

METAFIX

De brace op maat



Nanda van der Star
16030893
24 september 2020

In opdracht van
Vectory3

Vertrouwelijk

METAFIX

De brace op maat

AFSTUDEERVERSLAG

Donderdag 24 september 2020

BEDRIJF

Vectory3 BV
Pieter van der Zwan
Neuhuyskade 32
2596 XL Den Haag

ONDERWIJSINSTELLING

De Haagse Hogeschool
Industrieel Product Ontwerpen
Sylvia Schipper

STUDENT

Nanda van der Star

HANDTHERAPEUT

Remco Dörr
Handtherapie Nederland

DE HAAGSE
HOGESCHOOL



VOORWOORD

In dit verslag wordt het afstudeerproject beschreven waar ik mij de afgelopen maanden mee bezig heb gehouden. Het project is door Vectory3 aangeboden, met als doel de ontwikkeling van een brace voor de duim.

In mijn omgeving heb ik meerdere mensen die gewrichtsproblemen in de duim en hand hebben. Hierdoor kreeg ik weleens mee hoe lastig het is om een comfortabele brace te vinden. Zelfs als deze op maat werd gemaakt, was dit niet altijd ideaal. Het is vaak zo dat een comfortabele brace niet als mooi wordt gezien, een mooie brace is weer niet comfortabel en als een brace mooi en comfortabel is, hangt er weer een behoorlijk prijskaartje aan. Als IPO'er zie je hier een probleem dat opgelost moet worden.

Voordat ik aan deze opdracht begon, had ik minimale medische kennis. Dit zag ik zeker wel als een uitdaging, misschien zelfs als een struikelblok. Gelukkig is er tegenwoordig goede toegang tot veel kennis op vrijwel elk gebied, dus ook over allerlei duimklachten en de anatomie van de handen. Met goed onderzoek en kennis van medisch specialisten, heb ik mijn kennis deze maanden zeker uit kunnen breiden.

Deze afstudeerperiode ben ik begonnen tijdens de coronamaatregelen. Vectory3 had gepaste maatregelen getroffen zodat ik toch de mogelijkheid had om op locatie mijn project te doorlopen.

Nanda van der Star

Den Haag, 24 september 2020

INHOUDSOPGAVE

Samenvatting	Blz. 8
Inleiding	Blz. 9
Eerste probleemstelling	Blz. 10
Analysefase	Blz. 14
Wat is een CMC brace?	Blz. 16
Marktonderzoek	Blz. 17
Doelgroep	Blz. 22
Belangrijke punten	Blz. 25
Positie van de hand	Blz. 26
Materiaalonderzoek	Blz. 28
Software Vectory3	Blz. 31
Het proces	Blz. 32
Tweede probleemstelling	Blz. 34
Programma van Eisen en Wensen	Blz. 38
Ideefase	Blz. 42
Ideeschetsen	Blz. 44
Gekozen ideeën	Blz. 45
Testresultaten	Blz. 47
Verbeterpunten	Blz. 48
Ideekeuze	Blz. 49
Conceptfase	Blz. 52
Verbeteringen idee 1	Blz. 54
Verbeteringen idee 2	Blz. 54
Verbeteringen idee 3	Blz. 54
Drie concepten	Blz. 54
Rangschikking	Blz. 59
Keuze definitief concept	Blz. 60
Materialisatiefase	Blz. 62
Eindproduct	Blz. 64
Productie	Blz. 68
Proces	Blz. 68
Kostprijsberekening	Blz. 69
Definitief product	Blz. 69
Evaluatie, vervolgstappen en aanbevelingen	Blz. 72
Evaluatie	Blz. 74
Volgstappen	Blz. 74
Aanbevelingen	Blz. 75
Nawoord	Blz. 80
Literatuurlijst	Blz. 82
Tabellen en figuren	Blz. 84

Bijlagen	Blz. 86
Bijlage 1 – Afstudeervoorstel	Blz. 88
Bijlage 2 – Marktonderzoek	Blz. 94
Bijlage 3 – Ziektebeelden	Blz. 96
Bijlage 4 – Enquête	Blz. 100
Bijlage 5 – Materiaal	Blz. 110
Bijlage 6 – Software	Blz. 113
Bijlage 7 – Ideeschetsen	Blz. 118
Bijlage 8 – Schetsen conceptfase	Blz. 122
Bijlage 9 – Handleiding met richtlijnen	Blz. 125
Bijlage 10 – Kostprijsberekening	Blz. 126
Bijlage 11 – Berekening percentiel van de hand	Blz. 127
Bijlage 12 – Vragenlijst testperiode	Blz. 128

SAMENVATTING

Dit verslag gaat over het ontwerpen van een CMC brace voor de duim. Hierin is het onderzoek en het ontwerpproces te lezen. Voor de onderzoeken is er gebruik gemaakt van bestaande literatuur en het internet. Zowel tijdens het onderzoek als het ontwerpproces is er contact geweest met een medisch specialist en de gebruikers van een brace.

Tijdens de analysefase is er onderzoek gedaan naar onder andere de soorten braces die al op de markt zijn en naar hoe het gebruik hiervan wordt ervaren. Ook is er gekeken naar de ziektebeelden waarbij een brace gebruikt wordt bij de behandeling. Daarnaast is de software die is ontwikkeld door Vectory3 meerdere keren gebruikt, zodat er een duidelijk beeld is van het gebruiksgemak en de mogelijkheden hiervan. Rondom de brace zal er ook een proces ontwikkeld worden. Dit proces loopt vanaf het moment dat de hand gescand wordt totdat de cliënt de brace daadwerkelijk kan gaan dragen.

Nadat de analyse is volbracht, zijn de bevindingen meegenomen bij het creëren van de ideeën. Er zijn veertig ideeschetsen gemaakt met zo veel mogelijk variatie. Er is tijdens het schetsen rekening gehouden met de haalbaarheid van het idee. Vanuit al deze schetsen, zijn tien ideeën gekozen. Deze zijn gemodelleerd in de software en 3D geprint. Op deze manier zijn ze voorgelegd aan een medisch specialist, een handtherapeut. Vanuit de feedback van de handtherapeut is er een keuze gemaakt van drie ideeën.

Deze drie ideeën zijn verder uitgewerkt tot concepten. De feedback en verbeterpunten van de handtherapeut zijn tijdens deze fase verwerkt. Over deze concepten is de mening van de gebruikers gevraagd. Er is hier vooral gefocust op de positieve en negatieve aspecten en welke brace ze zelf het snelst zouden willen dragen. Hierna is er weer feedback gegeven door de handtherapeut. Vanuit deze meningen en feedback is er één concept gekozen. Deze is zowel bij de gebruikers als bij de handtherapeut het meest gewenst. Met dit concept wordt dus verder gewerkt.

Nu de vorm van de brace ontworpen is, zijn hiervan twee braces geprint. Eén brace voor de linkerhand en één brace voor de rechterhand. Deze braces zijn gedurende alledaagse activiteiten omgedaan om zo te testen waar mogelijke drukpunten zitten. Ook kan er op deze manier gekeken worden wat belangrijke punten van de brace zijn ten opzichte van de hand. Met deze gegevens is er een handleiding gemaakt. Met behulp van deze handleiding kunnen de medisch specialisten de brace op de juiste manier modelleren. Ook is er gekeken naar de printtechniek, het materiaal en de mogelijkheid van kleuren.

INLEIDING

De technologieën rondom 3D printen is al jaren in ontwikkeling. Deze techniek werd eerst vooral gebruikt voor prototyping. Maar omdat 3D printen zich al zo goed heeft ontwikkeld, komt deze techniek steeds vaker voor bij de productie van seriemodellen. Ook Vectory3 wil mee in deze ontwikkelingen. Daarom luidt het afstudeerproject als volgt:

“Ontwerp een CMC-brace voor de duim die voor iedere gebruiker op maat is en die gerealiseerd kan worden met behulp van 3D printen.”

Tijdens deze periode wordt er niet alleen gefocust op het ontwerpen van een brace, maar er wordt ook gekeken naar het gehele proces hier omheen. Het proces loopt van het scannen van de hand tot het passen van de brace bij de cliënt. Aan het einde van de periode is er een ontwerp voor een brace, een hulpmiddel bij het modelleren van de brace voor de therapeuten en artsen en er zijn richtlijnen voor het proces ontwikkeld.

Vectory3 is een bedrijf dat zich richt op de zorg. De expertise ligt vooral bij de acquisitie en het datamanagement van medische 3D data, en dan met name van de hand. Het bedrijf is momenteel bezig met het ontwikkelen van extra functies rondom deze dienst. Er is een scanner en software ontwikkeld die het mogelijk maken om een goed en realistisch 3D model te krijgen. Met dit 3D model kan er data van de hand bijgehouden worden, maar deze kan ook gebruikt worden voor het modelleren van een brace.

Er is op een eerder moment al een brace ontworpen en geprint voor het CMC gewricht. Voor het ontwerpen van deze brace is er al een klein onderzoek gedaan. De sluiting zonder klittenband is een zeer groot voordeel van dit ontwerp. Deze brace zal het uitgangspunt zijn van deze periode.



FIGUUR 1. DE BRACE VANUIT VECTORY3

LEESSTRUCTUUR

In dit verslag wordt het ontwerpproces beschreven. Vanuit een idee en er wordt er naar een oplossing toegewerkt. Er wordt begonnen met de *Eerste Probleemstelling*. Hierna volgt de *Analysefase* die wordt afgesloten met de *Tweede Probleemstelling*. Hierna volgen de *Ideefase*, *Conceptfase* en *Materialisatiefase*. Deze fasen worden afgesloten met de *Conclusie en Aanbevelingen*. Het verslag wordt afgesloten met de *Literatuurlijst* en de *Bijlagen*.

De bronnen worden vermeld volgens de IEEE-stijl. Dit staat voor *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. In de tekst worden de bronnen als volgt aangegeven: [1]. Dit is tevens de bron over deze stijl van bronvermelding.

EERSTE PROBLEEMSTELLING

Enkele jaren geleden is Vectory3 gestart met een onderzoek naar de CMC brace. Een CMC brace sluit het basisgewricht van de duim in en zorgt ervoor dat de hand in een functionele stand gehouden wordt. Zo kan de functie van de hand worden gewaarborgd en de symptomen van bepaalde ziektebeelden worden beperkt en verminderd. De braces die momenteel op de markt zijn, worden over het algemeen in standaard maten geleverd. Als een brace wel op maat gemaakt wordt, heeft dit een lange levertijd en een hoge prijs. Vectory3 wil een proces ontwikkelen waardoor het leveren van braces op maat met behulp van 3D printen sneller en goedkoper geleverd kan worden.



FIGUUR 2. ENKELE CMC BRACES

Hierboven zijn enkele CMC braces te zien. Ze sluiten allemaal de duim op verschillende manieren in. De één sluit alleen de aanhechting van de duim in, terwijl de andere vrijwel de volledige duim insluit. Ook is de grootte van de gehele brace verschillend. Dit zijn vaak ook braces die standaard bemetingen hebben en vaak dus niet perfect om de hand van de gebruiker zit. Er zal tijdens de analysefase gekeken worden wat de beste manier is en of dit per ziektebeeld verschilt.

De opdracht gaat om een CMC brace voor de duim. Deze moet ervoor zorgen dat het basisgewricht van de duim niet meer kan bewegen, maar dat de rest van de hand nog wel gebruikt kan worden. Vectory3 heeft sinds kort een scanner en software waarmee ze een 3D model van de hand in een programma kunnen krijgen. Via dit programma zal de brace op maat gemaakt kunnen worden, elke cliënt krijgt een unieke brace met persoonlijke maatvoering. Er wordt onderzoek gedaan naar de beste aangrijpings- en insluitingspunten van de brace, dus welk deel van de hand de brace moet insluiten. Ook wordt er een globaal design ontworpen. Waarschijnlijk zal de brace uiteindelijk in een ziekenhuis of een andere zorginstelling gemaakt worden met behulp van 3D printen. De arts zal voor elke cliënt een nieuwe brace moeten laten maken met behulp van de software en de richtlijnen vanuit dit onderzoek.

Actiepunten om informatie in te winnen:

- Literatuuronderzoek, in boeken en op het internet;
- Contact met deskundigen, zoals artsen en therapeuten;
- Contact met mensen die gebruik maken van een brace.

ONDERZOEKSVRAGEN

- Welke ziektebeelden hebben baat bij een CMC brace? (literatuurstudie en contact met deskundigen)
 - o Wat zijn de kenmerken hiervan?
 - o Wat zijn de oorzaken hiervan?
 - o Is dit met behulp van een brace te verminderen of zelfs te genezen?
 - o Om welke doelgroep gaat dit vooral?
- Wat zijn de belangrijke insluitingspunten bij een CMC brace? (contact met deskundigen)
 - o Zijn hier richtlijnen voor?
 - o Is dit per ziektebeeld verschillend?
- Wat is de beste positie van de hand in een CMC brace? (contact met deskundigen)
 - o Is deze positie voor elk ziektebeeld zelfstandig te maken?
 - o Is het mogelijk om hier een hulpmiddel voor te gebruiken in de scan?
- Welke aspecten zijn voor de gebruiker belangrijk? (contact met deskundigen en gebruikers)
 - o Waarop wordt een bepaalde brace gekozen?
 - o Hoe belangrijk is de uitstraling bij het maken van deze keuze?
 - o Wat zijn de minpunten van een brace?
 - o Op welke momenten wordt de CMC brace gedragen?
 - o Hoelang wordt de brace achter elkaar gedragen?
 - o Hoe vaak wordt de brace om- en afgedaan?
- Hoe wordt het proces momenteel doorlopen? (literatuuronderzoek en contact met deskundigen)
 - o Hoe wordt een brace aangemeten?
 - o Welke braces zijn er al?
 - Zijn dit alleen braces met standaard bemating?
 - Zijn er al braces die op maat gemaakt worden?
 - Zijn er al braces die met behulp van 3D printen worden geproduceerd?
 - o Hoelang duurt het momenteel totdat de brace bij de cliënt is?
- Op welke manier zal de CMC brace uiteindelijk gerealiseerd worden? (contact met deskundigen)
 - o Zal het gehele proces doorlopen worden door een arts?
 - o Hoeveel kennis hebben de mensen die het proces moeten doorlopen van de software?
 - o Op welke manier kan er het beste een handleiding gemaakt worden?
 - o Wordt de brace op locatie gemaakt of wordt dit uitbesteed?
 - o Hoelang mag het maximaal duren totdat de brace bij de cliënt is?
 - o Wat zijn de voor- en nadelen van elke mogelijkheid?
- Hoe werkt de software waar gebruik van gemaakt wordt? (gebruiken van de software)
 - o Wat zijn de mogelijkheden
 - o Hoe gebruiksvriendelijk is het?
 - o Kunnen er ingestelde richtlijnen ingezet worden?
- Welk materiaal is geschikt voor de brace? (literatuuronderzoek en contact met printbedrijven)
 - o Welke printtechnieken zijn er en wat zijn de voor- en nadelen hiervan?
 - o Welke materialen kunnen geprint worden met welke techniek en wat zijn de voor- en nadelen hiervan?
 - o Welke materialen voldoen aan de medische eisen?

ANALYSEFASE

Tijdens de analysefase is het van belang om een duidelijk en helder inzicht te krijgen in het gebruik van een CMC brace. De onderzoeksvragen die genoemd zijn in de probleemstelling zullen onderzocht en beantwoord worden. Hiervoor zal onder andere literatuuronderzoek voor gedaan worden en er wordt contact gezocht met deskundigen, zowel medische deskundigen als mensen die zelf gebruik maken van een brace.

WAT IS EEN CMC BRACE?

Een CMC brace is een spalk die het basisgewricht van de duim insluit. CMC staat voor carpometacapale gewricht, dit is het basisgewricht van de duim. In figuur 3 is te zien waar dit gewricht zich precies bevindt. [2] [3]

Zo'n soort spalk verlicht en beperkt de symptomen van bepaalde ziektebeelden, zoals pijn en krachtverlies. Tegelijkertijd wordt de functie van de hand zo goed mogelijk behouden. [4]

Een brace of spalk hoeft niet altijd door een medisch specialist aanbevolen te worden. Het is ook mogelijk om het zelf aan te schaffen. Vaak is er dan alleen bij bepaalde activiteiten een brace nodig, denk bijvoorbeeld aan sporten. [5]



FIGUUR 3. HET CMC GEWRICHT

Er zijn veel verschillende soorten CMC braces. Hieronder zijn enkele braces te zien. Er zit verschil in de mate van insluiting van de duim. Maar ook in het materiaal en de sluiting. In het marktonderzoek worden deze verschillen verder onderzocht.



FIGUUR 4. ENKELE CMC BRACES

MARKTONDERZOEK

In figuur 4 op de vorige pagina zijn verschillende braces te zien. Deze soorten zijn hieronder terug te zien. Ook zijn er nog andere soorten braces onderzocht. In bijlage 2 staan de verschillende braces die onderzocht zijn tijdens het marktonderzoek.

STANDAARD BRACE

Er zijn veel leveranciers die dezelfde soort CMC brace aanbieden. Deze braces zijn meestal in meerdere maten te verkrijgen. Deze standaard brace is zelf aan te schaffen zonder dat er contact nodig is geweest met een medische specialist.

Bij de standaard braces wordt het CMC gewricht van de duim ingesloten, vaak met een kunststof onderdeel. Hierbij wordt klittenband gebruikt om de brace op zijn plek te houden. Het verschil zit vooral in de grootte van het onderdeel dat het CMC gewricht insluit. Een groot nadeel van deze brace is dat de duim naar binnen getrokken kan worden als het klittenband (te) strak aangetrokken wordt. Als dit gebeurt, staat de duim niet in de juiste positie. [6] [7]

Voordelen:

- Eenvoudig aan te schaffen;
- Verstelbaar dankzij de sluiting van klittenband;
- Brede prijsklasse, al vanaf € 30,- beschikbaar;
- Geen doorverwijzing van een medisch specialist nodig;
- Brede keuze.

Nadelen:

- Bij (te) strak aantrekken van het klittenband wordt de duim naar binnen getrokken;
- Alleen in standaard maten verkrijgbaar;
- Niet altijd een controle vanuit een deskundige;
- Vaak een sluiting van klittenband;
 - Blijft lang nat;
 - Gaat pluizen.



FIGUUR 5. STANDAARD BRACE, DE RUGZIJDE



FIGUUR 6. STANDAARD BRACE, DE PALMZIJDE

PUSH BRACE

De Push brace lijkt erg op de standaard brace, maar er is één belangrijk verschil. [4] [8]

Bij de Push brace loopt er nog een verharding over de handpalm. Hierdoor wordt de duim niet naar binnen getrokken bij het (te) strak aantrekken van het klittenband. Ook zit er een aluminium strip in het gedeelte rondom het duimgewricht, hierdoor kan de ronding van dit onderdeel aangepast worden naar de vorm van de hand. Deze brace wordt over de handrug gesloten met behulp van klittenband. Deze brace wordt het meest aangeboden bij Handtherapie. Echter biedt het voor slechts 60% van de mensen voldoende steun.

Voordelen:

- Meest gebruikte brace bij Handtherapie;
- Duim kan niet naar binnen getrokken worden bij (te) strak aantrekken van het klittenband;
- Verstelbaar dankzij de sluiting van klittenband;
- Geen doorverwijzing van een medisch specialist nodig;
- Aluminium strip aanwezig rond het duimgewricht voor extra steun.

Nadelen:

- Alleen in standaard maten verkrijgbaar;
- Een sluiting van klittenband;
 - Blijft lang nat;
 - Gaat pluizen.



FIGUUR 7. PUSH BRACE, DE PALMZIJDE



FIGUUR 8. PUSH BRACE, DE RUGZIJDE

FLEXIBELE BRACE

Er bestaan ook braces die ondersteunen, maar lichte bewegingen nog wel mogelijk maken. Een goed voorbeeld hiervan zijn braces die tijdens het sporten worden gebruikt. De brace ondersteunt, maar sluit beweging niet uit. Het voorkomt dat er verkeerde en grote bewegingen gemaakt kunnen worden. Deze brace voorkomt blessures maar biedt ook steun nadat er een blessure is opgelopen. [9]

Voordelen:

- Geen volledige beperking;
- Voorkomt verkeerde en grote bewegingen;
- Ideaal tijdens het sporten;
- Eenvoudig aan te schaffen;
- Brede keuze.

Nadelen:

- Beweging wordt niet volledig uitgesloten;
- Sluit de huid af;
- Meestal geen controle door een deskundige.



FIGUUR 9. FLEXIBELE BRACE

REUMA HANDSCHOEN

Een reuma handschoen geeft ondersteuning en warmte aan de hand en oefent een lichte druk uit op de hand. Het lijkt erg op een handschoen, maar is van een andere stof gemaakt. De vingertoppen zijn opengelaten, op deze manier zal het dragen van een reuma handschoen beter bij de alledaagse activiteiten in te passen zijn. Denk hierbij aan het strikken van de veters of het bedienen van een smartphone. Aan de palmzijde van de handschoen is vaak een anti-grip laag te vinden. Dit voorkomt dat voorwerpen uit de hand glijden. [10]

Doordat de reumahandschoen van stof is gemaakt, is deze eenvoudig te wassen.

Voordelen:

- Eenvoudig aan te schaffen;
- Goedkoop, rond de € 20,-;
- Gemakkelijk te wassen.

Nadelen:

- Verkrijgbaar in drie standaardmaten;
- Bedekt een groot gedeelte van de hand, vingers en pols;
- Geeft geen volledige ondersteuning en is alleen voor lichte klachten te gebruiken.



FIGUUR 10. REUMA HANDSCHOEN

SILICONEN BRACE

De siliconen brace wordt op maat gemaakt voor de cliënt en is gemaakt van siliconen met een versteviging rondom het duimgewricht. Aan de bovenzijde zit een sluiting van klittenband. Deze brace is vrij groot en duur (€ 400,- tot € 600,-). Door de siliconen geeft de brace nog wel mee en snijdt dus niet in de hand. Door de versteviging rondom het duimgewricht wordt er wel genoeg steun geboden.

Deze brace wordt gebruikt bij Handtherapie als de Push Brace niet voldoende steun biedt. Echter zorgt het materiaal ervoor dat het snel broeierig wordt onder de brace. Deze brace zou voor iedereen voldoende steun kunnen bieden, maar het ontwerp is niet gewenst bij de mensen die ook genoeg hebben aan minder steun.

Voordelen:

- Op maat gemaakt;
- Minimale bewegingsvrijheid wordt behouden;
- Sluiting van klittenband, zonder is deze brace niet aan te krijgen;
- Biedt voor iedereen genoeg steun.

Nadelen:

- Duur (€ 400,- tot € 600,-);
- Het wordt snel broeierig onder de brace.



FIGUUR 11. SILICONEN BRACE, DE PALMZIJDE



SILVERSPLINTS

Silversplints zijn braces die gemaakt zijn van zilver (Sterling 925). Deze braces worden op maat gemaakt door een zilversmid. Dit zorgt ervoor dat het comfortabel is om te dragen. Een ander voordeel van de Silversplints is de duurzaamheid.

Deze braces zijn hypoallergeen, antibacterieel en waterbestendig. Daarnaast heeft een Silversplint een open vormgeving, waardoor de huid vrijwel niet wordt afgesloten en dit voorkomt overmatig zweten en huidirritatie. Ook zorgt dit ervoor dat deze brace snel wordt geassocieerd met een sieraad. De Silversplints zijn in veel verschillende ontwerpen verkrijgbaar. Vrijwel alle soorten Silversplints bestaan volledig uit zilver en hebben geen sluitingen of scharnieren. Een enkel ontwerp heeft een bandje om de brace om te kunnen krijgen of om de maat te kunnen verstellen. [11] [12]

Voordelen:

- Op maat gemaakt;
- Gemaakt in zilver (Sterling 925);
 - Hypoallergeen, antibacterieel, waterbestendig;
 - Lijkt net een sieraad;
- Verkrijgbaar in verschillende modellen;

Nadelen:

- Alleen mogelijk met een doorverwijzing van een arts;
- Wordt gemaakt door zilversmid;
- Duur, vanaf € 250,-.



FIGUUR 13. VERSCHILLENDE SOORTEN SILVERSPLINTS

MANOMETRIC

Manometric is een bedrijf dat zich specialiseert in het maken van braces op maat met behulp van scannen en 3D-printen. Zij vinden dat een brace comfortabel moet zijn en moet passen bij de gebruiker. Daarnaast geloven zij dat een brace het beste werkt als de gebruiker deze mooi vindt. Er is een samenwerking met onder andere ReumaNederland en TU Delft. [13]



FIGUUR 14. BRACE VAN MANOMETRIC, FLEXIBEL MATERIAAL



FIGUUR 15. BRACE VAN MANOMETRIC, HARD MATERIAAL

Manometric houdt zich bezig met braces voor de hand en duim. Een voorbeeld van de brace is hiernaast te zien. Dit lijkt erg op wat Vectory3 wil bereiken.

Het proces wordt doorlopen op de locatie van Manometric, in Delft. Hier wordt de hand gescand en de brace gemodelleerd. Er zijn verschillende soorten CMC braces die gerealiseerd kunnen worden bij Manometric. Deze zijn in figuur 14 en 15 te zien.

Met de scanner wordt een 3D model gecreëerd dat gebruikt wordt om de brace te modelleren. Hoe zo'n model eruit ziet, is op de laptop naast de scanner te zien, zie figuur 16.

Voordelen:

- Op maat gemaakt;
- Verkrijgbaar in meerdere modellen;
- Zowel in hard materiaal als in flexibel materiaal te verkrijgen.

Nadelen:

- Wordt maar op één plek aangemeten (Delft);
- Sluit een groot deel van de hand in.



FIGUUR 16. DE SCANNER, SOFTWARE EN VERSCHILLENDE BRACES VAN MANOMETRIC

CONCLUSIE

In onderstaande tabel zijn de grootste voor- en nadelen van elke brace weergegeven. Niet alle aspecten tellen even zwaar mee. Dat de duim in de juiste positie wordt gehouden door de brace is vele malen belangrijker dan bijvoorbeeld de prijs of waar de brace verkrijgbaar is.

Brace	Voordelen	Nadelen
Standaard brace	Makkelijk en goedkoop aan te schaffen.	Bij (te) strak aantrekken van het klittenband wordt de duim naar binnen getrokken.
Push brace	Meest gebruikte brace bij Handtherapie en voorkomt dat de duim naar binnen getrokken wordt.	Alleen in standaard maten verkrijgbaar.
Flexibele brace	Beweging is nog mogelijk en dus ideaal voor sporten.	Biedt vaak niet genoeg steun voor de mensen die een brace moeten dragen (buiten het sporten).
Reuma handschoen	Makkelijk en goedkoop aan te schaffen, gemakkelijk te wassen.	Bedekt een groot gedeelte van de hand, vingers en pols en alleen bij lichte klachten te gebruiken.
Siliconen brace	Geeft iedereen genoeg ondersteuning.	Duur, broeierig en bedekt een groot gedeelte van de hand.
Silversplints	Op maat gemaakt, van zilver en lijkt een sieraad, sluit de huid vrijwel niet af.	Duur en er is een zilversmid nodig.
Manometric	Op maat gemaakt.	Groot en sluit veel huid af, alleen mogelijk in Delft.

TABEL 1. VOOR- EN NADELEN VAN DE VERSCHILLENDE SOORTEN BRACES

DOELGROEP

Om een goed beeld te krijgen van de mensen die een CMC brace gebruiken, is er onderzoek gedaan naar de doelgroep. Eerst zijn er verschillende ziektebeelden onderzocht die mogelijk gebruik maken van een brace. Ook is er een enquête opgesteld om zo een duidelijk beeld te kunnen vormen van hoe de gebruikers het gebruik van een brace ervaren. Met deze informatie zijn er enkele persona's opgesteld.

ZIEKTEBEELDEN

Reuma is een verzamelnaam voor alle bewegingsklachten die niet zijn veroorzaakt door een trauma of blessure. Er zijn ruim honderd verschillende vormen van reuma. In totaal zijn er ruim 2 miljoen Nederlanders die een vorm van reuma hebben [14].

Voor de ontwikkeling van deze brace zijn de meest voorkomende vormen van reuma onderzocht. Deze zijn niet allemaal met een brace te behandelen. Het volledige onderzoek is te vinden in bijlage 3. In deze bijlage zijn tevens de gebruikte informatie bronnen terug te vinden.

Bij onderstaande ziektebeelden wordt het gebruik van een brace aangegeven als behandeling:

- Artrose;
- Reumatoïde Artritis (RA);
- Syndroom van Quervain;
- Tendinitis;
- Instabiliteitsklachten.

Van bovengenoemde ziektebeelden komt artrose het meest voor in Nederland. Bijna 1,5 miljoen mensen hebben hier last van. Op de tweede plaats komt Reumatoïde Artritis, dit zijn ongeveer 260.000 Nederlanders.

De meest voorkomende symptomen van de ziektebeelden zijn:

- Krachtverlies;
- Zeurende pijn;
- Verstijving van het gewricht;
- Zwellingen rondom het gewricht;
- Verminderde mobiliteit.

De symptomen kunnen verminderd worden door het gebruik van een brace. Dit komt omdat de duim dan rust krijgt. Ook houdt de brace de duim en het gewricht in de juiste positie en voorkomt hierdoor verergering van de symptomen en klachten.

Na een blessure of trauma wordt er ook weleens gebruik gemaakt van een brace. De brace geeft dat ondersteuning en bescherming. Ook zorgt de brace ervoor dat de duim minimaal bewogen wordt. Daarnaast kan het voorkomen dat een blessure of trauma op langere termijn kan zorgen voor een blijvende bewegingsklacht.

ENQUÊTE

Er is een enquête opgesteld om een goed beeld te kunnen vormen van de gebruikers van een brace en hoe zij dit gebruik ervaart. Het eerste deel van de enquête bestaat uit algemene vragen over bewegingsklachten van de duim en hand. Het tweede deel gaat over het gebruik van een brace. De volledige enquête met de antwoorden is te vinden in bijlage 4.

De enquête is door zeventien vrouwen en één man ingevuld. De leeftijd is vooral van 45 tot 74 jaar met één persoon jonger dan 25 en één persoon tussen de 25 en 44 jaar. Van deze personen maken er twaalf gebruik van een brace.

Van de twaalf personen gebruiken er vier een Silver Splint, vier een standaard verharde brace, drie een flexibele brace en één persoon heeft een reumahandschoen. Het model van de braces is wel anders. Eén persoon geeft aan geen profijt te hebben van het gebruik van de brace.

De brace wordt vooral voor lange momenten gedragen. Sommigen dragen de brace alleen overdag en anderen alleen 's nachts. Overdag zijn er meerdere momenten waarbij het dragen van een brace lastig is, bijvoorbeeld bij het handen wassen of eten koken. Soms wordt de brace dan afgedaan, soms is dit zelfs de reden dat de brace overdag niet gedragen wordt.

In de enquête is er ook gevraagd naar de positieve en negatieve aspecten van een brace. De gegeven antwoorden komen erg overeen. Hieronder zijn de verschillende aspecten op een rijtje gezet.

Positieve aspecten:

- Het ontziet het duimgewricht en geeft rust;
- Het zorgt voor vermindering van de pijn;
- Ziet eruit als een sieraad (Silver Splints);
- Makkelijk te verstellen door klittenband;
- Kan in water.

Negatieve aspecten:

- Een op maat gemaakte brace moet aan het begin vaak bijgesteld worden;
- Niet ademend, wordt zweterig, warm en broeierig;
- Steeds om- en afdoen is onhandig;
- Beperkt de functie van de hand;
- Schaamte voor het dragen van een brace;
- Het klittenband gaat pluizen;
- Andere gebruiksvoorwerpen kunnen beschadigen door het harde materiaal.

De enquête sluit af met vragen over de toepassing van het 3D printen van braces. Vrijwel iedereen staat hiervoor open. Eén persoon geeft aan hier nog niet voor open te staan, diegene zou er graag eerst meer informatie over willen hebben. De anderen geven aan hiervoor open te staan omdat ze graag nieuwe dingen proberen omdat het mogelijk zou kunnen helpen.

PERSONA'S

Er zijn drie persona's opgesteld om zo een beeld te kunnen creëren van een mogelijke gebruiker van de brace. Hierdoor wordt er ingeleefd in de gebruikers en gekeken naar de punten die zij belangrijk vinden en deze worden meegenomen bij het ontwerpen. Voor het opstellen van deze persona's is de informatie van het literatuuronderzoek over de ziektebeelden en de antwoorden van de enquête gebruikt.

Els van Dijk



Naam: Els van Dijk
Leeftijd: 63 jaar
Geslacht: Vrouw
Ziektebeeld: Artrose

Belangrijke aspecten:

- Fijne motoriek
- Acceptatie van de brace
- Esthetiek
- Langdurig gebruik

Els is een vrouw van 63 jaar. Ze woont samen met haar man en een hond in een huisje vlakbij het bos. Ze hebben samen twee kinderen, maar die zijn het huis al uit. Ze werkt parttime in een bibliotheek, hier is ze maandag, dinsdagmiddag en donderdag te vinden. Haar man is iets ouder en sinds kort met pensioen. Ze gaan regelmatig samen wandelen met de hond in het bos bij hun huis en als ze meer tijd hebben gaan ze ook weleens naar andere natuurgebieden in de buurt. Daarnaast houdt ze erg van schilderen. Meestal maakt ze foto's in de natuurgebieden waar ze wandelt om die na te schilderen.

Vijf jaar geleden kreeg ze voor het eerst last van een zeurende pijn in haar duim. Al snel kwam hier ook krachtverlies bij kijken. Hierdoor werd het schilderen al snel lastig om te doen. De klachten bleven aanhouden en ze ging naar de huisarts. Ze bleek artrose te hebben. Op advies van de huisarts heeft ze een brace aangeschaft. Dit hielp zeker tegen de pijnklachten, maar ze vond het niet mooi. Hierdoor draagt ze de brace alleen als ze thuis is of een stukje gaat wandelen in het bos. Het schilderen kan ze door het dragen van de brace weer oppakken. Hiervoor kreeg ze snel last en pijnlijke handen. In de bibliotheek draagt Els de brace niet omdat ze niet wil dat mensen kunnen zien dat ze een brace draagt. Zodra ze thuis is doet ze haar brace direct weer om. Na een dag geen brace dragen is de pijn eigenlijk niet te verdragen. Graag wil ze een brace die ze mooi vindt zodat ze die ook naar de bibliotheek duft te dragen en vindt het niet erg als ze hier wat meer voor moet betalen. Want ze merkt toch wel dat het vrijwel niet meer gaat zonder het dragen van een brace.

FIGUUR 17. PERSONA VAN ELS VAN DIJK

Marieke Bakker



Naam: Marieke Bakker
Leeftijd: 29 jaar
Geslacht: Vrouw
Ziektebeeld: Syndroom Quervain

Belangrijke aspecten:

- Gebruik van enkele maanden
- Functionaliteit
- Minimale beperking
- Uitstraling heeft geen prioriteit

Marieke is een vrouw van 29 jaar. Samen met haar vriend heeft ze een appartement in het centrum van Amsterdam. Ze hebben een zoon van 3 en Marieke is nu vijf maanden zwanger van een dochtertje. Marieke werkt bij een marketingbureau, dit doet ze vier dagen per week sinds de komst van de eerste. Haar vriend werkt fulltime als ICT'er bij de gemeente. Op de momenten dat ze niet werken, proberen ze zoveel mogelijk met z'n drieën door te brengen, regelmatig gaan ze een stukje wandelen of naar de dierentuin. Ze hebben een jaarkaart voor Artis, hun zoon is namelijk helemaal gek op olifanten en wil daar het liefst elke dag naartoe. Marieke vindt *Quality Time* met het gezin erg belangrijk.

Helaas heeft zich tijdens de zwangerschap een pijn in de duim en pols ontwikkeld. Marieke heeft even op internet gezocht wat het zou kunnen zijn en ze vermoedt dat dit het Syndroom van Quervain is. Deze bewegingsklacht komt wel vaker voor bij zwangere vrouwen. Ze heeft gelezen dat als het niet behandeld wordt, de pijn kan uitbreiden en dat wil ze voorkomen. Marieke heeft al een afspraak ingepland bij de huisarts en wil graag zo snel mogelijk een brace. Marieke hoopt dat het in de periode na de zwangerschap weer wegtrekt. Als dit niet zo is, wil ze zich graag laten opereren. De brace is dus voor een korte periode nodig. Ze wil graag dat de brace doet wat die moet doen zonder dat ze zich te veel beperkt voelt. Ze wilt voorkomen dat de brace te veel impact heeft op wat ze kan doen met haar zoon en vindt het belangrijk dat ze straks alles zelf kan doen na de bevalling. Het is fijn als de brace ook een beetje mooi is, maar dit is niet noodzakelijk.

FIGUUR 18. PERSONA VAN MARIEKE BAKKER



FIGUUR 19. PERSONA VAN THEO VAN LOON

BELANGRIJKE PUNTEN

In de lijst hieronder zijn punten te zien waarmee rekening gehouden moet worden bij het ontwerpen van een brace. Deze punten zijn naar voren gekomen vanuit het marktonderzoek en de enquête. [15]

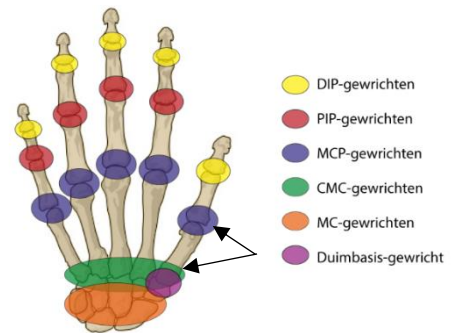
Dit zijn daarom ook punten die verwerkt worden in het Programma van Eisen en Wensen.

- Materiaalkeuze, de brace mag geen irritatie veroorzaken en moet comfortabel zitten, maar moet ook genoeg steun kunnen bieden;
- Afgeronde randen en hoeken, scherpe randen en hoeken snijden in de huid;
- Eenvoudig sluitsysteem, vaak is het lastig om de hand in moeilijke posities te houden om een brace om te moeten doen, ook kan het voorkomen dat beide handen symptomen van het ziektebeeld vertonen;
- Antimicrobieel en goed schoon te maken;
- Geschikt voor gebruik in water, zo wordt er voorkomen dat de brace steeds afgedaan moet worden als bijvoorbeeld de handen worden gewassen;
- Gemakkelijk af te drogen, de brace moet niet nat of vochtig blijven nadat deze in aanraking is geweest met water;
- Functie van de hand wordt zo min mogelijk beperkt;

POSITIE VAN DE HAND

De hand moet in de extensie abductie stand gehouden worden waarbij het MCP gewricht een lichte flexie heeft (ongeveer 20 graden) ten opzichte van het CMC gewricht. Het bovenste gewricht (MCP) moet de bewegingsvrijheid behouden. [16]

In de afbeelding hiernaast staan de verschillende gewrichten aangegeven. De pijlen geven aan om welke twee gewrichten het gaat.



FIGUUR 20. DE GEWRICHTEN VAN DE HAND, DE PIJLEN WIJZEN NAAR HET CMC EN MCP GEWRICHT VAN DE DUIM

Extensie abductie is een combinatie van bewegingen met de duim. Extensie is de beweging over het vlak van de hand. Abductie is de beweging die parallel staat aan het vlak van de hand. Voor de ideale stand van de duim worden deze twee bewegingen gecombineerd. Hierdoor komt de duim iets naar buiten te staan. Vanaf deze positie is het nog goed mogelijk om dingen op te pakken. [17]

Hiernaast is een hand te zien in de juiste positie. Dit is de extensie abductie stand. Vanuit deze stand kan nog vrijwel alles gedaan worden wanneer er een brace gedragen wordt.



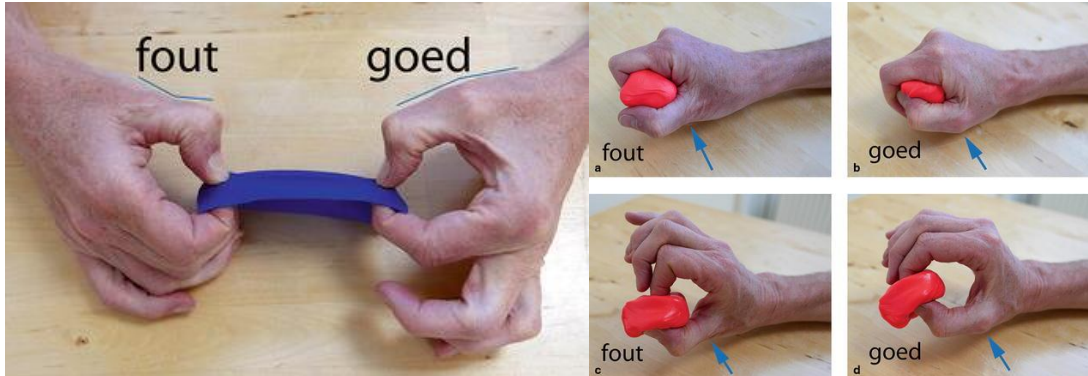
FIGUUR 21. DE JUISTE POSITIE VAN DE HAND



FIGUUR 22. DE VERSCHILLENDE STANDEN VAN DE HAND

DUIMBOOG

Bij figuur 23 is te zien hoe de duimboog eruit moet zien bij een gezonde hand en hoe het eruit kan zien bij een hand met een vorm van reuma. Vanuit deze positie kan de functie van de hand het beste behouden worden. Ook is hiermee te concluderen dat hier iets niet klopt bij het CMC gewricht. Het kan zijn dat er niets te zien is als de hand in ruststand is, maar dat dit tijdens het maken van de duimboog naar voren komt, omdat er dan kracht op het gewricht wordt uitgeoefend. [18] [19] [20]

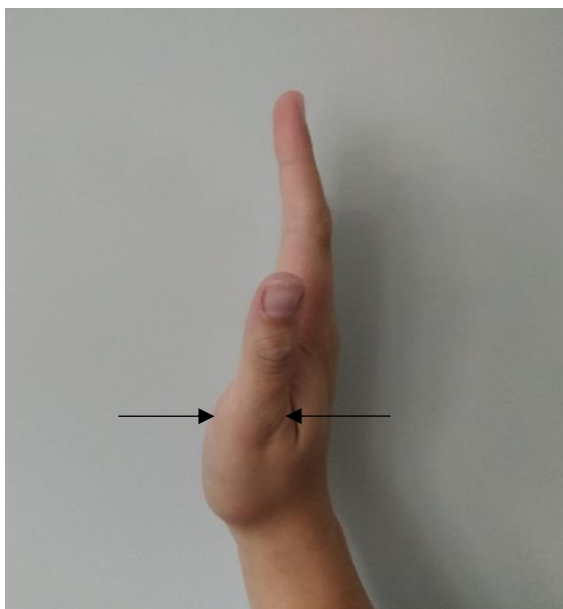


FIGUUR 23. FOUTE EN GOEDE DUIMBOGEN

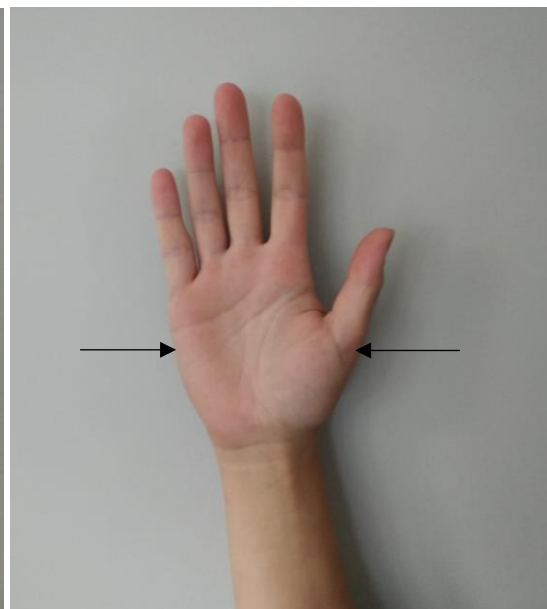
INSLUITINGSPUNTEN

Bij de huidige braces komt het veel voor dat de sluiting over de handrug loopt. Hierbij gaat het vooral om een sluiting van klittenband. Deze sluiting loopt over de handrug om te voorkomen dat de duim naar binnen, richting de handpalm, getrokken wordt als het klittenband aangetrokken wordt.

Volgens de handtherapeut is het vooral belangrijk dat de brace genoeg steun biedt en de functionaliteit van de hand niet te veel wordt beperkt. De richtlijnen zijn dat de duim aan weerszijden van het duimgewricht ondersteund wordt en de ondersteuning moet aan zowel de duimzijde als de pinkzijde van de hand gegeven worden.



FIGUUR 24. INSLUITING WEERSZIJDE VAN HET DUIMGEWRICT



FIGUUR 25. INSLUITING DUIM- EN PINKZIJDE

HULPMIDDELEN

Tijdens het scannen kunnen er hulpmiddelen gebruikt worden die buiten het scangebied staan. Denk hierbij aan een armsteun. Als er hulpmiddelen binnen het scangebied gebruikt worden, zijn deze zichtbaar op de scan en dus in het 3D model. Dit zou weggewerkt kunnen worden in het model, maar dit kost wel extra tijd. Ook is er een mogelijkheid dat de informatie die nodig is niet volledig is, omdat het hulpmiddel in de weg zit.



FIGUUR 26. DE SCANNER, CURATIO

MATERIAALONDERZOEK

De meest gebruikte materialen bij 3D printen zijn onderzocht. In bijlage 5 staan de verschillende materialen die onderzocht zijn.

Het is belangrijk dat het materiaal huidvriendelijk is, een brace wordt vaak voor een lange periode gedragen. Dit mag geen huidirritaties opleveren. Ook moet het goed schoon en droog te maken zijn. Daarbij moet de brace genoeg ondersteuning bieden. De mate van ondersteuning is een combinatie van de vorm en het materiaal waarvan de brace wordt gemaakt.

In het Programma van Eisen en Wensen staan de eisen die gesteld zijn aan het materiaal, onderstaande punten zijn hierin meegenomen:

1. 3D printen mogelijk;
2. Huidvriendelijk;
3. Antibacterieel;
4. Waterbestendig/-afstotend;
5. Vuilafstotend;
6. Goed schoon te maken (ook met schoonmaakmiddelen).

In tabel 2 zijn de materialen weergegeven die in aanmerking komen voor de brace. Hierbij zijn de voor- en nadelen gegeven en met welke printtechniek het mogelijk is dit materiaal te printen.

Materiaal	Voordelen	Nadelen	Printtechniek
PLA	Eenvoudig en goedkoop materiaal om mee te printen; In kleur printen of achteraf kleuren is mogelijk; Licht flexibel; Redelijk sterk.	Trekt vocht uit de lucht en omgeving aan.	FDM
PA12	Voldoet aan EN ISO 10993-1; Hoge stijfheid; Goede oppervlaktekwaliteit; Goed bestand tegen chemicaliën.	Breekt bij te veel buigen; Niet te repareren na breken; Duur materiaal.	FDM, SLS
PA11	Voldoet aan EN ISO 10993-1; Wordt veel gebruikt bij protheses en orthoses; Goede oppervlaktekwaliteit; Hoge rek-bij-breuk, elasticiteit en slagvastheid	Duur materiaal;	SLS

TABEL 2. VOOR- EN NADELEN VAN VERSCHILLENDE MATERIAAL

NORMERING

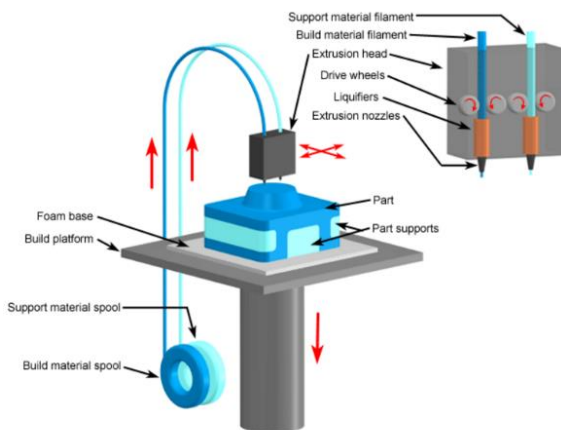
Een belangrijke norm is EN-ISO 10993-1. Dit is een biologische evaluatie van medische hulpmiddelen. Gecategoriseerd op basis van de functie en duur van contact met het lichaam. Dit gaat alleen om producten die direct of indirect in contact komen met de huid van de patiënt. Ook gaat dit niet om de werking van het hulpmiddel en het mogelijk falen hiervan. [21]

Het materiaal dat uiteindelijk gekozen zal worden, moet dus aan deze norm voldoen. Materialen die niet aan deze norm voldoen, vallen dus direct af. Deze norm is zo belangrijk omdat de brace gedurende lange periodes gedragen zal worden.

PRINTTECHNIKEN

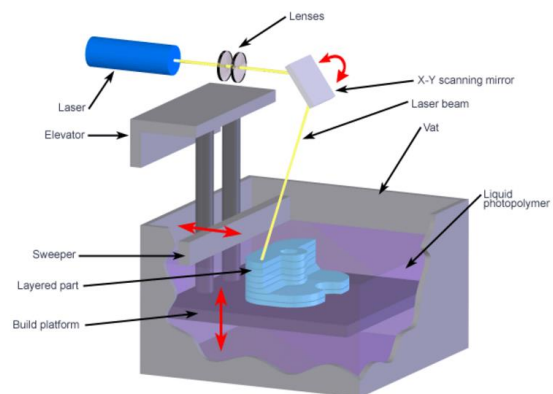
Er zijn verschillende soorten 3D printtechnieken met allemaal hun eigen voor- en nadelen. Hieronder is een uitleg over de technieken te lezen. In tabel 3 zijn de voor- en nadelen weergegeven.

Fused Deposition Modeling (FDM) is de meest gangbare printtechniek en wordt ook veel door consumenten gebruikt. Er wordt steeds een laag materiaal op de vorige laag geprint. Dit gebeurt door middel van een spuitmond die warm is. Door de warmte smelt het materiaal en hechten de verschillende lagen aan elkaar. Dit is een eenvoudige, goedkope en relatief snelle printtechniek. Daarnaast is er een ruime keuze aan materiaalsoorten die gebruikt kunnen worden, zolang het maar een thermoplast is. Het nadeel is echter wel dat de verschillende lagen vrijwel altijd zichtbaar zijn. Ook is er meestal supportmateriaal nodig bij het printen van overhangende stukken. Daarnaast zal het geprinte product in de hoogte een stuk minder sterk zijn dan vergelijkbare producten die op een andere manier zijn geproduceerd, zoals met behulp van spuitgieten. [22] [23]



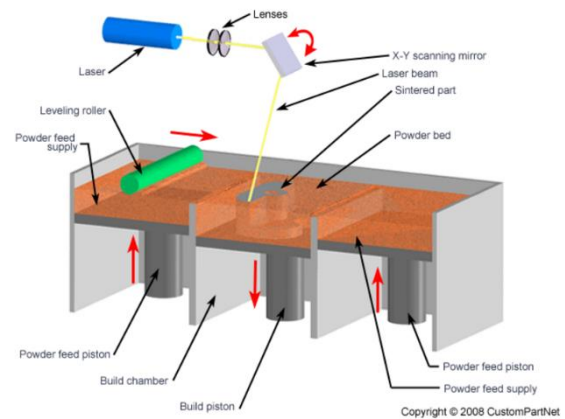
FIGUUR 27. FDM PRINTTECHNIEK

Stereolithografie (SLA) print door middel van een hars die verhard wordt met een laserstraal. De hars is een polymeer dat UV gevoelig is. Op het punt waar de laser de hars raakt, wordt verhard. Als de laag klaar is, wordt er een nieuw laagje hars aangebracht en deze wordt weer verhard. Deze verschillende lagen zijn zeer dun en niet te zien, hierdoor is het oppervlakte van het product zeer goed en glad afgewerkt. Echter is er bij deze techniek wel support nodig. Het verwijderen hiervan is een zeer precieze handeling. Daarnaast moet het product na het printen nog uitgehard worden met behulp van een UV lamp. Deze techniek is ook niet geschikt voor producten die functioneel belast worden, omdat er snel materiaalvermoeidheid op kan treden. [24] [25] [26]



FIGUUR 28. SLA PRINTTECHNIEK

Selective Laser Sintering (SLS) is een printtechniek die erg lijkt op SLA. Bij deze printtechniek wordt er gebruik gemaakt van een kunststof poeder in plaats van een hars, dit is vaak een poeder van nylon. De poeder wordt met behulp van een laser belicht. Hierdoor stijgt de temperatuur zeer kort tot boven het smeltpunt van het materiaal waardoor de poederkorrels samensmelten tot een product. Elke keer wordt er een nieuw dun laagje poeder over de vorige lagen heen gebracht. Een groot voordeel van deze printtechniek is dat er geen extra support nodig is, het poeder rondom het product functioneert als support. De nabehandeling is daardoor minimaal. Het uiteindelijke product is sterk en van zeer hoge kwaliteit en daardoor goed functioneel te belasten. [27] [28]



FIGUUR 29. SLS PRINTTECHNIEK

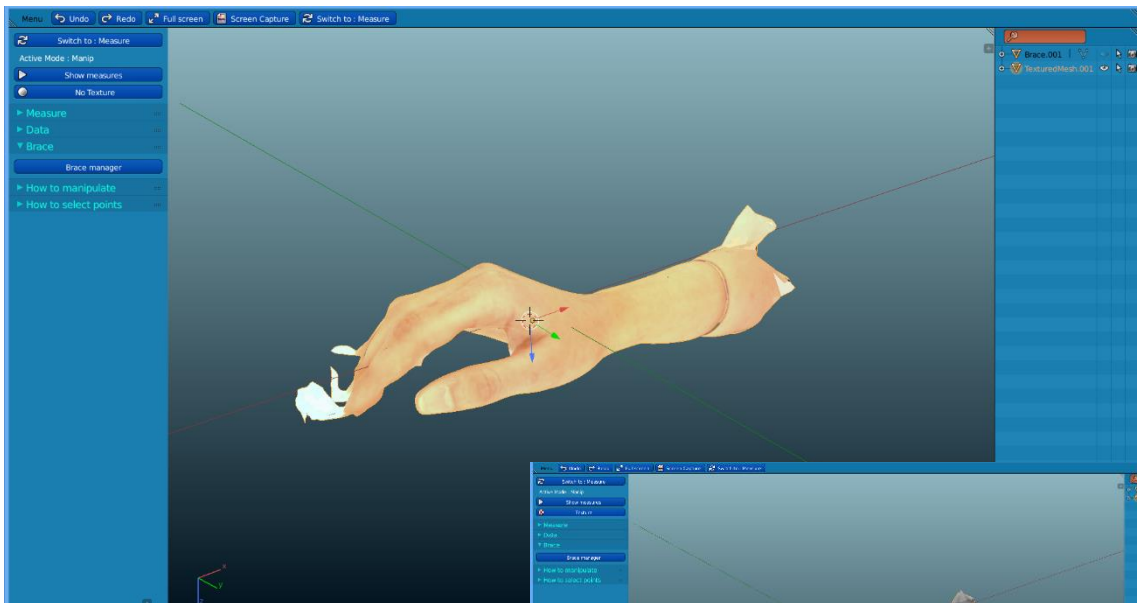
Techniek	Voordelen	Nadelen
FDM	Eenvoudige en goedkope printtechniek.	De verschillende lagen zijn zichtbaar; Supportmateriaal is vaak nodig; Minder sterk in de hoogterichting.
SLA	Oppervlakte goed afgewerkt.	Supportmateriaal is nodig; Niet geschikt voor functionele belasting.
SLS	Oppervlakte goed afgewerkt; Minimale nabehandeling nodig; Geschikt voor functionele belasting.	Hoge kosten; Moet bij een professioneel bedrijf.

TABEL 3. VOOR- EN NADELEN VAN DE PRINTTECHNIEKEN

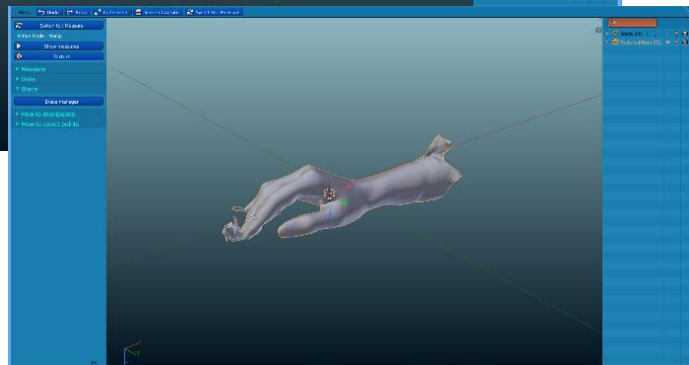
SOFTWARE VECTORY3

De software van Vectory3 heet Metrix en is vrij eenvoudig te begrijpen. Het is gemaakt vanuit het tekenprogramma Blender. Er zijn verschillende opties mogelijk. Er is een optie waarbij bepaalde delen van de hand gemeten kunnen worden, onder andere de lengte en het volume. Deze gegevens zijn erg nauwkeurig. De gebruiker van de software moet zelf de punten aanklikken die nodig zijn voor het meten. De nauwkeurigheid van de gemeten waarde is dus afhankelijk van de nauwkeurigheid van de gebruiker van de software. Hierdoor zal er altijd een kleine afwijking in de gemeten waarde zitten. Ook kan er in deze software een brace gemodelleerd worden. Dit bestaat uit enkele stappen. Voor meer informatie over Matrix, zie bijlage 6.

Dit is de Lay-out van Metrix. Hierin is ook zeer gedetailleerd een hand te zien. Het is ook mogelijk om de hand te bekijken zonder dat de huid erop te zien is. Het model is te roteren en kan vanaf alle kanten bekeken worden.

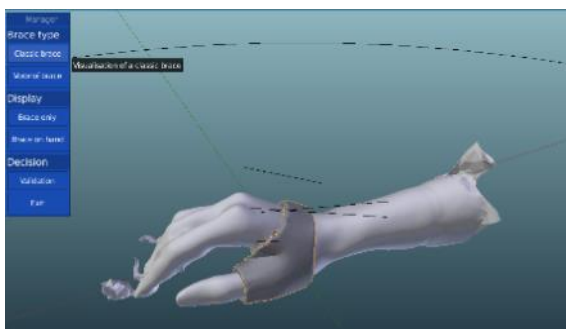


FIGUUR 30. DE LAY-OUT VAN METRIX, HAND MET TEXTUUR

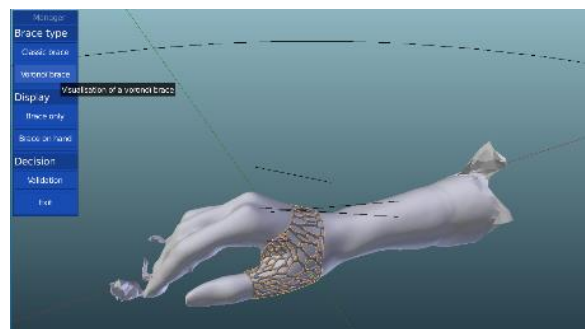


FIGUUR 31. DE LAY-OUT VAN METRIX, HAND ZONDER TEXTUUR

Er kan gekozen worden voor twee soorten vullingen van de brace. *Classic* is volledig gevuld en *Vonoroï* lijkt erg op een honingraad.



FIGUUR 33. EEN CLASSIC BRACE



FIGUUR 32. EEN VONEROI BRACE

HET PROCES

Er komt bij dit project meer kijken dan alleen de brace. Er wordt ook gekeken naar het totale proces rondom de brace. Eerst is het huidige proces met behulp van de handtherapeut onderzocht. Daarna is er gekeken naar de mogelijke processen rondom de nieuwe brace. Deze worden aan de handtherapeut voorgelegd. Hieruit komt een meest gewenst proces voort.

HUDIG PROCES

Momenteel wordt er bij een kliniek vaak een tijdelijke brace gemaakt met behulp van thermoplasten. Deze wordt handmatig op de hand van de patiënt aangebracht en zo in vorm gebracht. Hierbij wordt ook gebruik gemaakt van een spalkenbak en een schaar. Een spalkenbak is een machine waarmee de thermoplasten zacht worden gemaakt, vaak met behulp van warm water. Met een schaar wordt het op maat geknipt. Hierna wordt vaak nog een sluiting van klittenband aangebracht. [29]

Het grote voordeel van deze manier is dat de brace direct te gebruiken is door de cliënt. Ook is deze op maat gemaakt. Dit proces duurt meestal tussen de 10 en 30 minuten en wordt door de handtherapeut doorlopen. Aan het einde van de behandeling heeft de cliënt een brace die gedragen kan worden.

Ook zijn er mensen die zelf een brace aanschaffen. Dit kan zeer eenvoudig via het internet. Het nadeel hiervan is dat deze braces in standaardmaten leverbaar zijn. Ook wordt er niet gecontroleerd of deze geschikt zijn. Het voordeel is dat er veel diversiteit in de beschikbare braces is. Deze braces staan ook beschreven in het marktonderzoek.

Het komt natuurlijk ook voor dat de cliënt een brace op maat wil, bijvoorbeeld de Silversplint. Hiervoor zijn meerdere afspraken nodig. Bij de eerste afspraak wordt de hand aangemeten, indien nodig wordt er een gipsen model van de hand gemaakt. Hier zijn de handtherapeut en een zilversmid aanwezig. Daarna maakt de zilversmid de gewenste Silversplint. Dit duurt meestal 2 tot 4 weken. Hierna kan de brace gepast worden door de cliënt. Dit gebeurt samen met de zilversmid en handtherapeut. De laatste aanpassingen worden aangebracht door de zilversmid. Hierna kan de cliënt naar huis. Het komt regelmatig voor dat de brace nog net niet goed zit en het iets aangepast moet worden. Als dit kleine aanpassingen zijn, doet de handtherapeut dit zelf. Mochten er grote aanpassingen plaats moeten vinden, wordt dit doorgegeven aan de zilversmid.

In de tabel hieronder zijn de huidige processen stapsgewijs beschreven. Bij elk proces is het probleem al geconcludeerd en vanuit hier wordt verder gewerkt. De processen lopen tot het moment dat de brace klaar is om gedragen te worden.

Stappen	Directe brace	Brace in standaardmaat (zelf aanschaffen)	Push brace (handtherapeut)	Silversplint
1	De thermoplasten worden verwarmt;	Er wordt een webshop van braces bezocht;	Het juiste formaat brace wordt gepakt;	De hand wordt gemeten en er wordt een gipsmodel gemaakt;
2	De thermoplasten worden om de hand geplaatst en op maat gemaakt;	De gewenste brace wordt besteld;	Deze wordt omgedaan en het aluminiumstripje wordt in de juiste vorm gebogen.	De zilversmid smeedt de brace;
3	De thermoplasten moeten weer hard worden;	De brace wordt thuis geleverd.		De brace wordt gepast en door de zilversmid worden de laatste dingen aangepast.
4	Er wordt klittenband toegevoegd.			
Tijdsduur	10 tot 30 min	2 dagen	10 tot 30 minuten	2 tot 4 weken

TABEL 4. DE HUDIGE PROCESSEN

Het proces van de directe brace en het aanbieden van de Push brace wordt met het nieuwe proces niet versneld. De nieuwe brace is wel op maat gemaakt en de Push Brace niet, dit is dan wel een verbetering. De directe concurrenten van de nieuwe brace en het proces zijn dus het zelf aanschaffen van een brace, de Push Brace en braces op maat zoals de Silversplint.

GEWENST PROCES

Dit proces is van scannen van de hand tot het dragen van de brace. Er zijn zes verschillende processen opgesteld en deze zijn voorgelegd aan de handtherapeut.

Met locatie wordt een locatie van Handtherapie bedoeld, extern is een locatie buiten Handtherapie en een printbedrijf is een bedrijf dat gespecialiseerd is in het 3D-printen.

Stappen	Proces 1	Proces 2	Proces 3	Proces 4	Proces 5	Proces 6
1	De hand wordt op locatie gescand;	De hand wordt op locatie gescand;	De hand wordt op locatie gescand;	De hand wordt op locatie gescand;	De hand wordt op locatie gescand;	De hand wordt op locatie gescand;
2	De brace wordt op locatie gemodelleerd;	De brace wordt op locatie gemodelleerd;	De brace wordt op locatie gemodelleerd;	De brace wordt extern gemodelleerd;	De brace wordt extern gemodelleerd;	De brace wordt extern gemodelleerd;
3	De brace wordt op locatie geprint;	Het bestand wordt naar een printbedrijf opgestuurd;	Het bestand wordt naar een printbedrijf opgestuurd;	De brace wordt extern geprint;	Het bestand wordt naar een printbedrijf opgestuurd;	Het bestand wordt naar een printbedrijf opgestuurd;
4	De klant komt de brace passen.	De brace wordt geprint bij het printbedrijf;	De brace wordt geprint bij het printbedrijf;	De brace wordt opgestuurd naar locatie;	De brace wordt geprint bij het printbedrijf;	De brace wordt geprint bij het printbedrijf;
5		De brace wordt direct naar de klant opgestuurd.	De brace wordt geleverd aan de locatie;	De klant komt de brace passen.	De brace wordt opgestuurd naar locatie;	De brace wordt direct naar de klant opgestuurd.
6			De klant komt de brace passen.		De klant komt de brace passen.	

TABEL 5. VERSCHILLENDE NIEUWE PROCESSEN

Het liefst zou de handtherapeut het gehele proces op locatie willen hebben, zoals proces 1. Echter is dit niet realistisch/rendabel in verband met de kosten en kennis die nodig is voor het 3D-printen. De voorkeur gaat daarom uit naar proces 3. Hier wordt alleen het printen door een gespecialiseerd printbedrijf gedaan. Hier zijn de juiste apparaten en kennis namelijk al aanwezig. Verder vindt alles op de locatie plaats. De handtherapeut weet immers het beste wat desbetreffende hand nodig heeft. Ook is het belangrijk dat de brace gecontroleerd kan worden op mogelijke fouten.

TWEEDE PROBLEEMSTELLING

Tijdens dit project wordt er een brace ontworpen die te realiseren is met behulp van scannen en 3D printen. Hierbij zal er ook gekeken worden naar het totale proces. Tijdens het project is er veel overleg nodig met deskundigen. Zij hebben de kennis en kunde om dit project tot een verder niveau te kunnen brengen. Ook is de mening van mensen uit de doelgroep belangrijk. Zij zijn uiteindelijk degene die gebruik moeten maken van het product. Daarnaast zullen ook op- en aanmerkingen over de software van Vectory3 gegeven worden.

Hieronder staat het huidige proces beschreven. Daarna het gewenste proces. Het huidige proces is besproken met een ergotherapeut van Handtherapie. Vanuit de analysefase zijn er nieuwe ontwerpproblemen opgesteld. De probleemstelling sluit af met een ontwerpvisie.

HUIDIG PROCES

Er zijn momenteel verschillende processen die gebruikt worden om een brace te realiseren. Het is niet mogelijk om het proces voor het realiseren van de tijdelijke en directe brace te versnellen. Daarom zal er gericht worden op het verbeteren van het proces voor de braces die op langer termijn gebruikt worden, zowel de braces op maat als de braces in de standaard maten.

De braces in de standaard maten kunnen zelf door de cliënt aangeschaft worden, bijvoorbeeld via het internet. Ook worden sommige modellen bij de handtherapeut aangeboden. Dit is een vrij snel proces, omdat er niet iets voor desbetreffend persoon gemaakt hoeft te worden.

Bij de braces op maat duurt het proces langer. Er zijn meerdere contactmomenten. Vaak is er ook een extern iemand nodig om de brace te kunnen maken. Het maken van de brace duurt vaak meerdere weken. Ook is dit een zeer prijzig proces. Zowel door het materiaal, de vakmanschap en de tijd die hierbij komt kijken.

GEWENST PROCES

In het gewenste proces wordt het meeste op locatie door de handtherapeut uitgevoerd. Hij kent de hand immers het beste en weet wat er nodig is. In verband met de kosten en kennis, zal het printen bij een gespecialiseerd printbedrijf uitgevoerd worden. Hierna wordt de brace geleverd aan de handtherapeut en kan de cliënt deze komen passen.

Stappen	Proces
1	De hand wordt op locatie gescand;
2	De brace wordt op locatie gemodelleerd;
3	De brace wordt opgestuurd naar een printbedrijf;
4	De brace wordt bij het printbedrijf geprint;
5	De brace wordt geleverd aan de locatie;
6	De cliënt komt de brace passen.

TABEL 6. HET GEWENSTE PROCES

ONTWERPVISIE

In de ontwerpvisie worden de belangrijke punten voor het te ontwerpen product beschreven. De brace is een medisch hulpmiddel en moet daarom aan de gestelde normeringen voor medische hulpmiddelen voldoen. Uit onderzoek is gebleken dat het comfort en de uitstraling veel invloed hebben op de keuze van de brace. Echter moet de brace wel de functie vervullen waarvoor deze nodig is.

De ontwerpvisie luidt daarom als volgt:

“Het product is een combinatie tussen comfort, functionaliteit en uitstraling en daarnaast voldoet het aan de gestelde medische normeringen.”

PROGRAMMA VAN EISEN EN WENSEN

Nr.	E/W	Bron	Hoofdgroep	Specificatie	Verificatie methode	Acceptabele waarde
E1	Eis	Vectory3	Prestatie	Het product ondersteunt het CMC gewricht van de duim.	Dimensies van het product en goedkeuring van deskundigen.	Het product ondersteunt het CMC gewricht en dit wordt goedgekeurd door deskundigen.
E2	Eis	Vectory3	Prestatie	Het product beperkt de functionaliteit van de hand minimaal.	Het product testen tijdens alledaagse handelingen.	De alledaagse handelingen kunnen nog uitgevoerd worden met minimale beperkingen.
E3	Eis	Deskundigen	Prestatie	Het product zorgt ervoor dat de duim in de juiste stand wordt gehouden, dit is de extensie abductie stand met een flexie van 20 graden.	Dimensies van het product en goedkeuring van deskundigen.	Het product houdt de duim in de juiste stand en dit wordt goedgekeurd door deskundigen.
E4	Eis	Vectory3	Prestatie	Het product kan een val van 2 meter hoogte doorstaan zonder schade die het gebruik van het product beïnvloed.	Het product meerdere keren van 2 meter hoogte laten vallen op verschillende ondergronden.	Het gebruik van het product is na het vallen niet beïnvloed en voldoet nog aan de andere eisen.
E5	Eis	Enquête	Prestatie	Het product kan omgehouden worden tijdens alledaagse activiteiten waarbij water gebruikt wordt.	Het product gebruiken tijdens alledaagse activiteiten waarbij water gebruikt wordt en daarna drogen.	Het product kan eenvoudig droog gemaakt worden en blijft niet vochtig.
E6	Eis	Vectory3	Gebruik	Elk product wordt op maat gemaakt voor de gebruiker.	Het product voor enkele personen maken.	Het product past bij de persoon waarvoor deze is gemaakt.
E7	Eis	Enquête	Gebruik	Het product is binnen 20 seconden om of af te doen.	Testen van het product door verschillende mensen (uit de doelgroep).	Bij 90% van de mensen lukt het om het product binnen de opgegeven tijd om of af te doen.
E8	Eis	Vectory3	Productie	Het product is te realiseren door middel van 3D printen.	Een prototype van het product wordt gemaakt met 3D printen.	Het product voldoet aan de eisen nadat deze is geproduceerd door middel van 3D printen.
E9	Eis	Vectory3	Productie	De productieprijs is maximaal 30 euro per stuk.	De prijs per product uitrekenen, hierbij zijn niet de extra kosten van de medische specialist meegenomen.	De productieprijs is niet meer dan 30 euro.
E10	Eis	Vectory3	Productie	Het product heeft een levertijd van maximaal drie werkdagen.	Het product laten produceren en onderzoeken of deze na drie werkdagen op de gewenste locatie is geleverd.	Het product is binnen drie werkdagen te leveren op de gewenste locatie.

E11	Eis	Vectory3	Productie	Het product is binnen vijf minuten te modelleren in de software van Vectory3.	Het product modelleren in de software.	Het lukt om het product binnen vijf minuten te modelleren in de software.
W1	Wens	Deskundigen	Productie	Het product is binnen een afspraak met de patiënt te realiseren, dit is 30 tot 50 minuten.		
W2	Wens	Vectory3	Productie	Het product is te printen zonder support.		
E12	Eis	Vectory3	Materiaal	Het materiaal is geschikt voor productie met behulp van een techniek van 3D printen.	Het product met het gekozen materiaal realiseren met behulp van 3D printen.	Het product is te realiseren met het gekozen materiaal.
E13	Eis	Normering	Materiaal	Het materiaal moet voldoen aan de norm EN ISO 10993-1.	Goedkeuring instantie.	Goedkeuring instantie.
E14	Eis	Deskundigen	Ergonomie	Het product beknelt de hypothenar niet, spier in de palm aan de pinkzijde van de hand.	Dimensies van het product nagaan en goedkeuring van deskundigen.	Het product beknelt de hypothenar niet op zo'n manier dat het als vervelend en irriterend wordt ervaren
E15	Eis	Deskundigen	Ergonomie	Tijdens het dragen van het product kan er van de hand nog een vuist gemaakt worden.	Dimensies van het product nagaan en goedkeuring van deskundigen.	Het product dragen en een vuist kunnen maken.
E16	Eis	Deskundigen	Ergonomie	Het product ondersteund aan weerszijde van het duimgewricht.	Dimensies van het product nagaan en goedkeuring van deskundigen.	Het product geeft een ondersteuning aan weerszijde van het duimgewricht.
E17	Eis	Deskundigen	Ergonomie	Het product ondersteund aan de duim- en pinkzijde van de hand.	Dimensies van het product nagaan en goedkeuring van deskundigen.	Het product geeft een ondersteuning aan de duim- en pinkzijde van de hand.
E18	Eis	Vectory3	Ergonomie	Het product laat het gedeelte van de pols waar de pezen en aderen lopen vrij.	Dimensies van het product nagaan en goedkeuring van deskundigen.	Het product laat het gedeelte van de pols waar de pezen en aderen lopen vrij en dit wordt goedgekeurd door deskundigen.
E19	Eis	Enquête	Ergonomie	Het product sluit de huid tijdens het dragen minimaal af.	Het product testen tijdens alledaagse handelingen.	De huid onder het product wordt niet broeierig of zweterig tijdens het dragen met alledaagse activiteiten.

E20	Eis	Deskundigen	Onderhoud	Het product is na ieder gebruik schoon te maken.	Het product na gebruik schoonmaken.	Het product is na de schoonmaak niet meer bevuild.
E21	Eis	Deskundigen	Onderhoud	Het product is schoon te maken met schoonmaakmiddelen.	Monsters van het materiaal blootstellen aan de schoonmaakmiddelen die het meest gebruikt worden.	De eigenschappen van het materiaal zijn na de schoonmaak niet veranderd.
E22	Eis	Deskundigen	Onderhoud	Het product trekt geen vuil aan en heeft geen delen waar vuil in of achter blijft hangen.	Monsters van het materiaal blootstellen aan vuil en de dimensies van het product nagaan.	Er zijn geen delen waar vuil in of achter kan blijven hangen.
E23	Eis	Enquête	Onderhoud	Het product is nadat het in contact is geweest met water binnen 45 seconden droog te maken met behulp van een theedoek o.i.d.	Het product wordt meerdere keren nat gemaakt en daarna droog gemaakt met een theedoek o.i.d. en de tijd die ervoor nodig is wordt gemeten.	Het product is bij 90% van de keren dat het getest is droog binnen de bepaalde tijd.
E24	Eis	Vector3	Esthetiek	De uitstraling van het product past bij de doelgroep.	Het product bij enkele personen van de doelgroep neerleggen en vragen wat zij ervan vinden.	Minimaal 80% van de personen reageert positief op de uitstraling.
W3	Wens	Vector3	Esthetiek	Het product is in verschillende kleuren leverbaar.		
W4	Wens	Enquête	Esthetiek	Het product wordt niet of minimaal geassocieerd met een brace.		
E25	Eis	Normering	Regelgeving	Het materiaal moet voldoen aan norm EN ISO 10993-1.	Goedkeuring instantie.	Goedkeuring instantie.
E26	Eis	Normering	Regelgeving	Het product moet voldoen aan norm NEN-ISO 8551.	Goedkeuring instantie.	Goedkeuring instantie.
E27	Eis	Normering	Regelgeving	Het materiaal moet voldoen aan norm ISO 13405-1.	Goedkeuring instantie.	Goedkeuring instantie.

IDEEFASE

Na de afronding van de analysefase, gaat de ideefase van start. Hier gaat het om het generen van zo veel mogelijk ideeën. Hiervan wordt op basis van de haalbaarheid en diversiteit een keuze van tien gemaakt. Deze tien ideeën worden verder uitgewerkt en getest met behulp van handtherapeuten. Deze testgegevens worden verwerkt en indien nodig worden de ideeën aangepast. Aan het einde van de ideefase zullen er drie ideeën gekozen worden waarmee verder wordt gegaan tijdens de conceptfase.

IDEESCHETSEN

Er zijn veertig ideeschetsen gemaakt. Bij deze schetsen is er al veel gekeken naar de haalbaarheid van het idee. De eisen en wensen waar tijdens het schetsen rekening mee is gehouden, zijn:

- Het product ondersteunt het CMC gewricht van de duim;
- Het product beperkt de functionaliteit van de hand minimaal;
- Het product heeft een sluiting zonder klittenband;
- Het product is te realiseren door middel van 3D printen;
- Het product sluit de huid tijdens het dragen minimaal af;
- De uitstraling van het product past bij de doelgroep.

Na het schetsen is er op basis van haalbaarheid, diversiteit en bovengenoemde punten een keuze van tien ideeën gemaakt. Alle ideeschetsen zijn te vinden in bijlage 7.



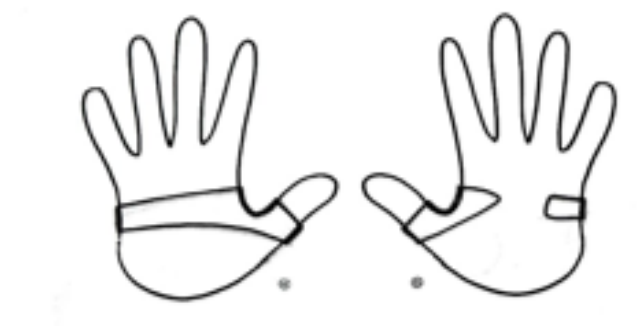
FIGUUR 34. DE IDEESCHETSEN

GEKOZEN IDEEËN

Van de geschetste ideeën is een keuze gemaakt van tien ideeën. De keuze is gemaakt met behulp van het Programma van Eisen en Wensen en er is gekeken naar diversiteit en of het idee daadwerkelijk zou kunnen werken. De tien ideeën zijn gemodelleerd in de software om geprint te kunnen worden. Omdat sommige ideeën overeenkomsten hebben, zijn deze niet alle tien geprint. De overeenkomsten van de verschillende ideeën kunnen alsnog getest worden met behulp van de braces die wel geprint zijn. Hieronder staan de ideeschetsen van de gekozen ideeën en de geprinte braces.

Door de ideeën te printen, kan er gekeken worden of de vorm gewenst is en of het aan de eisen en wensen voldoet. Er kan ook beter een beeld gevormd worden van de vorm en hoe de brace uiteindelijk zit.

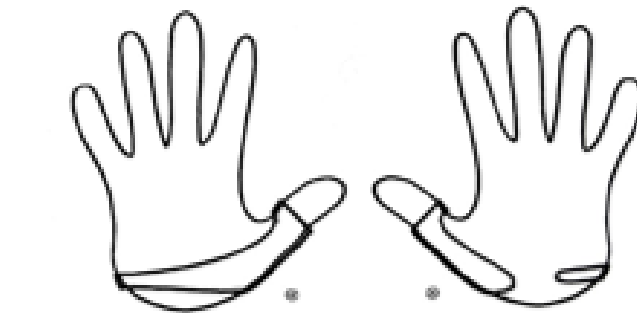
IDEESCHETS 1



FIGUUR 35. IDEESCHETS 1 EN GERPINT MODEL



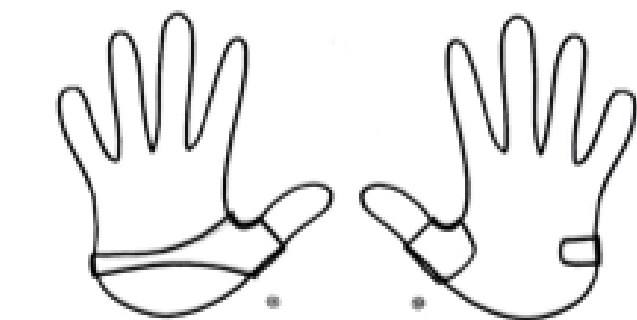
IDEESCHETS 2



FIGUUR 36. IDEESCHETS 2 EN GERPINT MODEL



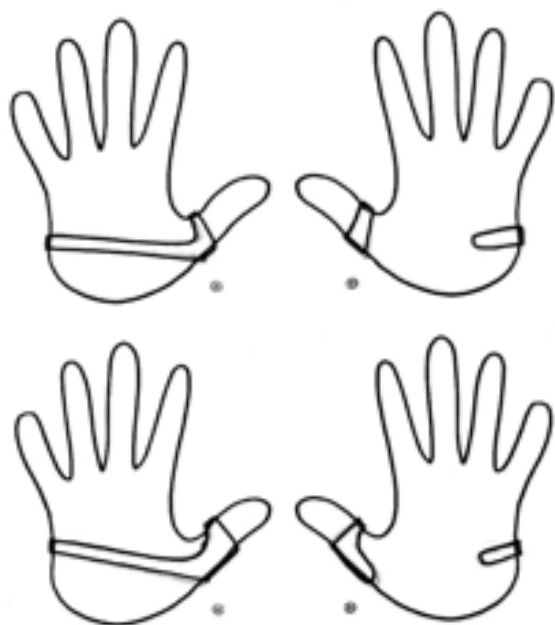
IDEESCHETS 3



FIGUUR 37. IDEESCHETS 3 EN GERPINT MODEL

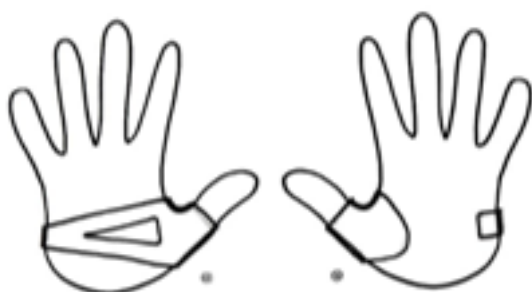


IDEESCHETS 4 EN 5



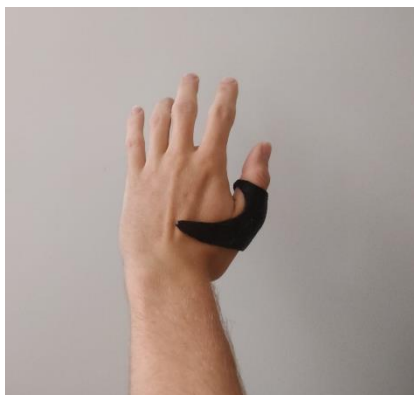
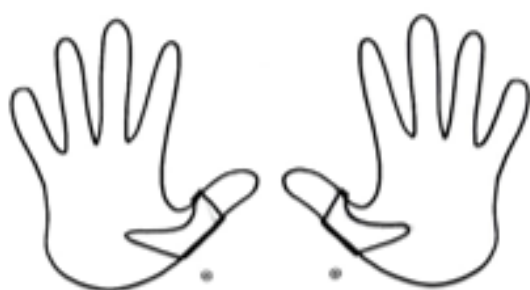
FIGUUR 38. IDEESCHETS 4 EN 5 EN GERPINT MODEL

IDEESCHETS 6



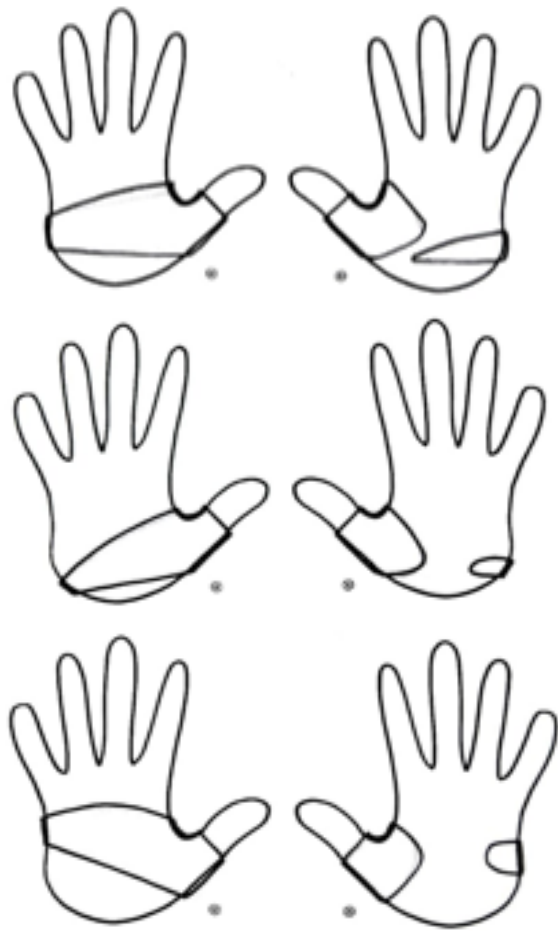
FIGUUR 39. IDEESCHETS 6 EN GERPINT MODEL

IDEESCHETS 7



FIGUUR 40. IDEESCHETS 7 EN GERPINT MODEL

IDEESCHETS 8, 9 EN 10



FIGUUR 41. IDEESCHETS 8, 9 EN 10 EN GERPINT MODEL

TESTRESULTATEN

Een handtherapeut van Handtherapie heeft de geprinte braces beoordeeld op basis van de mate van ondersteuning. De modellen zijn in figuur 42 gerangschikt op basis van het meest ideale model aan de rechterzijde tot het minst ideale model aan linkerzijde.

Als de braces vanuit het oogpunt van de cliënt worden benaderd, loopt de rangschikking andersom. Dit is gebaseerd op de compacte vormgeving en het draagcomfort.



FIGUUR 42. DE RANGSCHIKKING

NUMMER 1 VANUIT DE HANDTHERAPEUT

Deze brace is vrij groot en biedt daarom veel steun. De brace ondersteunt niet alleen het CMC gewricht, maar ook het MPC gewricht. Dit kan in sommige gevallen zelfs cruciaal zijn. In deze gevallen kan het CMC gewricht alsnog verzakken en daarom is alleen daar steun niet voldoende. Extra steun rondom het MPC gewricht is dan nodig. Deze brace is door de vele steun gewenst voor direct gebruik.



FIGUUR 43. NUMMER 1 VANUIT DE HANDTHERAPEUT

NUMMER 1 VANUIT DE GEBRUIKER

Deze brace is minder groot en lomp dan bovenstaande brace. Als insluiting bij deze brace loopt er een ring om de duim. Hierdoor is dit een insluiting voor zowel het CMC als het MCP gewricht. De gebruiker heeft liever een brace met minder materiaal. Dit zorgt er onder andere voor dat de huid minder afgesloten wordt. Deze brace is hierdoor gewenst bij de cliënt.

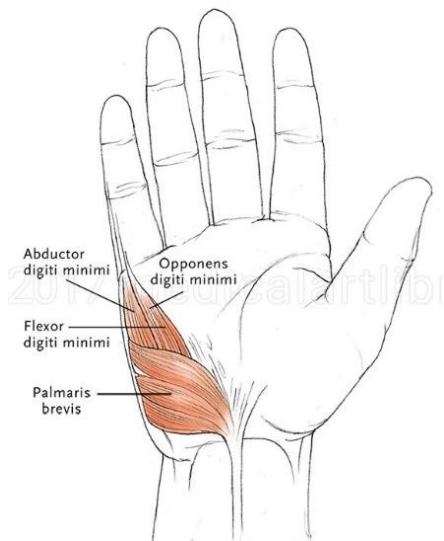


FIGUUR 44. NUMMER 1 VANUIT DE GEBRUIKER

VERBETERPUNTEN

Hieronder staan aandachtspunten die vanuit Handtherapie zijn gegeven. Deze punten zijn tevens meegenomen in het Programma van Eisen en Wensen.

- De brace hoeft alleen het CMC gewricht ondersteunen, dit geeft in veel gevallen al genoeg ondersteuning;
- De brace moet bij de hypothenar breder, nu drukt het teveel op één punt. Dit kan opgelost worden door het te verbreden. De hypothenar is de spier in de handpalm aan de kant van de pink, zie figuur 45 [30];
- Er moet een bepaalde bolling in de brace aan de kant van de handrug, zodat het mogelijk is een vuist te maken.



FIGUUR 45. DE HYPOTHENAR, DE RODE SPIER

IDEEKEUZE

De keuze voor de ideeën is gebaseerd op de rangschikking van de handtherapeut. De meest gewenste brace vanuit het oogpunt van de handtherapeut en de meest gewenste brace vanuit het oogpunt van de gebruiker zullen tijdens de conceptfase verder uitgewerkt worden. Ook worden de verbeterpunten dan verwerkt in het ontwerp. Naast deze twee braces is er nog een derde brace waarmee verder gegaan wordt. Dit is een brace met een sluiting van klittenband. Deze brace was al geprint door Vectory3. Echter voldoet deze nog niet aan alle eisen en wensen en wordt dus nog verder verbeterd tijdens de conceptfase.

IDEE 1

Idee 1 is een grote brace. Er wordt veel huid afgesloten, hierdoor is er veel kans op irritatie van de huid en vervelende geuren. Ook zal iemand hier niet zo snel mee willen lopen als er ook andere, kleinere keuzes zijn. Echter zorgt dit er wel voor dat er voor vrijwel iedereen genoeg steun geboden kan worden.



FIGUUR 46. IDEE 1

IDEE 2

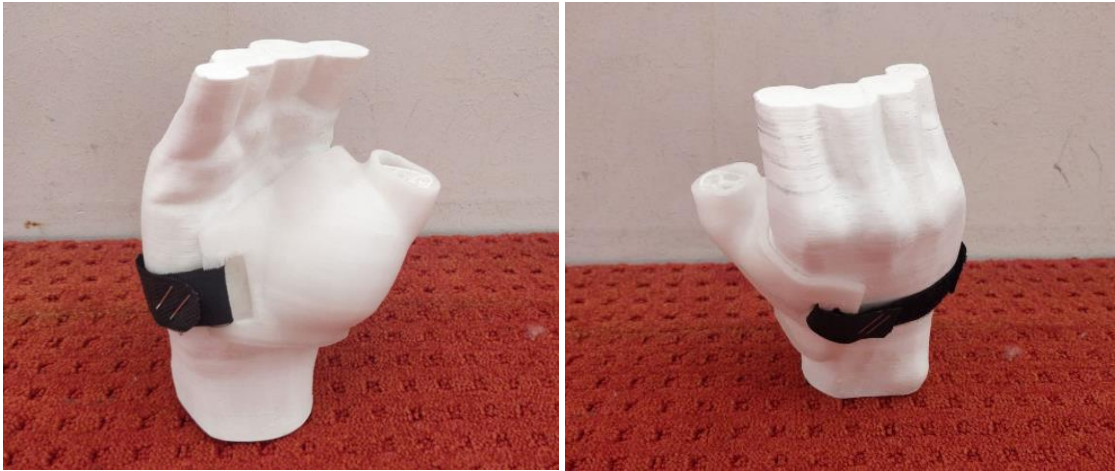
Idee 2 is een smal ontwerp. Op deze manier wordt er minder huid afgesloten en is er minder materiaal nodig om deze brace te maken. Deze brace biedt in deze vorm nog niet genoeg steun voor de meeste mensen.



FIGUUR 47. IDEE 2

IDEE 3

Idee 3 is een idee dat al eerder is bedacht door Vectory3. Deze brace heeft een sluiting van klittenband. Dit zorgt ervoor dat deze verstelbaar is. Om de mogelijkheid van klittenband niet volledig uit te sluiten, zal dit idee verder ontworpen worden. Op deze manier kan er gekeken worden of een sluiting van klittenband wel of niet gewenst is. Daarnaast zijn er nog veel aandachtspunten om deze brace aan de einde te laten voldoen.



FIGUUR 48. IDEE 3

Conceptfase

Tijdens de conceptfase worden de gekozen ideeën verder uitgewerkt tot concept. De verbeterpunten vanuit de handtherapeut worden verwerkt en er wordt gekeken hoe het gehele proces eruit komt te zien. Aan het einde van deze fase worden de ideeën voorgelegd aan de handtherapeut en aan mensen uit de doelgroep. Hier vanuit wordt er een conceptkeuze gemaakt.

VERBETERINGEN IDEE 1

- De sluiting bij de hypothenar moet breder;
- De pasvorm rondom de duim moet aangepast worden;
- Het ontwerp moet aangepast worden, vermindering van materiaal.

VERBETERINGEN IDEE 2

- De sluiting bij de hypothenar moet breder;
- Insluiting CMC-gewricht moet aangepast worden;
- De pasvorm rondom de duim moet aangepast worden.

VERBETERINGEN IDEE 3

- Het verharde deel in de palm moet verder doorlopen;
- De sluiting van klittenband alleen over de handrug;
- De vrijheid van de pols moet vergroot worden;
- De pasvorm rondom de duim moet aangepast worden;
- De bevestiging van het klittenband moet beter ontworpen worden.

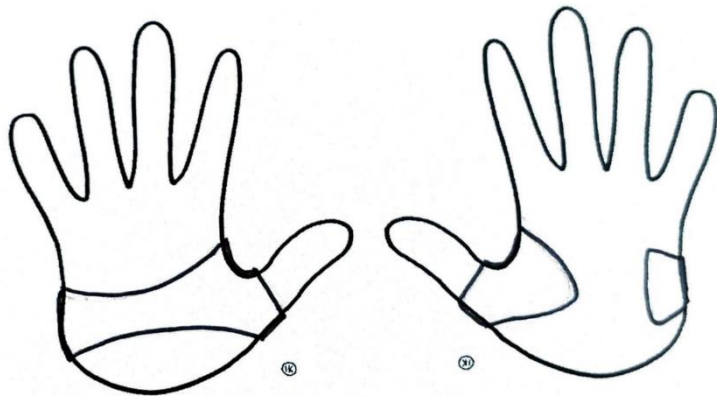
DRIE CONCEPTEN

Vanuit de ideefase zijn er drie ontwerpen verder ontwikkeld tot drie concepten. De schetsen hiervan zijn te vinden in bijlage 8.

Deze concepten zijn voorgelegd aan personen die gebruik maken van een brace en aan een handtherapeut. Zij hebben voor elk concept de voor- en nadelen gegeven. Hieronder zijn de drie concepten te zien. Bij elk concept is er een schets en een geprinte versie van de brace weergegeven. Daarna zijn de voor- en nadelen te lezen.

CONCEPT 1

Concept 1 is een ontwerp dat de sluiting via de handrug heeft. Hierdoor blijft de handpalm voor een groot deel vrij. Voor deze sluiting is er geen klittenband nodig. Dit ontwerp is eenvoudig aan te passen naar een brace die ook het MCP gewricht kan ondersteunen.



FIGUUR 49. CONCEPT 1, SCHETS



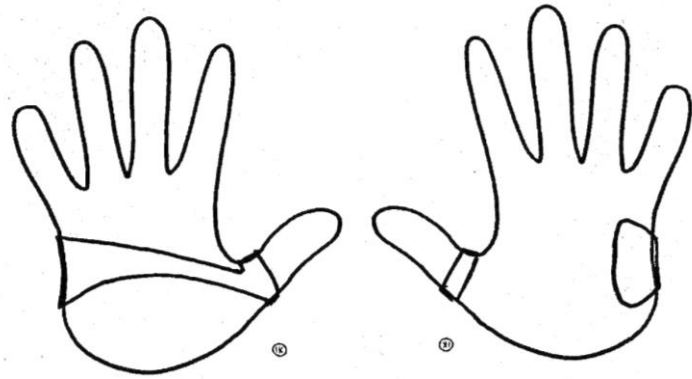
FIGUUR 50. CONCEPT 1, GEPRINT

Concept 1		
Voordelen		
Ontwerper	Gebruiker	Handtherapeut
Biedt veel steun, kan zo aangepast worden dat het MCP gewricht ook wordt ondersteund.	Smal ontwerp en maakt bewegelijkheid makkelijker.	Meer gevoel in de hand omdat de handpalm open is.
Sluiting zonder klittenband.	Mooie en moderne uitstraling.	Breder ontwerp en verdeeld daardoor beter de druk.
Ondersteuning loopt via de handrug en de handpalm is dus vrij.	Breder bij het duimgewricht en dit zorgt voor meer stabiliteit.	Hygiënischer omdat er geen sluiting van klittenband gebruikt wordt.
Geeft al vanaf het begin van de behandeling genoeg steun.	Geen sluiting met klittenband, de brace kan eenvoudig afgedroogd worden.	
Nadelen		
Ontwerper	Gebruiker	Handtherapeut
Sluit relatief veel huid af en wordt dus sneller broeierig.	Geen sluiting van klittenband, niet verstelbaar en mogelijkheid tot verliezen.	Kans dat het iets losser zit omdat er geen sluiting is.
Bij uitzetten van de hand kan de brace te strak komen te zitten.	Mogelijkheid op irritatie bij de muis van de hand door de vorm Mogelijkheid op stank omdat een groter deel van de hand wordt afgesloten.	Kans op drukplekken op een oudere, dunne hand.

TABEL 7. VOOR- EN NADELEN VAN CONCEPT 1

CONCEPT 2

Concept 2 is een ontwerp dat zo minimalistisch mogelijk is gemaakt. Hierdoor is er minder materiaal nodig en dit zal er ook voor zorgen dat het pinten ervan sneller zal gaan en het is goedkoper. Daarnaast zorgt dit voor minder afsluiting van de huid en zal het dus minder snel broeierig en warm worden onder de brace.



FIGUUR 51. CONCEPT 2, SCHETS



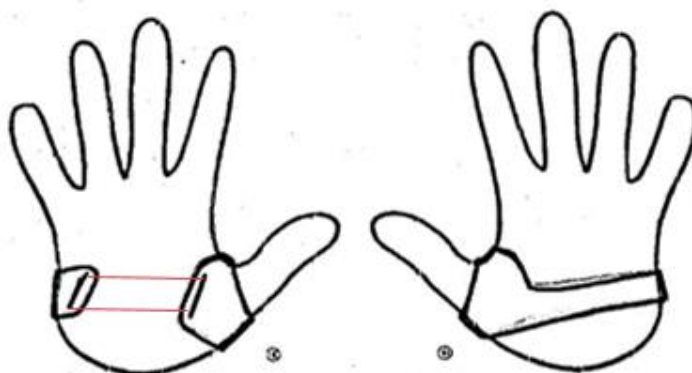
FIGUUR 52. CONCEPT 2, GEPRINT

Concept 2		
Voordelen		
Ontwerper	Gebruiker	Handtherapeut
Minimaal materiaalgebruik.	Smal ontwerp en maakt bewegelijkheid mogelijk.	Meer gevoel in de hand omdat de handpalm open is.
Ondersteuning via de handrug.	Valt bijna niet op door de gestroomlijnde uitstraling.	Hygiënischer omdat er geen sluiting van klittenband gebruikt wordt.
Sluiting zonder klittenband.	Geeft minder zweet en irritastieplekken.	
Sluit weining huid af en wordt dus niet erg broeierig.	Ontsiert de hand minimaal.	
	Geen sluiting met klittenband, mogelijkheid tot handen wassen met brace.	
Nadelen		
Ontwerper	Gebruiker	Handtherapeut
De ring om de duim kan voor irritatie zorgen.	Geen sluiting van klittenband, niet verstelbaar en mogelijkheid tot verliezen.	Smal en zorgt daardoor snel voor drukplekken, zeker bij oudere en dunne handen.
Biedt alleen lichte ondersteuning.	Te smal aan de binnenzijde van de duim, mogelijk niet genoeg steun en een snijpunt.	Geeft waarschijnlijk niet genoeg steun, is fragiel.

TABEL 8. VOOR- EN NADELEN CONCEPT 2

CONCEPT 3

Concept 3 is een ontwerp waarbij er een sluiting van klittenband gebruikt zal worden. Het geprinte materiaal loopt via de handpalm en over de rug is het klittenband te vinden. Dankzij het klittenband is de brace eenvoudiger om en af te doen, omdat de opening groter is. Ook zorgt dit ervoor dat de brace verstelbaar is.



FIGUUR 53. CONCEPT 3, SCHETS

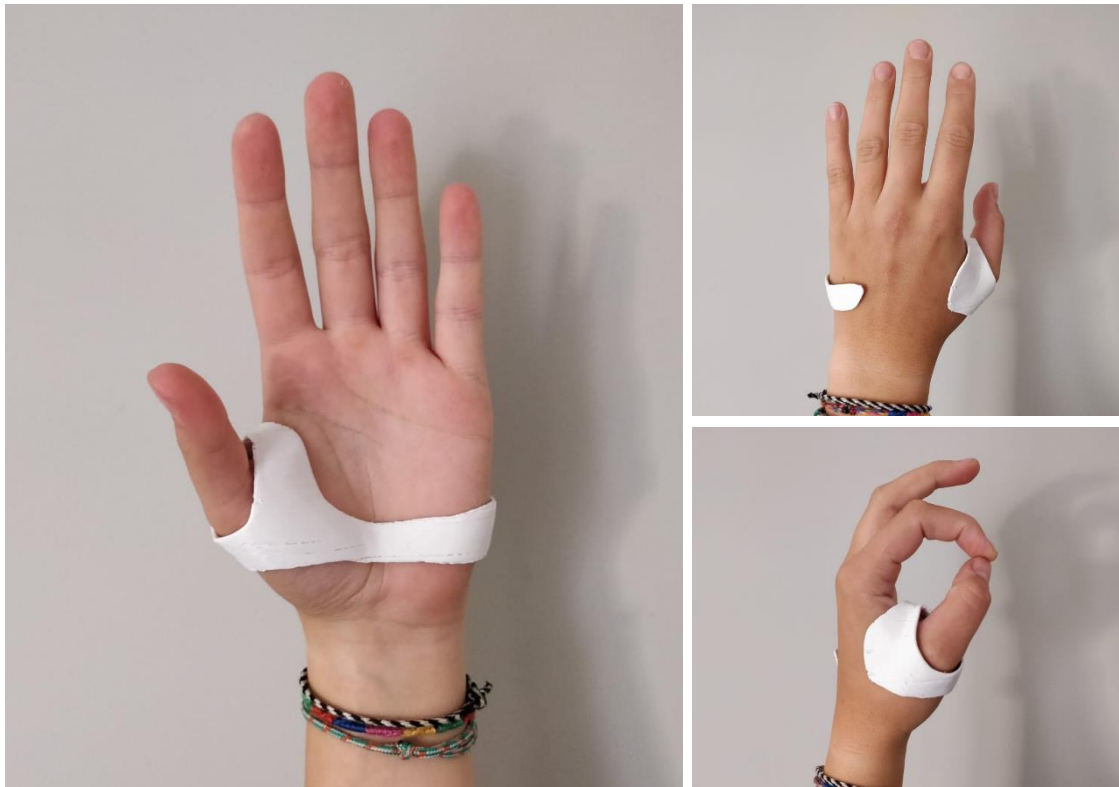


FIGUUR 54. CONCEPT 3, GEPRINT

Concept 3		
Voordelen		
Ontwerper	Gebruiker	Handtherapeut
Sluiting van klittenband over de handrug; makkelijk met om- en afdoen, verstelbaar in maat.	Sluiting van klittenband, mogelijkheid tot verstellen bij b.v. zwellingen	Bewezen dat het werkt (push brace).
Goed uit te breiden naar extra ondersteuning van het MCP gewricht.	Gebruiksvriendelijke vorm.	Zit echt goed vast door het klittenband.
Mogelijkheid van sluiting zonder klittenband niet uitgesloten.		
Nadelen		
Ontwerper	Gebruiker	Handtherapeut
Insluiting aan beide zijden van de hand.	De brace loopt aan beide zijden van de hand.	Er zit mogelijk patent op (push brace).
Sluiting van klittenband; gaat pluizen, blijft aan kleren plakken.	Sneller irritatie door het klittenband en de brace aan beide zijden van de hand.	Klittenband zorgt ervoor dat het minder hygienisch is.
Wordt snel geassocieerd met een brace.	Sluiting van klittenband, blijft snel aan kleren plakken, wordt op ten duur lelijk, kan loslaten.	

TABEL 9. VOOR- EN NADELEN CONCEPT 3

Er is ook gekeken of het mogelijk is om dit ontwerp iets aan te passen zodat er een sluiting zonder klittenband gebruikt kan worden. Hiervoor is het deel aan de pinkzijde verlengt. Na het testen is er geconcludeerd dat dit de hand toch niet helemaal goed insluit. Er zit op deze manier te veel beweging in de brace als de duim wordt bewogen. Dit idee is dus ook niet voorgelegd aan de doelgroep en handtherapeut.



FIGUUR 55. CONCEPT 3, GEPRINT ZONDER KLITTENBAND

RANGSCHIKKING

Hieronder is een tabel te zien met de drie concepten die gerangschikt zijn van meest gewenst (1) naar minst gewenst (3). Dit betekent dus hoe minder punten een concept scoort, hoe meer gewenst deze is. In tabel 6 is te zien dan concept 1 bij zowel de gebruikers als bij de handtherapeut het meest gewenst is.

	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Gebruiker 1	1	2	3
Gebruiker 2	2	3	1
Gebruiker 3	2	1	3
Gebruiker 4	3	2	1
Gebruiker 5	1	3	2
Totaal	9	11	10
Handtherapeut	1	3	2

TABEL 10. RANGSCHIKKING VAN DE CONCEPTEN

KEUZE DEFINITIEF CONCEPT

Er wordt gekozen voor concept 1. Deze brace is bij zowel de gebruikers als de handtherapeut het meest gewenst. Een groot voordeel van dit ontwerp is dat er geen sluiting van klittenband is. Ook zorgt deze vorm voor goede ondersteuning en vrijwel geen drukpunten. De gebruikers vinden dat de brace een mooie en moderne uitstraling heeft. Verder blijft de handpalm open bij het dragen van de brace. Hierdoor zit er geen materiaal tussen de hand en de gebruiksvoorwerpen, denk hierbij aan een mes of een handvat van een fiets, en voelt de gebruiker deze voorwerpen.

Er zijn enkele eisen en wensen omtrent de vormgeving van de brace. Aan deze eisen voldoet de brace zo goed als helemaal. Op sommige punten moet de brace nog wel verbeterd worden. Dit zal tijdens het testen van de brace naar voren komen. Hieronder staan de eisen en wensen omtrent de vormgeving van de brace:

- Het product ondersteunt het CMC gewricht van de duim;
- Het product beperkt de functionaliteit van de hand minimaal;
- Het product zorgt ervoor dat de duim in de juiste stand gehouden wordt, dit is de extensie abductie stand met een flexie van 20 graden;
- Het product beknelt de Hypothenar niet (spier in de palm aan de pinkzijde van de hand);
- Tijdens het dragen van het product kan er van de hand nog een vuist gemaakt worden;
- Het product sluit de huid tijdens het dragen minimaal af;
- De uitstraling van het product past bij de doelgroep;
- Het product wordt niet of minimaal geassocieerd met een brace.



FIGUUR 56. HET GEKOZEN CONCEPT

MATERIALISATIEFASE

Tijdens de materialisatiefase wordt het concept verder ontwikkeld zodat het een product wordt dat zo goed als klaar is voor productie. Tijdens deze fase zal de brace getest worden tijdens alledaagse activiteiten. Ook wordt de productietechniek en het uiteindelijke materiaal nog verder onderzocht. Tenslotte zal de brace nog voorgelegd worden bij de handtherapeut en enkele mensen uit de doelgroep.

EINDPRODUCT

Het gekozen ontwerp is voor de linker en rechter hand geprint. Deze zijn gedurende alledaagse activiteiten omgedaan. Op deze manier kan er gekeken worden wat cruciale punten zijn in relatie met de hand. De twee braces zijn niet helemaal hetzelfde. De verschillen zitten vooral in de omsluiting bij het MCP gewricht en in de vorm in de handpalm. Hierdoor is het testen goed te vergelijken op de cruciale punten tussen beide braces.

De braces zijn twee dagen gedurende acht uur gedragen, van 's ochtends tot het einde van de middag. De activiteit die vooral is uitgevoerd is het werken met een laptop, denk hierbij aan typen, gebruik maken van de muis, mousepad en smartphone. Andere activiteiten waarbij de braces zijn gedragen zijn schrijven, koken, gebruik maken van bestek tijdens het eten, fietsen en stofzuigen. Tijdens het dragen van de braces kwamen een aantal cruciale punten naar voren, waardoor het verschil in vorm goed merkbaar was.

De punten zijn hieronder benoemd:

- De omsluiting bij de duim, deze moet onder het MCP gewricht zitten zodat de functionaliteit van de duim zo min mogelijk wordt beperkt en er geen irritatie ontstaat;
- De punt van de brace in de handpalm, aan de duimzijde, deze moet de gehele bal van de hand bedekken zodat de duim goed ingesloten is;
- Als de hand aan de pinkzijde in drie delen wordt verdeeld, bedekt de brace het middelste deel om zo de functionaliteit van de hand minimaal te beperken;
- De rondingen van de hoeken, deze moeten niet te puntig zijn zodat dit niet voor irritatie en drukpunten zorgt;
- De brace mag niet over de handlijnen heen lopen zodat beweging van de hand nog goed mogelijk is.

Deze punten worden verwerkt in een handleiding voor de handtherapeuten.

In figuur 57 en 58 op de volgende pagina's zijn de braces te zien. De punten die bij deze braces niet optimaal gemodelleerd zijn, zijn aangegeven met rood. Deze lijn geeft tevens aan hoe de brace wel gemodelleerd had moeten worden. De punten die juist wel goed zijn in deze braces, zijn aangegeven met groen. Het is belangrijk dat hier tijdens het modelleren goed op wordt gelet. Deze punten zijn aangegeven in tabel 11.

	Linker brace	Rechter brace
Rood	De omsluiting bij het MCP gewricht	De vorm in de handpalm bij de duimzijde
Groen	De vorm in de handpalm bij de duimzijde en bij de hypothenar	De omsluiting bij het MCP gewricht
		De vorm in de handpalm bij de hypothenar

TABEL 11. RESULTATEN VAN DE TEST



FIGUUR 57. GEPRINTE BRACE LINKS



FIGUUR 58. GEPRINTE BRACE RECHTS

NAAM

Deze brace zal onder de naam Metafix op de markt gebracht worden.

Het gewricht dat deze brace ondersteunt, is het CMC gewricht. CMC staat voor CarpoMetaCarpal. De M staat dus voor Meta. Daarnaast is Meta een Latijnse meisjesnaam en betekent ambitieus. [31]

Fix wordt gebruikt omdat een brace een deel van het lichaam fixeert, in dit geval het CMC gewricht. Vectory3 heeft al eerder een brace ontwikkeld, de Carpifix (ondersteunt het polsgewricht). Beide namen eindigen op fix, dit zorgt ervoor dat er eenheid is in de namen.

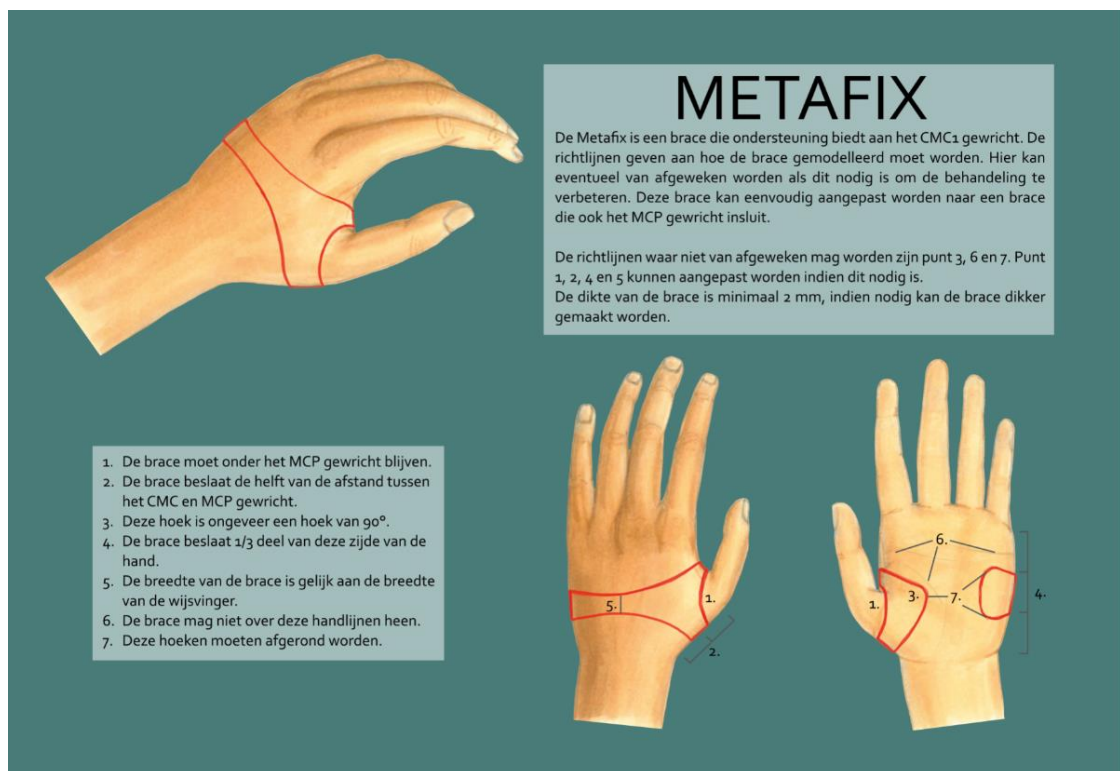
Daarnaast kan deze brace zeer eenvoudig aangepast worden naar een brace die zowel het CMC als het MCP gewricht ondersteunt. De M in MCP staat ook voor Meta. Dan wordt de brace Metafix+ genoemd.

HANDLEIDING

Op basis van deze resultaten wordt er, in samenwerking met de handtherapeut, een handleiding gemaakt. In deze handleiding zijn de richtlijnen van de brace terug te vinden. Deze richtlijnen staan in relatie met punten op de hand.

- De brace moet onder het MCP gewricht blijven;
- De brace beslaat ongeveer de helft van de afstand tussen het CMC en MCP gewricht;
- De hoek van de brace in de palm bij de duimzijde is ongeveer een rechte hoek, 90°;
- De brace beslaat ongeveer 1/3 deel van de pinkzijde van de hand, de afstand gemeten tussen begin hand en begin pink;
- De breedte van de brace over de handrug is ongeveer gelijk aan de breedte van de wijsvinger;
- De brace mag niet over de handlijnen heenlopen;
- De hoeken van de brace moeten afgerond zijn.

Met behulp van bovengenoemde punten, wordt de handleiding gevormd, zie figuur 59. Een vergrootte versie van de handleiding is te vinden in bijlage 9. Naast de handleiding met de richtlijnen, wordt er ook een handleiding over het gebruik van de software meegeleverd. Deze handleiding is opgesteld door Vectory3.



FIGUUR 59. DE HANDLEIDING MET RICHTLIJNEN

PRODUCTIE

De brace wordt geprint bij een gespecialiseerd 3D printbedrijf. Er is gekozen voor Oceanz. Zij hebben een materiaal dat aan de juiste normeringen voldoet, PA11. Ook kan dit materiaal hier met de SLS-techniek geprint worden.

Nadat de brace geprint is, wordt deze gepolijst voor een glad oppervlakte. Daarna is het mogelijk om de brace te kleuren door middel van een kleurbad. De brace wordt in een bad met kleurstof gedoopt en dit zorgt ervoor dat de brace de gewenste kleur krijgt. De kleurkeuze ligt bij de cliënt en er kan ook gekozen worden om de brace niet te laten kleuren. De kleurstof die gebruikt wordt bij het dompelproces is huidvriendelijk en voldoet aan de normeringen die gesteld worden rondom medische hulpmiddelen. Deze techniek wordt door Oceanz veel gebruikt bij het kleuren van protheses en ortheses. Het kleuren heeft geen extra beschermende werking. Echter zal het niet snel beschadigen of van de brace slijten.

Als het nodig kan de brace door de handtherapeut naderhand aangepast worden. Dit kan met behulp van bijvoorbeeld een stanleymes. Schuren van het materiaal is ook mogelijk, maar dat blijft wel zichtbaar. Als de brace is gekeurd, zal het hoe dan ook zichtbaar zijn als de brace nog wordt aangepast. Dit is dus niet ideaal.

In figuur 60 zijn de kleuren te zien die gekozen kunnen worden. Mocht er voor gekozen worden om de brace niet te kleuren, dan zal wit zijn (RAL 9001).



FIGUUR 60. DE KLEUREN VAN OCEANZ

PROCES

In tabel 12 is het proces stapsgewijs beschreven worden. Ook staat hier de tijd per stap bij. Er zijn tijdens dit proces twee contactmomenten met de cliënt. De brace is gemodelleerd op de maatvoering van de hand van de cliënt. Er zal dus zelden voorkomen dat de brace niet past.

Stappen	Proces	Productieve tijd	Totale tijd
1	De hand wordt op locatie gescand;	2 minuten	10 minuten
2	De brace wordt op locatie gemodelleerd;	5 minuten	15 minuten
3	De brace wordt opgestuurd naar een printbedrijf;	5 minuten	5 minuten
4	De brace wordt bij het printbedrijf geprint;		1 dag
5	De brace wordt geleverd aan de locatie;		2 dagen
6	De cliënt komt de brace passen.	15 minuten	30 minuten
	Totaal	27 minuten	3 dagen en 1 uur

TABEL 12. HET PROCES MET TIJDEN

Dit komt op een totaal van 3 dagen en 1 uur per brace. Hiervan is bijna een half uur, 27 minuten, productieve tijd van handtherapeut. In totaal zal hij ongeveer een uur bezig zijn. De rest van de tijd is productie- en levertijd.

KOSTPRIJSBEREKENING

In tabel 13 is de kostprijsberekening te zien. Dit zijn alleen de directe kosten voor het produceren van de brace. Hier zijn de kosten voor de aanschaf van apparatuur, uurloon van de handtherapeut en de verzendkosten. Een indicatie van het volledige kostenplaatje is in bijlage 10 te vinden.

Niet elke brace zal even duur zijn. Dit komt omdat een grotere hand ook een grotere brace nodig heeft en een kleinere hand een kleinere brace. Deze kostprijsberekening is gebaseerd op een brace met een hand die met de handbreedte (met en zonder duim) in het 44^{ste} percentiel zit van mannen en vrouwen tussen de 20 en 60 jaar [32]. Zie bijlage 11.

Prijs scan		€ 7,00
Kosten Oceanz	Print	€ 14,80
	Polijsten	€ 0,25
	Kleurbad	€ 1,50
Totaal		€ 23,55

TABEL 13. DE DIRECTE KOSTEN

Voor elke brace zal er een scan gemaakt moeten worden. De print- en polijstkosten moeten ook voor elke brace betaald worden. Het kleurbad is optioneel.

DEFINITIEF PRODUCT

Het eindresultaat van de brace is in figuur 61 en 62 te zien. Er zijn twee braces geproduceerd, allebei voor de linker hand en zijn hetzelfde model. De ene brace is alleen gepolijst en de andere brace is ook nog gekleurd.



FIGUUR 61. EINDMODELLEN VAN DE BRACE IN DE STANDAARD KLEUR EN GROEN GEKLEURD



FIGUUR 62. DE BRACES IN VERSCHILLENDE HOUDINGEN

EVALUATIE, VERVOLGSTAPPEN EN AANBEVELINGEN

Nu de brace en het proces hieromheen onderzocht en ontworpen zijn, wordt dit geëvalueerd. De belangrijkste aspecten zijn hieronder te lezen. Ook worden er aanbevelingen gedaan voor verbeteringen van het product en proces.

EVALUATIE

Het uiteindelijke ontwerp is voorgelegd aan de handtherapeut en een gebruiker van de brace. De gebruiker heeft ook de enquête ingevuld en feedback gegeven tijdens de conceptfase.

HANDTHERAPEUT

De handtherapeut heeft de afgelopen periode meerdere keren feedback gegeven. Hij gaf aan dat hij in het begin wat twijfels had over dit project, maar dat hij positief verrast is met het eindproduct.

Het proces rondom deze brace wordt als zeer positief ervaren. Er zijn slechts twee contactmomenten nodig tussen de handtherapeut en de cliënt. Bij veel andere braces is dit vaker nodig.

Momenteel zijn de meeste braces in één kleur beschikbaar. Deze nieuwe brace kan naar wens van de cliënt gekleurd worden. Deze extra handeling heeft minimale extra kosten en heeft geen extra tijd nodig.

De directe kosten van de brace zijn vrijwel gelijk aan de brace van thermoplasten die door de handtherapeut gemaakt wordt. Veel andere braces kosten meer. Door de vaste kosten rondom de brace, zoals het aanschaffen van de scanner, wordt de prijs wel wat hoger. De kwaliteit en uitstraling van de brace wordt ook verhoogd, dus dit is zeker geen probleem.

GEBRUIKER

De gebruiker van de brace is een vrouw van 52 jaar. Ze heeft artrose bij haar linker duim en dan met name rondom het CMC gewricht. De symptomen die zij vooral ervaart zijn krachtverlies, stijfheid en een zeurende pijn. Voor haar werk is ze veel bezig met haar handen, dus zij heeft de juiste ondersteuning nodig.

Momenteel maakt zij gebruik van een flexibele brace. Soms plakt ze fysiotape rondom haar duimgewricht als de brace onhandig is. Helaas geeft dit niet genoeg steun. Zeker in de coronatijd, wast ze vaak haar handen. De flexibele brace doet ze dan af omdat deze erg lang nat blijft. Het om- en afdoen van deze brace gaat niet eenvoudig door de sluiting van klittenband. Een groot nadeel van deze brace is dat een groot gedeelte van haar duim, hand en pols bedekt zijn.

Het eerste dat haar opviel toen ze de brace vast had, was het gewicht. De brace weegt maar 9 gram. Dankzij de vorm geeft de brace op de juiste plek ondersteuning en wordt er niet te veel van de hand bedekt. Ook is de pols volledig vrij waardoor een horloge dragen mogelijk blijft. De brace is eenvoudig om en af te doen voor als bijvoorbeeld de handen gewassen worden. Ook is de brace goed schoon en droog te maken.

VERVOLGSTAPPEN

Tijdens de afgelopen periode is de vorm van de brace getest tijdens alledaagse activiteiten. De brace is gedragen door één persoon met een gezonde hand. Om de brace op de markt te kunnen zetten is er een uitgebreide test nodig met mensen die wel last hebben van de ziektebeelden waarvoor een brace als behandeling gebruikt wordt.

Voor deze test zijn er meerdere mensen nodig die een brace met dezelfde functie gebruiken, het CMC gewricht ondersteunen. Deze mensen moeten zelfstandig de hand in de juiste positie kunnen houden voor de scan.

Voor elk persoon die de brace zal testen wordt een brace gemodelleerd en geprint voor de juiste hand. De brace zullen zij een week lang gebruiken op dezelfde manier zoals de andere braces worden gebruikt. Elke dag krijgen zij een vragenlijst over de ervaringen van die dag. Een mogelijke vragenlijst is in bijlage 12 te vinden.

Omdat de testpersonen normaliter ook gebruik maken van een brace, is het verschil tussen de bestaande braces en deze nieuwe brace goed te meten.

AANBEVELINGEN

Het product is nu klaar om op de markt te brengen. Hieronder worden enkele aanbevelingen beschreven om het proces nog verder te optimaliseren.

WORKSHOP

De brace wordt door de handtherapeuten zelf gemodelleerd. Zij hebben minimale kennis van teken- en modellerprogramma's. Hierdoor zal er een workshop aangeboden worden voor de handtherapeuten. Hierin leren zij hoe de software werkt en waar ze op moeten letten. Op deze manier zal het modelleren van de braces eenvoudiger worden voor de handtherapeuten.

Tijdens zo'n workshop worden de volgende onderdelen behandeld:

- Het scannen van de hand en het goedkeuren van de scan;
- Het importeren van het model van de hand;
- Het navigeren in de software, welke functies zijn er en hoe kunnen die gebruikt worden;
- Het vergaren van informatie van de hand met behulp van de meetfuncties;
- Het tekenen van een brace en het goedkeuren hiervan, met behulp van de handleiding;
- Het kiezen van de invulling en dikte van de brace en het goedkeuren hiervan;
- Het exporteren van het model van de brace naar een printbaar bestand.

Er wordt van uitgegaan dat een workshop van een dag of dagdeel genoeg tijd biedt om de basisvaardigheden van de software onder de knie te krijgen. Mocht er blijken dat er meer tijd en oefening nodig is, kan dit aangepast worden naar een cursus van meerdere dagdelen.

SOFTWARE

Het proces en de handleidingen gelden voor de software zoals deze op dit moment is. De software werkt goed genoeg om deze brace te kunnen modelleren. Natuurlijk is software altijd in ontwikkeling en dit geldt ook voor de software van Vectory3. In de afgelopen tijd is er veel feedback gegeven op de software om deze zo efficiënt mogelijk en gebruiksvriendelijk te maken.

Een goede toevoeging is dan ook het toevoegen van een mal op de hand. Met behulp van deze mal worden de standaard buitenlijnen van de brace weergegeven. De handtherapeut kan de mal als hulpmiddel gebruiken om een zo goed mogelijke brace te maken. Er kan van de mal afgeweken worden als dit nodig is om de behandeling te verbeteren. Het zal nog wel even duren voordat deze functie toegevoegd zou kunnen zijn.

HULPMIDDEL SCANNEN IN DE JUISTE POSITIE

Helaas is het niet voor iedereen mogelijk om tijdens het scannen zelfstandig de hand in de juiste positie te houden. Dit is echter wel nodig om een brace te kunnen modelleren. Daarom zal er een hulpmiddel ontwikkeld moeten worden die ervoor zorgt dat de hand tijdens het scannen in de juiste positie gehouden wordt. Hier gaat het vooral om de manier hoe de duimboog loopt.

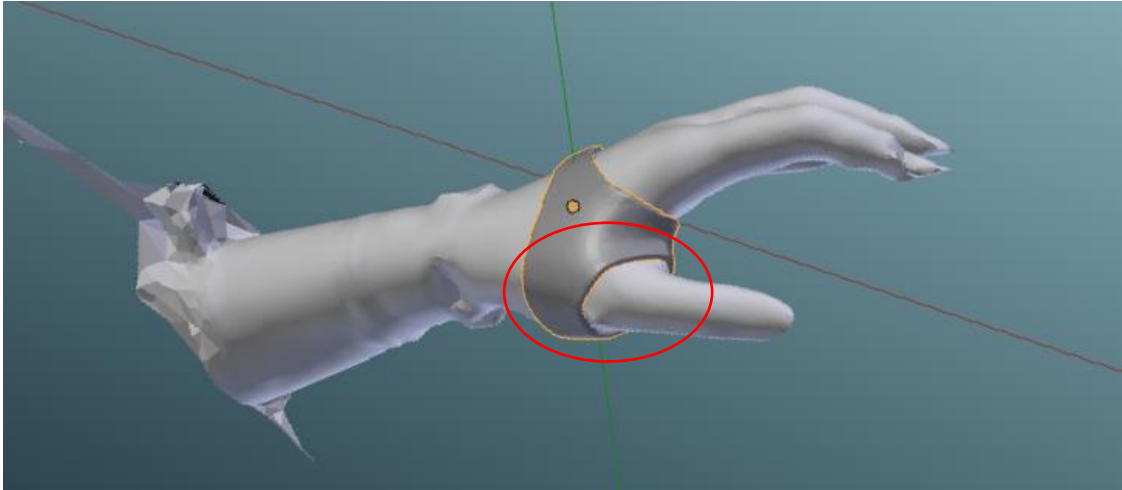
Belangrijke punten hierbij zijn dat de hand niet wordt vervormd op de plekken waar de brace overheen wordt gemodelleerd. Ook is het van belang dat deze delen van de hand volledig zichtbaar zijn op de scan, er mag dus niets in de weg zitten wat de maatvoering zou kunnen beïnvloeden.

Er zijn hier al verschillende tests voor uitgevoerd. Zo zou een piepschuimbal vastgehouden kunnen worden zonder dat deze de scan beïnvloedt. Helaas zorgt het vasthouden van een voorwerp bij veel mensen nog steeds voor een vervorming van de duimboog, ook als er geen kracht gezet hoeft te worden op het voorwerp om het vast te houden.

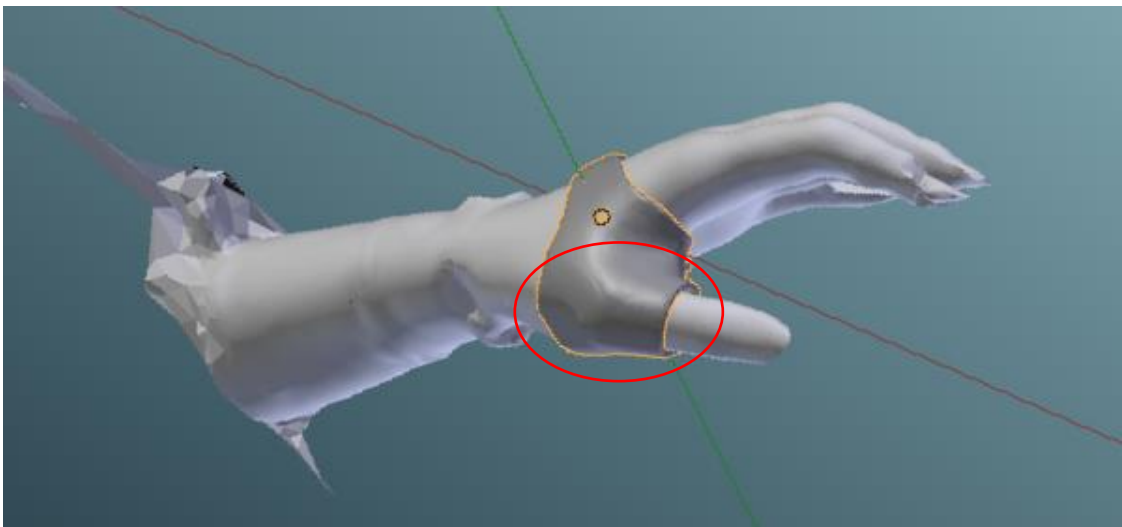
Ook is er een test uitgevoerd met een transparante liniaal. Hier ging het erom of deze te zien is op de scan. Als dit niet het geval zou zijn, kan dit soort materiaal gebruikt worden om een hulpmiddel van te maken. Helaas is de liniaal zichtbaar bij het scannen. Dit komt vooral door de weerkaatsing van licht.

MCP EN CMC BRACE

Zoals de brace nu is, ondersteunt deze alleen het CMC gewricht. Helaas is dit niet voor iedereen genoeg. Bij sommige cliënten moet ook het MCP gewricht ondersteund worden om te voorkomen dat het CMC gewricht alsnog in de verkeerde houding gehouden wordt. Omdat elke brace speciaal voor de cliënt wordt gemaakt, kan het bij hen die extra steun nodig hebben het vrij eenvoudig worden toegevoegd. Het ontwerp van de brace is hiervoor geschikt. Om extra steun bij het MCP gewricht toe te voegen, moet de brace bij de duim doorgetrokken worden tot over het MCP gewricht. Het verschil is aangegeven in figuur 63 en 64 met de rode cirkel.



FIGUUR 63. ONDERSTEUNING VAN HET CMC GEWRICHT



FIGUUR 64. ONDERSTEUNING VAN HET CMC EN MCP GEWRICHT



NAWOORD

Aan het begin van de afstudeerperiode, had ik zeeën van tijd. Het leek in ieder geval zo. Dankzij de strakke en overzichtelijke planning die ik voorafgaand had gemaakt, lukte het aardig om de taken op tijd af te ronden. Helaas zijn er ook af en toe momenten dat het niet helemaal volgens de planning loopt, maar dit hoort er ook bij. Gelukkig was de uitloop nooit veel en vaak konden er al andere taken in de tussentijd afgestreept worden.

De afstudeerperiode duurt bijna een half jaar. Dit is veel langer dan dat ik bij de projecten tot nu toe heb gehad. Echter betekent dit niet dat je rustiger aan kan doen. Wel heb je meer tijd om alles goed uit te werken. Bij de schoolprojecten is dit soms te snel gedaan waardoor het onvoldoende onderzocht en onderbouwd is.

Zowel de handtherapeut en de gebruiker reageerden zeer positief op het product. De gebruiker zei zelfs dat ik met deze brace goud in handen heb. Het is fijn om te zien dat de mensen waarvoor je een product maakt er blij mee zijn. Zeker bij medische hulpmiddelen, omdat je het beste met die mensen voorhebt en ze zo goed mogelijk wil helpen.

Graag wil ik Vectory3, met name Pieter van der Zwan, bedanken voor het aanbieden van deze opdracht, de kennis en begeleiding gedurende de afgelopen periode. Vanuit Handtherapie heb ik veel feedback op medisch gebied gekregen om dit project zo goed mogelijk te doorlopen, hiervoor wil ik Remco Dörr bedanken. Ook wil ik Sylvia Schipper bedanken voor de begeleiding als IPO docent tijdens de laatste, en misschien wel belangrijkste, periode van mijn studie. Daarnaast wil ik de mensen bedanken die de enquête hebben ingevuld, feedback hebben gegeven en waar ik terecht kon om mijn modellen te laten zien. Verder nog een dankwoord voor iedereen die mij heeft geholpen en gesteund tijdens deze maanden.

Al met al ben ik erg tevreden met het eindresultaat.

Nanda van der Star

Den Haag, 24 september 2020

LITERATUURLIJST

BOEKEN

- A.J.H. Haak, *De menselijke maat*. Amsterdam: IOS Press, 2005
- B.J. Daams, *Productergonomie: Ontwerpen voor nut, gebruik en beleving, Deel 1*. Laren: Uitgeverij Undesigning, 2011
- B.J. Daams, *Productergonomie: Ontwerpen voor nut, gebruik en beleving, Deel 2a*. Laren: Uitgeverij Undesigning, 2013
- J.D.J. Couvée, *Het IPO ontwerpproces: Handleiding voor ontwerpers*. Den Haag: Uitgeverij Via Forma, 2018

WEBSITES

- [1] E. D. Wulf, 'RICHTLIJNEN VOOR BRONVERMELDING', p. 11.
- [2] 'Betekenis van CMC - medische afkorting'. <https://medischeafkorting.nl/cmc> (geraadpleegd apr. 29, 2020).
- [3] 'BOT-GEWRIGHT-CMC1-artrose-PROT-PARAMED-v2-1709.pdf'. Geraadpleegd: apr. 29, 2020. [Online]. Beschikbaar op: <http://www.afdelinghandchirurgie.nl/wp-content/uploads/2017/11/BOT-GEWRIGHT-CMC1-artrose-PROT-PARAMED-v2-1709.pdf>.
- [4] 'Push ortho Duimbrace CMC - Polsbraces - Producten - Push Braces'. <https://www.push.eu/nl/producten/handbraces/push-ortho-duimbrace-cmc> (geraadpleegd apr. 29, 2020).
- [5] 'Brace advies | Hulp bij het vinden naar de brace die bij je past', *MijnBrace*. <https://www.mijnbrace.nl/brace-advies> (geraadpleegd mei 14, 2020).
- [6] 'Pols Spalk Training Hand Ondersteuning Duim Brace Guard Ondersteuning Duim Spalk Verstuiking Black Thumb Supporter', *LovingPrices.com*. <https://lovingprices.com/products/pols-spalk-training-hand-ondersteuning-duim-brace-guard-ondersteuning-duim-spalk-verstuiking-black-thumb-supporter> (geraadpleegd mei 06, 2020).
- [7] 'Super Ortho CMC Duimbrace | Podobrace.nl'. https://www.podobrace.nl/shop/product/super-ortho-cmc-duimbrace/?gclid=CjwKCAjwwMn1BRAUEiwAZ_jnEgNTy2kvkVW6YA1_-MuBtqaZHgs5hNhLH1Cr23WY_K6OKsZWdFUDBoCqI0QAvD_BwE (geraadpleegd mei 06, 2020).
- [8] 'Push Ortho Duimbrace CMC', *Lomed Nederland*. <https://www.lomed.nl/product/push-ortho-duimbrace-cmc/> (geraadpleegd mei 06, 2020).
- [9] 'Informatie over braces en sportbraces'. <https://sportbracestore.nl/advies/brace-sportbrace-advies/> (geraadpleegd mei 14, 2020).
- [10] 'Reuma Handschoenen met siliconen anti-slip | ProBrace.nl', *ProBrace*. <https://www.probrace.nl/nl/reuma-handschoenen-siliconen.html?source=facebook> (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [11] 'Duim Ortheses', *Silversplints*. <https://www.silversplints.com/wedesign/duim-ortheses/> (geraadpleegd mei 06, 2020).
- [12] 'Orthese dragers', *Silversplints*. <https://www.silversplints.com/wedesign/clienten/> (geraadpleegd mei 06, 2020).
- [13] 'Manometric | 3D Printed Orthotics & Braces'. <https://manometric.nl/> (geraadpleegd mei 01, 2020).
- [14] 'Wat is reuma? • ReumaNederland', *ReumaNederland*. <https://reumanederland.nl/reuma/wat-is-reuma/> (geraadpleegd mei 26, 2020).
- [15] 'Push Ortho Duimbrace CMC * Fysiotherapie Tilburg', *Fysiotherapie Tilburg*. <https://fysiotherapietilburg.nl/product/push-ortho-duimbrace-cmc/> (geraadpleegd mei 14, 2020).
- [16] 'Artrose aan het MCP-gewricht (duim, pink, vinger, hand)', *Bewegen zonder pijn*. <https://www.bewegenzonderpijn.com/artrose-mcp-gewricht/> (geraadpleegd jun. 03, 2020).
- [17] 'Bouw en functie van de gewrichten van pols en hand - ppt video online download'. <https://slideplayer.nl/slide/2214028/> (geraadpleegd jun. 03, 2020).
- [18] 'Het dragen van een polsbrace kan een operatie voorkomen', *MijnBrace*, jun. 03, 2015. <https://www.mijnbrace.nl/het-dragen-van-een-polsbrace-kan-een-operatie-voorkomen> (geraadpleegd mei 01, 2020).
- [19] 'Effectiviteit spalken bij duimbasisartrose - Richtlijn - Richtlijnendatabase'. https://richtlijnendatabase.nl/richtlijn/primaire_artrose_van_de_duimbasis/conservatieve_behandeling_duimbasisartrose/effectiviteit_spalken_bij_duimbasisartrose.html (geraadpleegd mei 06, 2020).
- [20] *Push Braces | ortho Duimbrace CMC*.
- [21] 'SCC GmbH - Biological evaluation of Medical Devices'. <https://www.scc-gmbh.de/business-units/medical-devices/biological-evaluation-medical-devices-biocompatibility> (geraadpleegd mei 13, 2020).
- [22] 'FDM 3D printtechnologie - Oceanz'. <https://www.oceanz.eu/producten-en-service/technieken/fdm/> (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [23] '123-3D.nl - 3D-printers | kits | parts | filament', *123-3D.nl*. <https://www.123-3d.nl> (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [24] 'SLA | glad - transparant', *Heijcon 3D Solutions*. <https://www.heijcon.nl/3d-printen/sla/> (geraadpleegd sep. 19, 2020).

- [25] 'SLA 3D printing - Oceanz'. <https://www.oceanz.eu/producten-en-service/technieken/sla/>, <https://www.oceanz.eu/en/products-and-service/3D-printing-techniques/sla/> (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [26] 'SLA (Stereolithografie)'. <https://www.rapidprototyping.nl/3d-printen/technieken/sla-stereolithografie/> (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [27] 'Selective Laser Sintering (SLS) techniek voor uw 3D model'. https://www.rapidprototyping.nl/3d-printen/technieken/selective-laser-sintering-sls/?gclid=CjwKCAjw2Jb7BRBHEiwAXTR4jQy9KBxYFEz--rzNgEatQpgLZLMPKAgHuaG24yET6DDunLK6smJ-xoCaHYQAvD_BwE (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [28] 'Professioneel 3D printen in SLS - Oceanz'. <https://www.oceanz.eu/producten-en-service/technieken/sls/>, <https://www.oceanz.eu/en/products-and-service/3D-printing-techniques/SLS-3D-printing/> (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [29] Sprofit, 'Spalkbenodigdheden', *Sprofit*. <https://www.sprofit.com/nl/handtherapeut/spalkbenodigdheden> (geraadpleegd jun. 03, 2020).
- [30] 'Hand Muscles Hypothenar', *Medical Art Library*, aug. 13, 2017. <https://medicalartlibrary.com/hand-muscles-hypothenar/> (geraadpleegd sep. 19, 2020).
- [31] 'Betekenis van Meta'. <https://www.babybytes.nl/namen/meisjes/Meta> (geraadpleegd sep. 20, 2020).
- [32] 'DINED'. <https://dined.io.tudelft.nl/en/database/tool> (geraadpleegd okt. 10, 2019).
- [33] 'Huisvrouwenduim: artrose van het CMC I-gewricht | Huisarts & Wetenschap'. <https://www.henw.org/artikelen/huisvrouwenduim-artrose-van-het-cmc-i-gewricht> (geraadpleegd apr. 29, 2020).
- [34] K. van Nugteren, 'Addendum: CMC1-artrose', in *Kunstgewrichten: bovenste extremiteit*, K. van Nugteren, P. Joldersma, R. van Riet, O. Verborgt, T. Haagmans, M. Vanhees, en F. Verstrecken, Red. Houten: Bohn Stafleu van Loghum, 2017, pp. 73–80.
- [35] 'OCON - Aandoening: Duimbasis artrose'. <https://www.ocon.nl/patienten/aandoeningen-en-behandelingen/artrose-van-het-cmc-i-gewricht> (geraadpleegd apr. 29, 2020).
- [36] B. van O. kiezen van de juiste brace, passend bij jouw klacht en je situatie is geen makkelijke opgave. D. vinden wij het als leverancier onze taak om kennis over braces met je te delen, en zodat je een overwogen keuze kan maken. D. brace die bij jou past en jouw het beste ondersteunt in je activiteit, 'Helpt een brace bij artrose? - Hoe kies je de juiste brace? - Bracewijzer'. <https://bracewijzer.nl/bewegingsklachten/aandoeningen/artrose/> (geraadpleegd apr. 29, 2020).
- [37] 'Reumatoïde artritis (RA) | Volksgezondheidszorg.info'. <https://www.volksgezondheidszorg.info/onderwerp/reumato%C3%AFde-artritis-ra> (geraadpleegd mei 26, 2020).
- [38] 'Reumatoïde Artritis: wat is het en hoe behandel je het?', *Bewegen zonder pijn*. <https://www.bewegenzonderpijn.com/reumatoide-artritis/> (geraadpleegd apr. 30, 2020).
- [39] D. C. F. Allaart, 'Nieuwe inzichten in de behandeling van reumatoïde artritis', p. 65.
- [40] 'Het syndroom van De Quervain'. <https://www.isala.nl/patientenfolders/5505-het-syndroom-van-de-quervain/> (geraadpleegd apr. 30, 2020).
- [41] 'Morbus De Quervain', *RSI-vereniging*. <https://rsi-vereniging.nl/over-rsi/diagnose/diagnoses-a-z/morbus-de-quervain/> (geraadpleegd apr. 30, 2020).
- [42] 'Meest voorkomende aandoeningen', *Xpert Clinic*. <https://www.xpertclinic.nl/aandoeningen/de-quervain> (geraadpleegd mei 08, 2020).
- [43] 'Ontsteking aan de pols? OCON helpt u', *OCON*, mei 08, 2020. <https://www.ocon.nl/patienten/aandoeningen-en-behandelingen/de-quervain> (geraadpleegd mei 08, 2020).
- [44] 'Tendinitis • ReumaNederland', *ReumaNederland*. <https://reumanederland.nl/reuma/vormen-van-reuma/tendinitis/> (geraadpleegd jun. 15, 2020).
- [45] 'Peesontsteking aan de pols', *Fysiotherapie Douma Hilversum*. <https://www.fysiodouma.nl/wiki/peesontsteking-aan-pols/> (geraadpleegd jun. 16, 2020).
- [46] 'Peesontsteking – Máxima MC', *Regionaal Reumacentrum*. <https://www.mmc.nl/regionaalreumacentrum/aandoeningen-en-behandelingen/peesontsteking/> (geraadpleegd jun. 16, 2020).
- [47] 'Duimbasisinstabiliteit', *Xpert Clinic*. <https://www.xpertclinic.nl/aandoeningen/duimbasisinstabiliteit> (geraadpleegd jun. 16, 2020).
- [48] 'Duimbasis instabiliteit', *Maasstad Ziekenhuis*. <https://www.maasstadziekenhuis.nl/aandoeningen-ziektebeelden/aandoeningen/duimbasis-instabiliteit/> (geraadpleegd jun. 16, 2020).
- [49] 'BEHANDELINGEN Duimbasisinstabiliteit | Handtherapie Nederland', *Handtherapie*. <https://www.handtherapie.nl/behandelingen-overzicht/Duimbasisinstabiliteit> (geraadpleegd jun. 16, 2020).

TABELLEN EN FIGUREN

Tabel 1. Voor- en nadelen van de verschillende soorten braces

Tabel 2. Voor- en nadelen van verschillend materiaal

Tabel 3. Voor- en nadelen van de printtechnieken

Tabel 4. De huidige processen

Tabel 5. Verschillende nieuwe processen

Tabel 6. Het gewenste proces

Tabel 7. Voor- en nadelen van concept 1

Tabel 8. Voor- en nadelen van concept 2

Tabel 9. Voor- en nadelen van concept 3

Tabel 10. Rangschikking van de concepten

Tabel 11. Resultaten van de test

Tabel 12. Het proces met tijden

Tabel 13. De directe kosten

Tabel 14. De kostprijsberekening

Figuur 1. De brace vanuit Vectory3

Figuur 2. Enkele CMC braces

Figuur 3. Het CMC gewricht

Figuur 4. Enkele CMC braces

Figuur 5. Standaard brace, de rugzijde

Figuur 6. Standaard brace, de palmzijde

Figuur 7. Push brace, de palmzijde

Figuur 8. Bush brace, de rugzijde

Figuur 9. Flexibele brace

Figuur 10. Reuma handschoen

Figuur 11. Siliconen brace, de palmzijde

Figuur 12. Siliconen brace, de rugzijde

Figuur 13. Verschillende soorten Silversplints

Figuur 14. Brace van Manometric, flexibel materiaal

Figuur 15. Brace van Manometric, hard materiaal

Figuur 16. De scanner, software en verschillende braces van Manometric

Figuur 17. Persona van Els van Dijk

Figuur 18. Persona van Marieke Bakker

Figuur 19. Persona van Theo van Loon

Figuur 20. De gewrichten van de hand, de pijlen wijzen naar het CMC en MCP gewricht van de duim

Figuur 21. De juiste positie van de hand

Figuur 22. De verschillende standen van de hand

Figuur 23. Foute en goede duimbogen

Figuur 24. Insluiting aan weerszijde van het duimgewricht

Figuur 25. Insluiting duim- en pinkzijde

Figuur 26. De scanner, Curatio

Figuur 27. FDM printtechniek

Figuur 28. SLA printtechniek

Figuur 29. SLS printtechniek

Figuur 30. De lay-out van Metrix, hand met textuur

Figuur 31. De lay-out van Metrix, hand zonder textuur

Figuur 32. Een classic brace

Figuur 33. Een vonoroï brace

Figuur 34. De ideeschetsen

Figuur 35. Ideeschets 1 en geprint model

Eigen materiaal

Google afbeeldingen

Afdelinghandchirurgie.nl

Google afbeeldingen

Mijnbrace.nl

Mijnbrace.nl

Push.eu

Push.eu

Mijnbrace.nl

Bol.com

Eigen materiaal

Eigen materiaal

Silversplints.com

Manometric

Manometric

Manometric

Google afbeeldingen, eigen materiaal

Google afbeeldingen, eigen materiaal

Google afbeeldingen, eigen materiaal

Bewegenzonderpijn.com

Eigen materiaal

Slideplayer.nl

Richtlijndatabase.nl

Eigen materiaal

Eigen materiaal

Eigen materiaal

Rapid Prototyping

Rapid Prototyping

Rapid Prototyping

Metrix

Metrix

Metrix

Metrix

Eigen materiaal

Eigen materiaal

Figuur 36. Ideeschets 2 en geprint model	Eigen materiaal
Figuur 37. Ideeschets 3 en geprint model	Eigen materiaal
Figuur 38. Ideeschets 4 en 5 en geprint model	Eigen materiaal
Figuur 39. Ideeschets 6 en geprint model	Eigen materiaal
Figuur 40. Ideeschets 7 en geprint model	Eigen materiaal
Figuur 41. Ideeschets 8, 9 en 10 en geprint model	Eigen materiaal
Figuur 42. De rangschikking	Eigen materiaal
Figuur 43. Nummer 1 vanuit de handtherapeut	Eigen materiaal
Figuur 44. Nummer 1 vanuit de gebruiker	Eigen materiaal
Figuur 45. De hypothenar, de rode spier	Medicalartlibrary.com
Figuur 46. Idee 1	Eigen materiaal
Figuur 47. Idee 2	Eigen materiaal
Figuur 48. Idee 3	Eigen materiaal
Figuur 49. Concept 1, schets	Eigen materiaal
Figuur 50. Concept 1, geprint	Eigen materiaal
Figuur 51. Concept 2, schets	Eigen materiaal
Figuur 52. Concept 2, geprint	Eigen materiaal
Figuur 53. Concept 3, schets	Eigen materiaal
Figuur 54. Concept 3, geprint	Eigen materiaal
Figuur 55. Concept 3, geprint zonder klittenband	Eigen materiaal
Figuur 56. Het gekozen concept	Eigen materiaal
Figuur 57. Geprinte brace links	Eigen materiaal
Figuur 58. Geprinte brace rechts	Eigen materiaal
Figuur 59. De handleiding met richtlijnen	Eigen materiaal
Figuur 60. De kleuren van Oceanz	Oceanz
Figuur 61. Eindmodellen van de brace in de standaard kleur en groen gekleurd	Eigen materiaal
Figuur 62. De geprinte braces in verschillende houdingen	Eigen materiaal
Figuur 63. Ondersteuning van het CMC gewricht	Metrix
Figuur 64. Ondersteuning van het CMC en MCP gewricht	Metrix
Figuur 65. Verschillende soorten braces	Google afbeeldingen
Figuur 66. De planning voor de afstudeerperiode	Eigen materiaal
Figuur 67. Materiaaleigenschappen PA12	Oceanz
Figuur 68. Materiaaleigenschappen rubberachtig materiaal	Oceanz
Figuur 69. Materiaaleigenschappen PAGF	Oceanz
Figuur 70. Materiaaleigenschappen PA11	Oceanz
Figuur 71. Handscan met textuur	Metrix
Figuur 72. Handscan zonder textuur	Metrix
Figuur 73. Handscan geselecteerd	Metrix
Figuur 74. Meetmogelijkheden	Metrix
Figuur 75. De Data	Metrix
Figuur 76. Knop <i>Brace Manager</i>	Metrix
Figuur 77. Lay-out Manipulation	Metrix
Figuur 78. Menu <i>Brace Design</i>	Metrix
Figuur 79. Model met <i>Brace Design</i>	Metrix
Figuur 80. Menu <i>Zone Selection</i>	Metrix
Figuur 81. Model met <i>Zone Selection</i>	Metrix
Figuur 82. Menu met brace instellingen	Metrix
Figuur 83. Model met de buitenlijnen van de brace	Metrix
Figuur 84. Classic brace op de hand	Metrix
Figuur 85. Vonoroï brace op de hand	Metrix
Figuur 86. Classic en Vonoroï brace zonder hand	Metrix
Figuur 87. De hand van de DINED-tabel	DINED
Figuur 88. Normaalverdeling van nummer 44, breedte van de hand zonder duim	DINED
Figuur 89. Normaalverdeling van nummer 47, breedte van de hand met duim	DINED

BIJLAGEN

Bijlage 1 – Afstudeervoorstel	Blz. 88
Bijlage 2 – Marktonderzoek	Blz. 94
Bijlage 3 – Ziektebeelden	Blz. 96
Bijlage 4 – Enquête	Blz. 100
Bijlage 5 – Materiaal	Blz. 110
Bijlage 6 – Software	Blz. 113
Bijlage 7 – Ideeschetsen	Blz. 118
Bijlage 8 – Schetsen conceptfase	Blz. 122
Bijlage 9 – Handleiding met richtlijnen	Blz. 125
Bijlage 10 – Kostprijsberekening	Blz. 126
Bijlage 11 – Berekening percentiel van de hand	Blz. 127
Bijlage 12 – Vragenlijst testperiode	Blz. 128

BIJLAGE 1 – AFSTUDEERVOORSTEL



Afstudeervoorstel: Brace op maat

Opdrachtgever:	Naam	<i>Vectory3 BV</i>
	Adres	<i>Neuhuyskade 32</i>
	Postcode en plaats	<i>2596 XL, Den Haag</i>
	Telefoon	<i>06 23004916</i>
	Postadres	-
	Postcode en plaats	-
Begeleider bedrijf:	Naam (m/v)	<i>Pieter van der Zwan</i>
	Functie	<i>CEO</i>
	Opleiding	<i>Frans (taal en letterkunde) en kunstacademie</i>
	E-mail	info@vectory3.nl
	Telefoon	<i>06 23004916</i>
Stagiaire:	Naam	<i>Nanda van der Star</i>
	Adres	<i>Fazant 59</i>
	Postcode en plaats	<i>2986 CK, Ridderkerk</i>
	Telefoon	<i>06 58948982</i>
	E-mail	16030893@student.hhs.nl
	Studienummer	<i>16030893</i>
Opleiding:	<i>De Haagse Hogeschool, faculteit TIS</i>	
	<i>Industrieel Product Ontwerpen</i>	
	<i>Johanna Westerdijkplein 75</i>	
	<i>2521 EN Den Haag</i>	
	<i>Postbus 13336</i>	
	<i>2501 EH Den Haag</i>	
Begeleider school:	Naam	<i>Sylvia Schipper</i>
	E-mail	s.j.schipper@hhs.nl
	Telefoon	<i>06 18998493</i>
Afstudeerperiode	<i>van 27 april 2020 tot 16 oktober 2020</i>	

Bedrijf

Vectory3 is een bedrijf dat zich richt op braces voor de zorg. Deze braces worden op maat gemaakt. Van het lichaamsdeel waar een brace voor gemaakt moet worden, wordt met behulp van een scan een 3D model gemaakt. Met behulp van dit 3D model kan de gewenste brace gemaakt worden op de bematingen van het lichaamsdeel. Hierna wordt de brace geproduceerd met behulp van 3D printen. Hierdoor zit de brace altijd als gegoten. Momenteel wordt deze techniek nog niet in de zorg gebruikt, maar dit zal niet meer lang duren.

De expertise van Vectory3 ligt vooral bij de acquisitie en datamanagement van medische 3D data, en dan met name van de hand. Het bedrijf is momenteel bezig met het ontwikkelen van extra functies rondom deze dienst. Dit project is hier een voorbeeld van.

Bedrijfsgegevens

- Aantal medewerkers totaal: 6
- Aantal medewerkers in de productontwikkeling: 4
- Aantal IPO'ers/IO'ers in de productontwikkeling: 1
- De datum waarop het bedrijf is opgericht: 25-9-2013

Aanleiding

Vectory3 heeft een tijd geleden een begin gemaakt van de CMC brace. Een CMC brace sluit het basisgewricht van de duim in een functionele stand in, om zo de functie van de hand te waarborgen en de symptomen die bij bepaalde ziektebeelden voorkomen te beperken. Dit is nog niet goed onderzocht en uitgewerkt. Hier zal ik me de komende periode mee bezig houden. dank!

De braces die momenteel op de markt zijn, worden over het algemeen geleverd in standaard maten. Als een brace wel op maat wordt gemaakt, kan dit erg lang duren. Op de manier die door Vectory3 toegepast kan worden, kunnen de braces erg snel op maat gemaakt worden. De tijd die het duurt totdat de brace klaar is, is de tijd van het 3D printen.

Onderzoek

Dankzij de brace is er een extra functie waarvoor de scanner en de software gebruikt kan worden. Naast een brace produceren zijn de volgende functies mogelijk met de scanner en software:

- *Bijhouden van een digitaal patiëntendossier;*
 - *Dermatologische en anatomische vastlegging.*
- *Bijhouden van de voortgang van een behandeling;*
 - *Bijvoorbeeld: Eerst kan de vinger maar een hoek van 10 graden buigen, elke keer wordt er een scan gemaakt en is er te zien dat de vinger aan het einde van de behandeling tot wel 40 graden kan buigen.*
- *Opmeten van de dimensies van de hand.*

De brace zorgt voor iets tastbaars wat de scanner allemaal kan. Op de vele toepasbaarheden zal het voor de klinieken aantrekkelijker worden om deze dienst/dit product aan te schaffen. De CMC brace is uiteraard niet de enige brace die gemaakt zou kunnen worden met behulp van dit proces, er zouden vele verschillende soorten braces gemaakt kunnen worden. Tijdens dit project zal er wel alleen gekeken worden naar het realiseren van een CMC brace. Hierbij gaat het niet alleen om de CMC brace zelf, maar er zal ook gekeken worden naar het hele proces wat erbij komt kijken. Zoals waar de brace geprint zal worden.



FIGUUR 65. VERSCHILLENDE SOORTEN BRACES

Hierboven zijn verschillende CMC braces te zien. Ze sluiten allemaal de duim in, maar wel op verschillende manieren. De één sluit alleen het begin in terwijl een andere vrijwel de hele duim insluit. Ook is de grootte van de gehele brace verschillend. Er zal tijdens de analysefase gekeken worden wat de beste manier is en of dit per ziektebeeld verschilt. Dit zijn vaak ook braces die standaard bematingen hebben en vaak dus niet perfect om de hand van de gebruiker zit.

Voorbeelden van de ziektebeelden waarbij een CMC brace gebruikt kan worden, zijn:

- Artrose/duimartrose;
- Instabiliteit;
- Skiduim (verrekking MCP-1);
- Ziekte van Quervain.

Ook kan het voorkomen dat een brace gebruikt wordt na een operatie of bij een blessure.

De opdracht

De opdracht gaat om een CMC brace voor de duim. Deze moet er voor zorgen dat de duim niet meer kan bewegen, maar de rest van de hand nog wel gebruikt kan worden. Het bedrijf heeft sinds kort een apparaat en software waarmee ze een 3D model van de hand in een programma kunnen krijgen. Via dit programma zal de brace op maat gemaakt moeten kunnen worden, het is dus voor iedereen een eigen brace met andere maatvoering. Er wordt onderzoek gedaan naar de beste aangrijpings- en insluitingspunten van de brace, dus welk stuk van de hand de brace moet insluiten. Ook wordt er een globaal design ontworpen. Uiteindelijk zal de brace waarschijnlijk in een ziekenhuis gemaakt worden met behulp van 3D-printen. De arts zal voor elke patiënt een nieuwe brace moeten maken met behulp van de software en de richtlijnen vanuit mijn onderzoek.

Ontwerpprobleem

Er moet een CMC-brace ontworpen worden die voor de patiënt op maat gemaakt kan worden. Deelproblemen:

- Het gebruik van de CMC brace bij verschillende ziektebeelden;
- De richtlijnen van de insluitingspunten en de houding van de hand bij een CMC brace;
- De aspecten die voor de gebruiker van de CMC brace een rol spelen bij het kiezen van een bepaalde CMC brace;
- De manier van het realiseren van de CMC brace.
 - Het proces van scannen van de hand tot het maken van de brace;
 - Het materiaal dat gebruikt wordt

Tijdens de analysefase is het van belang om een duidelijk en helder inzicht te krijgen over het gebruik van een CMC brace. Hierbij is het belangrijk om het ziektebeeld van de mensen die gebruik maken van een CMC brace te onderzoeken. Hieronder staan de onderzoeksvragen die tijdens de analysefase beantwoord moeten worden. Eerst zal hier literatuuronderzoek naar gedaan worden en daarna zal er veel gesproken worden met deskundigen, zowel medische deskundigen als mensen die zelf gebruik maken van een brace. Onderzoeksvragen:

- *Welke ziektebeelden hebben baat bij een CMC brace? (literatuurstudie en contact met deskundigen)*
 - *Wat zijn de kenmerken hiervan?*
 - *Wat zijn de oorzaken hiervan?*
 - *Is dit met behulp van een brace te verminderen of zelfs te genezen?*
 - *Om welke doelgroep gaat dit vooral?*
- *Wat zijn de belangrijke insluitingspunten bij een CMC brace? (contact met deskundigen)*
 - *Zijn hier richtlijnen voor?*
 - *Zit hier verschil in per ziektebeeld?*
- *Welke positie van de hand is het beste in een CMC brace? (contact met deskundigen)*
 - *Is deze positie voor elk ziektebeeld zelfstandig te maken?*
 - *Is het mogelijk om hier een hulpmiddel voor te gebruiken in de scan?*
- *Hoe wordt het proces momenteel doorlopen? (literatuuronderzoek en contact met deskundigen)*
 - *Hoe wordt een brace aangemeten?*
 - *Welke braces zijn er al?*
 - *Zijn dit alleen braces met standaard bemating?*
 - *Zijn er al braces die op maat gemaakt worden*
 - *Zijn er al braces die met behulp van 3D printen worden geproduceerd?*
 - *Hoelang duurt het momenteel totdat de brace bij de klant is?*
- *Welke aspecten zijn voor de gebruiker belangrijk? (contact met deskundigen en gebruikers)*
 - *Waarop wordt een bepaalde brace gekozen?*
 - *Hoe belangrijk is de uitstraling bij het maken van deze keuze?*
 - *Wat zijn de minpunten van een brace?*
 - *Op welke momenten wordt de CMC brace gedragen?*
 - *Hoelang wordt de brace achter elkaar gedragen?*
 - *Hoe vaak wordt de brace om- en afgedaan?*
- *Op welke manier zal de CMC brace uiteindelijk gerealiseerd worden? (contact met deskundigen)*
 - *Zal het gehele proces doorlopen worden door een dokter?*
 - *Hoeveel verstand hebben de mensen die het proces moeten doorlopen van de software?*
 - *Op welke manier kan er het beste een handleiding gemaakt worden?*
 - *Wordt de brace op locatie gemaakt of wordt dit uitbesteed?*
 - *Hoelang mag het maximaal duren totdat de brace bij de klant is?*
 - *Wat zijn de voor- en nadelen van elke mogelijkheid?*
- *Hoe werkt de software waar gebruik van gemaakt wordt? (gebruiken van de software)*
 - *Wat zijn de mogelijkheden*
 - *Hoe gebruiksvriendelijk is het?*
 - *Kunnen er ingestelde richtlijnen ingezet worden?*

Projectaanpak

De periode zal beginnen met de analysefase. Hiervoor zijn 3 weken ingepland. Tijdens deze fase worden er onderzoeken gedaan, zowel literatuuronderzoeken als gesprekken met deskundigen. Aan het einde van deze fase wordt het PvE en W opgesteld. Daarna begint de ideefase, hierin zullen ideeën gegenereerd worden en deze worden getest. Het overleg met deskundigen is erg belangrijk en daarom is deze fase wat aan de lange kant. Aan het einde van de ideefase zijn er drie concepten. Deze fase duurt 5 weken. Hierna volgt de conceptfase van 7 weken. Tijdens deze fase zullen de gekozen concepten verder uitgewerkt worden en wederom zullen er verschillende testen plaatsvinden. Ook zal tijdens deze fase gewerkt worden aan een handleiding. De conceptfase wordt afgesloten met het kiezen van één concept waarmee verder wordt gewerkt. Dit geldt voor zowel het product als de handleiding. Hierna volgt de materialisatiefase. Tijdens deze fase ligt de focus vooral op het realiseerbaar maken van het product. Ook hier wordt het eindproduct op verschillende manieren getest. Ook zal er een kostprijsberekening gemaakt worden. Uiteindelijk wordt er een eindmodel gemaakt en een pakket met technische tekeningen wordt opgesteld. Gedurende de gehele periode zal het verslag bijgehouden worden. Op deze manier hoopt het zich niet op tot aan het einde. Hieronder is de planning te zien. De planning is opgedeeld in de verschillende fasen. De deadlines staan hierin ook aangegeven met geel.

Fase	Taak	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	v.1	v.2	v.3	v.4	v.5	v.6	v.7	v.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
Analysefase	Onderzoek ziektebeelden																									
	Onderzoek huidige markt																									
	Onderzoek software Vectory3																									
	Onderzoek insluitingspunten																									
	Onderzoek doelgroep																									
	Onderzoek gebruik																									
	Onderzoek materiaal																									
	Conclusies vanuit de onderzoeken																									
	Opstellen PvE en W																									
	Afronding analysefase					15-5																				
Ideefase	Ideën genereren																									
	Ideën testen a.d.h.v. PvE en W																									
	Ideën testen met deskundigen																									
	Ideekeuze maken (10 ideeën)																									
	Ideën testen m.b.v. software																									
	Testgegevens verwerken																									
	Ideën uitwerken																									
	Conceptkeuze maken (3 concepten)																									
	Afronding ideefase									19-6																
Conceptfase	Concepten uitwerken																									
	Concepten maken in software																									
	Conceptmodellen maken																									
	Concepten testen a.d.h.v. PvE en W																									
	Concepten testen met deskundigen																									
	Concepten testen met doelgroep																									
	Testgegevens verwerken																									
	Conceptkeuze maken (1 ontwerp)																									
	Handleidingen ontwerpen																									
	Handleidingen testen																									
Materialisatiefase	Testgegevens verwerken																									
	Conceptkeuze maken (1 ontwerp)																									
	Handleidingen ontwerpen																									
	Handleidingen testen																									
	Testgegevens verwerken																									
	Afronding conceptfase																	14-8								
	Materiaalonderzoek																									
	Materiaalkeuze																									
	Productie testen																									
Verslaglegging	Handleiding maken																									
	Volledig proces testen met deskundigen																									
	Eindproduct testen met doelgroep																									
	Eindproduct testen a.d.h.v. PvE en W																									
	Testresultaten verwerken																									
	Kostprijsberekening maken																									
	Afronding Materialisatie																						4-9			
	Technische tekeningen																									
	Eindmodel maken																									
Verslaglegging	Lay-out																									
	Voorwoord																									
	Inhoudsopgave																									
	Afbeeldingen, tabellen en grafieken																									
	Samenvatting																									
	Inleiding																									
	Kern van het verslag																									
	* Analysefase																									
	* Ideefase																									
	* Conceptfase																									
Materialisatiefase	* Materialisatiefase																									
	Evaluatie van het product																									
	Vervolgstappen																									
	Aanbeveling																									
	Nawoord																									
	Literatuurlijst																									
	Bijlagen																									
	Feedback verwerken																									
	Inleveren proefverslag																							14-9		
	Inleveren eindverslag																								24-9	

FIGUUR 66. DE PLANNING VOOR DE AFSTUDEERPERIODE

Geplande resultaten

- Programma van eisen en wensen: 14 mei 2020
- Minimaal 3 concepten: 18 juni 2020
- Een pakket van technische tekeningen voor het productvoorstel: 8 september 2020
Elk product dat gerealiseerd zal worden, is net wat anders. Dit komt omdat de CMC brace op de maten van de hand van de patiënt gemaakt wordt. De technische tekeningen die gemaakt worden, zijn gebaseerd op de maten van één hand (bijvoorbeeld mijn eigen). Op deze manier kan er bewezen worden dat de kennis van technisch tekenen voldoende is en welke maten er bij elke brace zal veranderen. De maten van de technische tekeningen zullen dus niet overeenkomen met de modellen die uiteindelijk geproduceerd zullen worden.
- Een model en/of prototype: 10 september 2020 (eerder zullen al testmodellen gemaakt worden)
Er zal een model geleverd worden zoals het product er uiteindelijk ook uit zal zien en op de manier hoe het geproduceerd zal worden.
- Een kostprijsberekening of –indicatie: 27 augustus 2020
- Een verslag van het gehele project: 24 september 2020 (proefverslag 14 september 2020)

Kosten

Er zullen vooral 3D geprinte modellen komen. Er staat een 3D-printer bij het bedrijf en hiervoor zijn ook enkele filamentrollen voor aanwezig. Als er meer rollen nodig zijn, kunnen deze besteld worden. Het uiteindelijke product zal ook gerealiseerd worden met behulp van 3D-printen.

Vergoeding

De stagevergoeding bedraagt 200 euro per maand. Er is geen vergoeding voor reizen of huisvesting.

Planning

	Datum	Kalenderweek
Start project		
Afronding analysefase	15 mei '20	20
Afronding ideefase	19 juni '20	25
Afronding conceptfase	14 aug '20	33
Afronding materialisatiefase	4 sep '20	36
Terugkomdag/tussenverslag	12 juni '20	24
Inleveren proefverslag	14 sep '20	38
Inleveren eindverslag	24 sep '20	39
Eindpresentatie	12-16 okt '20	42

BIJLAGE 2 – MARKTONDERZOEK

Welke CMC-braces zijn er al op de markt en wat zijn de voor- en nadelen van deze braces?

Nr.	Soort brace	Afbeelding	Opvallende punten	Insluiting	Prijs	Leverancier
1	CMC-brace, hard materiaal		Op maat gemaakt m.b.v. scannen en printen; Verkrijgbaar in meer modellen; Oud stagiair Vectory3.	Rand van de hand en pols, begin van de duim	299	Mamometric
2	Push ortho duimbrace CMC. Hard materiaal		Verantwoord door medici en wetenschappers; Aluminium kern; Indien gewenst is de pasvorm aan te passen; Eenvoudig sluitsysteem; Wasmachineproof; Goed te gebruiken bij sporten.	CMC gewricht en rondom de hand. Met behulp van klittenband.	60	Merkala Lomed Push
3	Pols en duim spalk. Ondersteunend.		Vooraf voor bij verstuingen van de pols en/of duim; In één maat	Om de pols en de duim. Met behulp van klittenband.	9	Lovingprices
4	Duimbrace CMC		Verkrijgbaar in verschillende maten;	CMC gewricht, bevestiging met klittenband.	30	PreMed
5	Super Ortho CMC duim brace. Hard materiaal		Ontwikkeld door duimspecialisten; Verkrijgbaar in drie verschillende maten; Zeer divers inzetbaar; Beste uit de test van 11 merken.	CMC gewricht en handpalm, bevestiging met klittenband.	45	Podobrace

6	CMC duim brace Manutec Fix Rizart Hard materiaal		Kunststof brace; Kan nat worden; Goed schoon te maken;	CMC gewricht; Bevestiging met brede klittenband.	80	ProBrace Orliman
7	CMC Duim-orthese		Geschikt voor dagelijks gebruik; Behoud maximale functie van de hand en duim.	CMC gewricht, Bevestiging met klittenband.	34	PreMed
8	WE Design CMC		Op maat gemaakt; Alleen mogelijk op doorverwijzing van een arts; Ook in andere modellen te verkrijgen; Gemaakt van zilver; Aanzienlijk preventies aspect; Elegant gevormd medisch hulpmiddel; Lijkt net een sieraad.	CMC gewricht, sluit om de hand heen. In sommige modellen meer insluiting	Op aanvraag	SilverSplints We Design

1. <https://manometric.nl>
2. https://www.merkala.nl/push-ortho-duimbrace-cmc.html?gclid=Cj0KCQjw-r71BRDuARIsAB7i_QPZpoeLXcS9zil7h9QJOyFilC6Yu6lmFyBtq_7L3ihqkFSqLvG0YUaAlmwEALw_wcB#3
<https://www.lomed.nl/product/push-ortho-duimbrace-cmc/>
3. https://lovingprices.com/products/pols-spalk-training-hand-ondersteuning-duim-brace-guard-ondersteuning-duim-spalk-verstuiking-black-thumb-supporter?variant=18081757200451¤cy=EUR&gclid=Cj0KCQjw-r71BRDuARIsAB7i_QPvyaal_hUd-2y9UKIO_CbA2OSrucpNUiE5Mt_HGViwtdnHPxof8F1saAg2PEALw_wcB
4. https://www.premed.nl/duimbrace-cmc-jura-medical-rechts-large-68420/?gclid=Cj0KCQjw-r71BRDuARIsAB7i_QNAGaOF-af3qyTh1F9OpfRO5vMx69Bj12diveWGrvp0Dhyia0h7tzUaAv6eEALw_wcB
5. https://www.podobrace.nl/shop/product/super-ortho-cmc-duimbrace/?gclid=CjwKCAjwwMn1BRAUEiwAZ_jnEgNTy2kvkVW6YAi1_-MubtqaZHgs5hNhLH1Cr23WY_K6OKsZWdFUDBoCqI0QAvD_BwE
6. <https://www.probrace.nl/nl/manutec-cmc-duimbrace.html>
7. https://www.premed.nl/duimorthese-baskocmccare-rechts-195-225cm-medium-62111/?gclid=CjwKCAjwwMn1BRAUEiwAZ_jnEusIm8jSrwj2GkDbCLyCX4yPXGiWUTNRcxoV_2R1wJtRzYdiewVsexoCDBUQAvD_BwE
8. <https://www.silversplints.com/wedesign/duim-ortheses/>
<https://www.silversplints.com/wedesign/clienten/>

BIJLAGE 3 – ZIEKTEBEELDEN

Reuma is een verzamelnaam voor alle bewegingsklachten die niet zijn veroorzaakt door een ongeluk of blessure. Dit zijn er meer dan honderd. 1 op de 9 mensen in Nederland heeft een vorm van reuma. In totaal zijn er ruim 2 miljoen Nederlanders die een vorm van reuma hebben en elke dag komen er zo'n 700 mensen bij. [14]

Er zijn enkele vormen van reuma zijn onderzocht. Niet alle vormen zijn met een brace te behandelen of te verminderen. Hieronder worden alleen de ziektebeelden besproken die met een brace te behandelen of verminderen zijn. Het kan zijn dat mensen met andere ziektebeelden ook gebruik maken van een brace indien dit nodig is. Bij onderstaande ziektebeelden wordt het gebruik van een brace aangegeven als behandeling.

Artrose is slijtage van het gewrichtskraakbeen. Dit kan bij elk gewricht voorkomen. Momenteel hebben bijna 1,5 miljoen mensen in Nederland artrose. Hiervan is zo'n 25% een vrouw van 50 jaar en ouder en slechts 2 tot 3% man van dezelfde leeftijdsgroep. [33] [34] [35]

De symptomen van artrose zijn onder andere krachtverlies, een zeurende pijn en verstijving van het gewricht. Bij gebruik van een brace worden deze klachten aanzienlijk verminderd, doordat de brace de duim ondersteunt. [36]

Reumatoïde Artritis (RA) is een auto-immuunziekte en dus een chronische aandoening. RA wordt vaak reuma genoemd. Bij ongeveer 260.000 Nederlanders is deze bewegingsklacht geconstateerd. Voornamelijk bij mensen van 40 jaar en ouder en bij vrouwen komt RA meer voor dan bij mannen. [37] [38]

De symptomen van reumatoïde artritis zijn onder andere pijn en zwellingen rondom de gewrichten, stijfheid en verminderde mobiliteit. Bij het gebruik van een brace wordt de hand in de neutrale stand gehouden, hierdoor verminderen vooral de pijnklachten. Daarnaast is het ook van belang om de duim toch nog te bewegen, dit kan door middel van oefeningen of tijdens lichte activiteiten. [39]

Syndroom van Quervain is een gevolg van irritatie en zwellingen van de pezen aan de duimzijde van de pols. Bij vrouwen ontwikkelt deze bewegingsklacht zich vaak tijdens of net na de zwangerschap. Ook mensen met suikerziekte of die al een vorm van reuma hebben, hebben een grotere kans om het Syndroom van Quervain te ontwikkelen. Daarnaast is het ook mogelijk dat het acuut ontstaat na een val of polsbreuk. [40] [41] [42]

Het symptoom dat bij het Syndroom van Quervain vooral voorkomt is pijn aan de duimzijde van de pols, soms trekt dit door tot in de onderarm. Deze pijn wordt verminderd worden door de duim rust te geven. Hiervoor wordt vaak een brace gebruikt. [43]

Tendinitis is een ontsteking van een pees. Dit ontstaat meestal door overbelasting van het gewricht. Ook kan het ontstaan bij mensen die al een vorm van reuma hebben als bijkomende klacht. Meestal komt tendinitis voor rondom de gewrichten in de schouder, elleboog en knie. Peesontstekingen zorgen voor 25% tot 50% van de sportblessures in Nederland, dit komt door overbelasting. Bij ouderen ontstaat dit door het afnemen van elasticiteit in de pezen. [44] [45]

De symptomen van tendinitis zijn vooral pijn, lichte zwellingen, stijfheid en de huid voelt warm. Hierbij kan ook vaak een slijmbeursontsteking ontstaan. [46]

Instabiliteitsklachten in de duim kan ontstaan door verschillende redenen. Vaak is dit een combinatie tussen een aangeboren slappe in de banden of gewrichten met een ongeluk of uit de kom schieten van het gewricht. Dit komt vaak wel in minimale maten voor omdat het duimgewricht erg mobiel is. Echter kan dit soms zo veel problemen opleveren dat het niet meer lukt om dingen goed vast te houden. [47] [48]

Een symptoom van duiminstabiliteit is pijn. Deze pijn lijkt erg op de pijn die bij artrose voorkomt. Vaak zijn de klachten op te lossen met een brace. Maar als deze erger worden, kan er ook een operatie plaatsvinden. Ook zal de duim regelmatig uit de kom schieten [49]

Na een **blessure** of **ongeval** wordt er ook weleens gebruik gemaakt van een brace. De brace geeft dat ondersteuning en bescherming. Ook zorgt de brace ervoor dat de duim minimaal bewogen wordt. Daarnaast kan het voorkomen dat een blessure of ongeval op langer termijn kan zorgen voor een blijvende bewegingsklacht.

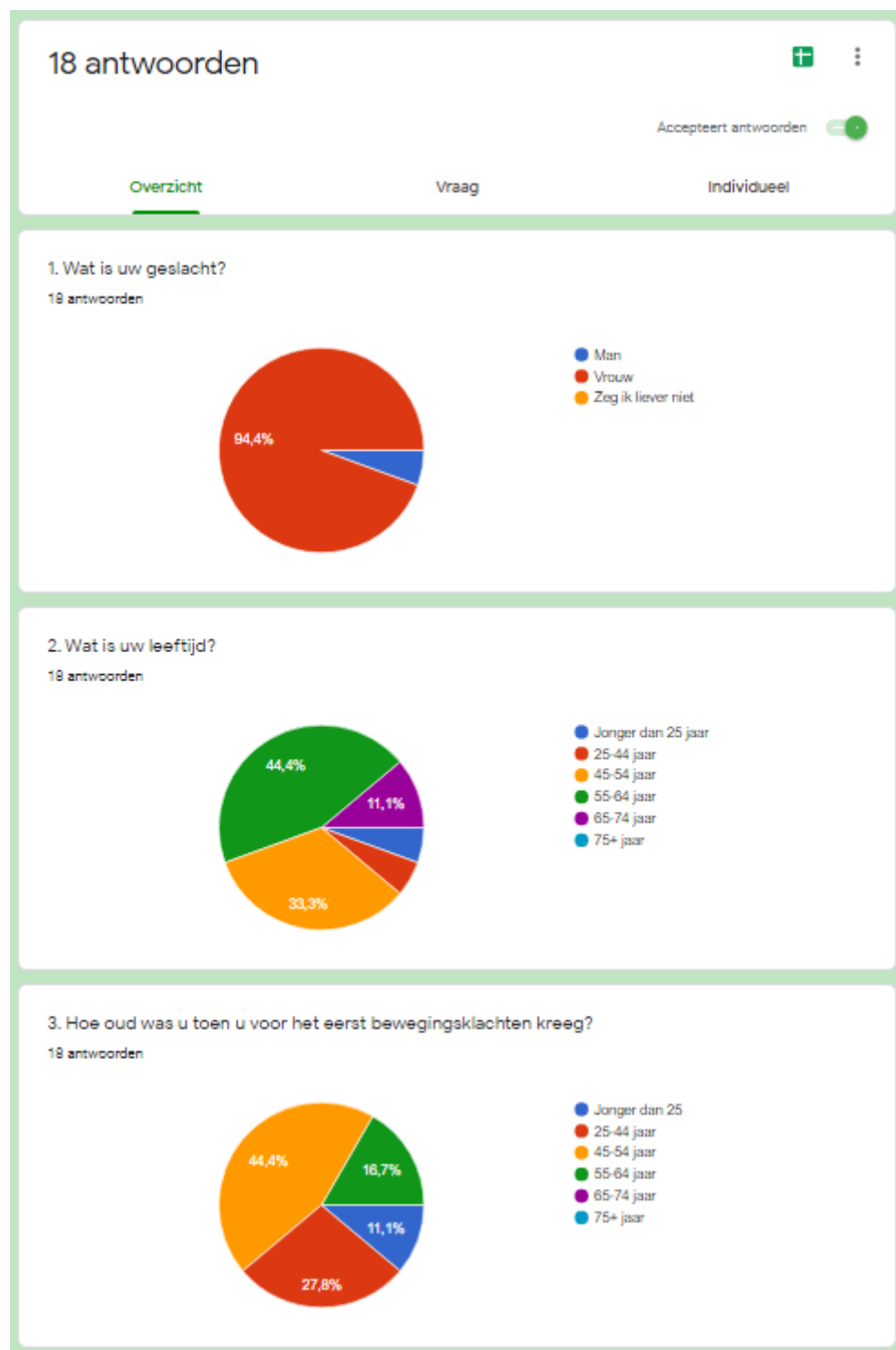
Ziektebeeld	Oorzaken	Kenmerken	Behandeling	Doelgroep
Artrose (CMC-1) (huisvrouwen-duim)	Slijtage van gewrichts-kraakbeen	Krachtverlies, zeurende pijn, verstijving v.h. gewricht (vermindering grijpfunctie en pincetgreep), zwelling of vervorming v.h. gewricht, inzakken van de duim	Bij gebruik van een brace is er aanzienlijke vermindering van de pijnklachten (duim wordt ondersteund)	25% is vrouw van 50+ 2-3% is man van 50+ Bijna 1,5 miljoen mensen
Reumatoïde artritis (RA) (Wordt vaak reuma genoemd)	Chronische aandoening Auto-immuunziekte	Pijn en zwellingen rondom de gewrichten, stijfheid, vermoeidheid en verminderde mobiliteit	Vermindering van pijnklachten bij gebruik brace , hand in neutrale stand houden. Vaak ook gebruik van medicijnen	Voornamelijk bij 40+ Ongeveer 260.000 mensen
Jicht Artritis urica Pseudojicht is jicht maar dan met calciumfosfaat, komt minder voor dan jicht.	Ontstekingsziekte die wordt veroorzaakt door een te hoge urinezuurspiegel in het lichaam. Actieve psoriasis, kanker, chemo, overgewicht, stress, purinerijk voedsel, aangeboren. Medicatie en alcoholgebruik kunnen het verergeren.	Urinezuur hoopt op doordat de stofwisseling niet optimaal verloopt, uraatkristallen ontstaan die neerslaan bij de gewrichten. Zorgt voor ontstekingen in gewrichten. Pijn, opgezwollen, rode huid, hoge bloeddruk. Jichtknobbels. 30% hoger risico op hart- en vaatziekten Eerste aanval vaak in de teen	Rust en het gewricht koelen verzacht de pijn. Vaak ontstekingsremmerde pijnstillers, soms ook colchicine (middel tegen jicht). Ook kan allopurinol. Voedingspatroon moet soms ook aangepast worden (alcohol en purinerijk voedsel weg). Ontgiftig ook mogelijk.	Voornamelijk bij mannen en vrouwen van 40+ Vrouwen meestal na de overgang Sommigen al op jonge leeftijd.
Fibromyalgie	Oorzaak is nog onbekend. Er zijn geen afwijkingen in de spieren en bindweefsel te vinden. Zou mogelijk met de hersenen te maken kunnen hebben, verkeerde afstelling in het pijncentrum. Waarschijnlijk niet erfelijk.	Chronische pijn in de spieren en bindweefsel. Gaat vaak samen met stijfheid, vermoeidheid, slaapstoornis, stemmingswisselingen, krachtverlies in de spieren. Daarnaast ook mogelijk: zwaar gevoel in de armen en benen, tinteling, branderig of verminderd gevoel in de huis, hoofdpijn, darmkrampen en buikpijn, opgezette vingers.	Geen behandeling die fibromyalgie geneest. Kan wel klachten verminderen. Medicijnen, ontspannings-oefeningen, fysiotherapie	2 tot 3% van alle mensen. 90% van de patiënten is vrouw van tussen de 25 en 45 jaar.

Ziekte van Bechterew Een soort van SpA (axiale spondyloarthritis) Andere benamingen: ankyloserende spondylitis (AS), spondylitis ankylopoetica, spondyl-artropathie(ën), de ziekte van Marie-Strümpell	Oorzaak onbekend. Auto-immuunziekte Erfelijk. Sommige mensen genetisch aangelegd dat ze de ziekte niet kunnen krijgen. Mogelijk zijn darm- en urineweginfecties een aanleiding. Afweersysteem slaat “op hol” waardoor het denkt dat de goede cellen kwade indringers zijn.	Ontstekingen zorgen voor chronische pijn en stijfheid, vaak ook zwellingen (vooral rond heupen, bilstreek en onderin de rug, soms ook nek-wervels en borstbeen). De wervels kunnen met elkaar vergroeien. Afwijkingen aan de bekken en wervelkolom. Daarnaast ook kans op oogontsteking, ontsteking aan pezen en pees-aanhechtingen, darm- en huidklachten. Ontstekingen in hart en andere organen in de latere fase ook mogelijk. Verhoogd risico op ontwikkelen van hart- en vaatziekten en botontkalking.	Afremming met medicatie tegen ontsteking en dagelijkse beweging mogelijk. Beweging geeft verbetering en rust geeft verslechtering	Ongeveer 1 op de 200 mensen. Begint meestal tussen 15 en 35 jaar. 90 % van de patiënten heeft gen HLA-B27. 8% van de bevolking heeft dit gen. Mannen en vrouwen zijn gelijk. Vaker binnen families
Syndroom van Quervain Morbus de Quervain Stenoserende tenosynovitis	Gevolg van irritatie en zwelling aan de pezen aan de duimzijde van de post. Hangt nauw samen met herhalende bewegingen van de duim, gekoppeld aan ongewone polsposities. Kan ook acuut ontstaan (na een val of polsbreuk)	De pees zwelt op en hierdoor is deze lastig te bewegen. Pijn aan duimzijde van de pols, soms ook onderarm. De pijn verergert bij herhaald gebruik van de hand en duim.	Doel van de behandeling is vermindering van de pijn. Duim rust geven met bijv. een spalk. Gebruik van Ontstekingsremmende medicatie om de zwelling en pijn te verminderen. Soms is er zelfs een operatie nodig.	Bij vrouwen vaak tijdens of net na het zwangerschap door de hormonen. Mensen met suikerziekte of reuma hebben ook een grotere kans
Carpaletunnel-syndroom (CTS)	Zwelling van de bekleding van de pezen die door de carpaal tunnel, overgang tussen pols en hand, lopen. De zenuw raakt bekneld. Kan gevolg zijn van irritatie door reuma, na forse handenarbeid of na een breuk	Verzameling klachten die te maken hebben met de beknelling van de middelste armzenuw. Tintelend of pijnlijk gevoel in de hand en de vingers, vooral duim, wijs- en middelvinger. Ook kans op verdoofd gevoel en vermindering van kracht	Vaak wordt er gekozen om te opereren. Dit is ingrijpend en brengt risico's met zich mee. Bijv. infecties en nabloedingen, soms zelfs dystrofie (opzwelling van de gehele hand). Goed alternatief is het dragen van een polsbrace, deze wordt vooral 's nachts gedragen	Kan voorkomen bij zwangerschap 62% van de mensen heeft minder last na een jaar 's nachts dragen van brace

<https://www.volksgezondheidenzorg.info/ranglijst/ranglijst-aandoeningen-op-basis-van-v%C3%B3%C3%B3rkomen#>

Artrose	https://www.all4fysio.nl/aandoeningen/hand-polsklachten/cmc-artrose.html https://www.nhg.org/standaarden/volledig/nhg-standaard-hand-en-polsklachten?tmp-no-mobile=1 https://www.ocon.nl/patienten/aandoeningen-en-behandelingen/artrose-van-het-cmc-i-gewricht https://bracewijzer.nl/bewegingsklachten/aandoeningen/artrose/
Reumatoïde artritis	https://bracewijzer.nl/bewegingsklachten/aandoeningen/hoe-een-brace-kan-verlichting-kan-bieden-bij-reuma/ https://reumanederland.nl/reuma/vormen-van-reuma/reumatoide-artritis-ra/
Jicht	https://reumanederland.nl/reuma/vormen-van-reuma/jicht/?gclid=Cj0KCQjwy6T1BRDXARIsAlqCTXrBZORvbUMnqEhy9eqYlQgwpxm pVR44oPqvS6cEx64tevxS09hLXBAAaonuEALw_wcB https://jicht.nl/?gclid=Cj0KCQjw7qn1BRDqARIsAKMbHDY-W0Tkip70KqIv4AkJn9Rz7fzmr2nKxyx6kKSfVXDYIH7vvpN1NAaAvlxEALw_wcB https://fysiotherapietilburg.nl/aandoeningen/pols-of-hand/ https://fysiotherapietilburg.nl/aandoeningen/algemeen/ https://fysiotherapietilburg.nl/aandoeningen/algemeen/jicht/
Fibromyalgie	https://reumanederland.nl/reuma/vormen-van-reuma/fibromyalgie/?gclid=Cj0KCQjw7qn1BRDqARIsAKMbHDZFbzruGLOXU3TvpF9Jx6SIxcl0tGR8HB-qFbXwQjw0W06nsFyWyasaAujuEALw_wcB https://www.medinello.nl/fibromyalgie/ https://www.hierhebikpijn.nl/aandoening/110/fibromyalgie https://www.umcutrecht.nl/nl/ziekenhuis/ziekte/fibromyalgie https://www.zorgwijzer.nl/zorgwijzers/fibromyalgie https://www.dokter.nl/nieuws/ziekte-aandoeningen/wie-kan-fibromyalgie-krijgen/
Ziekte van Bechterew	https://reumanederland.nl/reuma/vormen-van-reuma/axiale-spondyloartritis/?gclid=Cj0KCQjw7qn1BRDqARIsAKMbHDYMKiAXUK7ciJ7p-isX4yVYvWkKosxwYyQl8ui0Y0tvtxHVvydq45gaAkRqEALw_wcB https://www.umcutrecht.nl/nl/ziekenhuis/ziekte/ziekte-van-bechterew https://www.thuisarts.nl/ziekte-van-bechterew/ik-heb-axiale-spondyloartritis https://fysiotherapietilburg.nl/aandoeningen/wervelkolom/bechterew/
Syndroom van Quervain	https://www.isala.nl/patientenfolders/5505-het-syndroom-van-de-quervain/ https://rsi-vereniging.nl/over-rsi/diagnose/diagnoses-a-z/morbus-de-quervain/?gclid=Cj0KCQjw7qn1BRDqARIsAKMbHDY_QSi3AxSErZAF95UiYpeJgc-RcGZswwc6BrfzmlSZt0kEa7qaWbwaAgx4EALw_wcB https://www.xpertclinic.nl/aandoeningen/de-quervain https://www.ocon.nl/patienten/aandoeningen-en-behandelingen/de-quervain#behandeling
Carpaletunnelsyndroom	https://mens-en-gezondheid.infonu.nl/aandoeningen/188514-polsbrace-gebruiken-bij-carpaletunnelsyndroom.html https://www.mijnbrace.nl/het-dragen-van-een-polsbrace-kan-een-operatie-voorkomen https://www.thuisarts.nl/carpaletunnelsyndroom https://www.nvvn.org/patienteninfo/zenuwletsels/carpaal-tunnel-syndroom/ https://www.gezondheidsplein.nl/aandoeningen/carpaal-tunnel-syndroom/item40497 https://richtlijnendatabase.nl/richtlijn/carpaletunnelsyndroom_cts/startpagina_-_carpaletunnelsyndroom_cts.html

BIJLAGE 4 – ENQUÊTE



4. Welke bewegingsklacht(en) heeft u (gehad)?

18 antwoorden

Fibromyalgie dus overal in spieren, pezen en gewrichten.

Pijnlijke vingers, duim en tenen

Zware terugkomende kneuzing aan duim door volleybal

Duimbasis en carpaal en Triggerfinger

Geen kracht meer in de duim door Artrose

Dystrofie en reuma en artrose

Vooral de fijne motoriek , schrijven , knippen , kleine dingen pakken , wringen .

Pijn in beide duimen, artose

Artrose fibromyalgie Carperaal tunnel syndroom

Slijtage

"Bevriezing" duim niet meer kunnen buigen pijnklachten ook in de muis

Onderkant gewricht linkerduim

Pijnlijk gewricht van de duim , zwelling , steken er door heen

Nog

Triggerfinger

Pijn in mijn muis, kan geen kracht zetten met mijn handen, vingers die verkrampen, hierdoor minder mobiliteit in mijn handen, kan geen draaibewegingen maken, stuur van mijn fiets niet meer vast houden, verpakkingen open maken gaat moeilijk

Duim is gezwollen en pijn

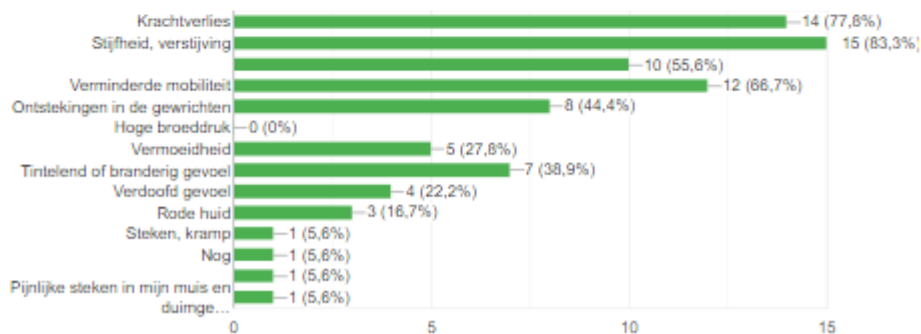
5. Wanneer heeft u de bewegingsklacht gehad? (Denk hierbij aan oorzaak en/of lichamelijke veranderingen.)

18 antwoorden

- Ruim 20 jaar terug tot nu ook nog steeds
- Nog steeds aanwezig
- Hard geslagen volleybal die de duim verkeerd raakt
- Zwaar lichamelijk werk gedaan.
- Klachten zijn blijvend. Probeer met oefeningen toch wat kracht in de duim te behouden.
- van de enne dag op de andere met iets vastpakken
- Iedere dag , vaak denk je niet na bij wat je doet , je kon altijd alles !!!! Vermoeidheid , stress , spelen ook mee .
- Vooraf bij wringen en schillen
- Vanaf 1996
- Artrose
- Type of schrijfwerk of veel dezelfde bewegingen met eten schillen etc.
- Heel wisselend, geen duidelijke oorzaak of verklaring
- Ooit ben ik erg hard gevallen op mijn hand, duim gewricht. Heb veel gewricht klachten in mijn hele lijf
- Nog
- Van de hand eerder operatie gehad botje gebroken in duim op lagereschool leeftijd
- Afgelopen oktober tot vorige week een operatie
- Rond mijn 35e begonnen de klachten, oorzaak onbekend
- Bij veelvuldig gebruik, bv poetsen

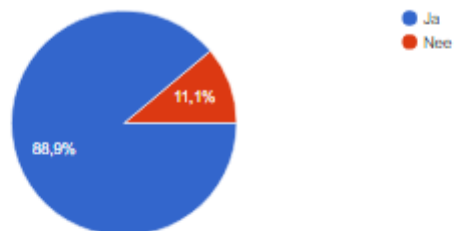
6. Wat zijn de symptomen die u heeft (gehad)?

18 antwoorden



7. Treedt momenteel de bewegingsklacht nog op?

18 antwoorden



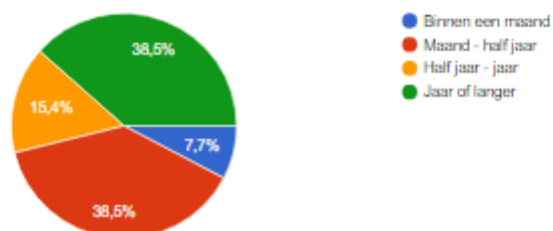
8. Wordt uw bewegingsklacht momenteel behandeld?

18 antwoorden



9. Hoelang heeft het geduurd voordat uw bewegingsklacht werd behandeld?

13 antwoorden



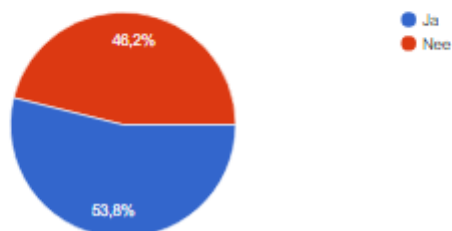
10. Op welke manier wordt of werd de bewegingsklacht behandeld?

13 antwoorden

- Uiteindelijk trapezectomie
- Oefeningen via handenkliniek, pijnstilling
- Fysio en operatie
- fysiotherapie en een duimbrace.
- Via hand fysiotherapie
- Revalidatie programma.
- Brace, later silverplint
- Fysiotherapeut, manueeltherapeut
- Pillen fyo onderzoek
- Een spuit erin gezet bij huisarts „kort erna geopereerd
- Ik ben toevallig vorige week geopereerd! Hechtingen zitten er nog in
- Door de revalidatiearts ben ik door verwezen naar de handtherapeut, na bijna 1 1/2 jaar geopereerd aan mijn re hand
- Medicatie, pijnstillers zonder verbetering

11. Wordt of werd er voor de behandeling een brace of spalk gebruikt? (Vraag 12 en 13 hoeft u niet te beantwoorden)

13 antwoorden



12. Wat is de reden dat uw bewegingsklacht niet wordt of werd behandeld?

12 antwoorden

Klachten waren in het begin niet altijd aanwezig. In loop van tijd worden ze erger. Samen met huisarts besloten toch maar een verwijzing reumatoloog.

Leek me niet zinnig voor een kneuzing

Nvt

Ziekte waardoor er geen vooruitgang zou zijn en slijtage

Slijtage, niets aan te doen vlgs ha, blijven bewegen

Corona word elke keer uitgesteld

Artrose knie erger

Nooit door medici naar laten kijken

Niks aan te doen ze het huisarts

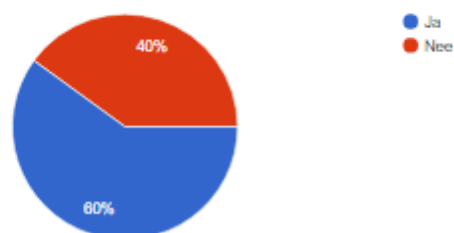
Wel behandelt

Omdat het niet uit zichzelf weg kan en ik nog maar 21 ben en ik chronisch pijn had

Huisarts zegt dat arthrose niet te verhelpen is

13. Heeft u een brace of spalk aangeschaft om zo de bewegingsklacht te behandelen en/of verminderen?

15 antwoorden



Gebruik van een brace

1. Van wat voor soort brace maakt u gebruik? (Denk hierbij onder andere aan de uitstraling, hardheid, materiaal, insluiting, maatvoering, etc.)

12 antwoorden

Nu silversplints

"Push Sports Duimbrace" met hard deel dat de beweging naar achteren blokkeert

Via hand en pols kliniek een kunststoffen brace met klittenband sluiting.

Thuasne brace, deze is verstevigd met ijzerdraad zodat de duim in de goede posistie blijft staan.

Zilveren brace

Zilver splint

Reuma handschoenen

Brace met balijnen, en een flexibele brace

Silversplint

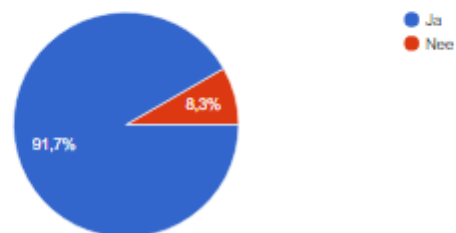
Duim en pols brace

1 van de handtherapeut maar veel te hard op de duimbasis heel veel verschillende gehad en nu draag ik er 1 van action met klittenband elastisch is deze net ietste weinig steun voordeduim maar geeft verder verlichting tijdens huishoudelijk werk

Rhizo forte, een fijne brace die ook nat kan worden.

2. Heeft u profijt van de behandeling met brace?

12 antwoorden



3. Op welke momenten draagt of droeg u de brace en hoe vaak komen deze momenten voor?

12 antwoorden

Overdag, behalve de rust momenten, s nachts een flexibele brace

Altijd tijdens volleybal

Nachtbrace

Meestal 's nachts. Overdag erg onhandig ook met handen wassen.

Bijna 24 uur

Altijd, doe hem alleen 's nachts af.

Dagelijks, doe ze uit als ik met water bezig ben

Met periodes van elke keer paar weken om te laten rusten

Heb deze altijd aan

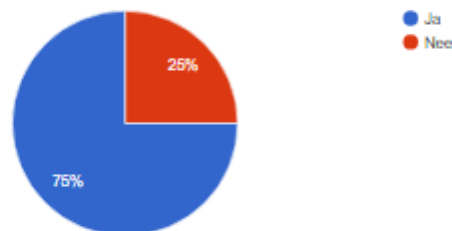
Als het de pijn erg is

Heel de dag door in de avond gaat hij af en tijdens koken

Links dagelijks, rechts na operatie aan het afbouwen

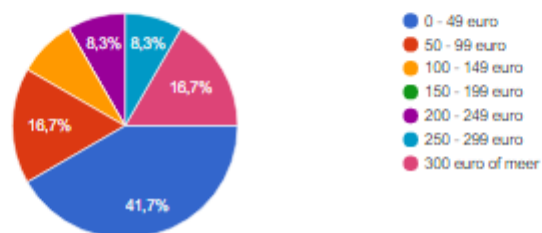
4. Bent u tevreden met de uitstraling van de brace die u gebruikt of heeft gebruikt?

12 antwoorden



5. Hoe duur is de brace? Als u meerdere braces heeft gebruikt, kunt u de prijs van de laatste brace invoeren.

12 antwoorden



6. Wat zijn de positieve aspecten aan de brace?

12 antwoorden

- Silversplints zijn verzilverd, dus mooie uitstraling.
- Helpt terugkomen van mijn blessure voorkomen
- Immobiliteit, reminder om niet te overbelasten.
- fixeert de duim
- Dat het op een sieraad lijkt
- Het beperkt mijn doen en laten , maar daardoor minder pijn !
- Minder pijn
- Geeft rust
- Het ontziet het duimgewricht. En ziet er uit als n sieraad
- Rust
- Makkelijk te verstellen door het klitteband
- Goede mobiliteit, kan in water

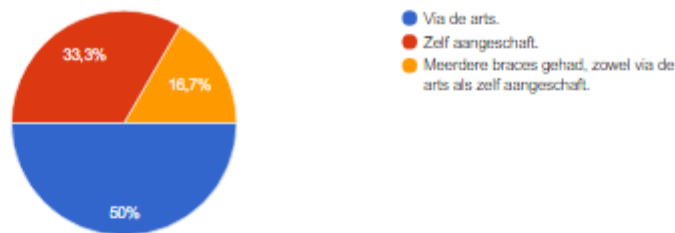
7. Wat zijn de negatieve aspecten aan de brace?

12 antwoorden

- Niet meer, eerst wennen en vaak bijstellen.
- Niet ademend genoeg tijdens sporten
- Stug, moeilijk schoon te krijgen.
- omdat het stijf materiaal is, is de mobiliteit van de duim niet soepel
- Je bewegings vrijheid neemt af en alles beschadigd
- Tegenstrijdig , maar het beperkt me .
- Onhandig steeds aan en uit doen
- Zweet warm broeierig stijf
- Soms irriteert het
- Soms irriteert het
- Kan er niks mee doen
- De duim zou eigenlijk iets meer steun mogen hebben
- Het klittenband gaat pluizen

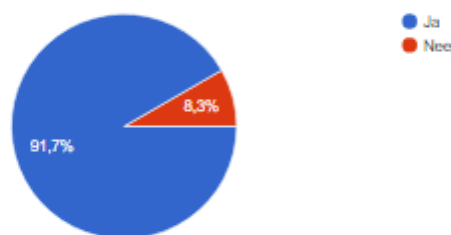
8. Is de brace via de arts aangeboden of heeft u de brace zelf aangeschaft?

12 antwoorden



9. Staat u open voor een brace die op maat gemaakt is met behulp van 3D printen?

12 antwoorden



10. Waarom wel of waarom niet?

12 antwoorden

- Daar heb ik resultaten van gezien.
- Mits betaalbaar zou het kunnen helpen om precies voor mijn specifieke blessure ontworpen te zijn
- Precies op maat is altijd fijn maar dan wel van zacht materiaal.
- Misschien heb ik er baat bij
- Ik denk dat de pasvorm dan nog nauwkeuriger is het gaat soms om mm werk.
- Is nauwkeurig.
- Lijkt me wel handig, precies op maat
- Wil alles wel proberen
- Is nog beter op de persoon aangepast
- ???
- Zou dan wel willen weten waar het materiaal uit bestaat en en hoe de duim voorzien wordt bij ondersteuning
- Sta open voor nieuwe ontwikkelingen

11. Zou u mij willen helpen met het testen van nieuwe braces, voor mijn afstudeerproject? Als u interesse hierin heeft, kunt u uw mailadres hieronder invullen. (Hierbij gaat het om het geven van feedback en verbeterpunten. Indien nodig zal dit digitaal plaatsvinden.)

11 antwoorden

BIJLAGE 5 – MATERIAAL

Eisen voor het materiaal zijn:

7. 3D printen mogelijk
8. Huidvriendelijk
9. Antibacterieel
10. Waterbestendig/-afstotend
11. Vuilafstotend
12. Goed schoon te maken (ook met schoonmaakmiddelen)

<https://www.rapidprototyping.nl/3d-prototyping/materialen/>
<https://www.oceanz.eu/producten-en-service/materialen/kunststof/>

EN-ISO 10993-1

Biologische evaluatie van medische hulpmiddelen. Gecategoriseerd op basis van de functie en duur van contact met het lichaam. Dit gaat alleen om producten die direct of indirect in contact komen met het lichaam van de patiënt. Ook gaat dit niet om de werking van het hulpmiddel en het mogelijk falen hiervan.

<https://www.scc-gmbh.de/business-units/medical-devices/biological-evaluation-medical-devices-biocompatibility>
<https://www.nen.nl/NEN-Shop/Norm/NENENISO-109931200910-en.htm>
<https://connect-nen-nl.ezproxy.hhs.nl/Standard/Detail/140147?compId=10099&collectionId=0>

PA12 (Nylon)

- Hoge stijfheid
- Goed bestand tegen chemicaliën (ook over een langere periode)
- Voldoet aan EN ISO 10993-1
- Wat taaier en flexibeler dan PC
- Meest geschikt materiaal voor een spuitlak (op fijne laagdikte te verwerken en vriendelijk na te bewerken)
- Kan geïmpregneerd worden met een Nano-Composiet PU (extra stevigheid)
- Goede oppervlaktekwaliteit
- Mechanische en chemische kwaliteiten
- Wordt vaak gebruikt voor Digital Manufacturing (produceren van series producten zonder investering in matrijzen en/of gereedschap)

Part properties	Value	Unit
Part colour	White	-
Part density	0.93	g/cm ³
Minimum wall thickness	0.7	mm
Layer thickness	0.1 – 0.12	mm
Max. product size	675 x 366 x 545	mm
Tensile modulus	1650	MPa
Tensile strength XY	48	MPa
Tensile strength Z	42	MPa
Strain at break XY	18	%
Strain at break Z	4	%
Shore hardness	75	Shore D
Melting temperature	185 - 189	°C

FIGUUR 67. MATERIAALEIGENSCHAPPEN PA12

<https://www.rapidprototyping.nl/3d-prototyping/materialen/nylon-pa12/>
<https://www.oceanz.eu/producten-en-service/materialen/Oceanz-PA12/>
https://www.oceanz.eu/uploads/Oceanz_3D_printing_PA12.pdf

PLA

- Eenvoudig materiaal om mee te printen
- Trekt het vocht uit de lucht aan, breekt dus sneller af in de buitenlucht
- Licht flexibel
- Redelijk sterk

https://www.123-3d.nl/page/pla_filament.html

PC/ABS blend

- Stabiel
- Maatvast
- Temperatuurbestendig
- Typisch voor groter formaat

ABS

- Bij 3d printen heeft het een beperkte laaghechting
- Aanzienlijk geringere eindsterkte

<https://www.rapidprototyping.nl/3d-prototyping/materialen/abs/>

Rubberachtig materiaal (Oceanz Flexible)

- Thermoplastische elastomer
- Hoge elasticiteit en sterkte
- Goede chemische weerstand
- Uitstekende stabiliteit op langer termijn
- Typische toepassingen zijn volledig functionele en flexibele kunststof onderdelen
- Heeft rubberachtig vermoeidheidsgedrag

Part properties	Value	Unit
Part colour	Natural	-
Part density	0.97	g/cm ³
Minimum wall thickness	1.0	mm
Layer thickness	0.10	mm
Max. product size	192 x 240 x 315	mm
Tensile modulus XY	75	MPa
Tensile modulus Z	80	MPa
Tensile strength XY	8	MPa
Tensile strength Z	6	MPa
Strain at break XY	200	%
Strain at break Z	70	%
Hardness	35	Shore D
Melting temperature	150	°C

FIGUUR 68. MATERIAALEIGENSCHAPPEN RUBBERACHTIG MATERIAAL

<https://www.oceanz.eu/producten-en-service/materialen/Oceanz-Flexible/>

https://www.oceanz.eu/uploads/Oceanz_Flexible.pdf

PAGF (PA met glasparels)

- Hoge stijfheid
- Hoge mechanische slijtvastheid
- Goed weerstand tegen thermische belasting (ook constant op langer termijn)
- Zeer nauwkeurig
- Goede oppervlaktekwaliteit

Part properties	Value	Unit
Part colour	Whitish	-
Part density	1.22	g/cm ³
Minimum wall thickness	1.5	mm
Layer thickness	0.1 – 0.12	mm
Max. product size	335 x 335 x 603	mm
Tensile modulus XY	3200	MPa
Tensile modulus Z	2500	MPa
Tensile strength XY	48	MPa
Tensile strength Z	42	MPa
Strain at break XY	9	%
Strain at break Z	5.5	%
Shore hardness	80	Shore D
Melting temperature	185 - 188	°C

FIGUUR 69. MATERIAALEIGENSCHAPPEN PAGF

<https://www.oceanz.eu/producten-en-service/materialen/oceanz-pagf/>
https://www.oceanz.eu/uploads/Oceanz_3D_printing_PAGF.pdf

PA11 (Nylon)

- Hoge rek-bij-breuk, elasticiteit en slagvastheid
- Voldoet aan EN ISO 10993-1
- Mag in contact met voedsel, EU No 10/2011
- Wordt veel toegepast bij volledig functionerende producten van hoge kwaliteit
- Goede vervanging van spuitgieten (geen mal nodig)
- Wordt veel gebruikt voor protheses en ortheses, productie voldoet aan normen hiervoor
- Polijsten, kleuren en coaten is mogelijk

Part properties	Value	Unit
Part colour	Whitish	-
Part density	0.95	g/cm ³
Minimum wall thickness	1.0	mm
Layer thickness	0.10 - 0.12	mm
Max. product size	335 x 335 x 603	mm
Tensile modulus XY / Z	1700 / 1800	MPa
Tensile strength XY / Z	45 / 38	MPa
Strain at break XY / Z	28 / 14	%
Charpy Impact strength (notched)	5.1 / 3.9	kJ/m ²
Izod Impact strength (notched)	6.5 / 4.8	kJ/m ²
Melting temperature	200	°C

FIGUUR 70. MATERIAALEIGENSCHAPPEN PA11

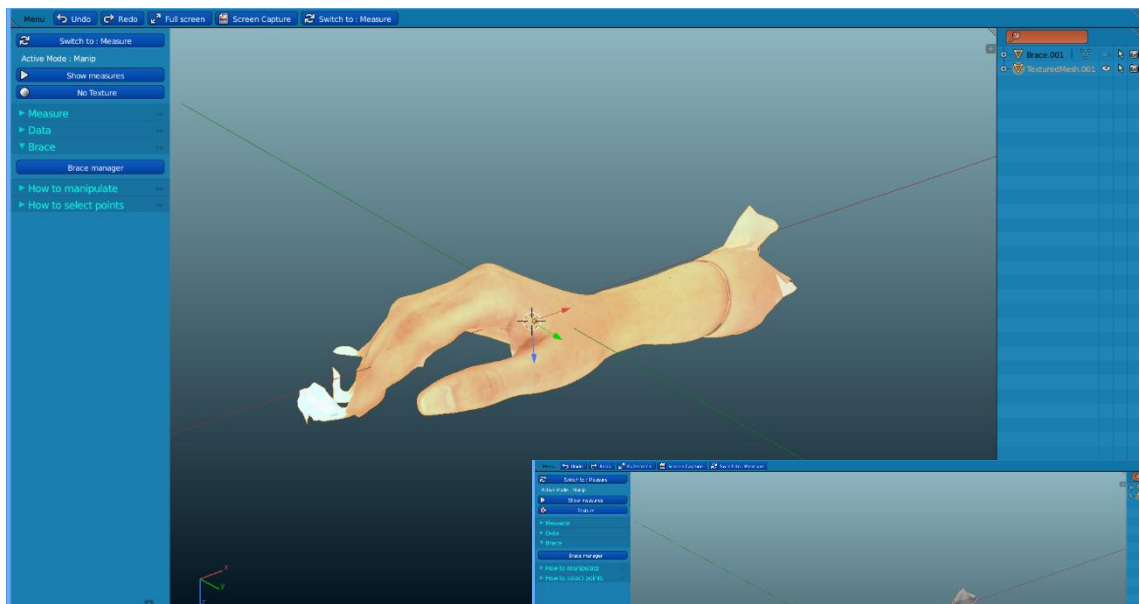
<https://www.oceanz.eu/producten-en-service/materialen/oceanz-pa-11/>
https://www.oceanz.eu/uploads/Oceanz_3D_printing_PA11.pdf

BIJLAGE 6 – SOFTWARE

Hoe werkt de software waar gebruik van gemaakt wordt?

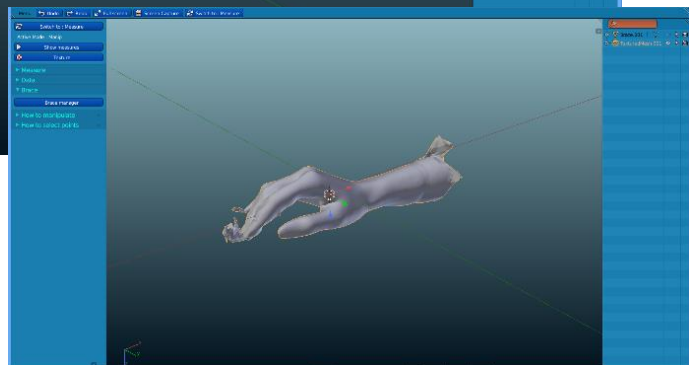
- Wat zijn de mogelijkheden?
- Hoe gebruiksvriendelijk is het?
- Kunnen er ingestelde richtlijnen ingezet worden?

De software van Vectory3 heet Metrix en is vrij eenvoudig te begrijpen. Het is gemaakt vanuit Blender. Er zijn verschillende opties mogelijk. Er zijn opties waarbij bepaalde stukken gemeten kunnen worden, onder andere de lengte en het volume. Deze gegevens zijn erg nauwkeurig. De gebruiker van de software moet zelf de punten aanklikken die nodig zijn voor het meten. De nauwkeurigheid van de gemeten waarde is dus afhankelijk van de nauwkeurigheid van de gebruiker van de software.

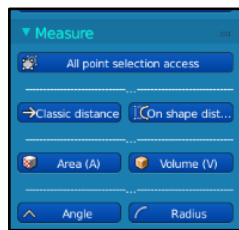


FIGUUR 71. HANDSCAN MET TEXTUUR

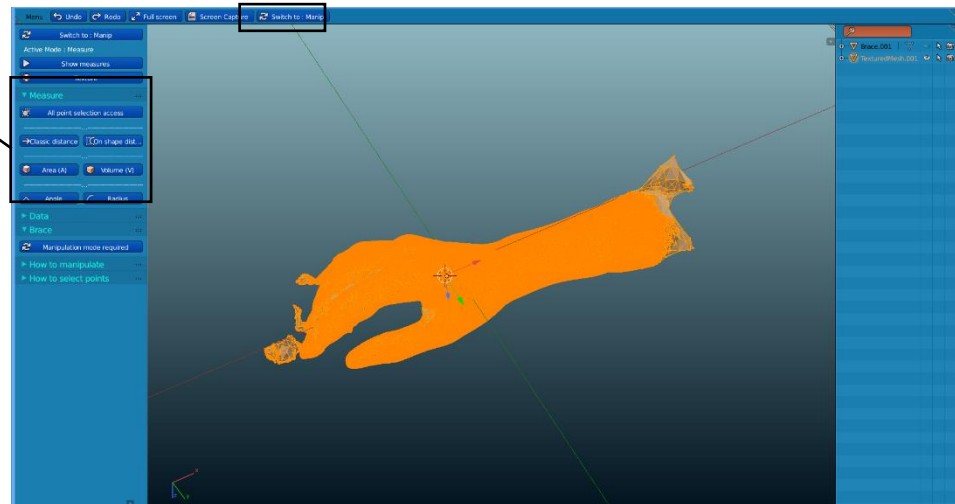
Dit is de Lay-out van Metrix. Hierin is ook zeer gedetailleerd een hand te zien. Het is ook mogelijk om de hand te bekijken zonder dat de huid erop te zien is. Het model is te roteren en kan vanaf alle kanten bekeken worden.



FIGUUR 72. HANDSCAN ZONDER TEXTUUR



FIGUUR 73.
MEETMOGELIJKHEDEN

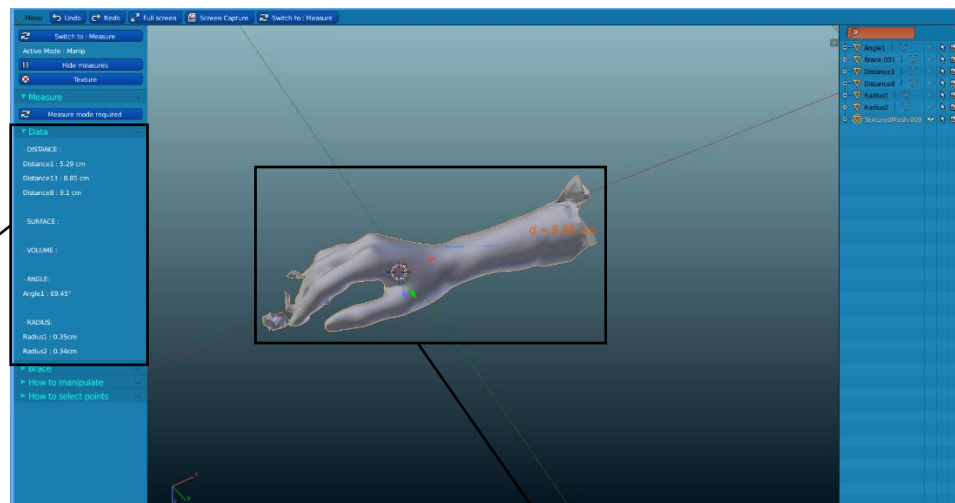


FIGUUR 74. HANDSCAN GESELECTEERD

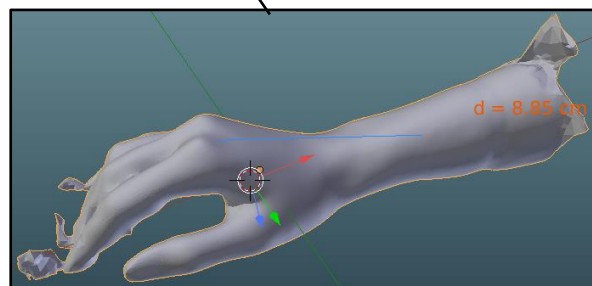
Voordat er gemeten kan worden, moet het model geselecteerd worden en de optie *Measure* moet aangeklikt worden. Er zijn zes verschillende meetmogelijkheden. Deze staan is het menu aangegeven.

- *Classic Distance* = De afstand tussen twee geselecteerde punten, gemeten in een rechte lijn;
- *On Shape Distance* = De afstand tussen twee geselecteerde punten, gemeten via de kortste weg over de hand;
- *Area* = De oppervlakte van een geselecteerd deel;
- *Volume* = Het volume van een geselecteerd deel;
- *Angle* = De hoek tussen drie geselecteerde punten;
- *Radius* = De radius tussen drie geselecteerde punten.

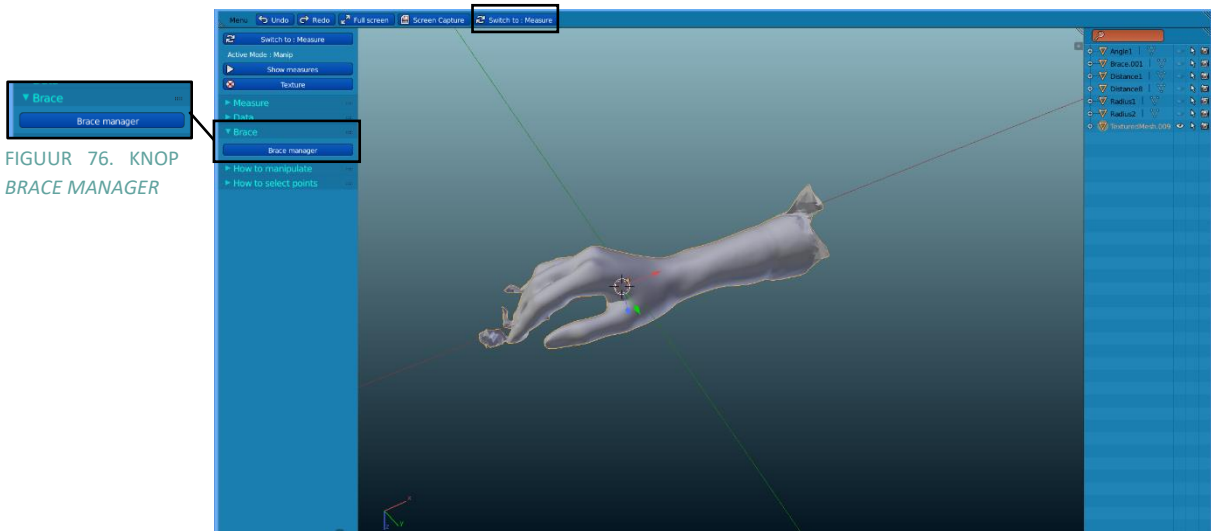
De gemeten gegevens komen zowel bij het model te staan als in een rij onder het menu.



FIGUUR 75. DE DATA



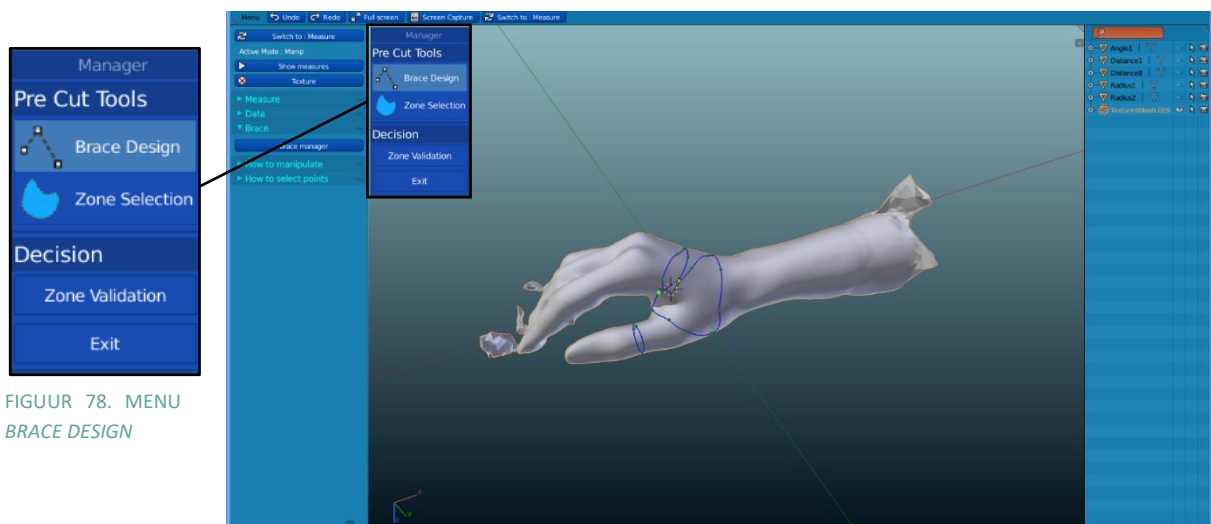
Voor het maken van een brace moet er gekozen worden voor de optie *Manipulate*. Hierna wordt het menu *Brace* uitgevouwen. Hierna wordt er geklikt op de knop *Brace manager*. Dit kan alleen gekozen worden als het model is geselecteerd.



FIGUUR 76. KNOP
BRACE MANAGER

FIGUUR 77. LAY-OUT MANIPULATION

De stappen voor het creëren van een brace zijn duidelijk aangegeven. Nadat *Brace Manager* is gekozen, klapt er een menu uit. Dit zijn de stappen voor het creëren van een brace. Na het kiezen van de eerste stap, *Brace Design*, kunnen de buitenlijnen van de brace direct getekend worden.



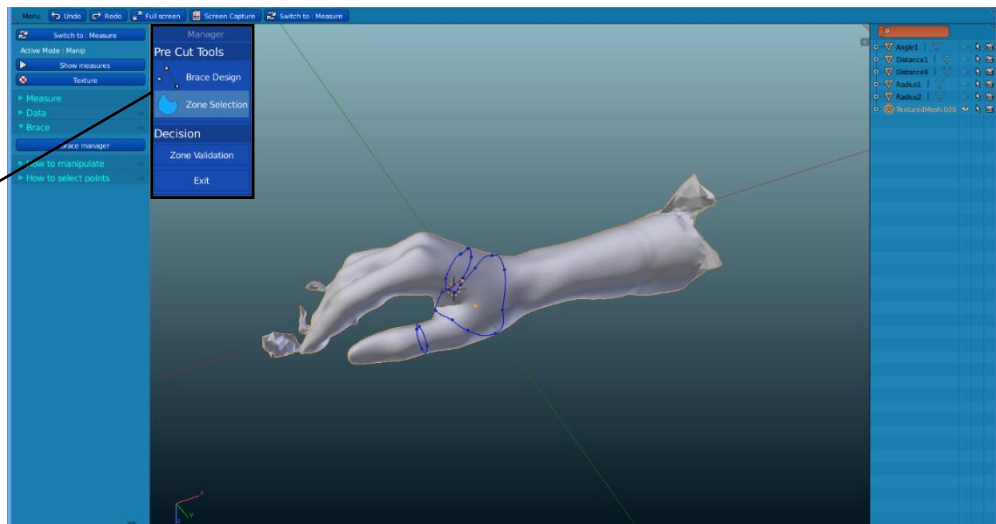
FIGUUR 78. MENU
BRACE DESIGN

FIGUUR 79. MODEL MET BRACE DESIGN

Nadat de vormen kloppen, kan de volgende stap aangeklikt worden. Dit is *Zone Selection*. Hiermee kan het gebied gekozen worden waarvan de brace gemaakt moet worden. Als het juiste gebied is geselecteerd, wordt dit goedgekeurd door middel van *Zone Validation*. Hierna kan de vorm niet meer aangepast worden zonder helemaal opnieuw te moeten beginnen. Het is dus belangrijk dat de vorm nog even gecontroleerd wordt voordat het goedgekeurd wordt.



FIGUUR 80. MENU
ZONE SELECTION

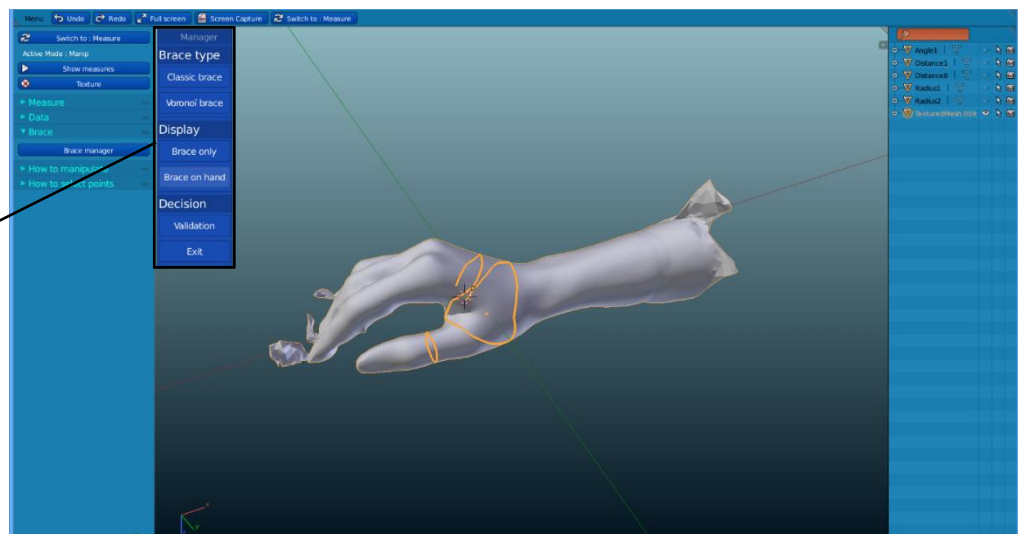


FIGUUR 81. MODEL MET ZONE SELECTION

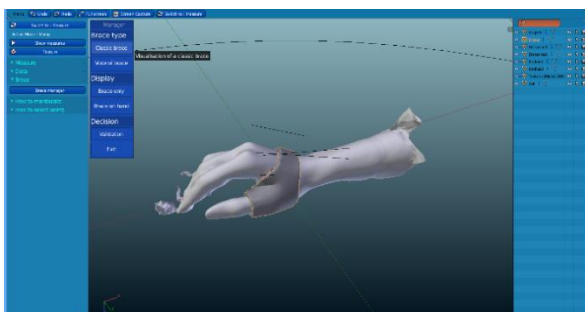
Hierna wordt er een nieuw menu uitgeklaapt. Hierin kan de keuze gemaakt worden voor de opvulling van de brace. De keuze is *Classic Brace* of *Voronoi Brace*.



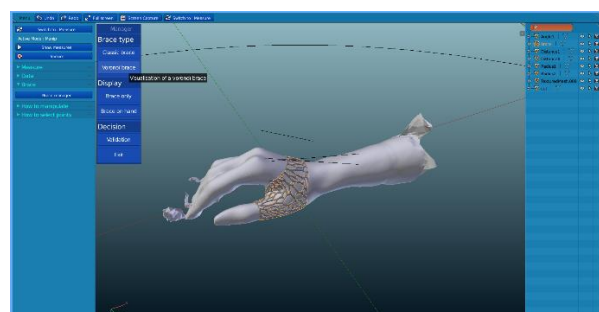
FIGUUR 82. MENU
MET BRACE
INSTELLINGEN



FIGUUR 83. MODEL MET DE BUITENLIJNEN VAN DE BRACE

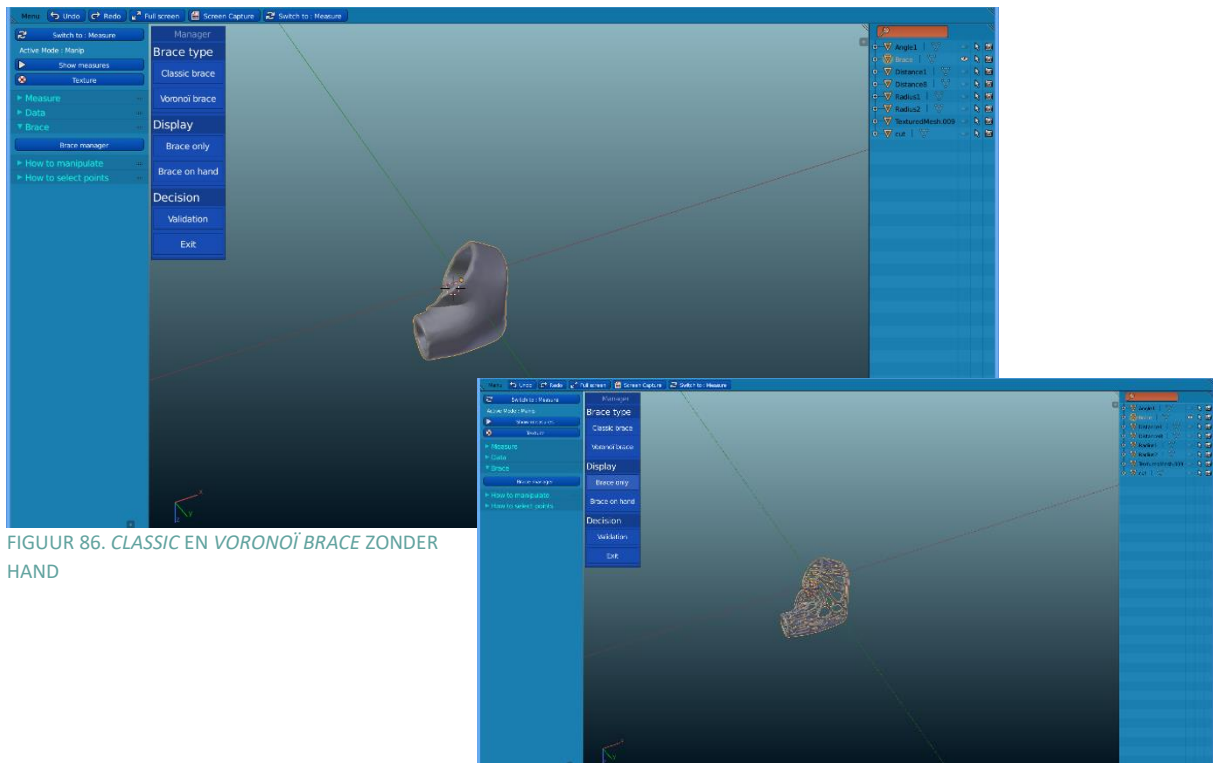


FIGUUR 84. CLASSIC BRACE OP DE HAND



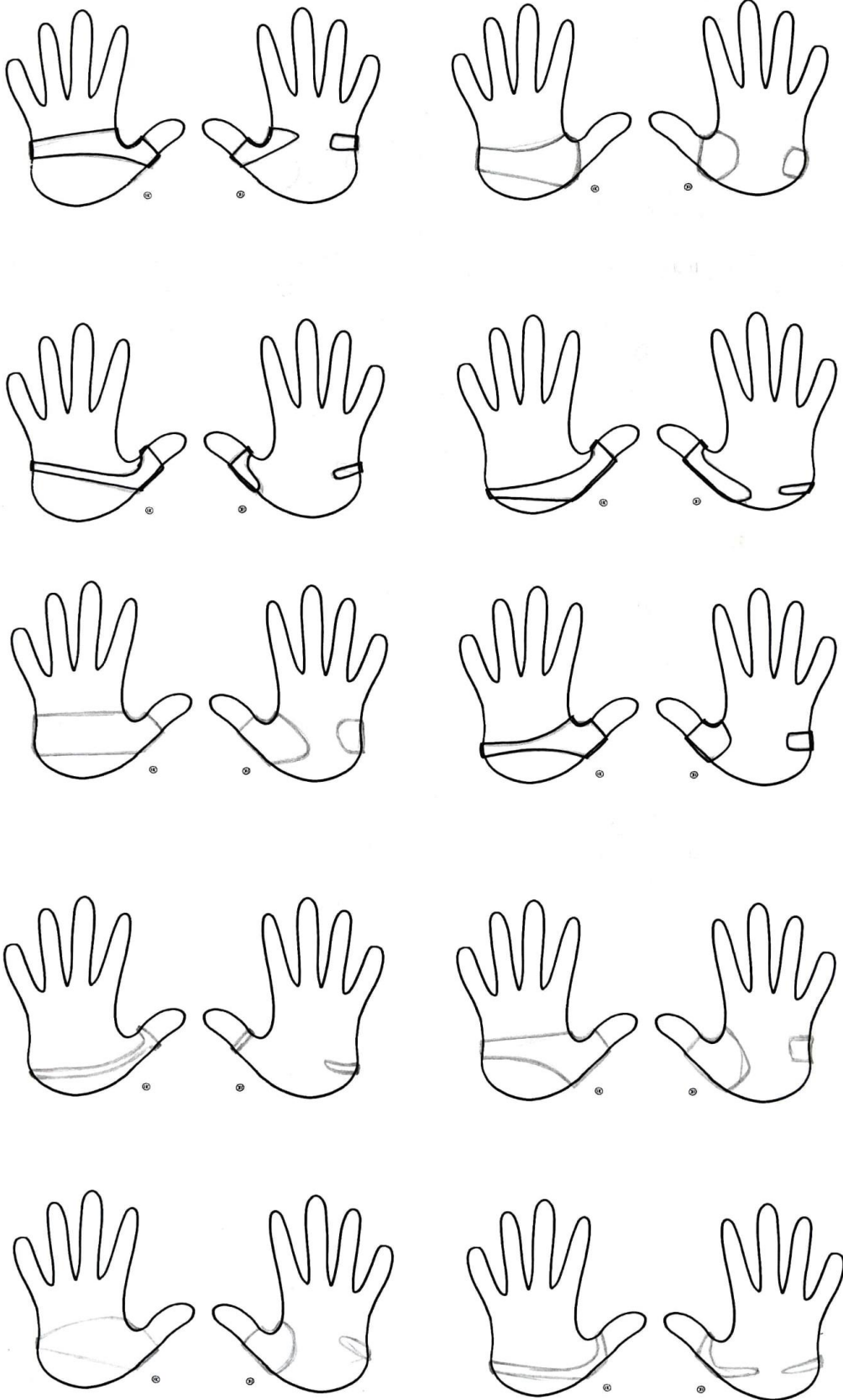
FIGUUR 85. VORONOI BRACE OP DE HAND

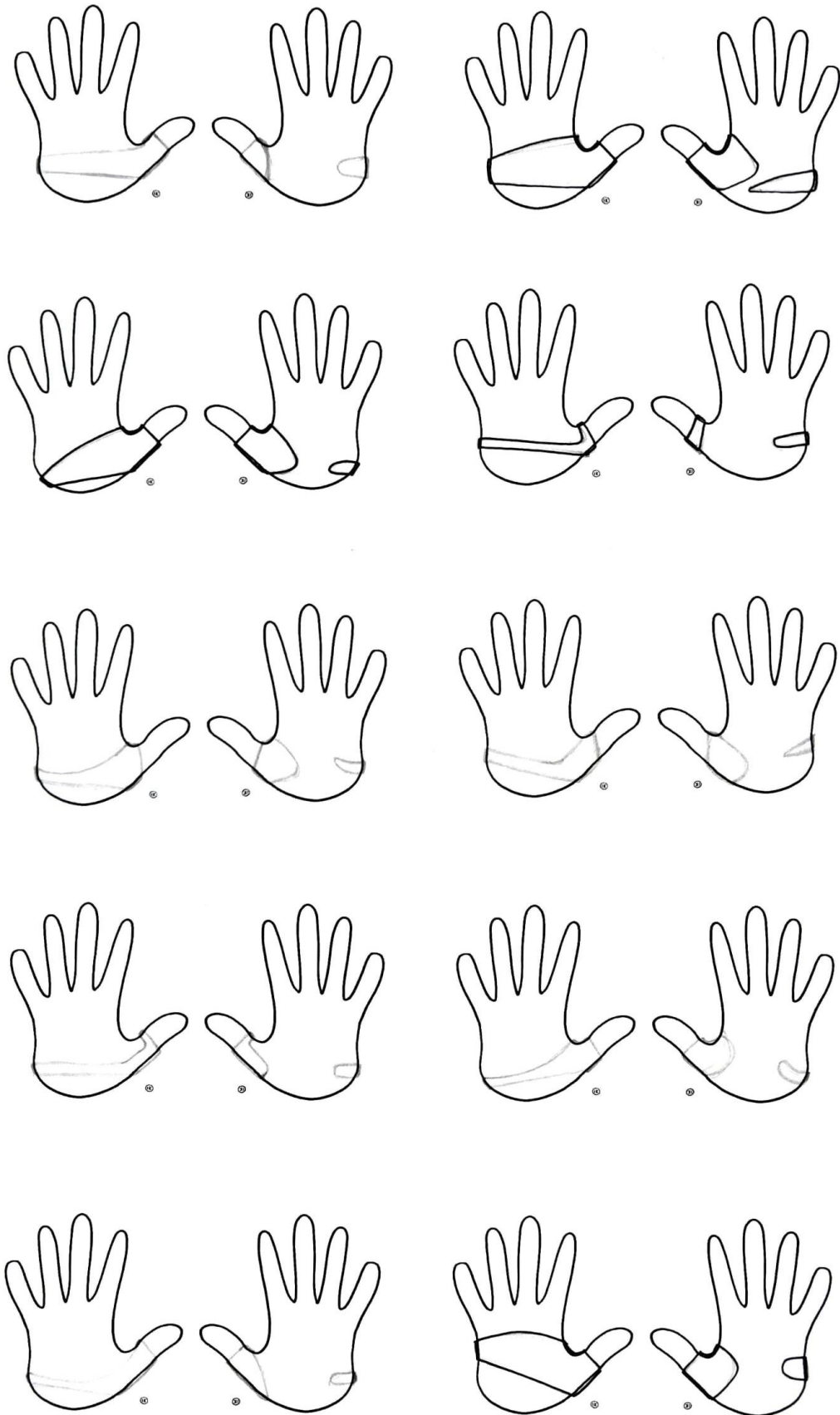
De brace is zowel op de hand te zien als los. In het menu staan deze twee opties weergegeven. Nadat de brace is bekeken kan deze goedgekeurd worden door middel van *Validation*. Hierna is de brace niet meer aan te passen. Hierna kan deze opgeslagen worden als STL-bestand om geprint te kunnen worden.

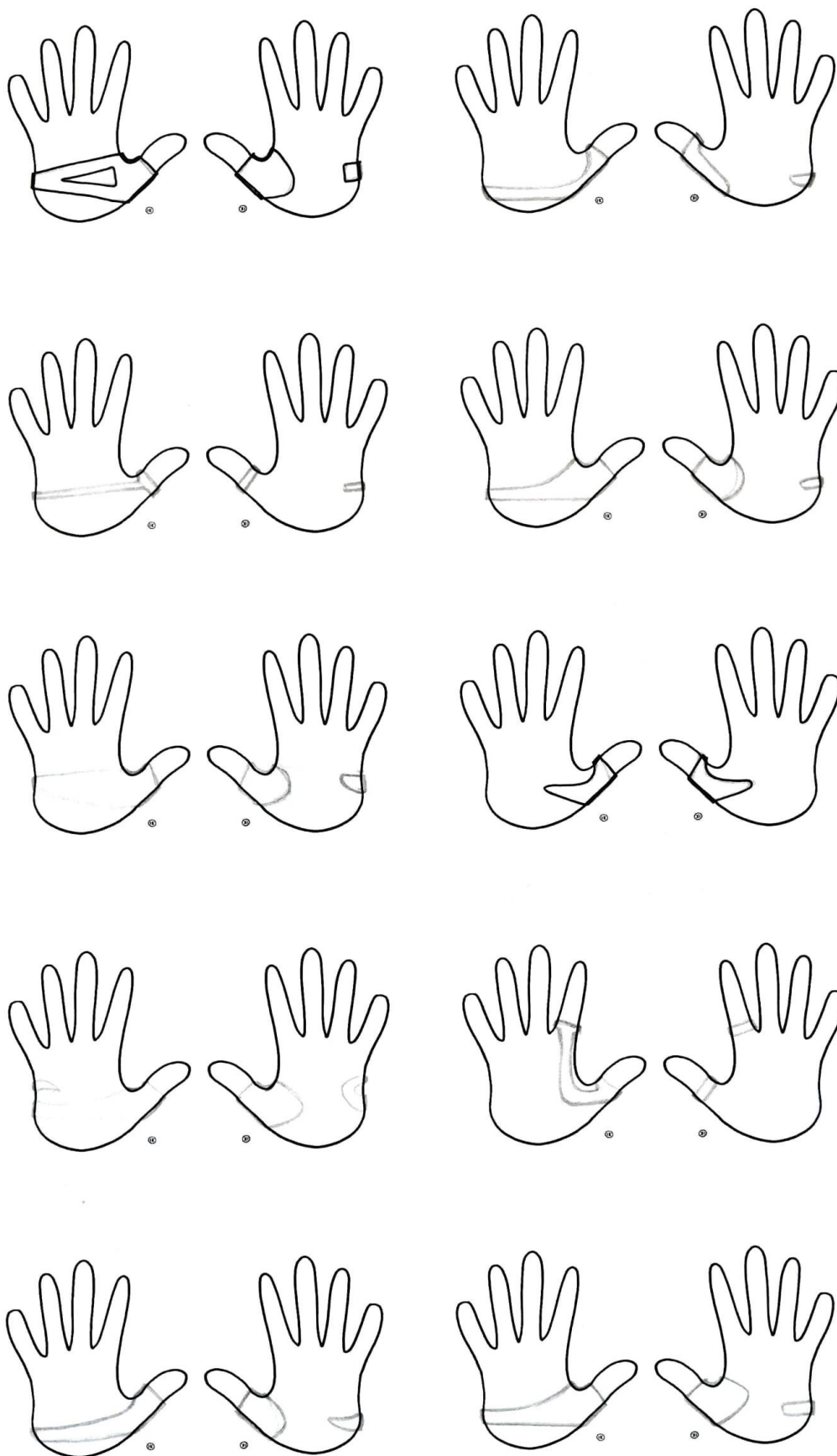


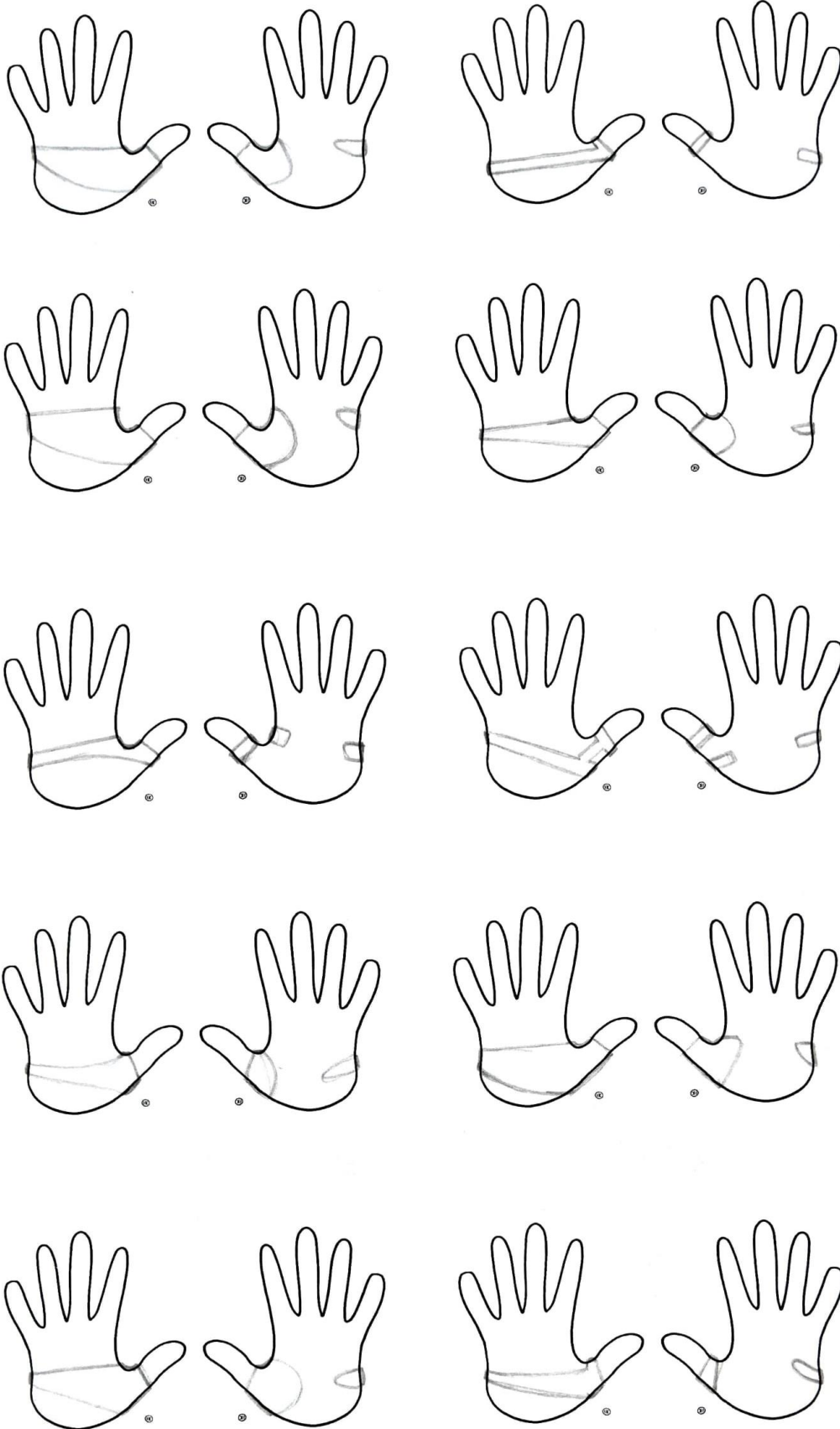
FIGUUR 86. CLASSIC EN VORONOI BRACE ZONDER HAND

BIJLAGE 7 – IDEESCHETSEN



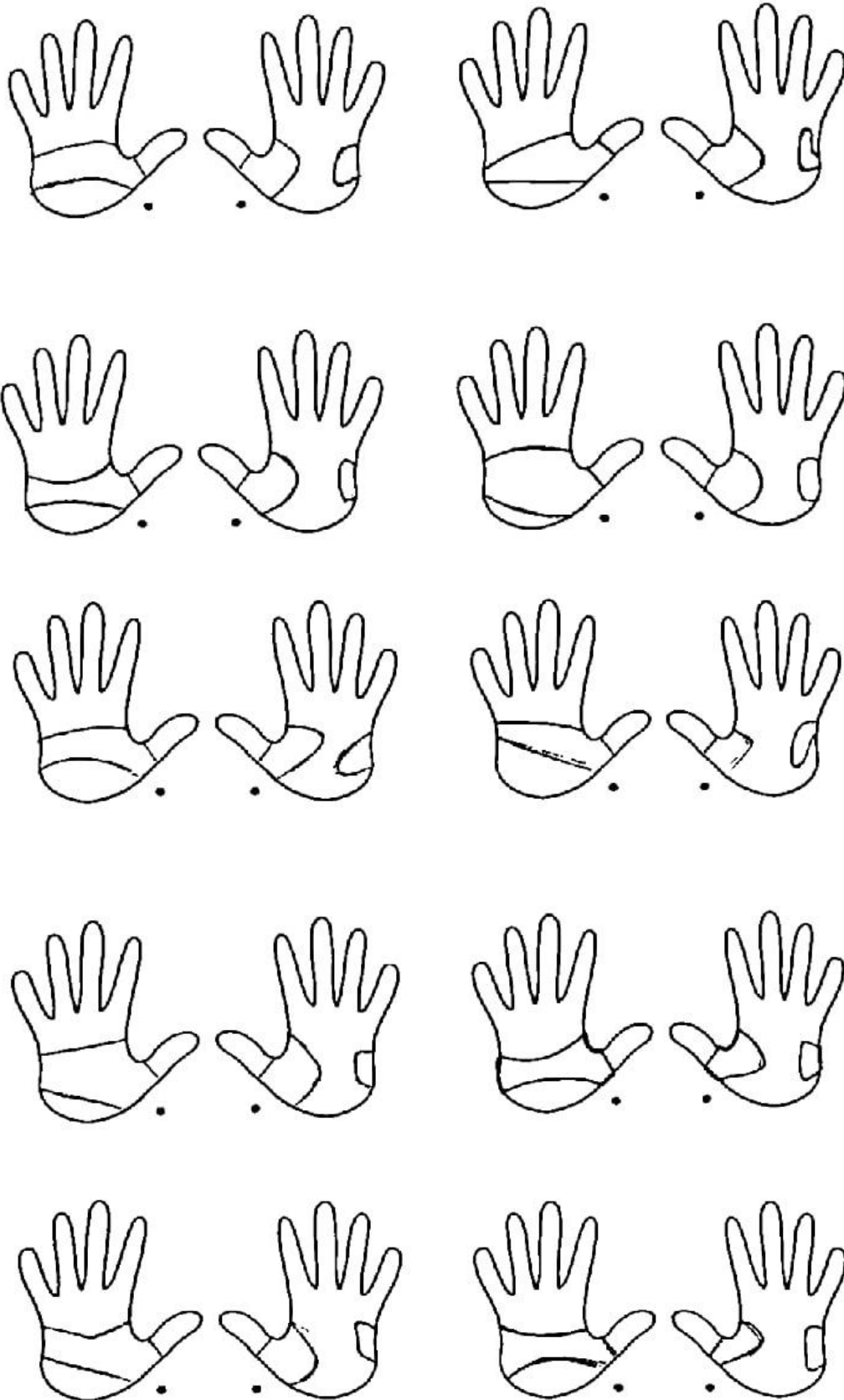




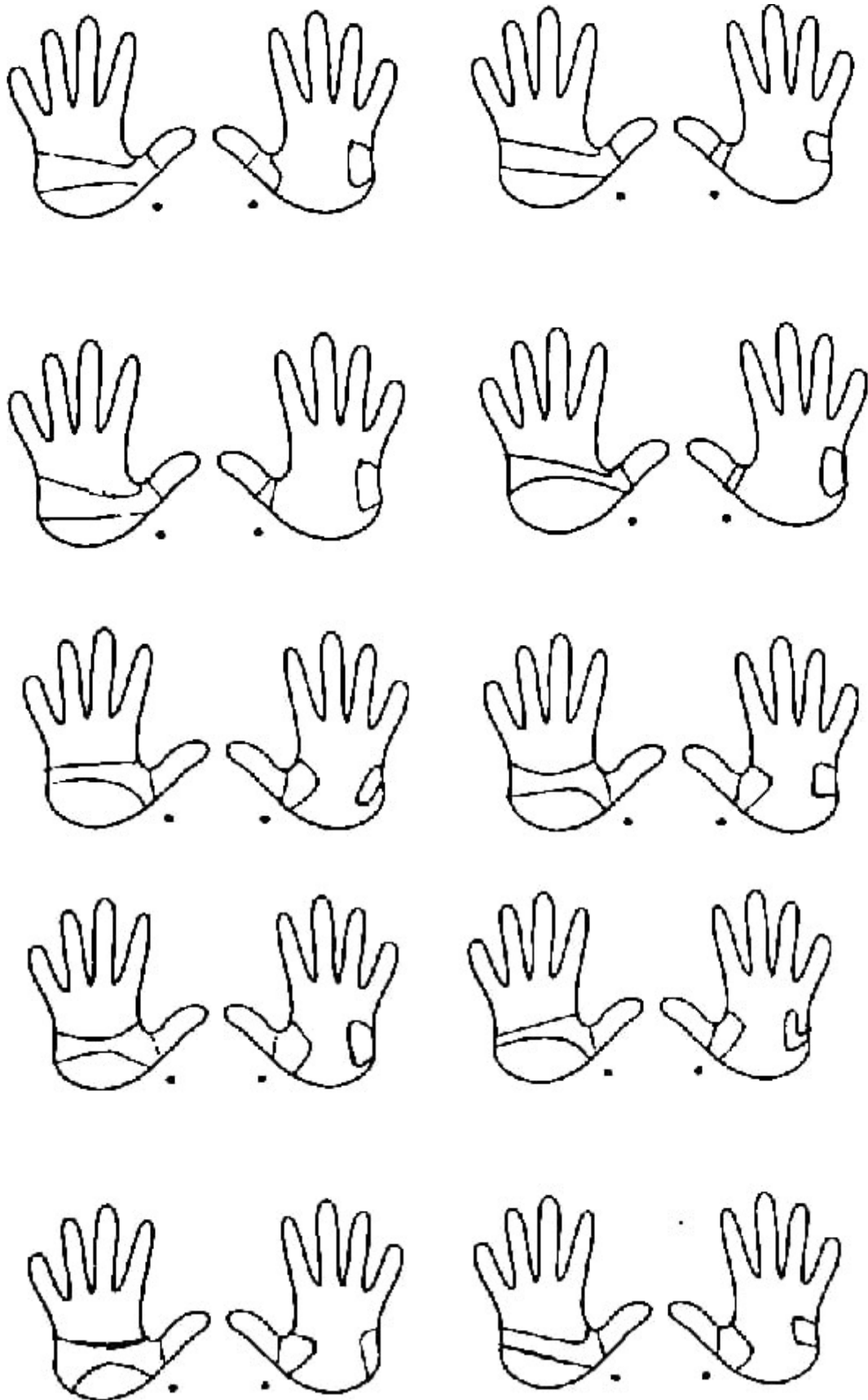


BIJLAGE 8 – SCHETSEN CONCEPTFASE

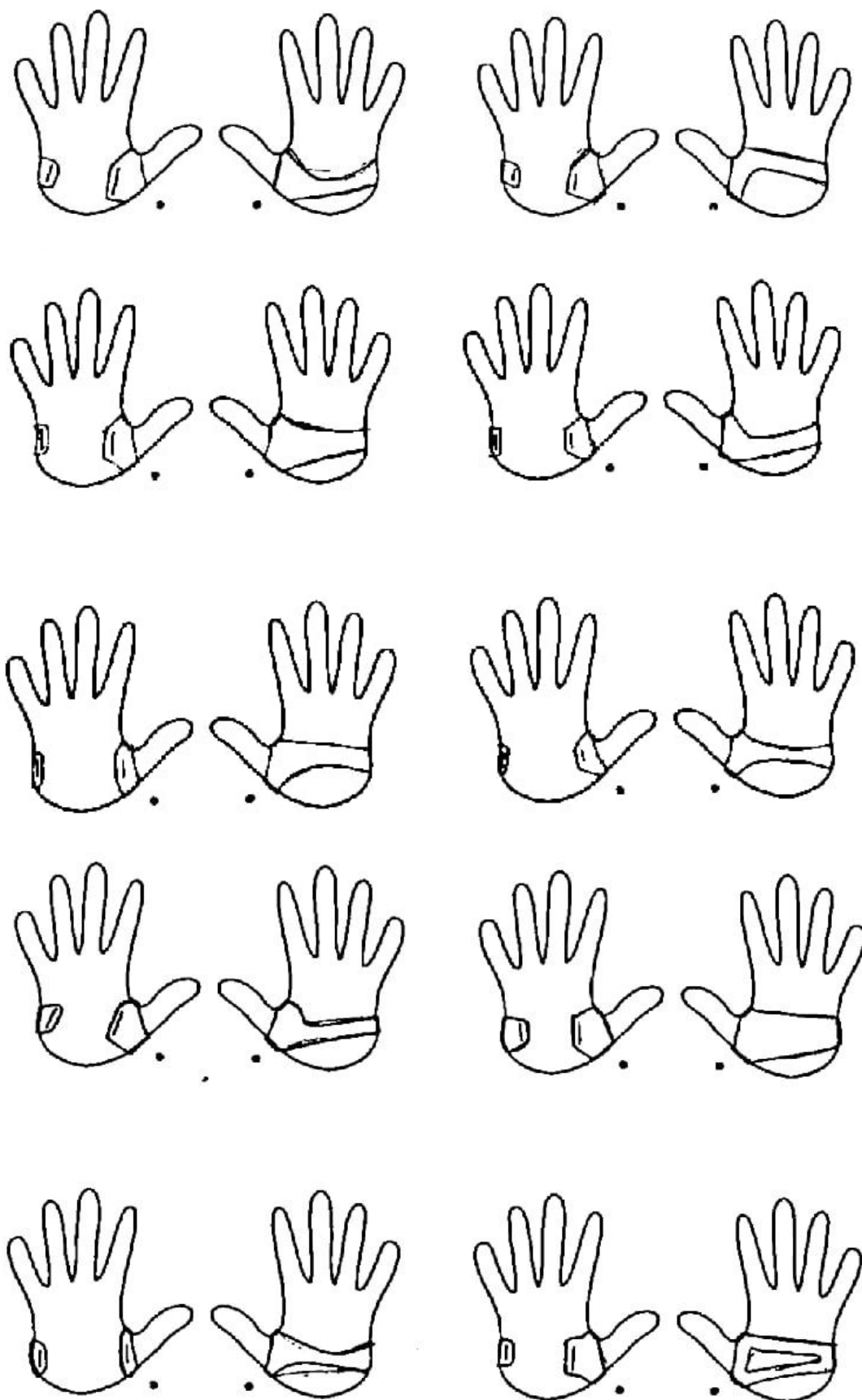
IDEE 1



IDEE 2



IDEE 3



BIJLAGE 9 – HANDLEIDING MET RICHTLIJNEN

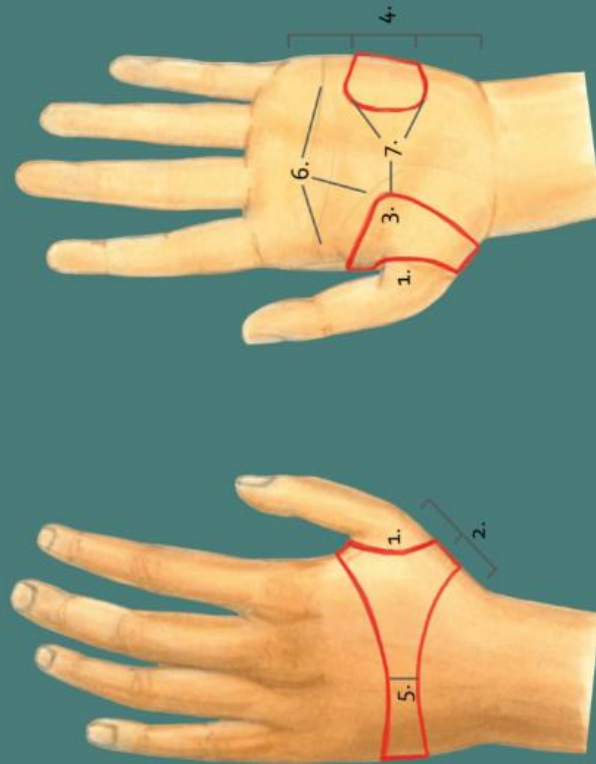
METAFIX

De Metafix is een brace die ondersteuning biedt aan het CMC1 gewricht. De richtlijnen geven aan hoe de brace gemodelleerd moet worden. Hier kan eventueel van afgeweken worden als dit nodig is om de behandeling te verbeteren. Deze brace kan eenvoudig aangepast worden naar een brace die ook het MCP gewricht insluit.

De richtlijnen waar niet van afgeweken mag worden zijn punt 3, 6 en 7. Punt 1, 2, 4 en 5 kunnen aangepast worden indien dit nodig is. De dikte van de brace is minimaal 2 mm, indien nodig kan de brace dikker gemaakt worden.



1. De brace moet onder het MCP gewricht blijven.
2. De brace beslaat de helft van de afstand tussen het CMC en MCP gewricht.
3. Deze hoek is ongeveer een hoek van 90°.
4. De brace beslaat 1/3 deel van deze zijde van de hand.
5. De breedte van de brace is gelijk aan de breedte van de wijsvinger.
6. De brace mag niet over deze handlijnen heen.
7. Deze hoeken moeten afgerond worden.



BIJLAGE 10 – KOSTPRIJSBEREKENING

De kostprijsberekening hieronder is een indicatie.

Deze kostprijs is gebaseerd op drie jaar met 500 braces per jaar, in totaal dus 1.500 braces. De prijs is exclusief BTW.

De apparatuur die wordt aangeschaft, wordt over deze drie jaar afgeschreven. De aanschafkosten hiervoor worden dus over 1.500 braces verdeeld.

Voor het modelleren van deze brace is de handtherapeut ongeveer een half uur effectief bezig en alleen deze tijd wordt meegenomen in de prijs. De overige tijd die nodig is, zoals één of meerdere behandelaafspraken, zijn niet meegenomen in deze berekening.

Kostprijs gebaseerd op drie jaar met 500 braces per jaar			
Aanschaf scanner (incl. software)			€ 25.000,00
Aanschaf computer			€ 750,00
	Totaal		€ 25.750,00
Kostprijs per product			€ 17,17
Uurloon handtherapeut			€ 70,00
Productieve uren		0,5	
Kostprijs per product			€ 35,00
Scan			€ 7,00
Kosten Oceanz	Print		€ 14,80
	Polijsten		€ 0,25
	Kleurbad		€ 1,50
Kostprijs per product			€ 23,55
Verzendkosten			€ 12,00
Producten per zending		10	
Kostprijs per product			€ 1,20
Totale kostprijs per product			€ 76,92

TABEL 14. DE KOSTPRIJSBEREKENING

BIJLAGE 11 – BEREKENING PERCENTIEL VAN DE HAND

Hiernaast is de hand te zien. Het percentiel van de hand waarvoor de brace is ontworpen is gemeten op basis van nummer 44 (breedte van de hand zonder duim) en nummer 47 (breedte van de hand met duim). Er is gekozen voor de populatie van Nederlandse mannen en vrouwen tussen de 20 en 60 jaar.

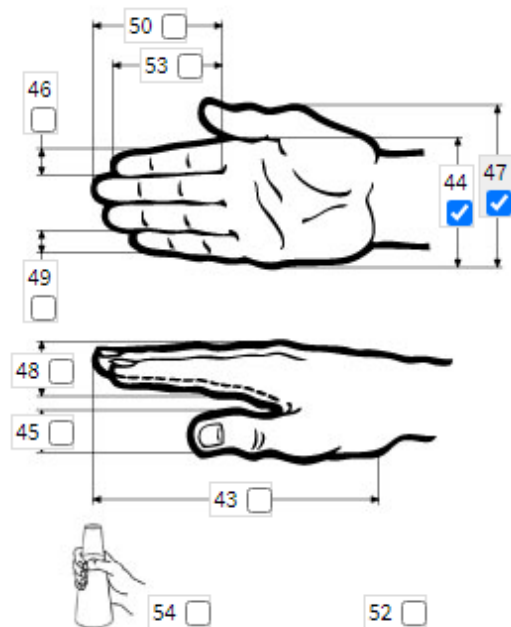
De breedte van de hand zonder duim:

- Gemeten breedte: 84 mm;
- Gemiddelde breedte: 85 mm;
- Standaarddeviatie: 7 mm.

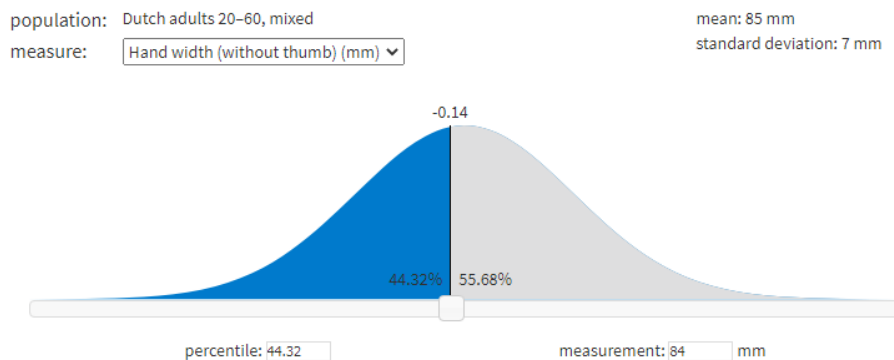
De breedte van de hand met duim:

- Gemeten breedte: 102 mm;
- Gemiddelde breedte: 103 mm;
- Standaarddeviatie: 9 mm.

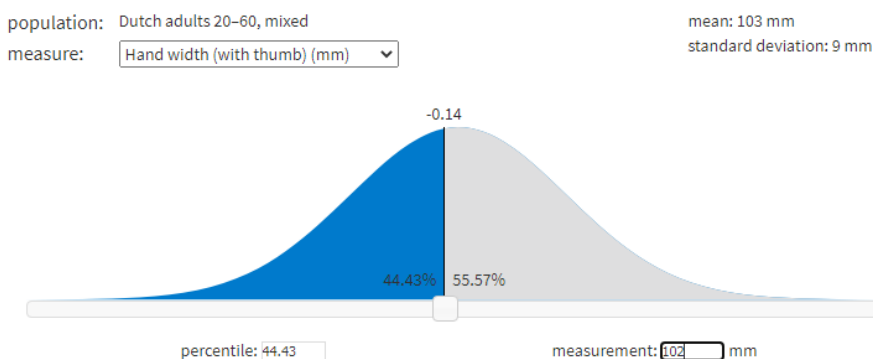
Met behulp van de DINED-tabellen zijn de percentielen van beide afstanden te berekenen. Hieronder zijn de normaalverdelingen te zien met de bovengenoemde gegevens. Beide breedten zitten in het 44^{ste} percentiel.



FIGUUR 87. DE HAND VAN DE DINED-TABEL



FIGUUR 88. NORMAALVERDELING NUMMER 44, BREEDTE VAN DE HAND ZONDER DUIM



FIGUUR 89. NORMAALVERDELING VAN NUMMER 47, BREEDTE VAN DE HAND MET DUIM

<https://dined.io.tudelft.nl/en/database/tool>

BIJLAGE 12 – VRAGENLIJST TESTPERIODE

Naam	
Dag	
Vraag	Antwoord
Hoelang heeft u de brace gedragen?	
Indien u de brace langer of korter heeft gedragen dan gebruikelijk, wat is hiervoor de reden?	
Welke activiteiten heeft u vandaag uitgevoerd?	
Werd u tijdens deze activiteiten beperkt door de brace?	
Zo ja, bij welke activiteit en hoe werd u beperkt?	
Wat zijn vandaag de positieve ervaringen omtrent de brace?	
Wat zijn vandaag de negatieve ervaringen omtrent de brace?	
Welk cijfer geeft u uw bracegebruik van vandaag? Cijfer van 1 (slecht) tot 10 (uitstekend)	
Licht uw antwoord toe.	
Heeft u nog verdere opmerkingen of mededelingen?	

