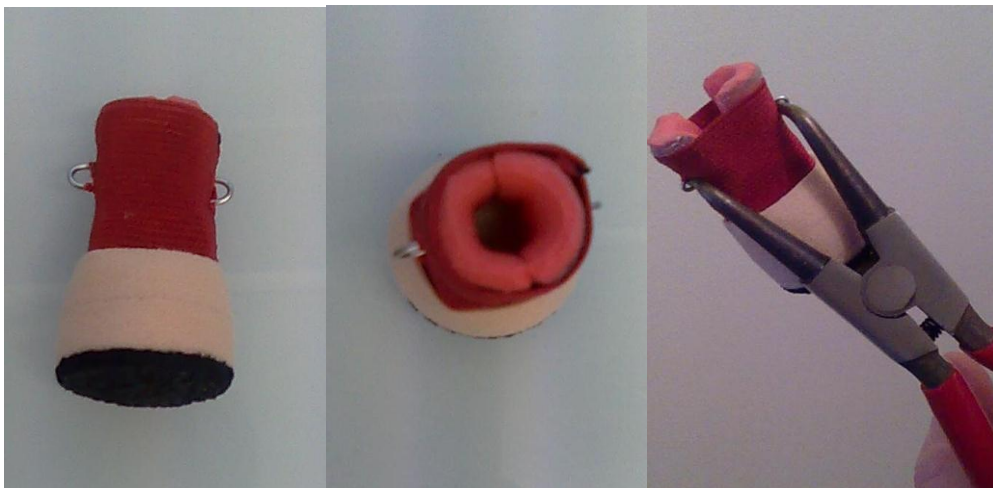
KUVIO 15. Seisoma-asento



KUVIO 16. Tyypillinen kävelyasento nokkaan tukeutuen.

5.4 Proteesi uudistetulla alaosalla

Edelliseen versioon verrattuna tärkein kehityskohde oli mielestäni ritilöihin takertumisen estäminen. Tähän asti koko proteesin runko oli valmistettu muovista, mikä teki valmistusprosessista haastavan. Uuteen versioon suunnittelin erillisen holkin ja siihen kiinnitettävän leveämmän alaosan, joka ei ainakaan peiaatteessa jää ritilöihin kiinni missään kulmassa. Alaosan tein pehmeästä solumuovista ja se ylsi osittain holkin alaosan päälle. Pohjana käytin kengänpohjakumia.



KUVIO 17. Proteesi eri kulmista ja pihdeillä raotettuna.

Aluksi tässäkin mallissa oli samanlaiset liepeet proteesia kiristävässä kuminauhassa. Koska edellisen prototyypin liepeet olivat mielestäni jotenkin häiritsevät, sain idean käyttää pukemisen apuna ohutkärkisiä pihtejä, jolloin proteesin holkin kylkiin saattoi kiinnittää kuminahan liepeiden sijasta sirot teräslankalenkit. Niihin pujotetaan proteesin raottamiseen käytettävien pihtien kärjet (ks. kuvio 17.). Itse holkin kireydestä huolehti edelleen kuminauha. Rakenne vaikutti periaatteessa erittäin hyvältä, koska nyt proteesissa olisi mahdollisimman vähän ylimääräisiä ulokkeita. Käytännössä pihtien käyttö osoittautui kuitenkin liian hankalaksi. Proteesia riisuttaessa oli vaikea saada kärkiä suhteellisen pieniin lenkkeihin holkin sivuilla. Lisäksi oli vaarana pihtien katoaminen. Niinpä pihtien käytön ideasta luovuttiin niiden hyvistä puolista huolimatta. Itse holkki oli edelleen turhan tiukka. Siihen vaikutti osaltaan edelleen käytössä ollut turhan järeä kuminauha, joka ei sopivaan mittaan ommellessa jättänyt kireyden määrittämisessä paljoa virhemarginaalia. Ehkä osittain kireyden takia Tämäkin prototyyppi vaurioitui nokan vaikutuksesta. Muovinen runko oli tässä versiossa helpompi tehdä, koska muoviosan ei tarvinnut olla levenevä alapäästään.

Proteesin perusrakenne oli enimmäkseen kunnossa, mutta mitoitus ja kiinnityksen kireys, sekä hieman kömpelöksi osoittautunut jalkateräosa kaipasivat selkeästi hiomista. Tässä vaiheessa myös itseni ja Viken omistajien kiireet haittasivat projektin etenemistä.

5.5 Uusi mitanotto

Jonkin aikaa sitten olin aloittanut yhteydenpidon Glyn Heathin kanssa. Hän on tehnyt monia proteeseja ym. apuvälineitä eläimille ja oli tulossa käymään Suomessa. Keskusteltuamme päätimme sopia ajan tavataksemme papukaijan koululla omistajineen. Tapaaminen järjestyi ja päätimme ottaa tyngästä uudet mitat käyttäen alginaattia. Glyn oli käyttänyt samaa tekniikkaa aiemmissakin projekteissaan. Sillä saa pelkkien ympärysmittojen sijasta todellisen mallin halutusta raajasta. Aine on jauhemaisessa muodossa ja veteen sekoitettuna muodostaa kiinteää tahnaa, johon kopioitava kohde upotetaan ja odotetaan aineen jähmettymistä. Ilmeisesti liian vanha alginaatti kuivui turhan hitaasti. Saimme kuitenkin hyvin onnistuneen jäljennöksen amputoidusta raajasta (ks. kuvio 18.).



KUVIO 18. Mitanotto alginaatilla.

Alginaattiin jäänyt tyngän mallinen reikä täytettiin kipsillä ja käsittelyn helpottamiseksi siihen upotettiin kipsiä valettaessa n. 3 mm paksu terästanko. Tein kipsistä varmuuden vuoksi muutaman kopionsiltä varalta, että joku niistä hajoaisi, koska malli oli niin pieni ja ohut (ks. kuvio 19). Yhden kappaleen "kyllästin" pikaliimakerroksella kestävyyden parantamiseksi ja laitoin talteen. Kun tyngästä oli saatu hyvät uudet mitat, oli motivaatio uuden prototyypin kehittelyyn korkealla.



KUVIO 19. Kipsikopio tyngästä otettuna alginaatista ja siloitettuna

5.6 Proteesi Orfilight- muovista

Päätin tehdä seuraavastakin mallista kahtia aukeavan ja kuminauhalla kiristettävän niin kuin aiemmin. Myöskään sisäpehmusteen materiaalia en kokenut järkeväksi muuttaa. Aloitin liimaamalla uuden kipsin päälle 3 mm poronin paksuutta vastaavan paksuisen kerroksen kovaa solumuovia. Levitin kontaktiliimaa kipsin pinnalle ja pehmusteeseen. Lämmitin pehmusteen uunissa pehmeäksi ja hieman venyttäen liimasin kipsin päälle siten, että se mukaili kipsimallin muotoja. Käyttämäni materiaali oli 1,5 mm paksua, joten liimasin sitä kaksi kerrosta päällekkäin. Samalla materiaalilla jatkoin tyngän päätä, kunnes kipsin pituus polvitaiteesta kärjen päähän vastasi haluttua proteesin pituutta. Pituus arvioitiin toiminnallisesti hyväksi ottaen huomioon terveen jalan asentovirhe. Nyt kovalla solumuovilla päällystetyn kipsin ulkomitat ja muoto vastasivat halutun proteesin rungon mittoja (ks. kuvio 20.).



KUVIO 20. Pehmusteen paksuisella solumuovilla päällystetty kipsi.

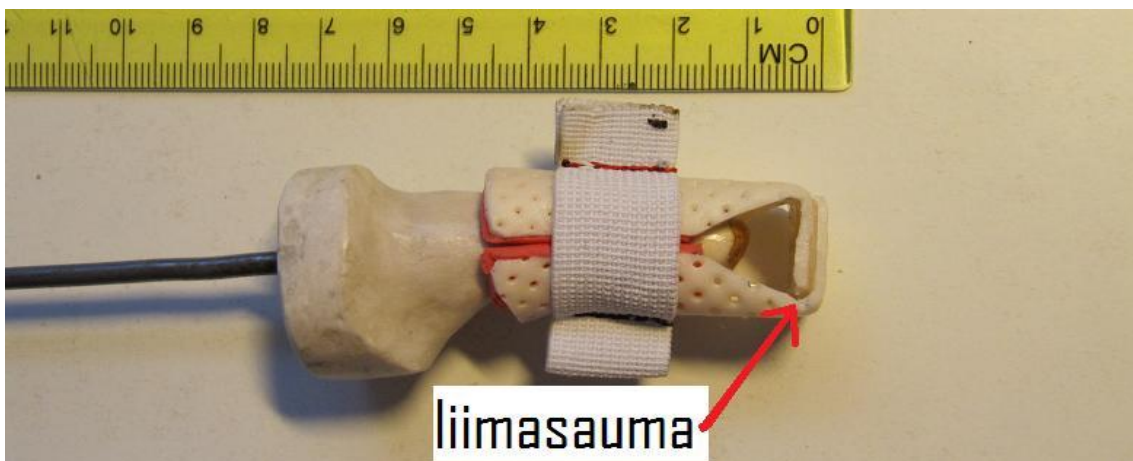
Rungon materiaalina ajattelin edelleen pysyä polypropeenissa. Solumuovista kipsin päälle tehdyt pehmustevarat osoittautuivat kuitenkin liian pehmeäksi kuuman muovin alla. Muovin veto epäonnistui ja kipsiin rakennettu jatkos menetti muotonsa ja kutistui jonkun verran, joten se piti rakentaa ja muotoilla uudestaan.

Tässä vaiheessa sain uuden idean materiaalivaihtoehdoksi, matalalla lämmöllä muokattavat muovit. Sain käyttööni muutaman koepalan Orfilight- materiaalia. Se on 1,6 mm

paksua, reijitettyä, erittäin kevyttä ja melko joustavaa, esimerkiksi yläraajan tukilastojen valmistukseen tarkoitettua, muoviseosta. Muovi pehmenee noin 60-asteisessa vedessä, minkä jälkeen se on hetken aikaa muotoiltavissa halutulla tavalla. Kokeilu sujui odotetusti ja solumuovilla vuorattu kipsimalli kesti hyvin. Materiaali oli erittäin helppoa muokata veistämällä. Tein rungon kahdessa osassa. Se oli helpompi ratkaisu sekä muovin että sisäpehmusteena jälleen käytetyn poronin käsittelyn kannalta. Lopuksi liimasin puolikkaat toisiinsa yhdeksi rungoksi (ks. kuvio 21 ja 22.).



KUVIO 21. Orfilight- muovi muotoutuu kipsin päällä.



KUVIO 22. Proteesin rungon puolikkaat liimattuna yhteen kuminauha kiinnitettynä.

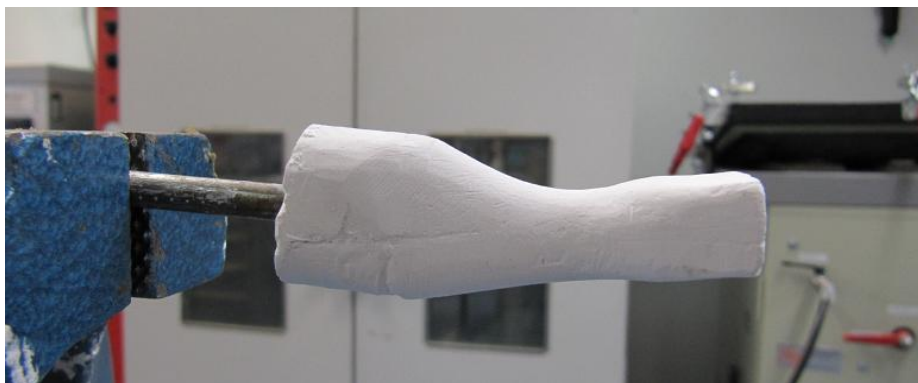
Kiinnitykseen päätin käyttää tällä kertaa kevyempää ja joustavampaa 15 mm leveää kuminauhaa, koska edellinen oli jo todettu liian jäykäksi. Kuten ensimmäisissä muovisissa prototyypeissä, tein kuminauhalenkin vastakkaisille puolille liepeet, joista pidellen proteesia voidaan raottaa puettaessa. Kuminauhalenkin sopiva ympärysmitta oli n. 25 mm. Uuden kipsimallin, rungon materiaalin ja kevyemmän kuminauhan lisäksi suuri uudistus oli leveästä jalkaterästä luopuminen. Se oli mielestäni toteutukseltaan liian

hankala. Lisäksi Vikkeä hoitaneen eläinlääkäriin kanssa keskusteltuaamme tulimme siihen tulokseen, että raajan koordinaatiolla on potentiaalia kehittyä niin, että esimerkiksi ritilällä kiivetessään se oppii käyttämään jalkaterää niin, ettei se pienemmästä pohjan pinta- alasta huolimatta jatkuvasti uppoa ritilän väleihin. Malli vaikutti kokonaisuutena tähän mennessä ehdottomasti parhaalta. Malli lähti kokeiltavaksi postin välityksellä, koska en itse päässyt paikalle sillä kertaa.

Uusi proteesi vaikutti hyvin istuvalta ja sirolta verrattuna aiempiin. Kuminauhan kireyksen alkoi olla aika lailla kohdallaan. Jostain syystä proteesit edelleen päätyivät vahvan nokan hajotettavaksi. Materiaalin keveydellä ja helpolla työstettävyydellä on siis myös varjopuolensa tässä tapauksessa. Toinen ongelma ilmeni, kun olin liimannut pehmusteen rungon sisään ja jouduin sen jälkeen vielä lyhentämään sitä. Muovin reunat jäivät turhan paljon esille aiheuttaen hankausta polvitaiepeessa. Tämä malli oli kuitenkin askel parempaan suuntaan.

5.7 Proteesi lämpömuovattavasta hiilikuidusta

Päätin säilyttää vanhan kipsin ja sen mukana 3 mm Poronin sisäpehmusteen materiaalina. Voidakseni käyttää proteesin rungon valmistamiseen myös korkeita lämpötiloja vaativia materiaaleja tein pehmustevaroilla päällystetystä mallista kokonaan kipsisen kopion käyttäen kipsisidettä. uuden mallin valamiseen käytin mahdollisimman kovaa kipsiseosta kestävyuden varmistamiseksi. Kipsi kovuutta säädellään lisäämällä kipsijauhon osuutta verrattuna veden määrään. Kovempi kipsi vaatii nopeampaa toimintaa valuvaiheessa, koska se kovettuu nopeammin ja on siten ehdittävä kaatamamaan muottiin ennen jähmettymistä (ks. kuvio 23).



KUVIO 23. Uusi kipsimalli.

Mietin kestävämpää vaihtoehtoa Orfilight- muoville, joka oli osoittautunut lyhytikäiseksi papukaijan yhä nokkiessa proteesiaan. Minulle ehdotettiin lämpömuovattavan hiilikuidun kokeilemistä. Se on hiilikuitulevyä, jossa sideaineena käytetään kestopuovioa. Toisin kuin prepreg- hiilikuitua, tätä voi muokata myös uudelleen. Kestomuovissa molekyyliketjut ovat pitkiä ja niiden väliset sidokset ovat melko heikkoja, niinpä niitä voidaan muokata lämmöllä rikkomatta niiden kemiallista rakennetta. Kuumennuksen aikana molekyyliketjut pääsevät liukumaan lomittain, kunnes jäähtymisen seurauksena ketjujen väliset sidokset taas vahvistuvat ja materiaali jää haluttuun muotoon. (Taideteollinen korkeakoulu 2007)

Muokkaamisessa käytin kuumailmapuhallinta. Rungon tein edelleen kahtena irrallisena puolikkaana. Leikkasin hiilikuitulevystä hieman ylikokoisen palasen ja lämmitin sitä kipsin päällä. Käytin apuna teflonkangasta painaen sillä pehmeäksi sulaneen hiilikuitulevyn tiukasti kipsiä vasten. Kun muotoon prässätty levy oli jäähtynyt, irrotin sen varoen rikkomasta kipsiä. Tein kummatkin puoliskot samalla tavalla. Irrotuksen jälkeen hahmottelin reunat, leikkasin pois ylimääräisen materialin ja viimeistelin reunat hiomalla Dremel- monitoimikoneen hiomarullalla. Varmistin vielä puolikkaiden yhteensopiisuuden asettamalla ne molemmat yhtä aikaa kipsin päälle (ks. kuvio 24.).

Niin kuin aiemmissa malleissa, liimasin 3 mm Poronin kontaktiliimalla sisäpehmusteeksi. Tällä kertaa jätin pehmusteen reunan ylhäältä pidemmäksi ja käänsin sen suojaamaan ihoa terävän hiilikuidun reunan hankaukselta. Pehmusteen reunat viimeistelin sakseilla, koska Poronia on vaikea saada hiomalla siistiksi. Liimasin puolikkaat alapäästään yhteen käyttäen kaksikomponenttista pikaepoksiliimaa. Edellisten mallien tapaan liimasin pohjaan kontaktiliimalla palan kengän pohjakumia antamaan pitoa liukkaalla lattialla. Käytin proteesin kiristämiseen samanlaista kuminauhaa kuin edellisessä mallissa. Pukemista helpottamaan ompelin siihen liepeet vastakkaisille puolille, kuten aiemminkin.(ks. kuvat 25 ja 26.)



KUVIO 24. Hiilikuitulevyn muokkaus kipsin päälle.



KUVIO 25. Runko



KUVIO 26. Valmis proteesi.

Sovitus tapahtui asiakkaan kotona. Pukeminen kävi suhteellisen kivuttomasti. o

Ongelmana oli sillä kertaa saada lintu kävelemään. Se halusi vain seisoskella paikallaan. Toisaalta paikallaan seistessä pääsi hyvin tarkastelemaan, kuinka lintu kuormittaa proteetisoitua jalkaa. Terve jalka oli edelleen voimakkaasti sisään päin kääntynyt, mikä ilmeisesti johtuu amputoidun jalan vähemmästä kuormittamisesta. Proteesi jalassa kuorma jakautui paljon tasaisemmin kummallekin jalalle. Tasapaino oli hyvä ja lintu esimerkiksi oikoi siipiään paljon vapautuneemmin, kuin ilman proteesia olisi omistajien mukaan mahdollista. Niinä hetkinä, jolloin proteesi ei joutunut joutunut nokan kohteeksi, se ei näyttänyt häiritsevän ruokailua ja päivittäisiä askareita, kuten vetoketjujen hajottamista ja pahvin repimistä. Omistajien mukaan proteesi jalassaan lintu käyttäytyi aktiivisem-

min, kuin ollessaan ilman tai käyttäessään huopaista tossua. Se kertoo siitä, että istuvuus oli ainakin jossain määrin hyvä. Proteesin nokkiminen tapahtui, kun kukaan ei katsonut. Papukaijat ovat varsin älykkäitä ja ymmärtävät torumisen, mutta oma tahto on myös vahva.

Vaikka alkuperäinen ympäryys- ja pituusmittoihin perustuva mitoituskinnitys oli melko hyvä, paransi uusi alginaattikopioon perustuva kipsimalli istuvuutta. Olennaisin ero mittanauhalla mitatun ja alginaatilla koioidun mallin välillä oli polvitaiteen alueen hieman erilainen muoto. Uudemmassa mallissa oli enemmän tilaa jänteille, minkä pitäisi tehdä proteesin käytöstä miellyttävämpää. Ympärysmittauksetkin olivat vielä aiempaa lähempänä todellisuutta. Myös proteesin holkkiosan kiristämiseen käytetyn kuminauhan vaihtamisella joustavampaan oli oma vaikutuksensa istuvuuteen. Hieman joustavampi kuminauha helpotti oikean kireyden löytämistä antamalla enemmän pelivaraa joustollaan.

Kävelyssä muutokset ovat selvästi pienempiä ja liikkuminen tapahtuu edelleen nokalla maahan tukeutuen. Amputoitu raaja on kuitenkin proteesin ansiosta suhteellisen tehokkaassa käytössä. En päässyt havainnoimaan asiakkaani liikkumista ritilöiden päällä, missä se myös mielellään kiipeilee, vaan suurin osa havainnoista tehtiin tasaisella alustalla tapahtuneesta seisomisesta ja kävelystä (ks. kuvio 27.).



KUVIO 27. Vasemmalla seisomassa ja oikealla työn touhussa.

Kokeilun aikana tuli esille yksi Poronin huono puoli: liukkaus ihoa vasten. Aiemmissä malleissa käytettiin myös samaa materiaalia sisäpehmusteena, mutta erona tähän malliin oli se, että kiinnityksessä käytettävä kuminauha oli ennen kireämmällä. Kireys luonnollisesti vähentää materiaalin liukkauden vaikutusta proteesin paikallaan pysymiseen.

Koska liika tiukkuus on kuitenkin huono asia sekä miellyttävyyden että jalan terveyden kannalta, oli pakko tehdä kiinnityksestä hieman väljempi. Huomasin, että proteesi saattoi pyörähtää jalassa kesken kävelyn jopa 90 astetta pituusakselin ympäri. Se ei sinänsä näyttänyt juurikaan haittaavan toimintaa proteesi jalassa. Jossain vaiheessa kun lintu nostettiin ilmaan, proteesi kuitenkin irtosi kokonaan. Silloin poistin hieman materiaalia proteesin holkin puolikkaiden reunoista, jotta kuminauhalla olisi tilaa vetää puolikkaat lähemmäksi toisiaan. Toimenpide paransi tilannetta, mutta ei poistanut kokonaan pyörimisen ongelmaa. Jäin miettimään sisäpehmusteen materiaalin valintaa, koska en enää ollut yksiselitteisen tyytyväinen Poronin ominaisuuksiin ja halusin vielä kokeilla jotain uutta.

5.8 Proteesi silikonista valmistetulla pehmusteella

Tämä uusi malli on hyvin pitkälti edellisen kaltainen. Erot liittyvät pääasiassa sisäpehmusteen valintaan. Kuten edellisen luvun lopussatotesin, halusin testata vielä jotain muuta pehmustemateriaalia. Päädyin silikoniin, joka oli ollut mielessäni joskus aiemminkin, mutta jäänyt kokeilematta, koska Poronin liukkausongelma oli käynyt ilmeiseksi vasta melko vähän aikaa sitten. Silikoni on pinnaltaan nihkeä, joten siinä on Poronia enemmän kitkaa, joka voisi vähentää proteesin pyörimistä ja muuta ylimääräistä liikettä suhteessa jalkaan.

Käyttämäni silikoni oli kaksikomponenttista. Ainesosat sekoitettiin keskenään tasaiseksi massaksi käyttämällä mankeliä ja vetämällä massa moneen kertaan ja eri kulmissa mankelin rullien välistä. Samalla siitä muodostuu halutun paksuista levyä, jota voidaan leikata sopiviksi paloiksi. Kun silikonimassan kaksi komponenttia sekoittaa keskenään, alkaa vulkanisoituminen, jonka seurauksena aine saavuttaa lopullisen olomuotonsa. Prosessia voi nopeuttaa lämpötilaa nostamalla. Silikoni kestää varsin korkeitakin asteenmääriä. Lämmitykseen käytetään useimmiten uunia.

Tein 2 mm paksuista levyä mikä on 1mm ohuempaa, kuin aiemmin pehmusteena käyttämäni Poron. Yhden millimetrin ero paksuudessa ei välttämättä kuulosta suurelta, mutta on näin pienessä mittakaavassa aika merkittävä. Silikonilevyn asettelin suoraan jalasta alginaatilla otetun kipsinmallin päälle siten, että se on tasapaksu ja kiinni kipsin pinnassa joka kohdasta. Helpottaakseni silikonin kiinnittämistä proteesin hiilikuituiseen

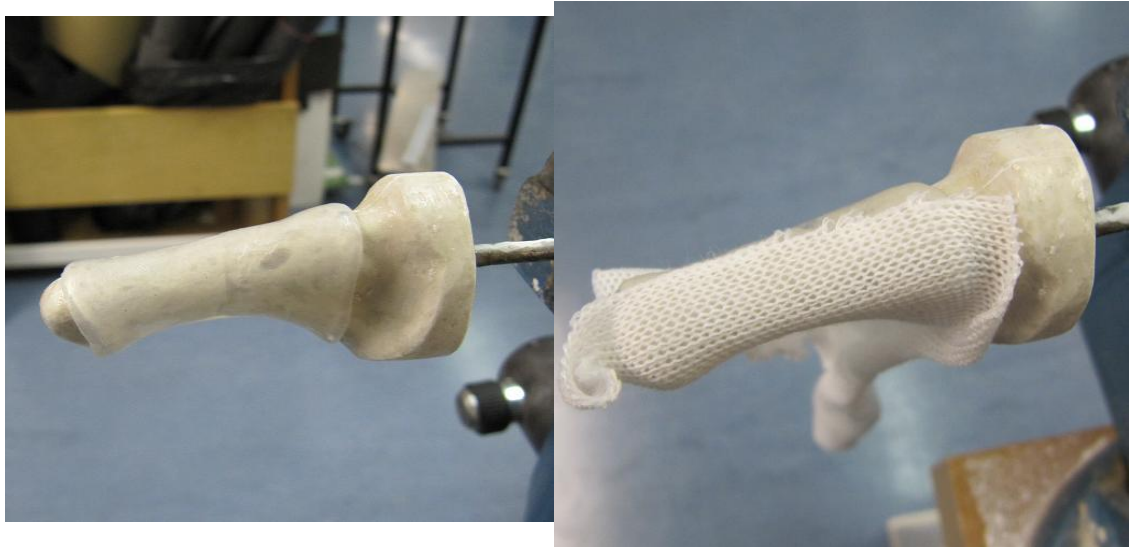
runko- osaan asettelin sen pintaan nylonsukasta leikatun kankaan palan, joka tarttui melko hyvin kiinni hankaamalla. (ks. kuvio 29.)

Koska kipsi silikoneineen oli hyvin pieni, käytin silikonin lämmittämiseen kuumailmapuhallinta. Kuumensin silikonia muutamia minutteja. Sinä aikana massa kiinteytyi ja sen pinnalla oleva nylonkangas osittain sulii kiinni silikonin pintaan (ks. kuvio 30.). Leikkasin kipsin päällä olevan silikonilevyn päistä ylimääräiset reunat pois ja tein viillot kipsin pitkittäissuunnassa hiilikuituisen rungon reunoja vastaaville kohdille. Yläosaan jätin muutaman millin ylimääräistä pituutta estämään tynkää hankautumasta hiilikuidun reunaan.

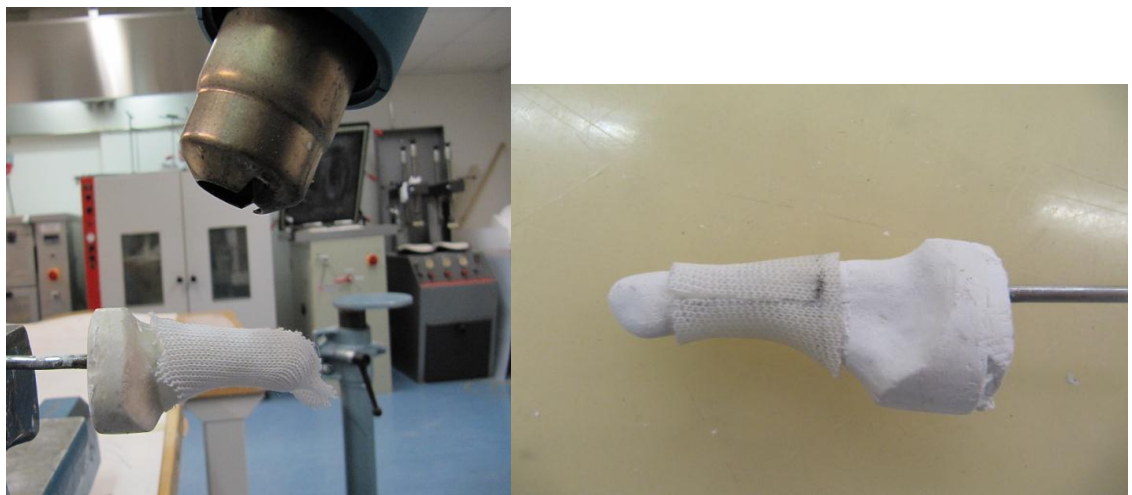
Koska käyttämäni silikoninen pehmuste oli aiempaa Poronia ohuempaa, tein uuden kipsin hiilikuiturungon valmistusta varten (ks. kuvio 28.). Alkuperäiseen jalan mittojen mukaiseen kipsiin liimasin kahden millin pehmustetta vastaavan kerroksen kovaa solumuovia ja tein sen alapäähän jatkoksen , joka vastaa tarvittavaa proteesin pituutta. Tein siitä kipsisiteen avulla kokonaan kipsisen kopion, joka kestää paljon paremmin suuria lämpötiloja kuin solumuovilla päällystetty. Rungon tein samalla tekniikalla ja samasta materiaalista kuin edellisessä versiossa.



KUVIO 28. Ylempänä uusi kipsimalli, alempana vanha. Ylempi on hieman sirompi.



KUVIO 29. Vasemmalla silikonin kipsin päällä, oikealla sukka silikonin päällä.



KUVIO 30. Vasemmalla silikonin lämmitystä kuumailmapuhaltimella. Oikealla vulkanoitunut silikonin kipsin päällä.

Liimasin pehmusteen kontaktiimalla proteesin runkoon. Tällä kertaa en käyttänyt liimaa puoliskojen liittämiseen, vaan porasin kummankin puoliskon pohjaan vastaaville kohdille reijät ja kiinnitin osat 3 mm vetoniitillä. Se oli liimausta helpompi, nopeampi ja ehkä myös kestävämpi tapa.

Käytin proteesin kiinnitysmekanismina jälleen kuminauhaa pukemista helpottavilla liepeillä. Kuminauhan kiinnitin jälleen pikaliimalla liepeiden tyveltä hiilikuituiseen runkoon, jotta itse proteesi raottuisi liepeistä vedettäessä. Sopiva kuminauhanenkin ympärysmitta tälle mallille oli venyttämättömänä n.3,6 cm. Kiinnitin pohjaan kontaktiimalla palan kengän pohjakumia. Koko proteesin pituus oli toimivaksi kompromissiksi havaittu 4,5cm mitattuna pohjasta hiilikuiturungon korkeimpaan kohtaan. Sillä päästiin toiminnallisesti hyvin lähelle terveen jalan mittaa pystyasennossa. (ks. kuvat 31 ja 32)



KUVIO 31. Valmis malli kipsin päällä.



KUVIO 32. Poron- ja silikonipehmusteellinen malli vierekkäin vertailussa.

Istuvuudeltaan uusi proteesi oli odotetusti varsin toimiva. Silikoninen pehmuste esti proteesin pyörimisen ja muut liikkeet jalassa aika hyvin. Materiaalin kitkaominaisuuksilla oli myös kääntöpuolensa. Tiukasti istuvaa proteesia puettaessa pyrki säären nahan poimuja puristumaan proteesin rungon puolikkaiden välille jäävään rakoon. Pukemisessa kannattaa siis olla tarkkana tämäntyyppisiä nihkeäpintaisia pehmusteita käytettäessä. Ajan puutteen vuoksi en kerennyt viimeistelemään proteesin yläreunoja niin hyvin kuin aiemmin. Jokin kohta reunassa ilmeisesti hankasi tai muuten tuntui häiritsevän papukaijaa. Tällä viimeisimmällä kokeilulla oli pääasiassa tarkoitus testata silikonin toimivuutta pehmusteena, joten edellä mainituista ongelmista huolimatta pidän prototyyppiä onnistuneena. Hyvä istuvuus näkyi myös toiminnallisesti mahdollistaen painon varaamisen amputoidulle raajalle. Tämäkään proteesi ei säästynyt linnun nokalta. Tarkemmista vaurioista ei ole vielä tietoa, koska proteesi on edelleen koekäytössä. (Ks. kuvio 33.)



KUVIO 33. Silikonipehmusteellinen proteesi koekäytössä.

6 POHDINTA

Kun aloitin tämän kehitystyön viime talvena, en vielä silloin tiennyt, että tästä tulisi näin iso projekti. Työ on laajentunut vapaasti valittavasta kurssista opinnäytetyöksi. Vaikka tämä kirjallinen tuotos onkin merkittävä osa työtäni, ovat suurimmat ponnistelut keskittyneet käytännössä proteesin kehittelyyn. Kun on oikea asiakas, tulee kuin automaattisesti keskittyä toteuttamaan hänen tarpeitaan.

Ehkä suurin kehitysaskel tässä työssä tapahtui jo melko alkuvaiheessa, kun kokeilin kevyttä, muovista valmistettua runko- osaa proteesiin. Sama perusidea on säilynyt rakenteessa tähän saakka. Toki suuria muutoksia on tapahtunut senkin jälkeen istuvuuden parantamisessa ja materiaalivalinnoissa.

On vaikea mennä määrittelemään tätä projektia täysin onnistuneeksi tai epäonnistuneeksi. Kehitystä tapahtui, muttei ihan niin paljon kuin jossain vaiheessa odotin. Hyvää oli, että proteesi istuu melko hyvin säären tynkään. Kävely ei ole kehittynyt yhtä suurin harppauksin. Sen normalisoiminen on varmasti pitkän harjoittelun takana. Tällä kertaa resurssit eivät riittäneet siihen puuttumiseen. Positiivista oli uusien haasteiden kohtaaminen, itsensä toteuttaminen käsityön parissa ja yhteistyö uusien ihmisten kanssa. Joskin molempien osapuolten kiireet vuorotellen tekivät projektista aikaa vievämmän, kuin aluksi oletin. Lisäksi välimatkat ovat sen verran pitkiä, ettei asiakkaan kotona tullut käytyä niin usein kuin olisin halunnut. Tapaamisten vähäisyys sekä hidasti, että muuten vaikeutti kehitystä.

Viken toimintakyvyn paranemista on sikäli vaikea arvioida, että vielä ei tiedetä miten hyvin se tottuu uuteen proteesiin. Nokan käyttöä lukuun ottamatta se näytti ainakin koeikäytön aikana tyytyväiseltä. Todellista mielipidettä ei voida tietää. Se, onko Viken kannalta järkevää ja oikein jatkaa edelleen proteesin kehittelyä, riippuu sen reaktioista pidempiaikaisessa käytössä. Koska amputaatio on tehty ja nykyisissä huopatosuissa ja proteeseissa edelleen kehitettävää, on mielestäni Vikenkin kannalta mielekästä jatkaa kokeilua kärsivällisesti. Pidemmän ajan kuluessa on myös mahdollista arvioida proteesin kokonaisvaikutusta sen toimintakykyyn ja elämänlaatuun.

Valitsin alun jälkeen kehitettäväksi yhdenlaisen, kuminauhalla kiristyvän proteesimallin. Aika ei tuntunut muuhun riittävän. Mitään ei saatu valmiiksi alussa asetetut tavoitteet huomioon ottaen. Kaikilla osa-alueilla olisi yhä kehittämisen varaa. Tai sitten voitaisiin keksiä ihan toinen lähestystapa ja tapa toteuttaa toimiva proteesi. Kaiken kaikkiaan tämä oli mukavan haastava, vaikkakin välillä myös stressaava projekti jossa, sai soveltaa aiemmin koulussa ja harjoitteluissa opittuja menetelmiä proteesin rakennetta ja toimintaa suunnitellessa. Olisi ollut hieno asia, jos Suomesta olisi löytynyt eläinten apuvälineisiin perehtynyt henkilö, jonka ammattitaitoon olisi voinut enemmän turvautua kehitellessäni uusia ratkaisuja. Toki näin etäohjauksena ja yhdellä tapaamisella Glyn Heath oli hyvänä tukena. Hänellä olisi ollut paljonkin hyviä ideoita, joita en kuitenkaan

kerennyt toteuttaa. Työn etenemisen kannalta tuntui välillä olevan vaikea saada itsensä irti niin paljon, kuin olisin halunnut. Nyt tarvittaisiin vain uusi innokas tekijä jatkamaan kehitystyötä. Glyn Heath haluaa varmasti jatkossakin olla mukana tässä asiassa mahdollisuuksien mukaan.

Käyttämäni materiaalit olivat lähes kokonaan ylimääräiseksi jääneitä jämäpaloja tai ilmaiseksi saatuja näytekappaleita. Suurimmat kustannukset tulivat matkoista tapaamaan asiakasta. Pelkät materiaalikulut ovat siis todella pienet, ehkä muutamia euroja/proteesi. Tietenkin yhteen laskettu summa kasvaa sitä mukaa kun proteesienkin määrä. Jos Työstä laskutettaisiin, mitä en ole varsinaisesti tässä projektissa tehnyt, Olisi sen osuus hinnasta hyvin hallitseva. Jos tuntihintana pidettäisiin esimerkiksi 40 euroa, niin hinta-arvioarvio sillä perusteella olisi hieman valituista materiaaleista riippuen n. 120- 150 euroa olettaen, että kipsimallit ym. ovat valmiina. Yksittäisille työvaiheille on vaikea laskea hintaa, koska usein tuli tehtyä jotain muuta esimerkiksi liiman tai kipsin kuivuessa.

LÄHTEET

- Ahonen, Jarmo (toim.) 2002: Alaraaraajojen Rakenne, Toiminta ja Kävelykoulu. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Eläinsuojelulaki. Annettu Helsingissä 4.4.1996. Finlex.
<www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960247> Luettu 2.11.2010.
- Epler, Marcia E. - Navoczenski, Deborah A. 1997: Orthotics in Functional Rehabilitation of the Lower Limb. Philadelphia: W.B.Saunders Company
- Heath, Glyn 2010. Salfordin yliopisto. Sähköinen tiedonanto. 11.7.2010
- Jokinen, Tapani 2001: Tuotekehitys. Helsinki: Hakapaino Oy
- Juniper, Tony - Parr, Mike 2003: Parrots. London: A & C Black Publishers Ltd.
- Ritchie, Branson W. - Harrison, Greg J. - Harrison, Linda R. 1994: Avian medicine: Principles and Applications. Florida: Wingers Publishing.
- Rollin, Bernard E. 2006: An Introduction to Veterinary Medical Ethics. Iowa: Blackwell Publishing.
- Sjöberg, Jan Gisle 2010: Eläinlääkäri. Eläinklinikka Linnunmäki. Suullinen tiedonanto 9.11.2010.
- Taideteollinen korkeakoulu 2007: Muovimuotoilu.
<www.muovimuotoilu.fi/content/view/147/211/> Luettu 4.11.2010
- Tannenbaum, Jerrold 1995: Veterinary ethics. Missouri: Mosby-Year Book.