

Voetprothese na een trauma

Een voetprothese die moet dienen als hulpmiddel om te kunnen voetballen na een transmetatarsale amputatie.



MIKE VAN DEN BOSCH
STUDENT NR: 12065544
MENS EN TECHNIEK | BEWEGINGSTECHNOLOGIE
HAAGSE HOGESCHOOL

DEN HAAG, APRIL 2019

EERSTE BEGELEIDER: A. DOBBELSTEEN
TWEEDE BEGELEIDER: M. KESSELS

ACADEMIE JAAR 2018-2019

Afstudeerscriptie van Mike van den Bosch

December 2018 t/m April 2019

Afstudeeropdracht: Ontwerpen en vervaardigen

Begeleider: Antoon Dobbelsteen

A.W.M.Dobbelsteen@hhs.nl

Tweede lezer: Manon Kessels

M.L.C.Kessels@hhs.nl

Onderwijsinstelling:

De Haagse Hogeschool

Faculteit Gezondheid, Voeding & Sport

Opleiding Mens & Techniek | Bewegingstechnologie

Johanna Westerdijkplein 75

2521 EN

Den Haag

Den Haag, April 2019

Mike van den Bosch

12065544

Voorwoord

Voor u ligt mijn scriptie waarin ik heb beschreven hoe ik een voetprothese heb ontworpen. Deze scriptie is geschreven voor mijn afstuderen aan de opleiding Bewegingstechnologie | Mens & Techniek aan de Haagse Hogeschool te Den Haag. De voetprothese is voor een patiënt die een transmetatarsale amputatie heeft ondergaan na een ongeluk. De patiënt wil met de prothese weer tegen een voetbal kunnen schoppen.

Dit onderwerp is tot stand gekomen na een gesprek met de desbetreffende patiënt. Hij gaf aan dat hij het jammer vindt dat hij niet meer in staat is om te voetballen.

Dit verslag is bestemd voor de docenten van de opleiding Bewegingstechnologie en de mensen die baat hebben bij deze informatie.

Ten slotte wil ik graag de volgende mensen bedanken:

- De patiënt voor de medewerking tijdens het project.
- Antoon Dobbels en Manon Kessels, voor hun begeleiding tijdens mijn afstudeerperiode.
- Ottobock, voor hun expertise en hulp tijdens dit proces en met name Evi van den Plas van het Silicon House.
- De andere docenten van de opleiding Bewegingstechnologie die mij hebben geholpen wanneer er vragen waren.

Mike van den Bosch
Den Haag, April 2019

Samenvatting

Het komt voor dat mensen geboren worden zonder voorvoet. Dit houdt in dat diegenen geboren zijn zonder tenen (digiti) en een deel van de middenvoetsbeentjes (ossa metatarsalia). Het kan ook voorkomen dat een persoon zijn voorvoet verliest bij een ongeluk. Dit is het geval bij de patiënt waar deze casus over gaat.

Op 5 september 1997 heeft de patiënt een ongeluk gehad waarbij hij zijn digiti en een deel van zijn middenvoetsbeentjes (ossa metatarsalia) is verloren. Het amputatieniveau is transmetatarsaal. De patiënt heeft aangegeven te willen voetballen.

Het doel van dit project is een prothese/opvulling te maken waardoor de patiënt zonder pijn tegen een bal kan schoppen. Zijn stomp is erg gevoelig en kan dan nauwelijks tegen druk.

Er is tot nu toe nog geen prothese, de stomp zit in een gewone schoen waarbij de veters goed vast zijn gestrikt. Wanneer er druk op de stomp wordt uitgeoefend zal dit leiden tot pijn bij de patiënt.

Het hoofddoel is het ontwerpen en vervaardigen van een voorziening voor de patiënt waarmee de patiënt een bal kan wegschieten; er zal gekeken worden naar een wreeftrap en passtrap.

Om het doel te bereiken wordt gebruik gemaakt van literatuurstudie om tot de eisen en wensen te komen, ook worden er bij bekende bedrijven die protheses maken informatie vergaart. Na de eisen en wensen zal het product ontworpen worden, hierbij wordt het iteratieve ontwerpproces toegepast. Op deze manier zal het ontwerp aan de hand van de feedback van de patiënt worden aangepast tot een goed prototype.

Er kwamen drie concepten uit het clusterproces en door middel van de kardinale methode is er één concept als beste uitgekomen en dit beste concept is vervaardigd. Na de vervaardiging is het prototype getest. Dit is in stappen gegaan. Als eerste is het prototype aangedaan, hierbij werd geen pijn ervaren. (NRS-score 2) Daarna is de patiënt met het prototype gaan lopen, ook hier werd er geen pijn ervaren. (NRS-score 2) Als laatste is het prototype getest in de voetbalschoen. De verwachting is dat de patiënt zonder pijn de bal kan weg schieten; wreeftrap en passtrap.

Uit de testfase is gebleken dat het prototype goed is bevonden. De patiënt ervaarde geen pijn en was in staat om de bal met een passtrap en een wreeftrap weg te schieten. Daarnaast was de patiënt ook in staat om de bal hoog te houden.

Aan alle eisen is voldaan op eis één na; dat het eindproduct geheel van silicone gemaakt moest worden. Het prototype bestaat slechts deels uit silicone door financiële restricties en het niet beschikken over het juiste gereedschap.

Uit feedback van de patiënt is er geconcludeerd dat het hoofddoel wel gehaald is, alleen waren er wel wat beperkingen. De grootste beperking was dat de patiënt moeite had met de wreeftrap. Dit kwam doordat de voetbalschoen waar het prototype in zit twee maten groter is dan de andere voetbalschoen. Dit zorgde ervoor dat de patiënt met de punt van de schoen in het gras bleef haken, dit zorgde overigens niet tot pijn in de stomp.

Als aanbeveling om tot het eindproduct te komen is het belangrijk om de prothese compacter te maken en deze geheel van silicone te maken. Dit zal zorgen voor een goed werkend product.

1 Inhoudsopgave

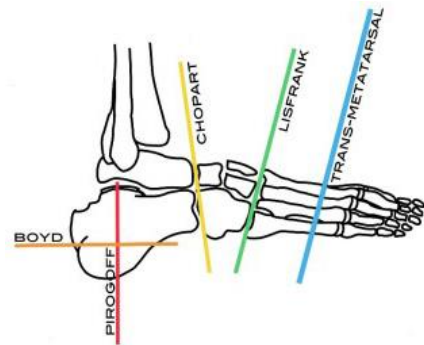
Voorwoord.....	3
Samenvatting.....	4
1 Inleiding	6
2 Analysefase	8
2.1 Marktoriëntatie	8
2.2 Materiaalonderzoek en bedrijvenkennis	8
2.3 Lichamelijk onderzoek.....	9
3 Pakket van Eisen en Wensen	15
3.1 Eisen	15
3.2 Wensen.....	15
4 Ontwerpfase.....	16
4.1 Concepten clusteren	16
4.2 Concepten	17
4.3 Kardinale methode	19
5 Vervaardigingsproces en eindontwerp.....	21
5.1 Silicone voorste voetdeel	21
5.2 Bevestiging	21
5.3 Detaillering	21
6 Evaluatie.....	23
6.1 Range of motion met prothese	23
6.2 Testfase prototype	23
7 Discussie.....	25
8 Conclusie en aanbevelingen	27
9 Verwijzingen.....	28
Bijlage 1: Hardheid Shore	29
Bijlage 2: Testprotocol microFET3 Newtonmeter	31
Bijlage 3: Ideeschetsen bevestiging	32
Bijlage 4: Ideeschetsen prothesedeel	33
Bijlage 5: Ideeschetsen bescherming stomp	34
Bijlage 6: Testprotocol prothese	35
Bijlage 6: Projectvoorstel	36
Bijlage 7: Evaluatie persoonlijke leerdoelen	43

1 Inleiding

Het komt voor dat mensen geboren worden zonder voorvoet. Dit houdt in dat diegenen geboren zijn zonder tenen (digiti) en een deel van de middenvoetsbeentjes (ossa metatarsalia). Het kan ook voorkomen dat een persoon zijn voorvoet verliest bij een ongeluk. Dit is het geval bij de patiënt waar deze casus over gaat.

De hulpvraag van de patiënt is een opvulling/prothese om te kunnen voetballen.

Op 5 september 1997 heeft de patiënt een ongeluk gehad waarbij hij zijn digiti en een deel van zijn middenvoetsbeentjes (ossa metatarsalia) is verloren. Tijdens het werken is zijn heftruck gekanteld en op zijn linkervoet is gevallen. Het amputatieniveau is transmetatarsaal (blauw), zie Figuur 1.



Figuur 1 Niveaus voetamputaties.
(Symes&Partial Foot Prosthetics)

De patiënt heeft vroeger voor zijn ongeluk gevoetbald. Door het verliezen van deel van zijn voet is dit niet meer mogelijk. De patiënt zou dit wel graag weer willen doen. Echter, de patiënt is linksbenig en zonder hulpmiddel is voetballen niet mogelijk.

Na oriëntatie op de markt en navraag bij de twee grootste prothesemakers van Nederland (Livit Orthopedie en Ottobock) is naar voren gekomen dat er op de markt niet een specifieke voetprothese is die gebruikt wordt om dit probleem te verhelpen. Daarom zal het eindproduct ook specifiek voor deze patiënt gefabriceerd worden.

Er is tot nu toe nog geen prothese, de stomp zit in een gewone schoen waarbij de veters goed vast zijn gestrikt. Wanneer er druk op de stomp wordt uitgeoefend leidt dit tot pijn bij de patiënt. Het is noodzakelijk dat het hulpmiddel zo is opgebouwd dat de stomp geen pijnlijke druk ervaart.

Het hoofddoel is het ontwerpen en vervaardigen van een voorziening voor de patiënt waarmee de patiënt een bal kan wegschieten; er zal gekeken worden naar een wreeftrap en een passtrap.

Om het hoofddoel te bereiken zijn de onderstaande deelvragen opgesteld:

1. Hoe kunnen de wreef en de binnenkant van de voet belast worden zonder pijn te ervaren?
2. Welke delen/punten van de stomp kunnen wel belast worden en welke niet?
3. Welk materiaal moet er worden gebruikt?

Deze drie vragen zullen leiden tot het hoofddoel.

Door middel van marktonderzoek en veel testen zal het doel bereikt worden. Er zullen verschillende soorten materialen getest worden bij de patiënt om te kijken welk materiaal het beste gebruikt kan worden voor de prothese. Omdat er gebruik wordt gemaakt van iteratief ontwerpproces wordt er voornamelijk gehandeld door middel van de feedback van de patiënt. Wanneer de patiënt meldt dat een bepaald materiaal goed aanvoelt, zal hiermee verder gegaan worden.

Samengevat:

De doelstelling van dit project is het ontwerpen en vervaardigen van een (of meerdere) comfortabel hulpmiddel/prothese waarmee de patiënt weer kan gaan voetballen zonder hinder van zijn handicap te ondervinden. Belangrijk hierbij is dat het hulpmiddel/prothese ervoor zorgt dat de patiënt geen pijn heeft aan de stomp en de voetbal op een goede manier wordt weg geschopt. Bij het wegschoppen van de bal wordt alleen gekeken naar de wreeftrap en de pass trap. Deze prothese zal

een uniek exemplaar worden, omdat het niet snel zal voorkomen dat iemand hetzelfde traumatische ongeluk zal meemaken.

Leeswijzer

Deze scriptie bestaat uit zeven hoofdstukken die ieder een verschillend thema behandelen. Het volgende hoofdstuk gaat over de analysefase. In dit hoofdstuk worden door middel van literatuuronderzoek en navraag bij bedrijven de eisen en wensen opgesteld. De eisen en wensen zullen in hoofdstuk drie overzichtelijk op een rijtje gezet worden.

Het vierde hoofdstuk presenteert de ontwerpfase, hier bevindt zich de methodiek die gebruikt is om tot een eindconcept te komen. Er is gebruik gemaakt van een morfologische kaart en de kardinale methode.

Hoofdstuk vijf bevat het eindontwerp en het vervaardigingproces. Hier zal er dieper op de vervaardiging in gegaan worden.

Het zesde hoofdstuk houdt zich bezig met de evaluatie van het project. In dit deel wordt het eindproduct/prototype getoetst aan de eisen en wensen. Om tot een goed eindproduct te komen zal er rekening gehouden worden met de feedback van de gebruiker. In dit hoofdstuk worden deze punten behandeld.

Hoofdstuk zeven vormt de discussie en wordt er gekeken naar verbeterpunten op het gehele ontwerpproces.

Het laatste hoofdstuk vormt de conclusie en worden er aanbevelingen gegeven die het eindproduct zouden kunnen verbeteren en/of wat de volgende stappen zouden moeten zijn.

2 Analysefase

In dit hoofdstuk zal er onderzoek worden gedaan naar wat er al op de markt beschikbaar is en welke materialen er gebruikt kunnen worden om het doel zo goed mogelijk te kunnen bereiken. Ook zal er lichamelijk onderzoek verricht worden. Door dit onderzoek komen de functiebeperkingen en pijnpunten van de patiënt naar voren. Deze informatie is nodig om de prothese zo goed mogelijk op te kunnen bouwen. De informatie zal voornamelijk door literatuurstudie verkregen worden, maar het is ook belangrijk om met prothesemakers te communiceren. In dit geval is er contact geweest met Ottobock. Op deze manier wordt er naast de informatie van de onderzoekers, ook informatie van experts in gebied van de prothesiologie vergaard.

2.1 Marktoriëntatie

Na een aangeboren voetanomalie of na een (gedeeltelijke) voetamputatie kan er een voetprothese aangemeten worden. Zo'n voetprothese geeft verschillende positieve effecten op het lichaam; het resulteert in een verhoogde functie, mooier cosmetisch uiterlijk, verbeterde levensstijl, verminderd energieverbruik, toegenomen sensorisch input en beter gewicht dragend oppervlak. (Philbin, Leyes, Sferra, & Donley, 2001) Desalniettemin wordt een voetprothese zelden tot nooit gebruikt als sportprothese, bijvoorbeeld om tegen een bal aan te schoppen. Er zijn daarom ook geen specifiek sportvoetprothesen op de markt.

2.2 Materiaalonderzoek en bedrijvenkennis

Tot dusver is silicone een veelgebruikt materiaal voor een voetprothese, zie Figuur 2. Dit komt doordat er met silicone veel verschillende voorwerpen gemaakt kunnen worden. Silicone is flexibel en op cosmetisch vlak kunnen er gedetailleerde prothesen van gemaakt worden.

Uit een onderzoek van Burger, et al (2009) blijkt dat een silicone voetprothese (zonder versterkte zool) de loopsnelheid verhoogt, betere plantairflecterend moment in enkel tijdens de standfase veroorzaakt en een betere afzet mogelijk maakt.

De onderzoekers concludeerden dat de keus voor silicone prothesen niet alleen om cosmetische redenen zijn, maar ook biomechanisch superieur kunnen zijn ten opzichte van andere prothetische oplossingen, vooral om op blote voeten te lopen. (Burger, et al., 2009)



Figuur 2 Silicone voetprothese.
(Voetprothese - hulpmiddel)

Bij Ottobock komt het voor dat silicone gecombineerd wordt met carbon, dit meldde een medewerker van het Silicon House van Ottobock. Met carbon wordt er dan een voetzool gemaakt die in de voetprothese wordt verwerkt. Een voetzool van carbon is sterk maar ook beweeglijk. Op deze manier zal er meer energie teruggave zijn. Ook wordt er weleens voor gekozen om de zool van de silicone voetprothese van een minder flexibele silicone te maken, denk hierbij aan 60 shore in plaats van 35 shore. Shore is de maat voor de weerstand van een materiaal tegen veerbelasting. (Kopeliovich, 2013) In de bijlage (Bijlage 1) is een tabel toegevoegd die laat zien dat er shore type OO

silicone weergeeft. In Figuur 3 (zie shore OO) is te zien welke voorwerpen welke hoeveelheid shore hardheid heeft, om een indicatie te geven hoe hard de silicone is.



Figuur 3 Shore hardheid schaal. (A guide to shore durameters, n.d.)

Ottobock is niet het enige bedrijf die de voorkeur voor silicone uitspreekt. Bij Livit Orthopedie vervaardigt men ook protheses en ortheses van silicone, dit te weten uit eigen ervaring als stagiaire bij Livit.

Na een conversatie met Ottobock over silicone voetprothese is er interessante informatie naar voren gekomen. Evi van den Plas van Ottobock vertelde: "Doordat de voetprothese uit één geheel wordt gemaakt, wordt de druk op de stomp verdeeld. Op deze manier zal niet alle druk op de voetkant komen, daarom is een goede pasvorm erg belangrijk. Wanneer de stomp vooraan gevoelig is dan zal er ook altijd een gelkussen in de prothese verwerkt worden."

In hoofdstuk 2.3.4.1. wordt gekeken naar de krachten op de voet tijdens het trappen van de bal, vanuit daar zal er besloten worden of een gelcomponent/kussen nodig is.

Aan de hand van de informatie die verkregen is bij Ottobock en de ervaringen bij Livit Orthopedie zal silicone het beste materiaal zijn om een voetprothese van te maken. Deze conclusie is gebaseerd op de expertise van deze twee bedrijven, die tot een van de grootste van Nederland behoren. Carbon is een materiaal wat gebruikt kan worden om energietoevoer te genereren, dit kan handig zijn bij een voetamputatie om de afwikkeling van de voet te bevorderen. Uit bovenstaande informatie zal de eis zijn dat de prothese moet bestaan uit silicone. Ook kan de prothese voorzien worden van een voetzool van carbon wanneer de afwikkeling moeizaam gaat. Tijdens de testfase moet blijken of een carbon voetzool nodig is.

Eis 1: De prothese moet uit silicone en/of carbon bestaan.

2.3 Lichamelijk onderzoek

Voordat er wordt gekeken of de patiënt functiebeperkingen heeft, is het noodzakelijk om te kijken naar onderzoeken die betrekking hebben op het gangpatroon met een (deels)voetamputatie. In de onderzoeken werd gekeken naar lisfranc en transmetatarsale amputaties.

In het onderzoek van Dillen en Barker (2008) werd er gekeken naar het looppatroon van personen met een gedeelte voetamputatie die hun bestaande prothese en schoeisel dragen en vergeleken met een controlegroep die geen amputatie heeft. Er werd geconstateerd dat de mensen met een voetamputatie een dussdanig looppatroon aannemen dat de stomp wordt beschermd tegen druk. In het heupgewricht werd een verhoogde spierkracht geconstateerd, dit kwam doordat er in de enkel van de getroffen voet deze spierkracht vrijwel verwaarloosbaar was. (Dillon & Barker, 2008)

Ook bij de patiënt in kwestie is dit aangepaste looppatroon zichtbaar, een voorbeeld hiervan is dat de patiënt zijn getroffen voet iets hoger optilt tijdens het lopen. Dit is gekomen doordat de patiënt zijn stomp dusdanig heeft gestoten vroeger dat hij bijna buitenbewustzijn ging van de pijn. De patiënt benoemd zelf dat hij een zesde zintuig hiervoor ontwikkeld heeft.

2.3.1 Medisch dossier en wensen van de patiënt

Aan de patiënt is gevraagd om het medisch dossier op te vragen bij het ziekenhuis, op deze manier komt er meer inzicht wat er gebeurd is met de voet. In het medisch dossier is het gehele proces beschreven wat er gedaan is in het ziekenhuis na het ongeluk.

In het medisch dossier wordt het ongeluk beschreven als een crushletsel. Tijdens de eerste operatie is er een amputatie uitgevoerd in het metatarsophalangeale gewricht (MTP-gewricht) van de voorvoet (digiti I t/m V). Vervolgens is er, door pijnklachten een tweede operatie uitgevoerd; bij deze operatie zijn de metatarsalia I t/m V ingekort en werd er ook een huidtransplantatie (Splitkingraft) uitgevoerd. De huid was afkomstig van het bovenbeen.

Na veertien maanden had de patiënt klachten aan de voetzool ten hoogte van het uiteinde van metatarsale II. Na onderzoek bleek dat deze ook duidelijk uitsteekt ten opzichte van de andere metatarsalen. Er is besloten om nog een operatie uit te voeren om het kopje van metatarsale II te verwijderen.

In 2001 is er nog een laatste operatie uitgevoerd, bij deze operatie is caput metatarsale IV ingekort. De reden van deze inkorting was dat de patiënt progressief klachten van het kopje van metatarsale IV ervaarde, met name bij het afzetten tijdens het lopen gaf dit pijnklachten.

De patiënt is gevraagd wat voor wensen hij naast het schoppen tegen de bal heeft voor de functie van de prothese. Daarbij gaf de patiënt aan dat hij het leuk zou vinden om met de prothese ook een looppas/dribbelpas uit te voeren. De wandelsnelheid van een volwassene is gemiddeld 4 a 5 km/h en snelheid van hardlopen ligt ongeveer rond de 10 km/h. Een dribbelpas of looppas ligt daar tussenin, de snelheid ligt dan rond de 7 a 8 km/h.

Daarnaast vond de patiënt het ook belangrijk dat de prothese lekker zit en makkelijk aan gedaan kan worden of makkelijk in gebruik is. Aan de hand van dit gesprek met de patiënt zijn de volgende wensen opgesteld. De patiënt wil graag een dribbelpas uitvoeren en dat houdt in dat de patiënt minimaal 7 km/h kan lopen.

De patiënt gaf aan dat comfort en gebruik ook belangrijk is, daarom is ervoor gekozen dat een schoen een goed comfort meebrengt. De prothese moet net zo makkelijk aan gaan als een schoen. De voetbalschoenen die de patiënt heeft zijn van Adidas (Adidas Copa Mundial FG). De prothese moet net zo makkelijk aan gaan als deze schoen en net zo lekker moeten zitten als deze schoen.

Wens 1: De patiënt kan minimaal 7 km/h lopen met de prothese aan.

Wens 2: De prothese moet net zo makkelijk aan gaan als een schoen (Adidas Copa Mundial FG).

Wens 3: De prothese moet net zo lekker zitten als een schoen (Adidas Copa Mundial FG).

2.3.2 Gipsmodel met pijnpunteninspectie

Om de pijnpunten in kaart te brengen zal er een gipsmodel gemaakt worden. Op dit gipsmodel kan met een stift worden aangegeven waar de pijnpunten zich bevinden. De prothese zal om het gipsmodel heen vervaardigd worden, op deze manier hoeft de patiënt niet aanwezig te zijn om de pasvorm goed te maken.

Protocol:

Om een positieve afdruk van de voet/stomp te krijgen zal er eerst een negatief gemaakt moeten worden. In dit negatief zullen er stift afdrukken worden aangebracht die later op het positief te zien zijn; deze stiftafdrukken geven de pijnpunten weer. De punten waar veel pijn wordt ervaren en de

punten waar weinig tot geen pijn wordt ervaren. Tijdens het gipsen wordt de methode die beschreven staat in het document van P. Steijger aangehouden. (Steijger, 2015/2016)

Benodigdheden:

- (Huishoud)Folie
- Gips
- Verschillende kleuren stift
- Snijsstrip (binnenband van een fiets)
- Oscileerzaag

Methode:

Als eerste was de voet tot aan de helft van het onderbeen ingewikkeld in folie. Op deze folie is er met stiften aangegeven welke deel van de stomp het pijnlijkste was. Daarna was de snijstrip op de been gepositioneerd. Dit zorgde voor bescherming wanneer het gips van de voet werd verwijderd.

Vervolgens was de stomp ingewikkeld in gips. Het was belangrijk dat de (voorkant van de) stomp het gladste deel van het model werd. Dit was het belangrijkste deel van het hele proces.

Wanneer het gips was uitgehard, was het gips doorgezaagd/gesneden om het vervolgens van de voet af te halen. De stiftkleuren (op het folie) gaven op het gips af waardoor de kleur op precies dezelfde positie te zien was. Tenslotte was er gips in het negatief gegoten, daarna zal de stiftafdruk ook zichtbaar zijn op het positief.

Tijdens het gipsen heeft de patiënt aangegeven dat druk aan de voorkant, waar het littekenweefsel bevindt, het grootste pijnpunt is. Verder waren er geen pijnpunten of plekken die pijn deden. In Figuur 4 is het gipsmodel te zien, met het rode gedeelte dat pijnlijk is.

In hoofdstuk 2.3.4 zal dieper worden ingegaan op de hoeveelheid Newton die de pijnpunten aankunnen.

Om te kunnen aantonen of de patiënt pijn heeft, wordt er gebruikt gemaakt van de Numerieke Rating Schaal (NRS). De NRS is een numerieke zelfrapportageschaal, deze schaal loopt van 0 tot 10. De schaal is verdeeld in verschillende gradaties:

- Geen pijn: 0-2
- Lichte pijn: 2-4
- Hinderlijke pijn: 4-6
- Uitgesproken pijn: 6-8
- Vreselijke/ondraaglijke pijn: 8-10 (Hoe wordt pijn gemeten?, 2015)



Figuur 4 Gipsmodel stomp.

De stomp blijft gevoelig, om deze reden is er voor gekozen om lichte pijn toe te staan. Deze pijn ervaart de patiënt gedurende de hele dag en is geaccepteerd door het lichaam. De maximale score tijdens de wreeftrap en passtrap mag niet hoger zijn dan 4.

Het rode gedeelte op de gipsafdruk mag niet te veel belast worden, de hoeveelheid belasting wordt gemeten met de NRS-score.

Eis 2: Het pijngebied (het rode gedeelte) mag tijdens het wegschoppen van de bal niet te veel belast worden, aan de hand van de NRS-score. (Zie Figuur 4)

Eis 3: De NRS (Numerieke Rating Schaal) score mag niet hoger zijn dan 4 tijdens het dragen van de prothese.

2.3.3 Functie-onderzoek

Om erachter te komen of de patiënt functiebeperkingen heeft in het enkelgewricht, zal er gebruik worden gemaakt van een video-analyse. Op de benen worden markers geplakt, in Kinovea kunnen met behulp van deze markers hoeken worden berekend. Op deze manier kan er worden gekeken of de voet een functiebeperking heeft in het enkel gewricht. Voor dit onderzoek moet ook de gezonde voet worden gemeten die dient als referentiewaarde.

De markers worden aan de laterale zijde van de beiden benen geplakt. De markers bevinden zich op de caput fibulae, de malleolus lateralis en het meest distale punt van de stomp. Bij de gezonde voet zal de laatste marker op dezelfde plek op de voet bevinden.

De test was als volgt uitgevoerd:

Er waren drie standen die met elkaar vergeleken moesten worden, namelijk de standfase, de maximale dorsaalflexie en de maximale plantairflexie.

Om de maximale dorsaal- en plantairflexie te meten, is de voet op een kruk gezet en daarna het onderbeen naar voren of achteren bewogen tot maximaal. Belangrijk was dat de voet op de stoel bleef staan, de beweging was gefilmd en de hoeken waren in Kinovea uitgerekend.

Stompvoet hoeken (Figuur 5):

- Standfase: 111 graden
- Maximale dorsaalflexie: 92 graden
- Maximale plantairflexie: 149 graden

Gezonde hoeken (Figuur 6):

- Standfase: 108 graden
- Maximale dorsaalflexie: 91 graden
- Maximale plantairflexie: 147 graden

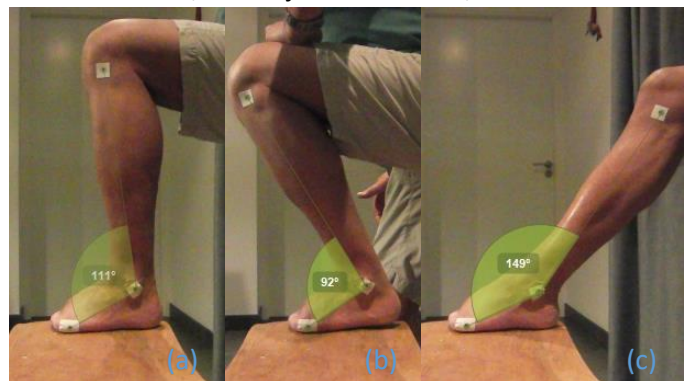
Uit deze analyse is te concluderen dat de range of motion van de enkel niet is aangetast na het ongeluk. De range of motion is nu rond de 60 graden. Dit is een goed teken en het is niet de bedoeling dat de prothese deze range of motion aantast. Met de beweeglijkheid van de enkel hoeft geen rekening gehouden worden.

De patiënt gaf aan dat hij wel graag een iets verhoogde hak heeft in de schoen, dit maakt het lopen makkelijker.

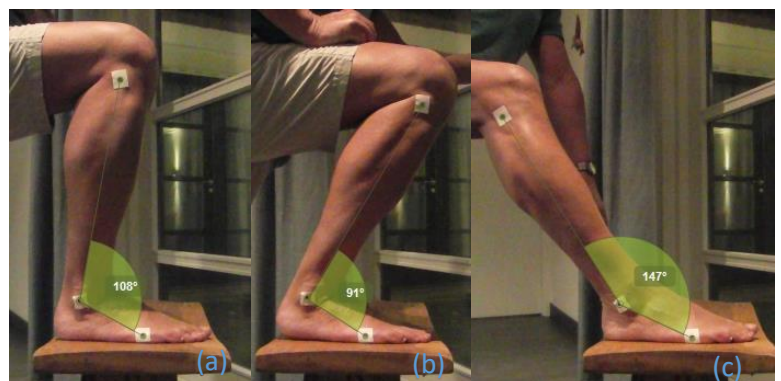
Eis 4: De prothese moet niet de range of motion van de aangedane been aantasten; de huidige range of motion is 60 graden.

2.3.4 Krachtenanalyse met bal

Een krachtenanalyse is belangrijk om te laten zien waar op de stomp de reactiekracht aangrijpt. Op deze manier kan er worden aangetoond of de pijnlijke plekken van de stomp ontlast worden tijdens de handeling.



Figuur 5 Hoekstanden aangedane been. (a) standfase. (b) maximaal dorsaalflexie. (c) maximaal plantairflexie.



Figuur 6 Hoekstanden gezonde been. (a) standfase. (b) maximaal dorsaalflexie. (c) maximaal plantairflexie.

Om een goede krachtenanalyse te kunnen opzetten is het noodzakelijk te weten wat er gebeurt tijdens de handeling. Er wordt gekeken naar de wreeftrap en de pass met de binnenkant van de voet.

2.3.4.1 Wreeftrap

Zoals het woord al aangeeft, wordt de wreeftrap getrapt met de wreef. De wreef is het dorsale gebied van de voet, tussen de tenen en de enkel, zie Figuur 7. De wreeftrap wordt gebruikt om op doel te schieten of een pass over grotere afstand te geven. Tijdens deze trap zal de voet meer in plantairflexie staan dan dorsaalflexie.



Figuur 7 Gebied waar de wreeftrap mee gegeven wordt. (-, n.d.)



Figuur 8 Wreefgedeelte op de stomp. (Rode deel pijngebied)

Het deel waar het litteken zich bevindt zal hoe dan ook (deels) belast worden, zie Figuur 8. Om erachter te komen hoeveel druk de patiënt aan kan, zal de hoeveelheid kracht (in Newton) dat toelaatbaar is voor de patiënt gemeten worden. Hiervoor zal de microFET3 van Biometrics gebruikt worden. Dit apparaat geeft aan hoeveel Newton er wordt uitgeoefend op een bepaald gebied. Wanneer de patiënt pijn ervaart zal de test gestopt worden en zal de microFET3 de maximale score in Newton weergeven. (Zie testprotocol in Bijlage 2) Bij de patiënt zijn op verschillende plekken op de voet deze test uitgevoerd. De plek waar de huid omgeklapt is (vooraan) is bijna tot niet belastbaar (0,3 N), de andere gebieden op de voet waren wel bestand tegen druk. De focus ligt op het voorste deel van de voet. Dit gedeelte zal geen pijn moeten ervaren tijdens het uitvoeren van de wreeftrap, de Numerieke Rating Schaal mag dan ook niet hoger zijn dan 4.

De stomp moet heel goed beschermd worden tegen druk. De drukverdeling is goed te regelen met een gelcomponent of gelkussen. Er is getest of de stomp meer kracht kan hebben wanneer hier een gelcomponent en/of silicone tussen zit. Er zijn drie verschillende situaties getest, namelijk:

- Alleen gelcomponent: 28 Newton
- Alleen silicone: 16 Newton
- Silicone en een gelcomponent: 34 Newton

Uit de test met de microFET3 komt naar voren dat de gelcomponent en silicone samen meer kracht kan weerstaan dan zonder bescherming of alleen de twee componenten apart. Een gelcomponent in combinatie met silicone moet genoeg bescherming bieden zodat er meer kracht in Newton uitgeoefend kan worden.

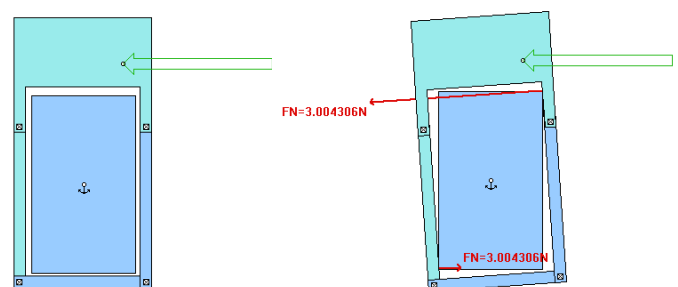
Eis 5: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een wreeftrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.

Eis 6: De stomp (het rode gedeelte) moet beschermd worden met een gelcomponent/gelkussen. (Zie Figuur 4)

2.3.4.2 Pass binnenkant voet

Een pass wordt gebruikt om de bal naar een medespeler te spelen. De bal wordt geraakt aan de binnenkant van de voet en wordt voornamelijk gebruikt voor korte afstand.

In Figuur 9 is een schematische tekening te zien, het middelste blok is de stomp en het figuur



Figuur 9 Schematische tekening effect passtrap op stomp.

eromheen simuleert een voetprothese. Er wordt een kracht van 20 N op uitgeoefend om een passtrap te simuleren, deze kracht is willekeurig gekozen. Dit model is voornamelijk gemaakt om te laten zien waar de krachten op aan grijpen. In het rechter plaatje is de reactiekracht weergegeven. In dit model is te zien dat de reactiekracht aangrijpt op de hiel. Op deze manier is de stomp beschermt bij de pijnlijke delen. Dit komt voornamelijk omdat de pijnlijke delen aan de voorkant worden ervaren.

Bij het uitvoeren van de passtrap is het belangrijk dat de stomp geen pijn ervaart, de Numerieke Rating Schaal mag niet hoger zijn dan 4.

Eis 7: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een passtrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.

3 Pakket van Eisen en Wensen

3.1 Eisen

Eis 1: De prothese moet uit silicone en/of carbon bestaan.

Eis 2: Het pijngebied (het rode gedeelte) mag tijdens het wegschoppen van de bal niet te veel belast worden, aan de hand van de NRS-score. (Zie Figuur 4)

Eis 3: De NRS (Numerieke Rating Schaal) score mag niet hoger zijn dan 4 tijdens het dragen van de prothese.

Eis 4: De prothese moet niet de range of motion van de aangedane been aantasten; de huidige range of motion is 60 graden.

Eis 5: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een wreeftrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.

Eis 6: De stomp (het rode gedeelte) moet beschermd worden met een gelcomponent/gelkussen. (Zie Figuur 4)

Eis 7: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een passtrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.

3.2 Wensen

Wens 1: De patiënt kan minimaal 7 km/h lopen met de prothese aan.

Wens 2: De prothese moet net zo makkelijk aan gaan als een schoen (Adidas Copa Mundial FG).

Wens 3: De prothese moet net zo lekker zitten als een schoen (Adidas Copa Mundial FG)

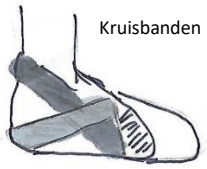
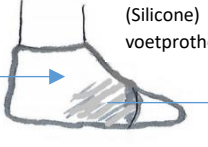
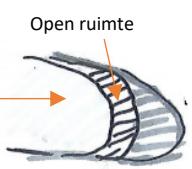
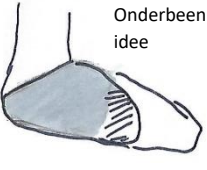
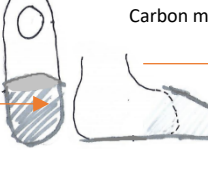
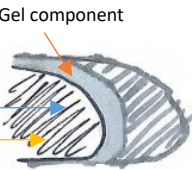
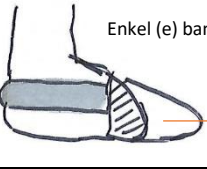
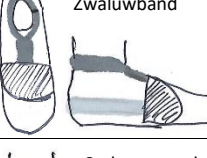
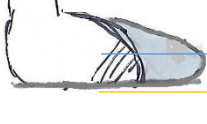
4 Ontwerpfase

Na de eisen en wensen zijn er ideeschetsen gemaakt, deze zullen in dit hoofdstuk worden geclusterd met behulp van een morfologische kaart en aan de hand van de kardinale methode beoordeeld worden. Het concept dat het beste scoort zal worden uitgewerkt. Na deze concept keuze wordt het iteratief ontwerpproces toegepast en alle veranderingen in het concept worden aan de hand van de feedback van de gebruiker aangepast.

4.1 Concepten clusteren

Hieronder is de morfologische kaart weergegeven, de ideeschetsen zijn uitgewerkt en in de bijlage te zien. De ideeschetsen zijn onderverdeeld in drie categorieën; bevestiging (zie Bijlage 3), prothesedeel (zie Bijlage 4) en bescherming stomp (zie Bijlage 5)

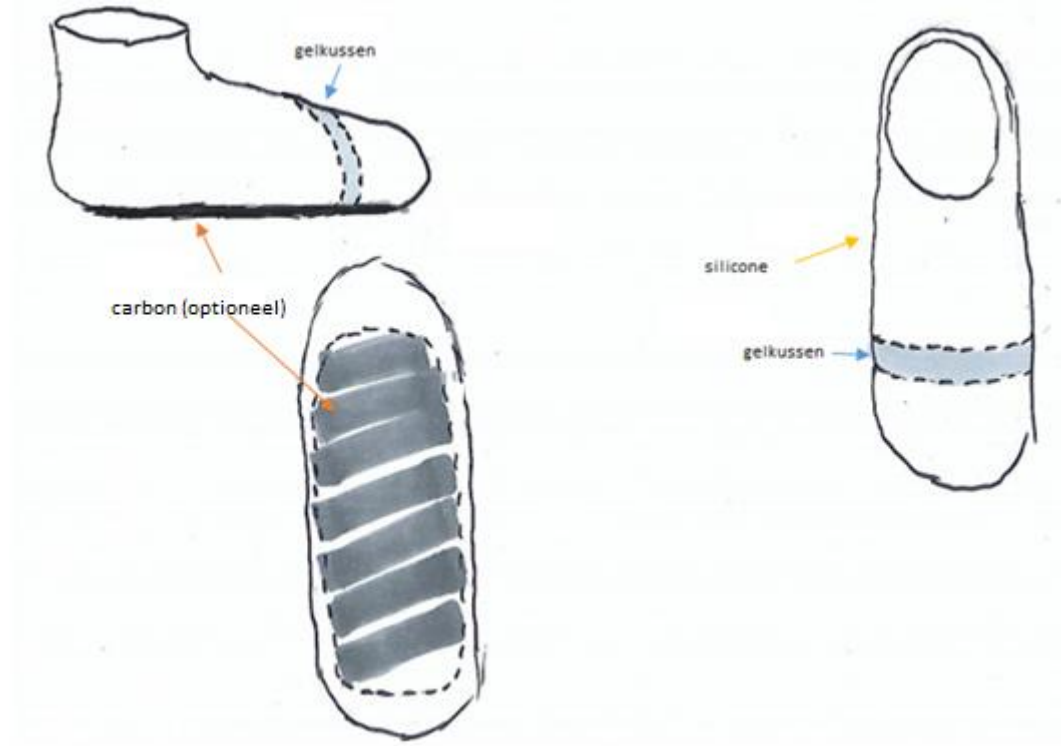
Tabel 1 Morfologische kaart.

	Bevestiging(B)	Prothesedeel(P)	Bescherming stomp(BS)	
1	 Kruisbanden	 (Silicone) voetprothese	 Open ruimte	Concept A: B5-P1-BS2
2	 Onderbeenliner idee	 Carbon mal	 Gel component	Concept B: B3-P2-BS1
3	 Enkel (e) band	 In de schoen verwerkt		Concept C: B5-P3-BS2
4	 Zwaluwband			
5	 Carbon voetplaat			

4.2 Concepten

Concept A:

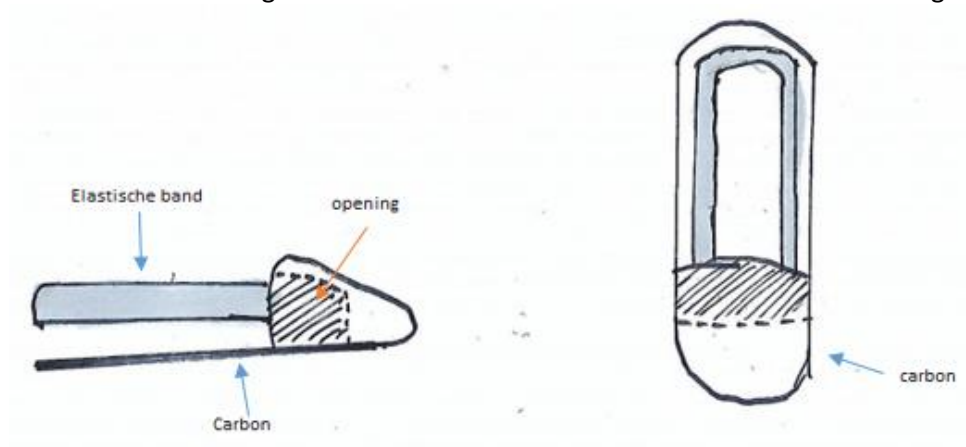
Dit concept (zie Figuur 10) bestaat uit een silicone voet met een voetzool van carbon(optioneel). Deze voetzool zorgt voor stevigheid en goede afrol tijdens het lopen. Tussen het silicone en de stomp wordt een gelkussen verwerkt, dit zal zorgen voor extra bescherming voor de stomp. Het carbon zoeltje kan in dit concept ook weggelaten worden. In de testfase zal blijken of het carbon zoeltje nodig is.



Figuur 10 Concept A.

Concept B:

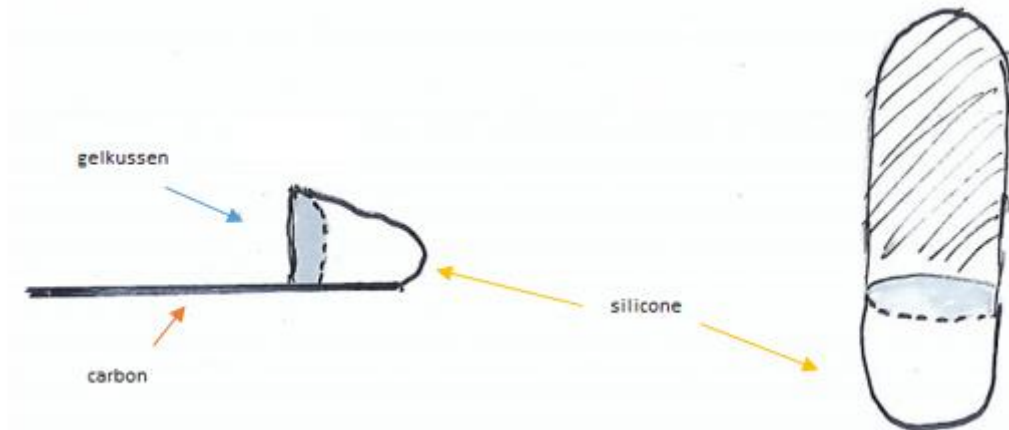
Concept B (zie Figuur 11) bestaat uit een carbonvoetplaat die aan het einde van de schoen ombuigt, het gedeelte is geheel van carbon en zal het voetdeel vormen. Tussen de stomp en dit voetdeel zal er een opening zijn om de stomp te beschermen. Om dit deel stevigheid te geven zal er een elastische band worden bevestigd. De carbon voetzool zal worden bekleed met een inlegzool van gel.



Figuur 11 Concept B.

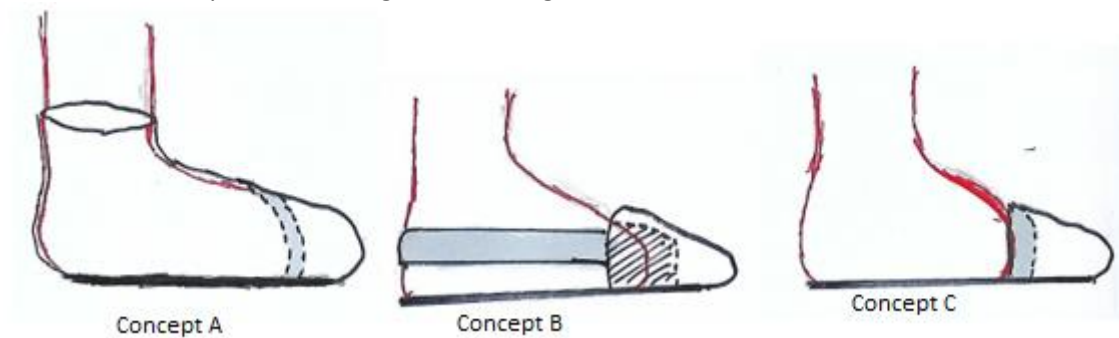
Concept C:

Het laatste concept (zie Figuur 12) zal een silicone voetdeel verwerkt worden in de schoen, dit deel zal aan een carbonvoetplaat worden bevestigd. Als extra bescherming voor de stomp zal er een gelkussen worden verwerkt in het silicone.



Figuur 12 Concept C.

Om goed te visualiseren hoe de voet in de prothese zit, is er een van elk concept een schets gemaakt met de voet in de prothese. In Figuur 13 is dit gevisualiseerd.



Figuur 13 Concepten met voet.

4.3 Kardinale methode

4.3.1 Eisen

Eis 1: De prothese moet uit silicone en/of carbon bestaan. (a)

Eis 2: Het pijngebied (het rode gedeelte) mag tijdens het wegschoppen van de bal niet te veel belast worden, aan de hand van de NRS-score. (Zie Figuur 4) (b)

Eis 3: De NRS (Numerieke Rating Schaal) score mag niet hoger zijn dan 4 tijdens het dragen van de prothese.

Eis 4: De prothese moet niet de range of motion van de aangedane been aantasten; de huidige range of motion is 60 graden. (c)

Eis 5: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een wreeftrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.

Eis 6: De stomp (het rode gedeelte) moet beschermd worden met een gelcomponent/gelkussen. (Zie Figuur 4) (d)

Eis 7: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een passtrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.

4.3.2 Wensen

Wens 1: De patiënt kan minimaal 7km/h lopen met de prothese aan.

Wens 2: De prothese moet net zo makkelijk aan gaan als een schoen (Adidas Copa Mundial FG).

Wens 3: De prothese moet net zo lekker zitten als een schoen (Adidas Copa Mundial FG).

De weegfactor en normering van de concepten zal lopen van 1 tot en met 5, op deze manier kan er wel aangegeven worden hoe belangrijk deze eis is en wordt er voorkomen dat de totaal getallen gigantisch worden.

Tabel 2 Kardinale methode.

Eisen	Weegfactor	Concept		
		A	B	C
a	3	5	3	3
b	3	3	5	2
c	2	4	2	2
d	4	5	1	5
Totaal		52	32	39

Concept A: 52 punten.

Concept scoort bijna alle punten. Er is drukverdeling over de hele voet aanwezig, dit zorgt ervoor dat het pijnlijke gedeelte het meest ontlast wordt.

Concept B: 32 punten.

Dit concept scoort het slechtste in totaal; er is geen gelcomponent aanwezig in dit concept, wel mogelijk. In dit concept is er een gel inlegzool toegevoegd om meer comfort te bieden. Door de opening aan de voorkant zal er geen druk op de stomp worden uitgeoefend.

Concept C: 39 punten.

In vergelijking met concept A is hier minder drukverdeling over de gehele voet. Daarom is er bij dit model meer druk op de stomp worden uitgeoefend.

Alle concepten moeten voldoen aan de eisen, in de kardinale methode is gekeken naar de mate van aanwezigheid van deze eisen. Maar er moet ook gekeken worden naar de wensen, de wensen kunnen de doorslag geven in de keuze. Met kijk op de wensen zal ook hier concept A het beste concept zijn. Er is namelijk aangegeven dat het eindproduct moet aanvoelen als een schoen. Aangezien concept A als enige geheel om de voet sluit, heeft dit bij de patiënt de voorkeur gekregen.

Concept A zal worden uitgewerkt en een mock-up van gemaakt worden. Deze mock-up zal uit schuim bestaan om het model te visualiseren.

Daarna zal er een prototype worden gemaakt van dit concept om deze uit te testen en eventueel aan te passen.

Het eindproduct wordt om het gipsmodel heen gemaakt, daarom is ervoor gekozen om geen maten te noteren.

5 Vervaardigingsproces en eindontwerp

In dit hoofdstuk zullen de stappen worden laten zien die gedaan zijn om tot het eindproduct/prototype te komen.

In de analysefase is er een gipsmodel gemaakt en met dit gipsmodel zal in dit hoofdstuk verder gegaan worden.

Er is een gipsafdruk gemaakt van de voetbalschoen die gebruikt gaat worden, op deze manier komt er goed in beeld hoe groot het deel is dat de patiënt mist. (Zie Figuur 14)



Figuur 14 Gipsafdruk voetbalschoen.

Met behulp van de gipsafdruk van de voetbalschoen zal er een negatieve afdruk worden gemaakt van het missende voetdeel. Dit is belangrijk om in te zien hoe groot dit deel moet worden tijdens het vervaardigen. In Figuur 15 is deze afdruk te zien, hierin zal later silicone gegoten worden.

5.1 Silicone voorste voetdeel

Bij de vervaardiging van het voorste gedeelte van de prothese wordt de mal (Figuur 15) gebruikt en het gipsmodel van de voet. (Figuur 4)

Het silicone die gebruikt wordt (Figuur 16) is van shore 40.



Figuur 15 Negatief van missend voetdeel.

Om het silicone zo goed mogelijk om de stomp heen te laten vallen zal de gipsafdruk van de stomp (samen met de gelcomponent) in de mal worden geplaatst tijdens het uithardingsproces van het silicone. In Figuur 17 is deze manier weergegeven. Na de uitharding zal dit deel uit de mal worden gehaald en op deze manier zal het voorste deel klaar zijn om te testen.



Figuur 16 Silicone Shore 40.

5.2 Bevestiging

Het eindontwerp zal geheel uit silicone bestaan; voor het prototype is er gekozen om een bestaande waterschoen te gebruiken. De keuze is hiervoor genomen in verband met de kosten voor het prototype. Om het eindproduct te willen vervaardigen van silicone zal er enkele honderden euro's moeten worden betaald. De financiële mogelijkheden zijn hier niet voor aanwezig, dus is er gekozen voor een waterschoen die geheel de voet omvangt.

Om de waterschoen zo goed mogelijk in de schoen te kunnen krijgen zijn de overlappende randjes van de waterschoen verwijderd.

5.3 Detaillering

Om de opbouw van het prototype te laten zien is er gekozen om de mock-up uit te hollen en door te zagen om de verschillende lagen zichtbaar te maken. Er is gekozen voor deze techniek, omdat het voorwerp dusdanig complex is dit niet in korte tijd in SolidWorks is te realiseren.

In Figuur 18 is de detaillering te zien met aangegeven componenten, parse bestaat bij eindproduct uit silicone.



Figuur 17 Opstelling voor uitharding silicone.



Figuur 18 Mock-up open (links) met opening en silicone. Mock-up gesloten (rechts).

Het prototype (Figuur 19 en 20) zal getest en geëvalueerd worden. Zoals hierboven vermeld zal dit prototype deels uit silicone bestaan en de rest zal bestaan uit een waterschoen.

Het uiteindelijke eindproduct zal volledig uit silicone moeten bestaan, dit zorgt voor een betere drukverdeling en goede pasvorm. Dit eindproduct kan om het gipsmodel heen gebouwd worden.



Figuur 19 Silicone prothesedeel en waterschoen



Figuur 20 Prototype

6 Evaluatie

6.1 Range of motion met prothese

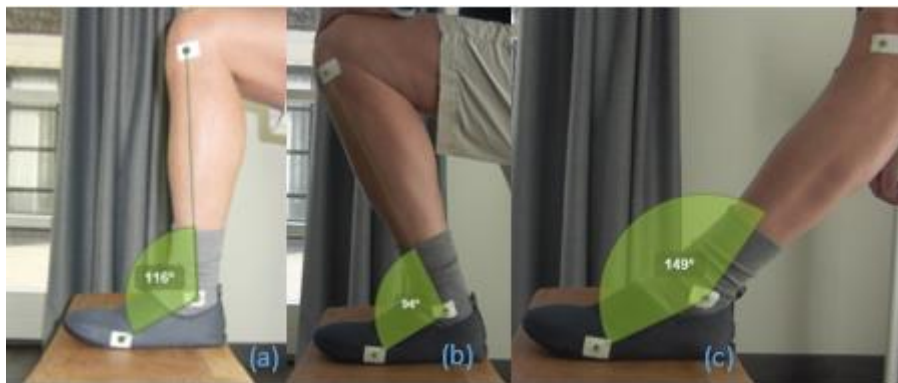
Tijdens de testfase is de range of motion opnieuw gemeten, dit keer met het prototype om de voet heen. In Figuur 20 is te zien dat de range of motion niet is aangetast ten opzichte van de situatie zonder prototype die besproken is in de analysefase.

De hoekstanden van de aangedane been (zonder prototype) waren:

- Standfase: 111 graden
- Maximale dorsaalflexie: 92 graden
- Maximale plantairflexie: 149 graden

De hoekstanden (met prototype) zijn (Figuur 21):

- Standfase: 116 graden
- Maximale dorsaalflexie: 94 graden
- Maximale plantairflexie: 149 graden



Figuur 21 Hoekstanden aangedane been met prototype aan. (a) standfase. (b) maximaal dorsaalflexie. (c) maximaal plantairflexie.

6.2 Testfase prototype

Op 17 maart 2019 is het prototype getest bij de patiënt, dit gebeurde in fases. (Zie Bijlage 6 voor het protocol) Aan de hand van eventuele feedback zal het prototype aangepast worden. De patiënt heeft het prototype aangedaan en ondervond geen problemen of druk aan de stomp. Daarna had de patiënt de voetbalschoen aan proberen te doen, hier werd een probleem ondervonden. Dit is opgelost door het uitdoen van het prototype en deze in de schoen te plaatsen. De voetbalschoen (met het prototype) werd wel soepel aangedaan door de patiënt.



Figuur 22 Passtrap.

Vervolgens werd het prototype gebruikt om de voetbal weg te schieten, deze test verliep soepel en zonder pijn. De patiënt voerde de passtrap (Figuur 22) en de wreeftrap (Figuur 23) zonder grote problemen uit. NRS-score bij passtrap was 2 en bij de wreeftrap was de NRS-score 3. Alleen door de grote schoenmaat van de linker voetbalschoen waren er lichte problemen met de wreeftrap. De punt van de schoen zou in de grond blijven haken; dit zorgde overigens niet tot pijn.



Figuur 23 Wreeftrap.

Ook heeft de patiënt proberen te rennen en dit verliep zonder problemen. De gps-snelheidsapp gaf aan dat de patiënt 12 km/h liep.

De patiënt was zelfs in staat de bal hoog te houden zonder pijn. Ten slotte, de patiënt was erg tevreden met het resultaat.

Tabel 3 Toetsing aan de eisen en wensen.

Eisen/wensen	Voldaan/niet voldaan/deels voldaan
<i>Eis 1: De prothese moet uit silicone en/of carbon bestaan.</i>	Prototype deels van silicone, door hoge kosten niet helemaal. Carbon niet van toepassing.
<i>Eis 2: Het pijngebied (het rode gedeelte) moet tijdens het wegschoppen van de bal niet te veel belast worden, aan de hand van de NRS-score. (zie Figuur 4)</i>	Het pijngebied is genoeg beschermd tegen druk. De NRS-score niet hoger dan 4.
<i>Eis 3: De NRS (Numerieke Rating Schaal) score mag niet hoger zijn dan 4 tijdens het dragen van de prothese.</i>	Het dragen van de prothese bezorgt niet een NRS-score van 4 of hoger.
<i>Eis 4: De prothese moet niet de range of motion van de aangedane been aantasten; de huidige range of motion is 60 graden.</i>	De range of motion tijdens het dragen van het prototype is niet aangetast.
<i>Eis 5: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een wreeftrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.</i>	NRS-score is 3, dus deze eis is behaald. Door grotere voetbalschoen kans dat er in de grond geschopt kan worden.
<i>Eis 6: De stomp (het rode gedeelte) moet beschermd worden met een gelcomponent/gelkussen. (Zie Figuur 4)</i>	De stomp wordt beschermd door een gelcomponent verkregen bij Ottobock
<i>Eis 7: De patiënt (met de prothese aan) moet zonder pijn een passtrap kunnen uitvoeren, NRS-score niet hoger dan 4.</i>	NRS score is 2, dus deze eis is behaald.
<i>Wens 1: De patiënt kan minimaal 7 km/h lopen met de prothese aan.</i>	Snelheid van patiënt is hoger dan 7 km/h. De patiënt behaalde een snelheid van meer dan 12 km/h.
<i>Wens 2: De prothese moet net zo makkelijk aan gaan als een schoen (Adidas Copa Mundial FG).</i>	Geen problemen met aantrekken.
<i>Wens 3: De prothese moet net zo lekker zitten als een schoen (Adidas Copa Mundial FG).</i>	De prothese zit goed, de patiënt is geen grote problemen tegengekomen tijdens het aantrekken.

7 Discussie

In dit verslag is een prototype vervaardigd voor een patiënt die na een transmetatarsale amputatie tegen een voetbal wilde aanschoppen.

Het hoofddoel is het ontwerpen en vervaardigen van een voorziening voor de patiënt waarmee de patiënt een bal kan wegschieten; er zal gekeken worden naar een wreeftrap en een passtrap.

Om het hoofddoel te bereiken zijn de onderstaande deelvragen opgesteld:

1. Hoe kunnen de wreef en de binnenkant van de voet belast worden zonder pijn te ervaren?
2. Welke delen/punten van de stomp kunnen wel belast worden en welke niet?
3. Welk materiaal moet er worden gebruikt?

Deze drie vragen zullen leiden tot het hoofddoel.

In dit hoofdstuk zal aan de hand van de analysefase en resultaten antwoord geven worden op de deelvragen.

Deelvraag 1: de wreef en de binnenkant van de voet kan door bescherming van het silicone en gelcomponent dusdanig belastbaar worden, dat er een passtrap en wreeftrap uitgevoerd kan worden.

Het antwoord op deelvraag 2 wordt weergegeven in de pijnpunten analyse (hoofdstuk 2.3.1.), voornamelijk de voorkant van de stomp, waar het littekenweefsel het meeste aanwezig is, is gevoelig. Deze is uiteindelijk beschermd door het gebruik van een gelcomponent.

Het materiaal dat gebruikt moest worden, afgevraagd in deelvraag 3, is silicone. Dit is deels gebeurd, alleen de voorkant van de prothese is van silicone gemaakt. Dit komt doordat silicone die gebruikt wordt voor het vervaardigen van een prothese 250 euro per kilo kost. Wanneer de prothese in één keer goed vervaardigd wordt zal er ongeveer 700 gram silicone gebruikt moeten worden, dit is informatie van Ottobock. Maar door gebrek aan ervaring met silicone is de verwachting dat er meer silicone verloren gaat tijdens het vervaardigen. Vanwege de kosten en professionele gereedschappen is ervoor gekozen om een alternatief te maken voor de omsluiting van de voet. Er is hier gekozen voor een waterschoen als omsluiting van de voet.

De drukverdeling in het prototype is niet waar het eindproduct aan zal moeten voldoen. Dit komt doordat de waterschoen die bij het prototype is gebruikt de druk niet genoeg verdeelt; dit zal wel gebeuren wanneer de prothese uit silicone zou bestaan. De drukverdeling bij silicone ontstaat doordat het nauw aansluit aan de voet waardoor de druk aan de voorkant verdeeld zal worden over de gehele voet.

Tijdens het gehele proces zijn er tegen een aantal verbeterpunten naar voren gekomen. Hieronder zijn deze verbeterpunten overzichtelijk weergegeven.

Verbeterpunten proces en ontwerp:

- Het is mogelijk dat de markers die bij de analysefase zijn opgeplakt, afwijken van plek ten opzichte van de markers die opgeplakt zijn bij de testfase.
- Door de complexiteit van het eindproduct was het maken van een SolidWorks model moeilijk.
- De waterschoen zorgt niet voor genoeg drukverdeling in het prototype waardoor de voet nog een beetje kan schuiven in het prototype zelf.
- Het gedeelte wat vervaardigd is van silicone zou een andere shore moeten hebben. De shore eenheid van het silicone is nu 40, normaal wordt hier shore eenheid 35 voor gebruikt. Dit was niet op tijd leverbaar.

- Er is nu gekozen voor gietsilicone, de verhouding moest 1:10 zijn waarbij de katalysator de kleinste factor moest zijn. Dit ging soms niet helemaal in de goede verhouding, omdat dit lastig af te meten was op de weegschaal.
- De zijkanten van de waterschoen zorgen ervoor dat er meer ruimte nodig is in de schoen om de waterschoen correct in de schoen te plaatsen. Hierdoor is ervoor gekozen om de linker voetbalschoen twee maten groter te nemen dan de rechter voetbalschoen. Dit zorgde voor hinder tijdens het testen.

8 Conclusie en aanbevelingen

In dit praktische onderzoek is er gezocht naar een oplossing voor een patiënt die na een transmetatarsale amputatie zonder pijn wil gaan voetballen. Het hoofddoel is het ontwerpen en vervaardigen van een voetprothese waarmee de patiënt een passtrap en een wreeftrap kan uitvoeren.

Na het testen van het prototype is te concluderen dat dit daadwerkelijk mogelijk is, wel zal het prototype nog dusdanig aangepast moeten worden om aan alle eisen en wensen volledig te voldoen.

Deelvraag 1: Hoe kunnen de wreef en de binnenkant van de voet belast worden zonder pijn te ervaren?

Deze deelvraag is beantwoord door middel van goede bescherming van de stomp. Met dank aan Ottobock, die een gelcomponent heeft opgestuurd, is de stomp dusdanig beschermd dat er geen pijn ervaren wordt tijdens de passtrap en de wreeftrap.

Deelvraag 2: Welke delen/punten van de stomp kunnen wel belast worden en welke niet?

Na onderzoek is naar voren gekomen dat de gehele voet belast kan worden op een deel na die zich bevindt aan de voorkant van de stomp waar het littekenweefsel zich bevindt. Deze plek zal worden beschermd in de prothese.

Deelvraag 3: Welk materiaal moet er worden gebruikt?

Door middel van navraag bij de twee grootste bedrijven van Nederland in prothesiologie, is er besloten om het eindproduct van silicone te maken. Ottobock en Livit maakt al jaren voetprothese van silicone, dit blijkt de beste oplossing te zijn.

Tot slot had er een beter prototype vervaardigd kunnen worden wanneer er professionele gereedschap en meer financiële ondersteuning aanwezig was.

Ook zijn er een aantal aanbevelingen opgesteld voor eventueel vervolgstudie.

Aanbevelingen:

- Het gehele eindproduct moet uit silicone bestaan, dit zorgt voor een betere drukverdeling en pasvorm. Het silicone dat wordt gebruikt bij Ottobock en Livit is 250 euro per kilo en alleen te bewerken met een speciale wals.
- Er altijd voor zorgen dat de verhouding van het silicone precies 1:10 is, zodat het silicone het beste en gelijkmatig uithardt.
- Het prototype moet compacter gemaakt worden zodat er niet gebruik gemaakt hoeft te worden van een twee maten grotere schoenmaat. Hierdoor schopt de patiënt niet in de grond wanneer de wreeftrap uitgevoerd wordt. Hierbij zal een schoen die één schoenmaat groter is acceptabel zijn.

Bij bovenstaande aanbevelingen moet als eerste gekeken worden naar de mogelijkheid van het vervaardigen van de gehele prothese van silicone. Dit zal zorgen voor meer comfort en drukverdeling en daarom ook betere prestaties.

9 Verwijzingen

-. (sd). Opgehaald van fysic2go: <https://fysic2go.nl/507/>

A guide to shore durameters. (sd). Opgehaald van Albright Silicone: <https://albrightsilicone.com/a-guide-to-shore-durometers/>

BQC. (sd). Opgehaald van Bodson quality control: https://www.bqc.be/index.php?action=page&group_id=10000062&lang=nl

Burger, H., Erzar, D., Maver, T., Olenšek, A., Cikajlo, I., & Matjačić, Z. (2009). Biomechanics of walking with silicone prosthesis after midtarsal (Chopart) disarticulation. *Clinical Biomechanics*, 510-516. Opgehaald van <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19386403>

Dillon, M., & Barker, T. (2008). Comparison of gait of persons with partial foot amputation wearing prosthesis to matched control group: observational study. *Journal of Rehabilitation Research & Development*(9), 45, 1317-1334. Opgehaald van <https://www.rehab.research.va.gov/jour/08/45/9/pdf/page1317.pdf>

Hoe wordt pijn gemeten? (2015). Opgehaald van 't Lichtpuntje: <http://tlichtpuntje.be/home/hoe-wordt-pijn-gemeten/>

Kopeliovich, D. (2013, Juli 27). *Shore (Durometer) hardness test.* Opgehaald van Substech: http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=shore_durometer_hardness_test

Philbin, T., Leyes, M., Sferra, J., & Donley, B. (2001). Orthotic and prosthetic devices in partial foot amputations. *Foot and Ankle Clinics*, 215-228.

Steijger, P. (2015/2016). Handleiding Vacuumvorm. 22. Den Haag, Zuid-Holland, Nederland.

Symes&Partial Foot Prosthetics. (sd). Opgehaald van Pandocare: <http://www.pandocare.com/symes-partial-foot/>

Voetprothese - hulpmiddel. (sd). Opgehaald van Woude orthopedie: <https://wouda-orthopedie.nl/hulpmiddelen/voetprothese/>

Bijlage 1: Hardheid Shore

Tabel 4 Hardheid Shore types (BQC, n.d.)

Shore TYPE	Meetkracht	Druk kracht	Indruk lichaam	Diepte Max	Dikte van de materiaal	Meetbereik	Norm	Toepassing
A	8,065 N 822 grammes (100 Shore)	12,5 N	35°	2,5 mm	> 6 mm 2+2+2 = 6 mm	10 - 90 10 - 90 < 20 Shore D	ISO 7619-1 ASTM D 2240 ISO 868	Kunststof, elastomeer, zachte rubber, Neoprene, Polyester, Leder
D	44,50 N 4536 grammes (100 Shore)	50,0 N	30°	2,5 mm	> 6 mm 2+2+2 = 6 mm	30 - 90 10 - 90 > 90 Shore A	ISO 7619-1 ASTM D 2240 ISO 868	Harde rubber & kunststof
AO	8,065 N 822 gramme (100 Shore)	1000 g	Ø 5 mm	2,5 mm	> 6 mm	< 20 Shore A	ISO 7619-1	Schuimen, vliegwielen, garnituren van auto-interieurs
B	8,065 N 822 grammes (100 Shore)	12,5 N	30°	2,5 mm	> 6 mm	10 - 90	ASTM D 2240	Kunststof, elastomeer harder dat shore A
C	44,50 N 4536 grammes (100 Shore)	50,0 N	35°	2,5 mm	> 6 mm	10 - 90	ASTM D 2240	Kunststof, rubber halfhard, vermijdt om de oppervlakte te markeren.
DO	44,50 N 4536 grammes (100 Shore)	50,0 N	3/32"	2,5 mm	> 6 mm	10 - 90	ASTM D 2240	Dichte korrelige materialen, geweven
O	8,065 N 822 grammes (100 Shore)	12,5 N	3/32"	2,5 mm	> 6 mm	10 - 90	ASTM D 2240	Zeer zachte elastomeren, geweven, zachte korrelige materialen, Nylon, Orlon, Perlon, Rayon, voor lager hardheid dat 20 Shore A.
OO	1,10853N 113 grammes (100 Shore)	3,924 N	3/32"	2,5 mm	> 6 mm	10 - 90	ASTM D 2240	Schuim en rubber schuim, gel, silicone, menselijke stof
OOO	1,10853N 113 grammes (100 Shore)		1/2"	2,5 mm	> 6 mm	10 - 90	ASTM D 2240	Gel, schuim en rubber schuim, silicone, hele zacht
M			30°	1,25 mm	>1.27 mm		ASTM D 2240	Dunne materialen
RR	13.832N 1410 grammes (100 Shore)		1/2"				Buiten norm	Panelen met vezel, kunstmatige bakstenen

CF	89 N 9072 grammes (100 Shore)		1/2"				Buiten norm	Vulstof uit schuim
Barcol			26° Ø 0.157	0,76 mm		0 - 100	ASTM D 2583	Composiet, glasvezelversterkte kunststof, acrylglas, thermoplast, Resopal, Vinyl platten, Cellulose-Acetat, messing, aluminium

Bijlage 2: Testprotocol microFET3 Newtonmeter

Om een goede test uit te voeren met de MicroFET3 is het handig om vooraf goed aan te geven wat er getest moet worden.

Protocol:

De bedoeling van dit onderzoek is om te kijken hoeveel Newton de patiënt aan kan op bepaalde plekken op zijn stomp. Hiervoor wordt de MicroFET3 gebruikt. De MicroFET3 kan hoeken meten en Newton drukkracht meten.

Benodigdheden:

- Notitieblad met pen
- MicroFET3
- Verschillende opzetstukken van de MicroFET3

Methode:

Als eerste wordt de patiënt ingelicht waarvoor de test dient. De MicroFET3 is ingesteld op de stand MT (Muscle Testing). Wanneer er tegen het opzetstuk wordt gedrukt, verschijnt de maximale drukkracht in Newton op de display.

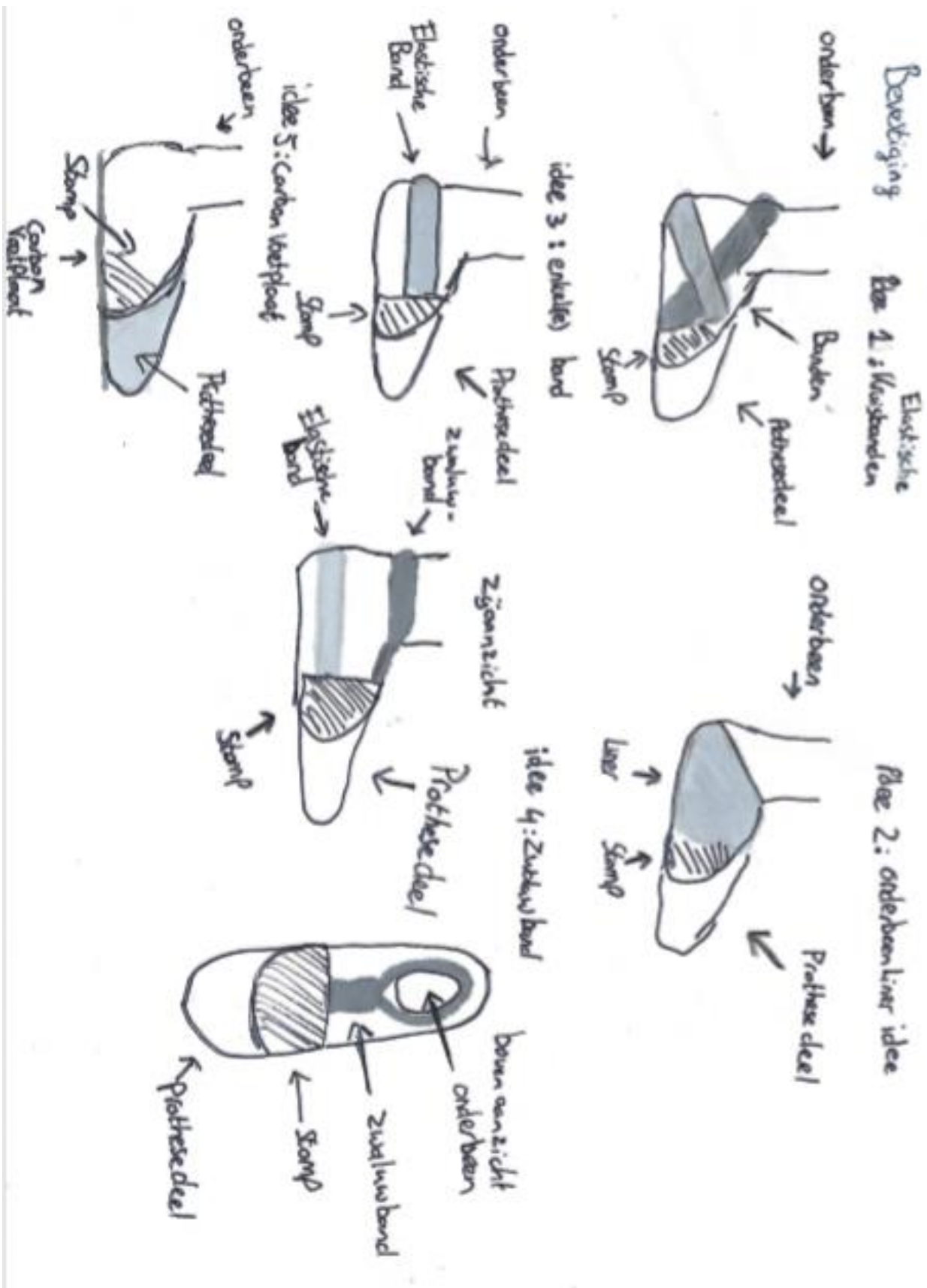
Er zijn een vier verschillende situaties getest, namelijk:

- A. MicroFET3 direct op de blote huid.
- B. Alleen gelcomponent tussen de MicroFET3 en de huid.
- C. Alleen silicone tussen de MicroFET3 en de huid.
- D. Silicone en gelcomponent tussen de MicroFET3 en de huid.

Deze waarde zullen genoteerd worden en in het verslag worden verwerkt.

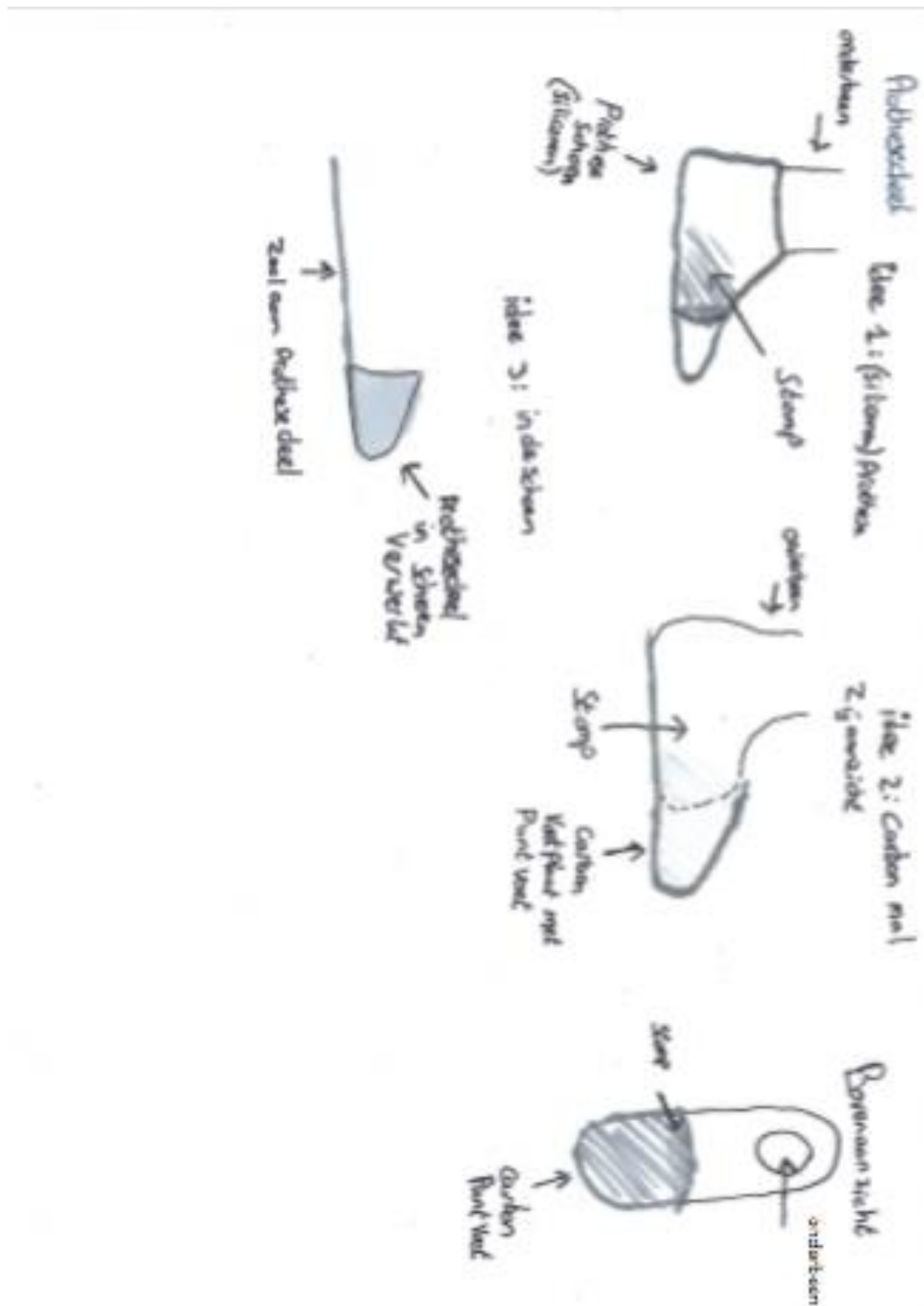
Bijlage 3: Ideeschetsen bevestiging

In deze bijlage zijn de ideeschetsen van de bevestiging van de prothese weergegeven.



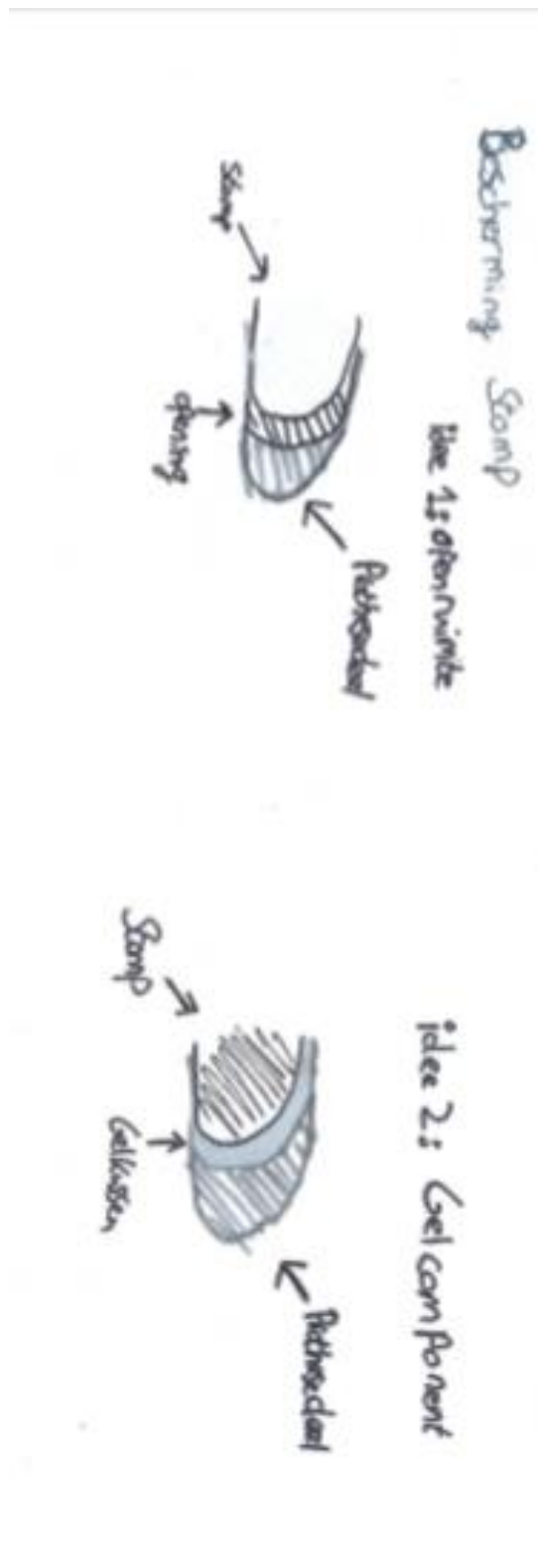
Bijlage 4: Ideeschetsen prothesedeel

In deze bijlage zijn de ideeschetsen van het prothesedeel weergegeven.



Bijlage 5: Ideeschetsen bescherming stomp

In deze bijlage zijn de ideeschetsen van de bescherming van de stomp weergegeven.



Bijlage 6: Testprotocol prothese

Voorafgaand aan het testen van de prothese is er een testprotocol opgesteld.

Protocol:

Het doel van dit onderzoek is dat de patiënt met de prothese/prototype tegen een voetbal kan schoppen zonder te veel pijn te ervaren. De hoeveelheid pijn wordt gemeten met het NRS-score formulier. De test wordt uitgevoerd doormiddel van een aantal stappen. Voor deze test zijn er een aantal benodigheden nodig; namelijk:

- Videocamera
- Prototype van de prothese
- Voetbalschoenen (Adidas Copa Mundial FG)
- Een voetbal (Champions League bal)
- Mobiel met gps-snelheidsmeter app

Methode:

Als eerste wordt de patiënt ingelicht wat er gaat gebeuren en welke stappen er zullen worden gedaan.

Ten eerste zal de patiënt het prototype aan doen om te kijken of er geen pijn wordt ervaren wanneer deze is aangedaan.

Daarna zal er met het prototype gelopen worden.

De volgende stap is het aan doen van de voetbalschoenen, wanneer dit geen problemen geeft zal hiermee ook gelopen worden om uit te sluiten dat hiermee pijn ervaren wordt.

Volgende stap is het schieten van de bal met passtrap en wreeftrap, dit zal opgenomen worden met een videocamera.

Om te voldoen aan de wens van patiënt wordt er als laatste nog geprobeerd harder dan 8 km/h te lopen. Het meten van de snelheid gebeurt met een app op een mobiele telefoon, via gps houdt deze app de snelheid bij.

Alle noteerbare data zal worden genoteerd en in het verslag gedocumenteerd worden.

Bijlage 6: Projectvoorstel

Inhoudsopgave

Contact informatie	37
1. Onderwerp.....	37
2. Inleiding	38
3. Vooronderzoek.....	39
4. Analyse	39
4.1 Functie eisen	39
4.2 Functie beperkingen	39
5. Ontwerpfase	40
6. Vervaardigingfase.....	40
7. Testfase / Evaluatiefase	40
8. Verwijzingen	Fout! Bladwijzer niet gedefinieerd.
9. Planning	41
10. Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase.....	42

Contact informatie

Afstudeerders

Naam: Mike van den Bosch

Studentnummer: 12065544

E-mail: mike.vandenbosch94@gmail.com

Behaalde studiepunten in de modules 9 t/m 11 (max 36): 33

Minor afgerond.

Stage 2 afgerond.

Vrije studiepunten: Gehaald

Alle toetsen gehaald.

Datum: 3 sep. 18

Voorlopige afstudeerbegeleiders

Wytze van der Zee

1. Onderwerp

Voorlopige titel: De weg naar de goal is vrij

Werkveld: Revalidatie

Beroepsrol: Ontwerper

Opdrachtgever: -

Contactpersoon: -

2. Inleiding

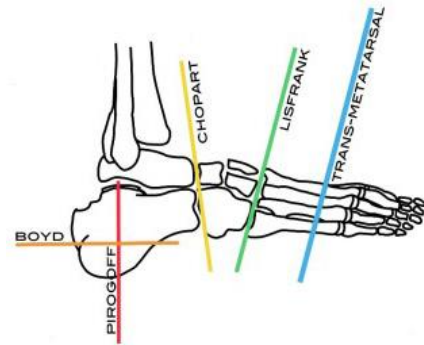
Het komt voor dat mensen geboren worden zonder voorvoet, dit houdt in dat diegene geboren is zonder tenen (digiti) en deel van de middenvoetsbeentjes (metatarsale). Het kan ook voorkomen dat een persoon zijn voorvoet verliest bij een ongeluk. Dit is het geval bij de patiënt waar deze casus over gaat.

De hulpvraag van de patiënt is een opvulling/prothese om te kunnen voetballen.

Op 5 september 1997 heeft de patiënt een ongeluk gehad waarbij hij zijn tenen (digiti) en een deel van zijn voet (middenvoetsbeentjes/metatarsale) is verloren. De amputatie ligt tussen het niveau amputatie lisfranc (groen) en transmetatarsaal (blauw).

Tijdens het werken is hij met zijn heftruck tegen een betonnen wand gereden, hierdoor is zijn heftruck gekanteld en op zijn linkervoet gevallen.

De patiënt heeft vroeger voor zijn ongeluk gevoetbald, door het verliezen van deel van zijn voet is dit niet meer mogelijk. De patiënt zou dit wel graag weer eens doen. De patiënt is linksbenig en zonder hulpmiddel is voetballen niet mogelijk.



Figuur 24 niveaus voetamputaties.
(Symes&Partial Foot Prosthetics)

Op de markt zijn geen hulpmiddelen die dit probleem kunnen verhelpen, daarom zal het eindproduct ook specifiek voor deze patiënt gemaakt worden.

Het doel van dit project is dat er een prothese/opvulling wordt gemaakt, waardoor de patiënt zonder pijn tegen een bal kan schoppen. Zijn stomp is erg gevoelig en kan dan ook nauwelijks tegen druk. Er is tot nu toe nog geen prothese, de stomp zit in een gewone schoen waarbij de veters goed vast zijn gestrikt. Wanneer er druk op de stomp wordt uitgeoefend zal dit tot pijn lijden bij de patiënt. Het is noodzakelijk dat het hulpmiddel zo is opgebouwd dat de stomp geen pijn ervaart.

De prothese zal alleen gebruikt worden wanneer er tegen een bal wordt geschopt of gevoetbald wordt. De prothese zal niet in het dagelijks leven gebruikt worden. Er zal een gipsmodel worden aangemeten waar met kleuren wordt aangegeven welke delen van de stomp gevoelig zijn en aan welke delen ruimte ligt om als aangrijppunt van de prothese te dienen. Op deze manier worden de pijnlijke delen ontlast waardoor de prothese pijnvrij gebruikt kan worden. Dit gebeurt ook bij het aanmeten van bijvoorbeeld een onderbeenprothese. De koker van een onderbeenprothese grijpt zich aan het gebied waar de spieren zitten en niet waar de botten/pijnlijke delen zitten.

Het gipsmodel zal gebruikt worden als mal en daar omheen zal de prothese gebouwd worden, zo wordt er voorkomen dat de patiënt bij elke aanpassing of concept aanwezig moet zijn om te passen. Er moet worden gedacht aan een zeer dempend materiaal. Er zijn meerdere opties mogelijk, ook kan er gedacht worden aan een ruimte tussen het harde gedeelte (voorste gedeelte) en de stomp, zodat er helemaal geen druk ontstaat op de stomp.

Het hoofddoel is een voorziening voor de patiënt waarmee de patiënt kan voetballen/een bal kan wegschieten.

Als subdoelen moet het volgende onderzocht worden:

- Hoe kunnen de wreef en de binnenkant van de voet belast kunnen worden zonder pijn te ervaren
- Welke delen/punten van de stomp kunnen wel belast worden en welke niet.
- Het bepalen van het materiaal wat er gebruikt moet worden

Deze drie subdoelen zullen leiden tot het hoofddoel.

Door middel van marktonderzoek en veel testen zal het doel bereikt worden. Er zullen verschillende soorten materialen getest worden om te kijken welk materiaal het beste gebruikt kan worden voor de prothese. Omdat er gebruik wordt gemaakt van iteratief ontwerpproces wordt er voornamelijk gehandeld uit de feedback van de patiënt. Wanneer de patiënt meldt dat een bepaald materiaal goed aanvoelt zal hiermee verder gegaan worden.

Samengevat:

De doelstelling van dit project is het ontwerpen en vervaardigen van een (of meerdere) comfortabel hulpmiddel/prothese waarmee de patiënt weer kan gaan voetballen zonder hinder van zijn stomp te ondervinden. Belangrijk hierbij is dat het hulpmiddel/prothese ervoor zorgt dat de patiënt geen pijn heeft aan de stomp en de voetbal op een goede manier wordt weg geschoot. Deze prothese zal een uniek exemplaar worden, omdat het niet snel zal voorkomen dat iemand hetzelfde traumatische ongeluk zal meemaken. Er zijn uiteraard mensen die hun tenen en deel voet missen, maar wanneer dit aangeboren is zal de gevoeligheid minder zijn dan wanneer dit traumatisch gebeurt.

3. Vooronderzoek

In dit hoofdstuk zullen de marktverkenning gepresenteerd worden. Zo wordt duidelijk wat er op dit moment al op de markt is of dat er nog helemaal geen oplossing is voor dit soort probleem.

Er bestaan voetprothesen die worden toegepast bij amputatieniveaus van de voet en bij teen amputaties. Deze voetprothese (zie Figuur 25) worden gemaakt van siliconen om zo huidirritaties te voorkomen. Deze prothese geeft voornamelijk bescherming voor de stomp en het optimaliseren van het looppatroon.



Figuur 25 Siliconen voetprothese (Voetprothese - hulpmiddel)

4. Analyse

Hoofdstuk 4 presenteert de analyse. De pathologie van de patiënt en de eventuele bestaande hulpmiddelen worden hier besproken. Door deze onderdelen te onderzoeken, kan er een lijst met functie eisen worden opgesteld. Hier zal een lijst met eisen en wensen waar het product aan moet voldoen uit voort komen.

4.1 Functie-eisen

Het is belangrijk om duidelijk in kaart te brengen welke functie eisen er gesteld worden aan het hulpmiddel of prothese. Dat zal in dit hoofdstuk worden uitgevoerd.

4.1.1 Overzicht met handelingen van voetbal

In dit hoofdstuk wordt in een duidelijk overzicht weergegeven welke oefeningen/handelingen de patiënt doet.

4.1.2 Eisen per oefening

Hier wordt per oefening uitgezocht wat de patiënt moet kunnen om de oefening uit te voeren. Er zal worden gekeken naar wat er nodig is om een bal te schieten. Denk hierbij aan de kracht die er wordt uitgeoefend op de bal maar ook op de stomp. Eventueel kan er gekeken worden om dit te combineren met rennen/hardlopen en bal schieten.

4.2 Functie beperkingen

De persoon in kwestie heeft een hoge gevoeligheid aan zijn stomp en heeft ook gemeld dat hij weleens zijn stomp had bezeerd. Toen dit gebeurde viel hij bijna flauw van de pijn. Dit is een belangrijk aspect om mee rekening te houden, het uiteindelijke product moet dus niet te veel druk geven op de stomp.

5. Ontwerpfase

Tijdens dit project zal er gebruik gemaakt worden van een iteratief ontwerpproces. Dit houdt in dat er een prototype/concept wordt gemaakt en getest zal worden en waar nodig opnieuw ontworpen wordt. Aan de hand van de verkregen eisen en wensen, zullen er ideeschetsen worden gemaakt. De ideeën zullen hierna worden geclusterd. Er zullen mock-up modellen gemaakt worden van de ideeën en deze zullen zelf door mij getest worden. Er zal een gipsafdruk van de voet worden gemaakt, hierdoor is het mogelijk dat de concepten/prototypes elk moment passend gemaakt kan worden zonder hier een afspraak voor te maken met de patiënt. Hierna zullen de werkende mock-ups worden uitgewerkt tot concepten. Van deze concepten zullen er prototypes gemaakt worden, deze prototypes zullen getest worden door de patiënt.

Er moet gekeken worden naar een goede demping bij de stomp, dit houdt in dat er verschillende stoffen/materialen worden getest om de stomp zo goed mogelijk te beschermen.

Ook het bevestigen van prothese is iets waarnaar gekeken moet worden. Er kan gedacht worden aan het bevestigen van prothese aan de voet maar de prothese kan ook in de schoen verwerkt worden.

6. Vervaardigingsfase

De mock-ups, de prototypes en het eindproduct zullen allemaal op schaal gemaakt worden, zodat de werking van het hulpmiddel optimaal getest kan worden. Na het maken van het prototype zullen eerst verschillende testen gedaan worden, zodat er duidelijk wordt wat er nog verbeterd moet worden aan het idee. Dit zal dan worden aangepast, om het idee vervolgens opnieuw te testen. Uiteindelijk zal er een eindproduct vervaardigd worden.

7. Testfase/ Evaluatiefase

Van het verkregen eindconcept zal een of meerdere prototypes vervaardigd worden. Deze prototypes zullen door de patiënt getest gaan worden. Er zal worden gekeken naar de manier van schieten en natuurlijk hoe het voor de patiënt voelt. Het is natuurlijk van groot belang dat de patiënt kan voetballen zonder pijn te ondervinden aan zijn stomp.

8. Verwijzingen

-. (sd). Opgehaald van fysic2go: <https://fysic2go.nl/507/>

A guide to shore durameters. (sd). Opgehaald van Albright Silicone: <https://albrightsilicone.com/a-guide-to-shore-durometers/>

BQC. (sd). Opgehaald van Bodson quality control: https://www.bqc.be/index.php?action=page&group_id=10000062&lang=nl

Burger, H., Erzar, D., Maver, T., Olenšek, A., Cikajlo, I., & Matjačić, Z. (2009). Biomechanics of walking with silicone prosthesis after midtarsal (Chopart) disarticulation. *Clinical Biomechanics*, 510-516. Opgehaald van <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19386403>

Dillon, M., & Barker, T. (2008). Comparison of gait of persons with partial foot amputation wearing prosthesis to matched control group: observational study. *Journal of Rehabilitation Research*

& *Development*(9), 45, 1317-1334. Opgehaald van
<https://www.rehab.research.va.gov/jour/08/45/9/pdf/page1317.pdf>

Hoe wordt pijn gemeten? (2015). Opgehaald van 't Lichtpuntje: <http://tlichtpuntje.be/home/hoe-wordt-pijn-gemetten/>

Kopeliovich, D. (2013, Juli 27). *Shore (Durometer) hardness test*. Opgehaald van Substech:
http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=shore_durometer_hardness_test

Philbin, T., Leyes, M., Sferra, J., & Donley, B. (2001). Orthotic and prosthetic devices in partial foot amputations. *Foot and Ankle Clinics*, 215-228.

Steijger, P. (2015/2016). Handleiding Vacuumvorm. 22. Den Haag, Zuid-Holland, Nederland.

Symes&Partial Foot Prosthetics. (sd). Opgehaald van Pandocare: <http://www.pandocare.com/symes-partial-foot/>

Voetprothese - hulpmiddel. (sd). Opgehaald van Woude orthopedie: <https://wouda-orthopedie.nl/hulpmiddelen/voetprothese/>

9. Planning

Zie bijlage (Excel)

10. Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase

Competentie 1: Ergonomisch ontwerpen

Leerdoel: Ik wil leren om na een analyse een product te ontwerpen

Acties: Dit wil ik gaan doen door middel van analyse een lijst met eisen en wensen op te stellen. Vanuit daar beginnen met het maken van schetsen tot een eindontwerp waarvan vervolgens een prototype gemaakt wordt.

Wat ik wil leren is het zelfstandig doorlopen van een ontwerpproces (analyse, ontwerpen, vervaardigen).

Competentie 2: Communicatie

Leerdoel: Ik wil leren om mezelf goed mondeling en schriftelijk uit te drukken.

Acties: Tijdens dit project zal ik duidelijk moeten communiceren met de patiënt. Ik moet zorgen dat het voor hem duidelijk is wat ik aan het doen ben. Dit zal voornamelijk mondeling gebeuren tijdens overleg en gesprekken.

Competentie 3: Management

Leerdoel: Ik wil leren om zelf een project op te starten en te doorlopen

Acties: Tijdens dit project zal ik klantgericht en doelmatig werken om tot een goed resultaat te komen. Door te luisteren naar de patiënt en hier wat mee te doen. Ook waar nodig met andere mensen in dit vakgebied overleggen en informatie te winnen.

Bijlage 7: Evaluatie persoonlijke leerdoelen

Competentie 1: Ergonomisch ontwerpen

Leerdoel: Ik wil leren om na een analyse een product te ontwerpen

*Acties: Dit wil ik gaan doen door middel van analyse een lijst met eisen en wensen op te stellen. Vanuit daar beginnen met het maken van schetsen tot een eindontwerp waarvan vervolgens een prototype gemaakt wordt.
Wat ik wil leren is het zelfstandig doorlopen van een ontwerpproces (analyse, ontwerpen, vervaardigen).*

In mijn afstudeerperiode zijn er eisen en wensen opgesteld door middel van een analysefase. Er is een prototype vervaardigd die bijna aan alle eisen en wensen voldeed. Het hoofddoel is behaald, daarom concludeer ik dat deze competentie is behaald.

Competentie 2: Communicatie

Leerdoel: Ik wil leren om mezelf goed mondeling en schriftelijk uit te drukken.

Acties: Tijdens dit project zal ik duidelijk moeten communiceren met de patiënt. Ik moet zorgen dat het voor hem duidelijk is wat ik aan het doen ben. Dit zal voornamelijk mondeling gebeuren tijdens overleg en gesprekken.

Mondeling overleg is tijdens de afstudeerperiode goed verlopen, er is altijd goed geluisterd naar de patiënt en naar de adviezen van de verschillende professionals bij Ottobock. Het knelpunt lag in deze periode bij het schriftelijk uit drukken, hier moeten nog verbeterpunten worden gemaakt. Maar er zijn wel duidelijk stappen gemaakt, dus bij competentie 2 zijn er zeker nog verbeterpunten maar deze competentie is behaald.

Competentie 3: Management

Leerdoel: Ik wil leren om zelf een project op te starten en te doorlopen

Acties: Tijdens dit project zal ik klantgericht en doelmatig werken om tot een goed resultaat te komen. Door te luisteren naar de patiënt en hier wat mee te doen. Ook waar nodig met andere mensen in dit vakgebied overleggen en informatie te winnen.

Tijdens deze periode heb ik zelf een project opgestart en doorlopen. Met hulp van mijn begeleiders en andere docenten op de opleiding is dit project tot een goed einde gekomen.

Tijdens het project is er goed geluisterd naar de patiënt om de pijnpunten goed te beschermen tegen druk wanneer er gevoetbald zal worden.

Er is veel advies/informatie vanuit Ottobock verkregen, daaruit kan geconcludeerd worden dat competentie 3 behaald is.