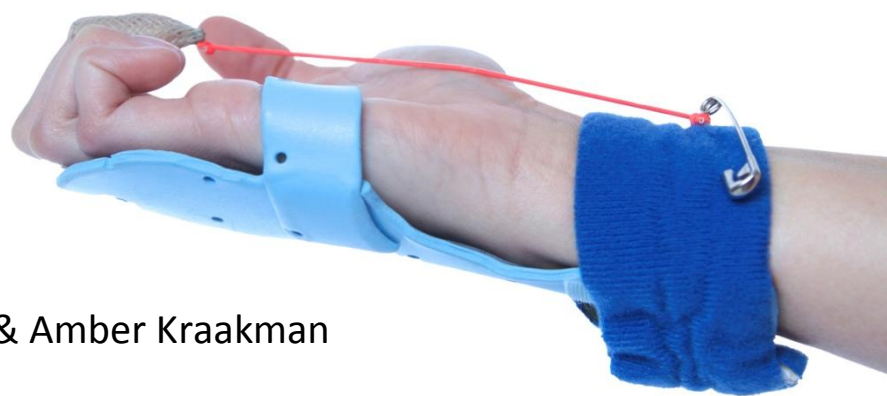
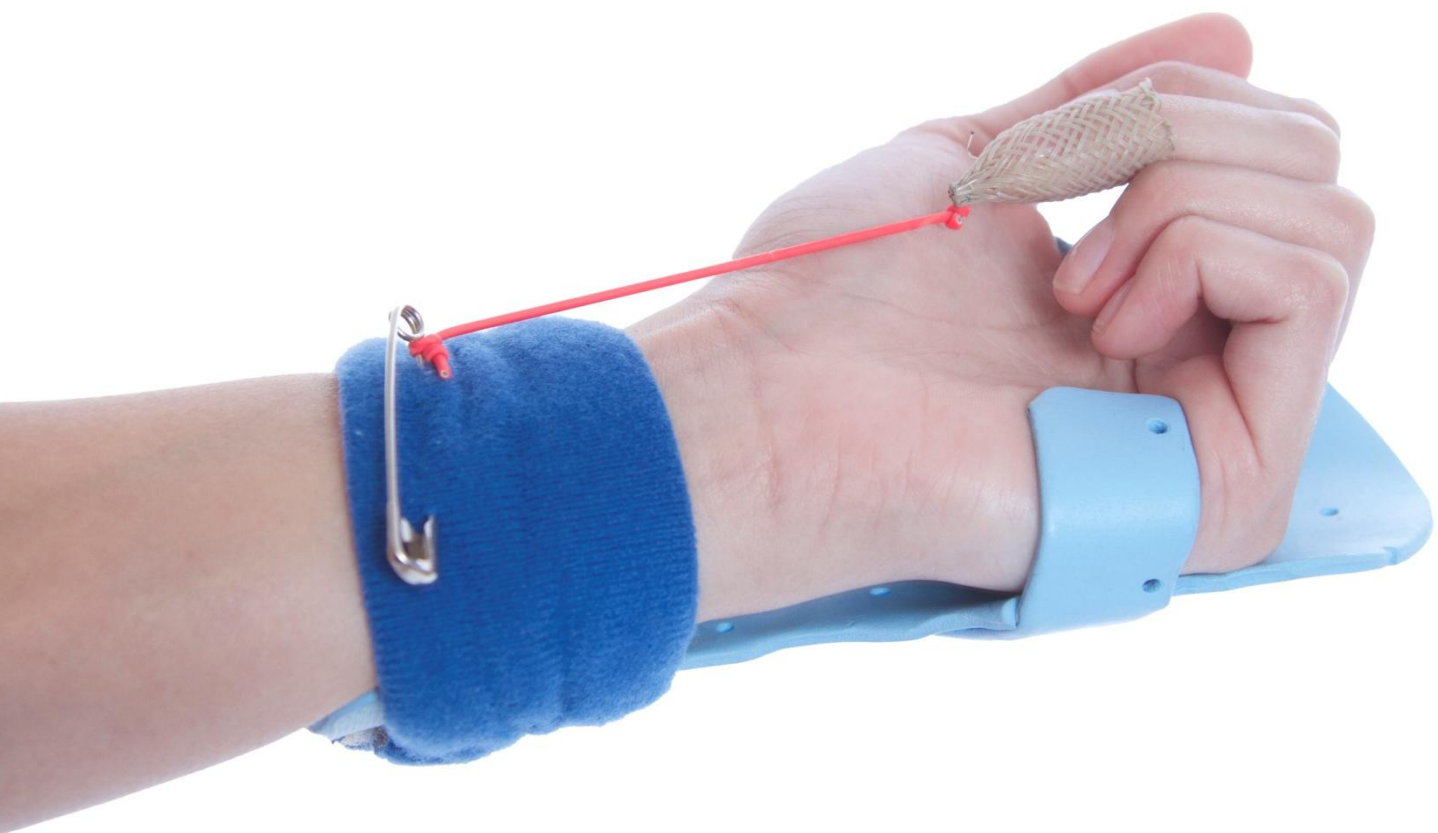


Postoperatieve behandeling van flexorpeesletsel

Afstuderen 2014



Ilse Kat & Amber Kraakman

18-6-2014

Opleiding Bewegingstechnologie, De Haagse Hogeschool

Postoperatieve behandeling van flexorpeesletsel
Afstuderen 2014

Opleiding:
Bewegingstechnologie

Begeleiders:
Chris Riezebos
Herre Faber

Johanna Westerdijkplein 75
2521 EN Den Haag
Telefoon 070 445 8888

Studentnummers:
Ilse Kat: 10021892 & Amber Kraakman: 10007547
E-mailadres:
ilse.kat.ik@gmail.com & amberkraakman@gmail.com

Den Haag, juni 2014

Voorwoord

Dit afstudeerverslag is geschreven door Ilse Kat en Amber Kraakman. Wij zijn studenten van de opleiding Bewegingstechnologie aan de Haagse hogeschool en schreven dit verslag als vastlegging van onze afstudeerperiode. De afgelopen periode zijn wij bezig geweest met een nieuw ontwerp voor een systeem dat in de postoperatieve behandeling van flexorpeesletsels gebruikt kan worden.

De opdracht is ontstaan vanuit een probleem binnen het Gemini Ziekenhuis. Het Gemini Ziekenhuis had de vraag of dit systeem verbeterd kon worden. Deze opdracht sluit goed op onze studie aan, omdat deze opdracht een literatuurstudie naar de opbouw en de functie van de hand bezit en alle aspecten van de ontwerpcyclus.

In de afgelopen 14 weken is er gewerkt aan het vergaren van informatie over de hand en de daarbij horende structuren. Met de nieuw verkregen informatie is er gezocht naar oplossingen voor het huidige probleem. Hierbij is de ontwerpcyclus twee keer doorlopen. Dit heeft geresulteerd in een bruikbaar nieuwe prototype. Dit prototype is kritisch getest waaruit de laatste aanbevelingen over dit product zijn voortgekomen. Al met al een zeer leerzame periode die veel duidelijk heeft gemaakt over de hand en de revalidatie in tevens zijn mysterieuze 'no man's land' (Bunnell, 1918).

Tijdens deze afstudeerperiode zijn er veel mensen die ons geholpen en gesteund hebben. Omdat wij zo dankbaar zijn voor alle gekregen hulp, in welke vorm dan ook, willen wij iedereen bedanken. In het bijzonder gaat onze dank uit naar Chris Riezebos die ons de hele periode heeft voorzien van nieuwe inzichten en feedback. Ook gaat onze dank uit naar onze lieve vrienden en familie die ons de hele periode hebben gesteund en achter onze ideeën hebben gestaan.

Wij wensen u veel plezier met het lezen van dit verslag.

.....
Ilse Kat

&

.....
Amber Kraakman

Den Haag, juni 2014

Verklarende woordenlijst

Antropometrie	Maten van de mens.
DIP- gewricht	Distaal interphalangeaal gewricht.
Distaal	Het verder van het lichaam af, van de kern af. (Tegenovergestelde is proximaal)
Extensie	Strekken.
Flexie	Buigen.
Haakstand	Stand van de hand waarbij de pols in een neutrale stand staat, het MCP- gewricht geëxtendeerd en de PIP- en DIP- gewrichten in volledige flexie.
Haakjessysteem	Huidige systeem wat gebruikt wordt in het Gemini ziekenhuis. Waarbij een BH- haakje op de nagel geplakt. Hieraan is een elastiekje bevestigd die via de handpalm naar de pols toeloopt.
Hol elastiek	Elastiek wat van binnen hol is.
IP- gewrichten	Interphalangeale gewrichten, hieronder vallen de PIP- en DIP- gewrichten.
Lateraal	Van de middenlijn van het lichaam af, gezien vanuit de anatomische houding.
Lumbralisstand	Stand van de hand waarbij de pols in een neutrale stand staat, MCP- gewricht in 90 graden flexie en de PIP- en DIP- gewrichten in extensie.
Manus	De hand.
MCP- gewricht	Metacarpophalangeaal gewricht.
Mediaal	Naar de middenlijn van het lichaam toe, gezien vanuit de anatomische houding.
Momentsarm	De loodrechte afstand van de werklijn van de kracht tot aan de as van het gewricht.
PIP- gewricht	Proximaal interphalangeaal gewricht.
Peesvergliding	Verglijding van de pees in de hand veroorzaakt door verlenging of verkorting van de spierbuik van de betreffende spier.
Proximaal	Het dichtst bij het lichaam, meer naar de kern. (Tegenovergesteld is distaal)
Trap	Verkort woord dat is gebaseerd op de structuur van de Chinese finger trap.
Tube	Een hol buisje. (Uitgesproken op zijn Engels)

Inhoudsopgave

Voorwoord	3
Verklarende woordenlijst.....	4
Inhoudsopgave	5
Samenvatting.....	8
Inleiding	9
1 Literatuurstudie	10
1.1 Behandelprotocollen	10
1.1.1 Vroege passieve mobilisatie	10
1.1.2 Praktijk.....	11
1.2 Zones van de hand.....	12
1.3 De vingers	13
1.3.1 Flexorpezen	13
1.3.2 Koppeling tussen het PIP- en DIP- gewricht	14
1.3.3 Lumbricalisstand.....	14
1.4 Adhesie en littekenweefsel	16
1.5 De huid en de nagel.....	17
1.5.1 De huid	17
1.5.2 De nagel.....	18
1.6 Eisen naar aanleiding van de literatuurstudie.....	20
2 Analysefase.....	21
2.1 Doelgroep	21
2.2 Peesvergliding.....	22
2.2.1 Variatie in vingerdikte met de gevolgen voor peesvergliding.....	25
2.2.2 Revalidatieoefeningen en de hoeveelheid peesvergliding.....	28
2.3 Haakjessysteem	31
2.3.1 Maximale trekkracht	31
2.3.2 Strekkracht	32
2.3.3 Elastieksterkte	33
2.3.4 Gebruikersonderzoek	33
2.3.5 Enquête therapeuten	35
2.4 Antropometrie van de hand	36

2.5	Hygiëne materialen	37
2.6	Eisen naar aanleiding van de analysefase	38
3	Ontwerpfase	39
3.1	Lijst van eisen	39
3.2	Ideeschetsen.....	40
3.3	Morfologische kaart	40
3.4	Concepten	40
3.4.1	Concept 1.....	40
3.4.2	Concept 2.....	41
3.4.3	Concept 3.....	41
3.5	Conceptkeuze	42
3.6	Detaillering	44
3.6.1	Dopje op de vinger	44
3.6.2	Elastiek.....	46
3.6.3	Koppeling dopje en elastiek	47
3.6.4	Spalk en bevestigingsbanden	48
3.6.5	Koppeling elastiek en band	48
3.7	Eerste ontwerp.....	50
3.8	Vervaardiging eerste ontwerp.....	50
3.9	Optimalisatie	51
3.9.1	Tube	51
3.9.2	Koppeling trap en elastische tube	51
3.9.3	Koppeling elastiek en band	53
3.10	Eindontwerp	54
3.11	Vervaardiging eindontwerp.....	54
3.12	Materialisatie.....	55
4	Testfase	56
4.1	Maximale trekkracht	56
4.2	Strektest	57
4.3	Gebruikersonderzoek.....	58
4.4	Enquête therapeuten	60
4.5	Test aan eisenlijst	61
	Discussie	62
	Conclusie	64

Aanbevelingen	65
Literatuurlijst	66
Bijlage	70
Bijlage 1 Behandelprotocollen	70
Bijlage 2 Oefenprogramma revalidatie	73
Bijlage 3 Maximale trekkracht op proefpersonen	74
Bijlage 4 Maximale trekkracht op nepnagel	75
Bijlage 5 Strekkracht	76
Bijlage 6 Gebruikersonderzoek	78
Bijlage 7 Resultaten tevredenheid	88
Bijlage 8 Gegevenstabel pijn-/ gevoeligheidspunten.....	88
Bijlage 9 Enquête therapeuten	89
Bijlage 10 Antropometrie van de hand	93
Bijlage 11 Ideeschetsen.....	96
Bijlage 12 Morfologische kaart	97
Bijlage 13 Specificaties LiteGrip Finger Trap	98
Bijlage 14 Specificaties Flexo Clean Cut	99
Bijlage 15 Handleiding: ‘een nieuw systeem maken’	101
Bijlage 16 Maximale trekkracht op proefpersonen	104
Bijlage 17 Strekkracht	105
Bijlage 18 Gebruikersonderzoek	107
Bijlage 19 Resultaten tevredenheid	110
Bijlage 20 Gegevenstabel pijn-/ gevoeligheidspunten.....	110
Bijlage 21 Enquête therapeuten	111
Bijlage 22 Projectplan: Passieve flexiestand bij handletsel	114

Samenvatting

Tijdens de revalidatieperiode van palmar peesletsel wordt momenteel het haakjessysteem gebruikt. Dit systeem is opgebouwd uit een haakje dat wordt gelijmd aan de nagel. Hieraan wordt een elastiek bevestigd dat via de palmaire band van de spalk naar de polsband van de spalk loopt. Het elastiek staat op spanning en zorgt daarmee voor een passieve flexiestand van de vingers. Tegen de tractie van het elastiek in kunnen de vingers geëxtendeerd worden tot de eindstand die de spalk oplegt, genaamd de lumbricalisstand. Dit haakjessysteem is niet optimaal, want er zijn veel klachten met betrekking tot het haakje. Hierdoor luidt de probleemstelling van dit onderzoek: 'Onderzoek de passieve flexiestand na palmar peesletsel en ontwerp, vervaardig en test een prototype wat het huidige haakjessysteem kan vervangen en voldoet aan 95% van de opgestelde eisen'.

Bij het haakjessysteem mocht de patiënt alleen bewegen naar de lumbricalisstand toe. Voor het nieuwe systeem is een stand toegevoegd om naartoe te bewegen om stijfheid in het MCP- gewricht tegen te gaan. Stijfheid was één van de pijnklachten die aangetoond werden uit het gebruikersonderzoek van het haakjessysteem. De nieuwe stand werd de haakstand genoemd waarbij het MCP- gewricht in extensie staat en de PIP- en DIP- gewrichten in flexie. Deze stand is verantwoord, omdat gebleken is uit de analysefase dat de hoeveelheid peesvergliding die deze beweging veroorzaakt minder is dan de hoeveelheid peesvergliding om naar de lumbricalisstand toe te bewegen. Beide bewegingen kunnen nu afwisselend gebruikt worden om de diversiteit van beweging in gewrichten te vergroten. Aan de hand van de twee bewegingen die mogelijk gemaakt moeten worden, is een nieuw systeem ontwikkeld. Dit systeem bestaat uit een dopje dat door haar weefstructuur de functie heeft om eenvoudig op de vingertop bevestigd te worden. Wanneer trek geleverd wordt aan het dopje, hecht deze zichzelf vast om de vingertop. Dit vingerdopje wordt ook wel een finger trap genoemd. Aan deze finger trap is een hol elastiek bevestigd met daarin een draad. Het elastiek zorgt voor de tractie aan de vinger en het draad zorgt voor een eindstand van de beweging naar de lumbricalisstand en de haakstand toe. Zo wordt een beperking opgelegd waardoor de hand niet helemaal kan strekken. Naast het haakjessysteem is ook de spalk aangepast die gedragen wordt. De spalk bevatte eerste een palmaire band die over het wondgebied loopt waar het peesletsel hersteld is. Hierbij is gekozen de palmaire band te vervangen voor haken aan de spalk zodat het wondgebied met rust gelaten wordt en de kans op infecties verkleind wordt. Dit is echter niet bij alle letsels mogelijk. De spalk zelf zorgt voor de bevestigingsmogelijkheid van het elastiek aan de onderarm, een neutrale stand van de pols en voorkomt hyperextensie in het MCP- gewricht als de patiënt dit kan.

Na het testen van het nieuwe product kon geconcludeerd worden dat het nieuwe systeem zeker een verbetering is op het huidige haakjessysteem. De hoeveelheid gevoeligheids-/ pijnpunten zijn verminderd met 57% en ten opzichte van het tevredenheidsonderzoek bij het haakjessysteem is dit systeem met 25% verbeterd. De tevredenheid had nog hoger uit kunnen vallen en de gevoeligheids-/ pijnpunten lager als de spalk op iedere proefpersoon individueel gemaakt was zoals in de praktijk gebeurt. Al met al is er een goed werkbaar product tot stand gekomen die nu op de afdeling revalidatie van het Gemini Ziekenhuis geprobeerd moet gaan worden.

Inleiding

In het Gemini Ziekenhuis in Den Helder wordt gemiddeld één keer per maand een patiënt met palmar peesletsel behandeld. Palmair peesletsel houdt in dat de m. flexor digitorum profundus en/of de m. flexor digitorum superficialis zijn doorsnede door een scherp voorwerp (Boeckx & all, 2005).

Nadat de handchirurg het letsel heeft hersteld door middel van hechtingen, zal een revalidatieperiode van ongeveer 12 weken worden gestart. Op dag 1 van de revalidatie periode wordt de patiënt een spalk aangemeten en wordt er een haakjessysteem op de nagel bevestigd. Hierna krijgt de patiënt een oefenprogramma mee voor de hand en wordt er een vervolgspraak gepland, waarna de patiënt weer naar huis mag.

In de praktijk blijkt dat het plaatsen en blijven zitten van het haakjessysteem op de nagel problemen met zich meebrengt. Het systeem bestaat uit een haakje dat op de nagel wordt gelijmd met daaraan een elastiek die via de palmaire band van de spalk naar de polsband van de spalk loopt. Dit elastiek wordt voorgespannen zodat de hand altijd in een vuist staat (passieve flexie stand), maar tegen de tractie van het elastiek in nog wel kan strekken tot de spalk de eindstand aan geeft. Het probleem van dit systeem zit in de haakjes. Deze blijft moeilijk zitten, laat geregeld los, is niet hygiënisch en veroorzaakt nagelproblematiek. In het verleden zijn pogingen gedaan om dit probleem te verhelpen, maar tot op heden zijn er nog geen betere oplossingen bedacht. Om deze reden heeft het Gemini ziekenhuis in Den Helder ons gevraagd om als bewegingstechnologen naar dit probleem te kijken.

De probleemstelling luidt daarom:

Onderzoek de passieve flexiestand na palmair peesletsel en ontwerp, vervaardig en test een prototype wat het huidige haakjessysteem kan vervangen en voldoet aan 95% van de opgestelde eisen.

In de literatuur is weinig tot niks geschreven over de haakjes van het haakjessysteem. Er is wel een hoop geschreven over de verschillende behandelingen, de structuren van de hand en hoe letsel zich herstelt. Al deze aspecten van de hand zijn daarom beschreven in de literatuurstudie van dit onderzoek. Daarna is er in de analysefase meer onderzoek gedaan naar het haakjessysteem. Dit is gedaan door middel van verschillende testen. Toen alle gegevens en de hieruit opgestelde eisen bekend waren, is het ontwerp proces gestart. Dit houdt in: schetsen, brainstormen, ideeën maken en deze uitproberen. Na een hoop probeersels is er één eindontwerp ontstaan. Dit eindontwerp is vervaardigd en daarna uitgebreid getest. Alle testen zijn geëvalueerd waaruit een aanbeveling is ontstaan. Met de aanbeveling en het eindontwerp kan het nieuwe systeem gepresenteerd worden aan het Gemini Ziekenhuis, de afstudeercommissie en al de omstanders die geïnteresseerd zijn in dit eindontwerp.

1 Literatuurstudie

1.1 Behandelprotocollen

Het overkoepelende doel van het revalidatieproces is het herstellen van de pees, waarbij de pees niet afscheurt, herstelt in zijn functie en blijft glijden langs de andere structuren in de hand (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012). Er zijn verschillende protocollen bekend die grofweg in vier groepen verdeeld kunnen worden: totale immobilisatie, vroege passieve mobilisatie, volledige passieve mobilisatie en vroege actieve mobilisatie. Doordat de probleemstelling zich richt op het vroege passieve mobilisatie protocol, wordt alleen dit protocol hieronder beschreven. De overige drie protocollen zijn weergegeven in bijlage 1.

1.1.1 Vroege passieve mobilisatie

Verschiedende studies hebben uitgewezen dat bij uitoefening van vroeg gecontroleerde krachten op de pees, er een beter herstel van de peessterkte is, minder adhesie ontstaat, verbeterde pees verglijding bestaat, en er een verbeterde intrinsieke heling is (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005).

Met deze gedachten is in 1960 een vroeg passief mobilisatie protocol opgesteld door Kleinert en anderen (Kleinert, Kutz, & Ashbel, 1967) (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005). Hierbij krijgt de patiënt een spalk om met elastische tractie aan het eind van de vinger die naar de onderarm loopt, zie figuur 1. De beweging die gemaakt kan worden is actieve extensie en passieve flexie (kracht die nodig is wordt geleverd door de elastische tractie) van de vingers (Baskies, Tuckman, & Paksima, 2008). Hieronder in tabel 1 is het Kleinert protocol weergegeven.



Figuur 1 Kleinert spalk (Pettengill K. M., 2005)

Tabel 1 Kleinert protocol (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005).

0-3 dagen	0-4 weken	4-6 weken	6-8 weken
° Een spalk wordt aan de dorsale zijde van de arm geplaatst waarbij de pols en de MCP-gewrichten in flexie staan en de IP-gewricht in volledige extensie staan; elastische tractie wordt geplaatst vanaf de vingernagel, door de palmaire pulley, naar de voorzijde van de onderarm. ° 's Nachts mag de elastische tractie los, waarna de IP-gewrichten in volledige extensie worden gezet met klittenband.	° Elk uur wordt actieve extensie uitgevoerd tot wat de spalk toelaat, gevolgd door flexie die alleen uitgevoerd wordt door de elastische tractie. ° Wond / litteken onderhoud en scholing.	° Spalk die aan de dorsale zijde van de hand zit wordt beëindigd, soms wordt deze nog vervangen door een polsband met elastische tractie. ° Nachtspalk om flexie contracturen te voorkomen. ° Start met actieve pols flexie en het maken van een licht actieve vuist, tenzij er tekenen van verkleving zijn. ° Na 6 weken wordt er gestart met blokkeeroefeningen.	° Start met progressieve weerstandsoefeningen.

Het originele Kleinert protocol zoals in tabel 1 beschreven, stuurt de elastische tractie van de nagel naar een punt rechtstreeks op de onderarm, zoals bij figuur 1. Dit geeft weinig tot geen DIP- flexie. In 1981 ontwikkelde McGrouther en Ahmed daarom een nieuw systeem met een extra geleiding in de handpalm (palmaire pulley), te zien in figuur 2. Deze extra geleiding zorgt voor een DIP- flexie. Deze DIP- flexie heeft als gevolg dat er een verglijding van de m. flexor digitorum profundus ten opzichte van de m. superficialis ontstaat (Pettengill K. M., 2005).



Figuur 2 Kleinert spalk met een palmaire pulley (Pettengill K. M., 2005)

De elastische tractie, zoals hierboven beschreven, is bevestigd aan het topje van de vinger. Wij hebben gezocht naar informatie over bevestigingspunten op de vinger, echter worden deze niet beschreven in de literatuur. Aan de hand van plaatjes (uit de literatuur) en een vragenlijst verspreid in het werkveld, zijn er toch een aantal systemen naar voren gekomen die gebruikt worden. De systemen op volgorde van veel gebruikt naar weinig gebruikt zijn: haakje/bracket op de nagel bevestigen, tijdens de operatie gaatjes in de nagel prikken, MCA-haakje (ontwikkeld door het MCA) en de vinger inpakken in een ademende vingersok en hier de tractie aan bevestigen.

1.1.2 Praktijk

In de praktijk worden alle vier de protocollen nog gebruikt. Belangrijk om te weten is dat de keuze van een behandelmethode in samenspraak is met de behandelend therapeut en chirurg (Baskies, Tuckman, & Paksima, 2008). Een goede communicatie tussen de therapeut, chirurg en de patiënt is essentieel, zodat de patiënt weet waar hij/zij aan toe is (Pettengill & Strien). Het protocol wordt gekozen aan de hand van verschillende factoren, zoals de cognitie van de patiënt. Als de patiënt jonger dan tien jaar is of als de patiënt een cognitieve beperking heeft, wordt eerder gekozen voor een totaal Immobilisatie protocol zoals van Collins en Schwarze (Cifaldi Collins & Schwarze, 1991). De patiënt hoeft niet in staat te zijn of niet bereid te zijn de oefeningen van het protocol te begrijpen. Wanneer patiënten cognitief in orde zijn en tevens gemotiveerd zijn om te revalideren, zal eerder de keus gemaakt worden voor een vroege passieve mobilisatie of volledig passieve mobilisatie (Baskies, Tuckman, & Paksima, 2008).

Een ander aspect wat meegenomen wordt in de keuze van het protocol is de toegepaste hechttechniek door de chirurg. Wanneer gebruik gemaakt wordt van een 2-draads techniek (modified Kessler) (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012), zal de therapeut eerder kiezen voor een totale immobilisatie, vroege passieve mobilisatie of een volledige passieve mobilisatie. Wanneer een 4-draads techniek gebruikt wordt, zal de keuze eerder gaan naar een vroeg actief mobilisatie protocol.

Er kan dus gezegd worden dat een succesvol flexorpees herstel niet alleen afhangt van de chirurg en de therapeutische aanpak, maar ook van de cognitie van de patiënt, de communicatie tussen alle betrokken partijen en het uitvoeren van het gekozen protocol (Pettengill & Strien).

Eis: Het systeem moet toepasbaar zijn binnen het vroege passieve mobilisatie protocol.

1.2 Zones van de hand

De hand is een complex deel van het lichaam. Veertien individuele gewrichten vormen samen vier vingers en een duim. Aparte aansturing van deze hoeveelheid gewrichten is niet mogelijk, maar met de ordening van de handspieren en pezen kan men toch heel veel precieze bewegingen maken (Berger & Weiss, 2004). Na verwonding aan de hand volgt een intensief revalidatieproces. Om op anatomische wijze aan te kunnen geven waar handletsel zich bevindt, is de hand verdeeld in vijf zones, zie figuur 3 (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012).

De zones zijn verdeeld op basis van verschillende structuren in de hand. Zone 1 bevindt zich vanaf het distale uiteinde van de vinger tot de insertie van de m. flexor digitorum superficialis op de mediane phalanx (Rust & Eckersley, 2008). Deze zone bevat hierdoor maar één flexorpees (Evans R. , 2012).

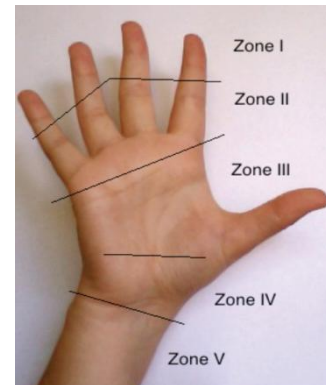
Zone 2 bevindt zich vanaf het eind van zone 1 tot de proximale rand van de A1-pulley. Zie voor de locatie van de A1-pulley figuur 4. Deze zone wordt getypeerd door zijn naam 'no man's land' die Bunnell (Bunnell, 1918) in 1918 aan deze zone gaf. Bunnell relateert deze zone aan zijn ervaring in de Eerste Wereldoorlog waarbij 'no man's land' de verwoeste strook land was tussen de vijandelijke loopgraven. Bunnell besloot deze naam te geven, omdat tot 1960 vrijwel niks bekend was over deze zone in de hand. Alleen was bekend dat er veel adhesie optrad tussen de m. flexor digitorum superficialis en de m.

flexor digitorum profundus, waardoor de m. flexor digitorum superficialis bij beschadiging uit de hand verwijderd werd met de intentie dat de m. flexor digitorum profundus de functie zou overnemen. Na 1960 kwamen Kleinert en anderen (Kleinert, Kutz, & Ashbel, 1967) met vernieuwende onderzoeken naar pees herstel en genezing. Hierdoor worden tegenwoordig beide pezen behouden en hersteld in geval van rupturen (Rust & Eckersley, 2008).

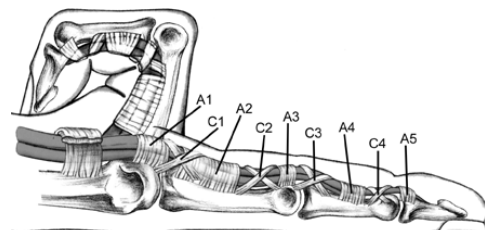
Zone 3 bevindt zich vanaf het eind van zone 2 tot de distale rand van het retinaculum musculorum flexorum (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012).

Zone 4 bevindt zich vanaf het eind van zone 3 tot de proximale rand van retinaculum musculorum flexorum (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012). Deze zone is net zo groot als het canalis carpi waardoor 10 pezen vanuit de onderarm naar de hand passeren. Op deze locatie is vorming van adhesie een groot probleem tijdens het herstel (Evans R. , 2012).

Zone 5 bevindt zich vanaf het eind van zone 4 tot ongeveer één derde van de onderarm (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012).



Figuur 3 Hand verdeeld in vijf zones (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012)



Figuur 4 A-C-pulleys. Zijaanzicht van gestrekte en gebogen vinger (Berger & Weiss, 2004). A- C-pulleys.

In de praktijk komt letsel in de zones drie tot en met vijf vaak door een scherp voorwerp. Voor deze zones is kenmerkend dat deze vrijwel niet met verbrijzeling van botachtige structuren gepaard gaan, maar met zenuw- en/ of vaatletsel (Evans R. , 2012). In zone vier komt in verhouding met de andere zones minder letsel voor. Een verklaring hiervoor is niet te geven (Howell & Peck, 2013). Verder is weinig bekend over hoe vaak bepaalde letsels voorkomen. Letsels worden echter steeds gecompliceerder naarmate meerdere structuren (huid, pees, zenuw, bot, gewrichten en vaten) zijn aangedaan, waarmee de kans op functieherstel kleiner wordt. Om toch een zo goed mogelijk resultaat te krijgen, wordt zo vroeg mogelijk mobilisatie geadviseerd (Rust & Eckersley, 2008).

Eis: Het systeem moet voor alle letselzones toepasbaar zijn.

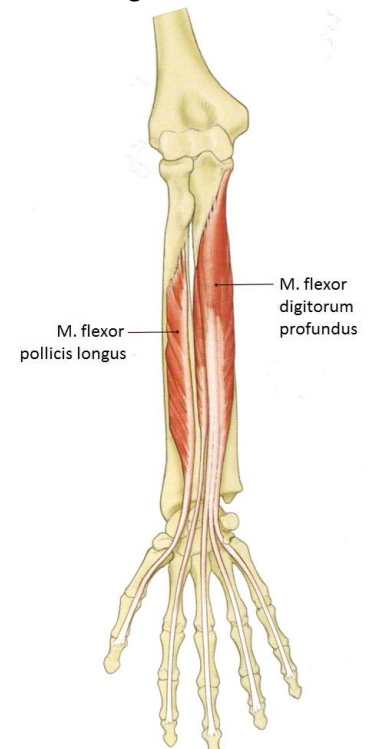
1.3 De vingers

Doordat de buigpezen bij flexorpeesletsel aangedaan zijn, is het van toegevoegde waarde om te weten hoe deze functioneren als zij niet aangedaan zijn. De flexorpezen zijn actief betrokken bij flexie en passief betrokken bij extensie.

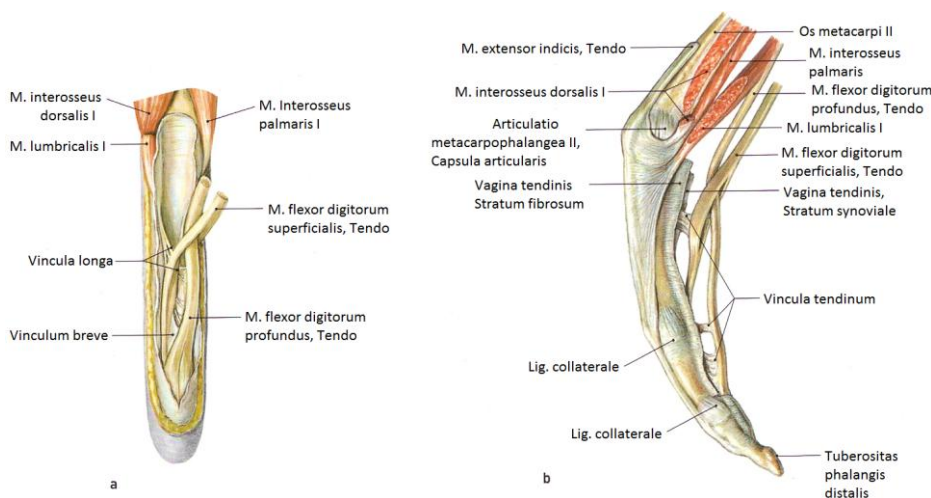
1.3.1 Flexorpezen

Flexie in het DIP-gewricht wordt alleen gemaakt door de m. flexor digitorum profundus (Riezebos C. , 2005). De m. flexor digitorum profundus heeft zijn origo op de facies anterior van de ulna en het membrana interossea. Hij loopt over de ventrale zijde van de onderarm en de hand en heeft zijn insertie op de ventrale zijde van de basis van de 2^e-5^e distale phalangeae. De m. flexor digitorum profundus geeft flexie over het articulationes carpi, de MCP- gewrichten en de PIP- en DIP- gewrichten. Voordat de spier de canalis carpi inloopt ter hoogte van het articulationes carpi, is deze al overgegaan en opgesplitst in vier pezen. Deze vier pezen worden bedekt door de pezen van de m. flexor digitorum superficialis. Na de canalis carpi gaan de pezen ieder individueel naar een digiti (2, 3, 4 of 5). De pezen komen aan het oppervlak bij de proximale phalanx, omdat hier de pezen van de m. flexor digitorum superficialis splitsen. De pezen van de m. flexor digitorum profundus lopen door de opening van de gesplitste superficialis pezen, het chiasma tendinum, door naar hun insertie op de ventrale zijde van de basis van de distale phalanx (2^e -5^e) (Gerritsen & Heerkens, 2008). In figuur 5 is het verloop van de m. flexor digitorum profundus weergegeven.

In tegenstelling tot de m. flexor digitorum profundus heeft de m. flexor digitorum superficialis zijn insertie op de zijkanten van de intermediaire phalangeae en geeft deze geen DIP- flexie. De m. flexor digitorum superficialis heeft zijn oorsprong op de epicondylus medialis van de humerus, op de processus coronoideus van de ulna en op de facies anterior van de radius. Via de ventrale zijde van de onderarm en de hand loop de spier door naar de zijkanten van de mediale phalanx (2^e – 5^e). In figuur 6 is de locatie zichtbaar waar de m. flexor digitorum profundus tussen de gesplitste m. flexor digitorum superficialis pezen doorloopt.



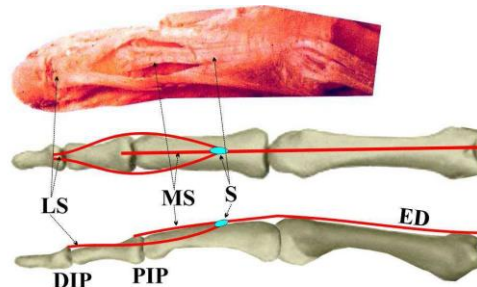
Figuur 5 Verloop van de m. flexor digitorum profundus (Putz & Pabst, 2006).



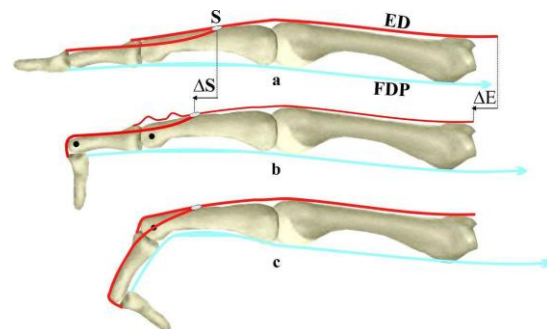
Figuur 6 Aanhechting van de pezen aan de wijsvinger; de pezen van beide vingerbuigers zijn uit de peesschede gelicht. a is van palmar, b van lateraal (Putz & Pabst, 2006).

1.3.2 Koppeling tussen het PIP- en DIP- gewricht

Om alleen flexie te maken in het DIP- gewricht, moet de m. flexor digitorum profundus contraheren. Tegelijkertijd is hierbij de m. extensor digitorum betrokken, welke eerst besproken wordt alvorens verder in te gaan op geïsoleerde DIP- flexie. De m. extensor digitorum heeft zijn origo op de radiale zijde van de laterale epicondyl van de humerus. Hij loopt over de dorsale zijde van de onderarm en heeft zijn insertie op de dorsale aponeurose van de 2^e-5^e vinger en de basis van de middelste en distale phalanges. De spier zorgt voor extensie over het articulationes carpi, de metacarpophalangeaal gewrichten (MCP- gewrichten), de proximaal interphalangeaal gewrichten (PIP- gewrichten) en de distaal interphalangeaal gewrichten (DIP- gewrichten). De spierbuik eindigt in vier pezen die de hand binnen gaan door de vierde tunnel van het retinaculum extensorum waarvandaan ze ieder individueel naar een digiti (2, 3, 4 of 5) doorlopen. Ter hoogte van het midden van de proximale phalanx splitsen de pezen in drieën, de mediane peesafsplitsing en de twee laterale peesafsplitsingen. De mediane peesafsplitsing loopt door naar het proximale deel van de intermediale phalanx. De twee laterale peesafsplitsingen hechten aan op de distale phalanx (Gerritsen & Heerkens, 2008). In figuur 7 (Riezebos C. , 2005) wordt ingezoomd op de insertie van de m. extensor digitorum waarbij zijn afsplitsingen zichtbaar zijn. Terug naar de geïsoleerde DIP- flexie. Als de m. flexor digitorum profundus contraheert, moeten de laterale afsplitsingen van de m. extensor digitorum verlengen. Hierdoor verplaatst deze pees en ook het splitspunt van deze pees naar distaal. Stel dat het PIP- gewricht in extensie zou blijven staan, is het logische gevolg dat de mediane peesafsplitsing slap komt te staan. Dit zou alleen mogelijk zijn als er andere pezen zijn die het PIP- gewricht stabiliseren, maar deze zijn er niet. Een DIP- flexie, gaat dus altijd gepaard met een PIP- flexie, maar een PIP- flexie hoeft niet gepaard te gaan met een DIP- flexie (Riezebos C. , 2005). In figuur 8 wordt dit principe weergegeven. Sommige mensen kunnen echter wel geïsoleerde DIP flexie maken. Dit principe wordt verder niet besproken, omdat dit niet relevant is voor dit onderzoek.



Figuur 7 Verloop van de m. extensor digitorum waarbij ingezoomd op de insertie. S is het splitspunt van de pees in de mediane splitsing (MS) en de twee laterale splitsingen (LS) (Riezebos C. , 2005)

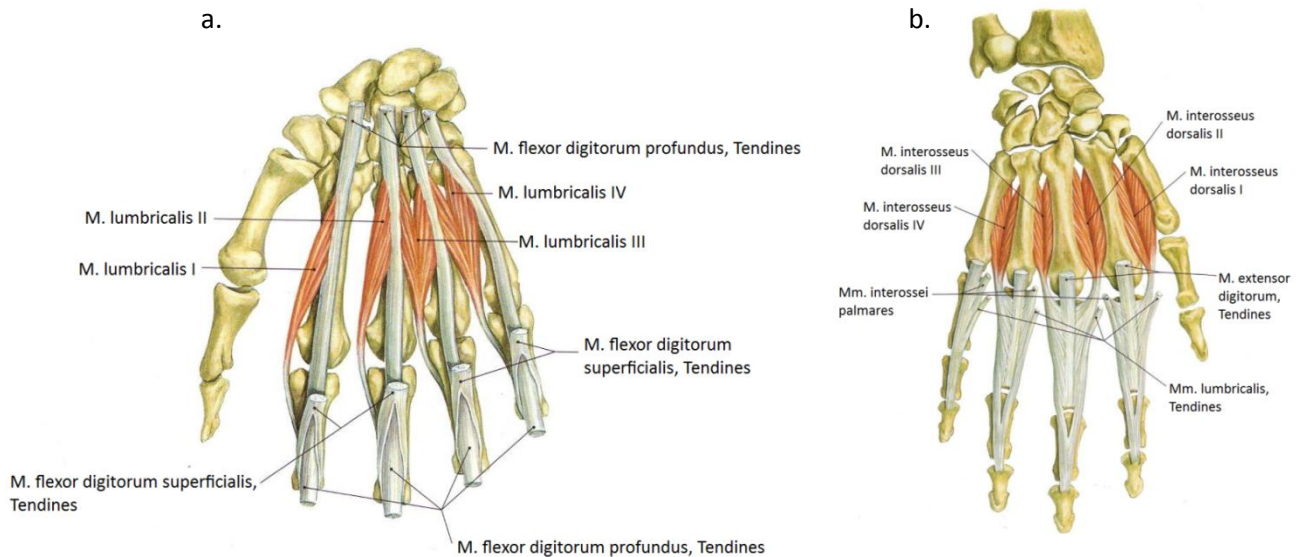


Figuur 8 Principe van gepaarde PIP- en DIP- flexie. a: uitgangssituatie. b: te zien is dat op het moment dat de m. flexor digitorum profundus contraheert bij geïsoleerde PIP- flexie, het splitspunt van de pees van de m. extensor digitorum naar distaal verplaatst. Hierdoor komt de mediane slip slap te staan. c: staat afgebeeld dat de mediane phalanx mee moet buigen, omdat er geen andere pezen zijn die het PIP- gewricht stabiliseren (Riezebos C. , 2005).

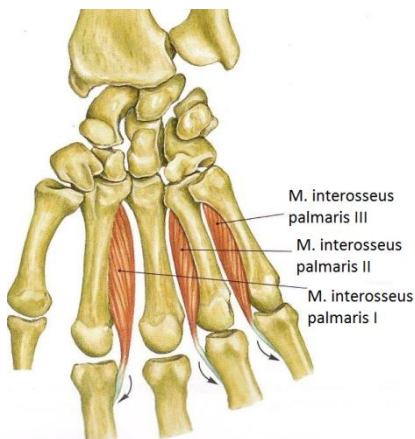
1.3.3 Lumbricalisstand

Bij het vroege passieve mobilisatie protocol wordt bewogen van een geflecteerde hand naar de lumbricalisstand. Bij deze stand staat het MCP- gewricht in flexie en de PIP- en DIP- gewrichten in extensie. Deze beweging wordt mede mogelijk gemaakt door de mm. lumbricalis en de mm. interossei. De mm. lumbricalis hebben hun origo op de pezen van de m. flexor digitorum profundus ter hoogte van de ossa metacarpi. Vanaf hier lopen ze langs de radiale zijde van de vinger schuin naar dorsaal en lopen over in de dorsale aponeurose. De mm. lumbricalis zorgen voor flexie in de MCP- gewrichten en extensie in de PIP- en DIP- gewrichten (Gerritsen & Heerkens, 2008). De mm. interossei hebben hun origo op de ossa metacarpi en hun insertie op de dorsale aponeurose van de vingers ter hoogte van de metacarpofalangeale gewrichten. Langs beide zijde van een metacarpofalangeaal gewricht loopt een m. interosseus, behalve aan de ulnaire zijde van de pink en

de radiale zijde van de duim. Ook deze spier doet net als de mm. lumbricalis flexie over de MCP-gewrichten en extensie over de PIP- en DIP-gewrichten (andere functiecomponenten, zoals ab- en adductie, buiten beschouwing gelaten) (Gerritsen & Heerkens, 2008). Zie voor afbeeldingen van de mm. lumbricalis en mm. interossei figuur 6, figuur 10 en figuur 9.



Figuur 10 Verloop van de mm. lumbricalis en de m. interossei. a: palmar aanzicht, b: dorsaal aanzicht (Putz & Pabst, 2006).



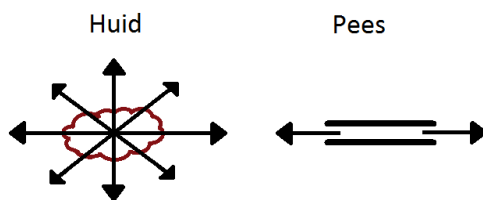
Figuur 9 Verloop van de mm. interossei (Putz & Pabst, 2006).

Eis: Het te ontwerpen systeem moet toepasbaar zijn op patiënten met ongecompliceerd letsel aan de m. flexor digitorum profundus en de m. flexor digitorum superficialis.

1.4 Adhesie en littekenweefsel

Immobilisatie is nadelig voor een goede handfunctie. Polsen en vingers verstijven snel, wat er voor zorgt dat zelfs korte immobilisaties problemen met zich meebrengen (van Damme, 2013). Door actief extensie en passieve flexie glijden gerepareerde pezen door de peesscheden en het wondgebied. Het doel hiervan is om adhesies van de pezen door fibroserend littekenweefsel aan omliggende structuren te voorkomen zoals aan bot, peespulleyssystemen, peesschedes, aponeurosen, fascies en onderhuids bindweefsel. Tevens voorkomt het contracturen van de betrokken gewrichten. Boyer, Goldfarb en Gelberman concludeerden in 2005 dat 1.7mm peesvergliding al voldoende was om uitstekend herstel van de pees te verkrijgen (Boyer, Goldfarb, & Gelberman, 2005).

Door de passieve beweging wordt er geen kans gegeven aan fibroblasten (dé bindweefsel vormende cel in het lichaam die bindweefselvezels en grondsubstanties maakt om weefsel bestand te maken tegen mechanische krachten) om collageen bindweefsel aan de omliggende weefsels te hechten wat zorgt voor ongewenste fibrosering (de Morree, 2009). Als ongewenste fibrosering wel optreedt, is dit fataal voor de toekomstige bewegingsmogelijkheden van de herstellende pezen in het omliggende weefsel. Ook is het noodzakelijk dat bewogen wordt, omdat bij een volledig passief herstel het nieuwgevormde collageen in een willekeurige richting groeit en dit niet de bedoeling is. Fibroblasten moeten de juiste hoeveelheid treksterke collageene fibrillen aanleggen zodat littekenweefsel in de trekrichting versterkt wordt. Zo zou littekenweefsel in pezen onder normale belasting niet vervormd worden. Bij de huid gebeurt dit wel en treedt er littekenwoekering op op het moment dat er aan alle kanten getrokken wordt. Het collageen plaatst zich dan in alle richtingen. Aangezien op de pees alleen trekkracht komt te staan, gebeurt dit niet. Zie hiervoor figuur 11. Door de passieve beweging treedt in ieder geval genoeg trek op om vervorming van het littekenweefsel onder normale belasting te voorkomen.



Figuur 11 Trekkrachten op de huid en op een pees bij een litteken.

Door recente ontwikkelingen in de handchirurgie is het mogelijk dat steeds minder vaak een volledige hand of vinger geïmmobiliseerd moet worden, schrijft van Damme. De moeilijkheid van het hechten in peesmateriaal ligt aan het feit dat het collageen in pezen parallel verloopt, wat ervoor zorgt dat bij trekkracht de kans aanwezig is dat de hechtdraad in de eerste paar weken tussen het collageen vandaan getrokken wordt (de Morree, 2009). Uit biomechanisch onderzoek komt voort dat een hechting, waarbij zich meerdere aangrijpingspunten in de pees bevinden en zo met een groter aantal draden de gekwetste zone overbruggen, voldoende stevigheid biedt en direct beweging van de pees toelaat. De bovengenoemde verklevingen en vorming van littekenweefsel kan hiermee vermeden worden zodat de hand sneller functioneel gebruikt kan worden. Wel is bij het te snel en krachtig belasten van de pezen de kans op herruptuur van de pees vergroot in de eerste 3 maanden. Daarom wordt alsnog een dynamische spalk gebruikt, zodat de patiënt zelf veilig kan oefenen (van Damme, 2013).

Eis: Het systeem moet de mogelijkheid bieden het polsgewricht en de MCP-, PIP- en DIP-gewrichten beperkt te laten bewegen in verband met gewrichtscontracturen.

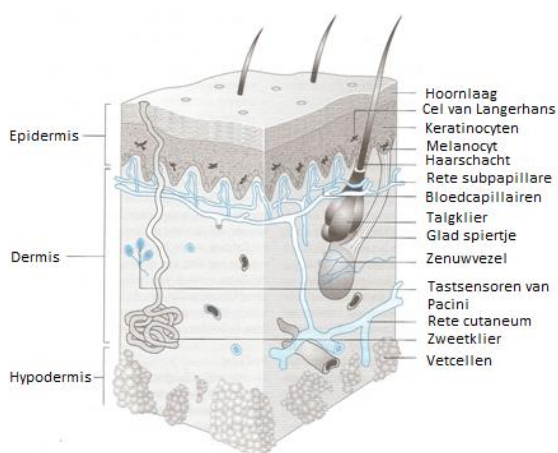
1.5 De huid en de nagel

In verband met een bevestiging van een nieuw systeem dat ontwikkeld moet gaan worden, is het belangrijk op de nagel en huid in te gaan. Duidelijk moet zijn hoe de huid en nagel groeien en wat hun functie is, om erachter te komen of bevestiging op deze delen mogelijk is of liever vermeden moet worden.

1.5.1 De huid

De huid heeft meerdere functies. Hij werkt als tastorgaan, als beschermend weefsel dat slijtage, straling, besmetting en uitdroging tegengaat en doet dienst als radiator of isolator. Die functies zijn verdeeld over de drie lagen van de huid, zie figuur 12 (de Morree, 2009):

- De dunne huid of epidermis;
- De collageenrijke stevige lederhuid of dermis;
- De in dikte variërende onderhuid of hypodermis waarin zich veel vetcellen bevinden.

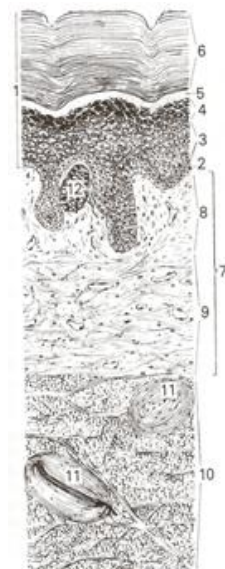


Figuur 12 Schematische weergave van de bouw van de huid (de Morree, 2009).

Op huiddelen die weinig mechanisch belast worden, bestaat de epidermis uit een dunne laag epitheel van 0,07 mm. Op meer mechanisch belaste huiddelen, bijvoorbeeld op de voetzolen bij natuurvolen, kan het epitheel tot meerdere millimeters dik worden. De epidermis wordt op anatomische wijze opgedeeld in enkele cellagen (zie figuur 13 (de Morree, 2009)). De opdeling is voortgekomen uit de verschillende stadia van steeds hetzelfde celttype, de keratinocyt. Keratinocyten worden aangemaakt door een continue celdeling in de kiemlaag, ook wel de stratum basale of het stratum germinativum genoemd (de Morree, 2009). De epidermis bestaat voor 85% aan keratinocyten (Lohman, 2008). De topcellen van de kiemlaag delen niet meer en worden door de onderliggende delende cellen naar het huidoppervlak gedreven om daar uiteindelijk als dode hoorncel te worden afgesleten (de Morree, 2009).

De keratinocyt maakt het eiwit keratine aan, waarmee het inwendige van de cel wordt volgeplakt en hier steeds meer mee verzadigd raakt. De keratinocyten maken tevens hechte verbindingen onderling om waterverlies tussen de cellen door te verhinderen en om scheuring van de epidermis te voorkomen. Deze hechte verbinding is een vetachtige substantie dat eiwit en fosfolipiden bevat (membrane coating granule). Hierna drogen de keratinocyten uit door waterverlies waarna het celplasma homogeen gevuld wordt met eiwitmateriaal. De kernloze cellen worden platter en vormen gezamenlijk de ondoordringbare

In deze studie wordt alleen ingegaan op de epidermis, omdat dit de buitenste laag is en deze in aanraking staat met de omgeving. De epidermis vormt de grens tussen het inwendige en het uitwendige milieu. Alleen deze laag zal dus in contact komen met materialen van het nieuwe ontwerp. De epidermis beschermt het lichaam onder andere tegen slijtage, zonnestraling en uitdroging en is een meerlagig plaveiselepitheel (dankt zijn naam aan de vorm, plat en op elkaar gestapeld) (de Morree, 2009) (Lohman, 2008). In de epidermis bevinden zich geen bloedvaten (Sillevis Smitt, van



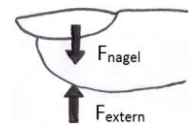
Figuur 13 Tekening van een dwarsdoorsnede van de huid met epidermis, dermis en hypodermis: 1 epidermis; 2 stratum germinativum; 3 stratum spinosum; 4 stratum granulosum; 5 stratum lucidum; 6 stratum corneum; 7 dermis; 8 stratum papillare; 9 stratum reticulare; 10 hypodermis met vetcellen; 11 lichaampje van Pacini; 12 lichaampje van Meissner voor de tastzin (de Morree, 2009).

hoornlaag voor water (stratum corneum). Dit was de cyclus van keratinisatie en duurt tussen de veertien dagen en een maand (de Morree, 2009). Door het afsterven/afsluiten van de hoornlaag is een permanente bevestiging op de huid niet geschikt. De huidcellen vernieuwen en dus zal een permanente verbinding na verloop van tijd loslaten.

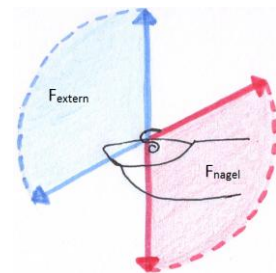
Eis: Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de huid met een permanente bevestiging.

1.5.2 De nagel

De vingernagels behoren tot de epidermis en hebben meerdere functies. Zo zorgen ze voor bescherming van de vingers en handen, maar ook voor het gemakkelijker oprapen van kleine voorwerpen (Toonstra & de Groot, 2010). In de literatuur is geen hard bewijs gevonden met betrekking tot krachten die op nagels komen te staan, waardoor zelf een poging is gedaan een redentatie te geven van de krachten die op de nagel spelen. Bij het oprapen van kleine voorwerpen wordt aangenomen dat de weke delen die zich om de distale phalanx bevinden, zich verplaatsen op het moment dat er geen nagel aanwezig is op de vinger. De nagel zorgt dus voor stevigheid en levert tegendruk op de extern geleverde kracht, zie figuur 14. Hierbij wordt de kracht geleverd op de palmaire zijde van de distale phalanx. In het dagelijks leven komt het vrijwel nooit voor dat er kracht geleverd wordt op of aan de dorsale zijde van de distale phalanx. Echter, in de situatie met het haakjes systeem wordt de kracht wel op de dorsale zijde van de phalanx geleverd en geeft dit een trekkracht aan de nagel zoals weergegeven in figuur 15. In deze figuur zijn alle richtingen van de trekkracht die op het haakje komen te staan meegenomen als F_{extern} (blauw). Alle tegenovergestelde krachten die de nagel moet leveren zijn rood gearceerd, F_{nagel} . De krachtrichtingen die de nagel bij dit systeem moet leveren staan dus in tegenovergestelde richting als waar de nagel voor bedoeld is. Hieruit concluderen wij dat bij gebruik van het haakje tegen de natuurlijke krachtwerking van de nagel ingegaan wordt en er geen vaste bevestiging op de nagel mag komen bij een nieuw systeem dat ontworpen gaat worden.

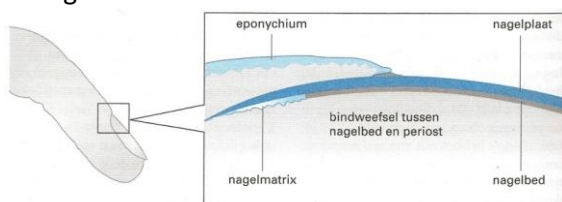


Figuur 14 Krachtrichting van de nagel bij een palmaire externe kracht.

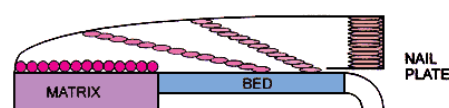


Figuur 15 Alle mogelijke externe krachtrichtingen die geleverd kunnen worden op de nagel door het haakjessysteem, blauw gearceerd. In het rood alle tegenovergestelde krachtrichtingen die de nagel zou moeten leveren.

De nagelplaat wordt gevormd vanaf de nagelmatrix. Deze bevindt zich aan de proximale zijde van de nagel onder de nagelriem (eponychium) en is vastgehecht aan het periost van de eindkootjes (de Morree, 2009). Zie voor een lengtedoorsnede van de nagel figuur 16 (de Morree, 2009). In het matrixepitheel worden uitrijpende keratinocyten als onychocyten (gedifferentieerde keratinocyten (Pasch, 2007)) ingebouwd in de nagelplaat (Toonstra & de Groot, 2010). Deze nagelplaat groeit over het nagelbed in distale richting van de vinger en hecht zich vast aan het nagelbed door een groot aantal fijne lengtegroefjes (de Morree, 2009). Deze lengtegroefjes passen precies in de onderkant van de nagelplaat. In figuur 17 (Understanding Your Natural Nails) is te zien hoe de nagelplaat zichzelf vormgeeft.



Figuur 16 Lengtedoorsnede van een nagel (de Morree, 2009).

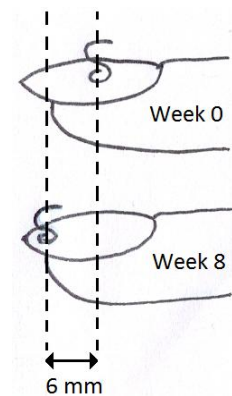


Figuur 17 Vormgeving nagelplaat. Vanuit de matrix worden keratinocyten in de vorm van onychocyten ingebouwd. Deze worden steeds platter en komen dicht op elkaar te liggen, waarna ze eindigen als nagelplaat. (Understanding Your Natural Nails)

Als men naar de nagel kijkt, is de matrix niet te zien. Het eerste wat van de nagel zichtbaar is vanaf proximaal is de lunula, welke eruit ziet als een wit maantje (luna=maan). Dit deel van de nagel is nog niet sterk verhoornd (het uitdrogen en afsterven van cellen in de huid) en dus nog te zwak (de Morree, 2009). Hierdoor zal de lunula niet geschikt zijn om veel kracht op uit te oefenen waardoor een bevestiging op dit deel van de nagel niet geschikt.

De cellen liggen bij de groei eerst achter elkaar (op de nagelmatrix) waarna ze steeds schuiner gaan liggen tot ze op elkaar liggen in verticale richting. Aan het eind van de cyclus liggen de keratinocyten het meest compact en hard, wat zorgt voor de hardheid van de nagelplaat. De dikte van de nagelplaat is afhankelijk van de lengte van de nagelmatrix (Toonstra & de Groot, 2010). Des te langer de nagelmatrix, des te langere keratineketens er gemaakt worden dus des te dikker de nagelplaat (Understanding Your Natural Nails). Aan het uiteinde is de nagel juist weer wat dunner (Toonstra & de Groot, 2010).

De slijtage van de nagel verloopt anders dan bij de huid. Bij de huid slijten de cellen die aan het oppervlak liggen af, terwijl de nagel alleen slijt aan het distale uiteinde. De cellen aan het oppervlak van de nagelplaat slijten dus niet af. De nagelplaat zelf is glad en afhankelijk van de arteriële bloedtoevoer en een continue doorbloeding. Nagels groeien met een snelheid van 3 mm per maand (de Morree, 2009). Hierbij is de snelheid afhankelijk van de grootte van de distale phalanx. De nagel van de pink groeit langzamer dan de nagels van andere vingers (Toonstra & de Groot, 2010). In dit onderzoek wordt aangenomen dat de nagel met een gemiddelde snelheid van 3mm per maand groeit wat ervoor dat er na acht weken een migratie heeft plaatsgevonden van 6 mm van de nagel en het haakje over de distale phalanx. Zie figuur 18 voor de migratie van het haakje en de nagel ten opzicht van de distale phalanx. Te zien is dat in het slechtste geval het haakje voorbij de weke delen van de vinger is gegroeid. Een permanente bevestiging op de nagel is dan ook niet geschikt.



Figuur 18 De bovenste situatie geeft de positie van het haakje weer op de nagel ten opzicht van de vinger in week 0. De onderste situatie geeft de positie van het haakje op de nagel ten opzichte van de vinger weer in week 8. De afstand afgelegd in 8 weken is 6 mm.

Zoals eerder beschreven bij de huid, maakt de keratinocyt het eiwit keratine aan. De keratine in de nagel bestaat voor ongeveer 20% uit huidkeratines en voor 80% uit speciale harde keratines die overeenkomsten vertonen met keratine van haren. Waarschijnlijk zorgt het zwavelgehalte samen met een gekronkelde structuur en de zeer stabiele disulfide- verbindingen tussen de keratine- moleculen voor hardheid en stugheid van deze keratine- eiwitten (Toonstra & de Groot, 2010).

Eis: Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de nagel met een permanente bevestiging.

1.6 Eisen naar aanleiding van de literatuurstudie

- Het systeem moet toepasbaar zijn binnen het vroege passieve mobilisatie protocol.
- Het systeem moet voor alle letselzones toepasbaar zijn.
- Het te ontwerpen systeem moet toepasbaar zijn op patiënten met ongecompliceerd letsel aan de m. flexor digitorum profundus en de m. flexor digitorum superficialis.
- Het systeem moet de mogelijkheid bieden het polsgewricht en de MCP-, PIP- en DIP-gewrichten beperkt te laten bewegen in verband met gewrichtscontracturen.
- Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de huid met een permanente bevestiging.
- Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de nagel met een permanente bevestiging.

2 Analysefase

2.1 Doelgroep

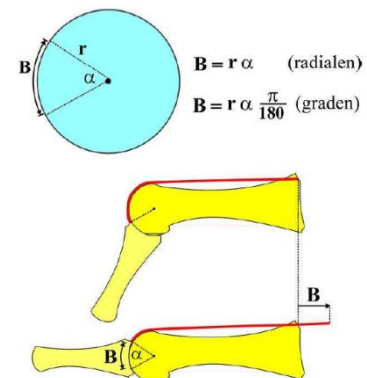
Onder de doelgroep vallen patiënten met handletsel aan de flexorpezen van de manus. In Nederland zijn er ongeveer 70.000 patiënten met handletsel per jaar (Hand en Pols expertisecentrum). Hiervan is niet exact bekend hoeveel patiënten lijden aan flexorpeesletsel. Om toch een schatting te maken van de omvang van de doelgroep, is er een enquête opgesteld en verzonden naar verschillende ziekenhuizen en instellingen. Hieruit kwam onder andere naar voren dat ieder ziekenhuis ongeveer 10 patiënten met peesletsel behandelt. In Nederland zijn ongeveer 350 ziekenhuizen gevestigd (Zorgkaart Nederland / ziekenhuizen). Dit komt neer op een totaal van 3500 patiënten per jaar.

Flexorpeesletsel komt bij alle leeftijdscategorieën voor en is niet geslachtsgebonden. Naast de patiënten vallen de ergotherapeuten indirect ook onder de doelgroep, aangezien zij het systeem moeten bevestigen en moeten waarborgen dat het systeem op de juiste wijze wordt gebruikt.

Eis: Het te ontwerpen systeem moet op de gehele Nederlandse bevolking toegepast kunnen worden.

2.2 Peesvergliding

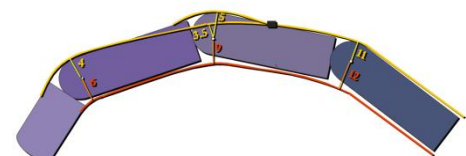
Wanneer een vinger buigt of strekt, zal de spierbuik die in de onderarm ligt moeten verlengen of verkorten. Hierdoor ontstaat er verglijding van de pees in de vinger. De hoeveelheid peesvergliding is afhankelijk van de hoekstand en de momentsarm van de gewrichten waar de pees overheen loopt. De gewrichten van de vinger zijn te vergelijken met een scharniergewricht, omdat zich aan de mediale en laterale zijde van de vinger de ligg. collateralia bevinden die het midden van de kop met de kom verbinden (Lohman, 2008). De pees die voor buiging of strekking van het gewricht zorgt, loopt van proximaal naar distaal gezien over de kop van het gewricht naar de kom van het gewricht. De kop van het gewricht heeft de functie van een soort katrol. Doordat de pees over deze katrol heen loopt is een model ontstaan dat beschreven is door Landsmeer in 1961 (Franko, Winters, Tirrell, Hentzen, & Lieber, 2011). Landsmeer heeft de momentane momentsarm beschreven in een vergelijking, deze vergelijking is als volgt: $B = r * \alpha$ waarin B de peesvergliding is, r de straal van de cirkel (momentsarm) en α de hoekverdraaiing in radialen, zie figuur 19 (Riezebos C. , 2005).



Figuur 19 Berekening verglijding volgens Landsmeer (Riezebos C. , 2005)

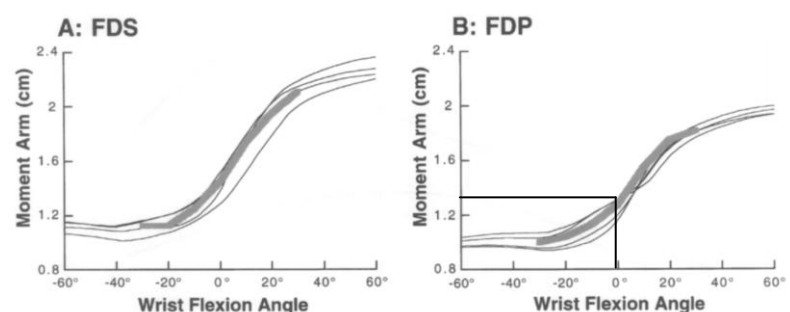
In dit onderzoek wordt er vanuit gegaan dat de momentsarmen bekend en voor ieder individu gelijk zijn. De momentsarmen van vingerpezen volgens Carpentier Alting zijn weergegeven in figuur 20 (Riezebos C. , 2014). In dit model van Carpentier Alting zijn de grootten van de momentsarmen van de m. flexor digitorum profundus over de vingers weergegeven. De m. flexor digitorum superficialis is hier achterwege gelaten omdat deze pees aanhecht op de intermediale phalanx en dus geen DIP-flexie kan maken. Zie voor uitleg over de m. flexor digitorum superficialis hoofdstuk 1.3.1

Flexorpezen. De m. flexor digitorum profundus loopt in het model van Carpentier Alting niet verder naar proximaal dan het MCP- gewricht, terwijl deze spier ook een moment levert over de pols en dit bij de uitvoer van oefeningen van invloed is op de hoeveelheid peesvergliding. Om deze reden is in ons model de pols meegenomen met een vaste momentsarm (net zoals de vaste momentsarmen in het model van Carpentier Alting). Het polsgewricht (articulatio carpalis) is opgebouwd uit acht botjes die articuleren met de radius en de ossa metacarpi. Vanwege de complexiteit van dit gewricht, wordt in dit onderzoek alleen palmar en dorsaal flexie van de pols meegenomen. Bij meten van de hoekstandsverandering in de pols worden de 8 botjes buiten beschouwing gelaten. Daarom wordt de hoekstandsverandering gemeten tussen de radius en de ossa metacarpi.



Figuur 20 Momentsarmen (mm) van de vinger volgens Carpentier Alting (Riezebos C. , 2014)

Brand and Hollister hebben de momentsarmen van de m. flexor digitorum profundus (FDP) en de m. flexor digitorum superficialis (FDS) over de pols beschreven. Deze beschrijving wordt weergegeven als de cursieve lijnen in figuur 21 (Brand & Hollister, 1993) (Gonzalez, Buchanan, & Delp, 1997). In ons model wordt alleen gekeken naar de m. flexor digitorum profundus en hebben wij een neutrale stand van de pols gekozen, 0 graden. Uit figuur 21 is

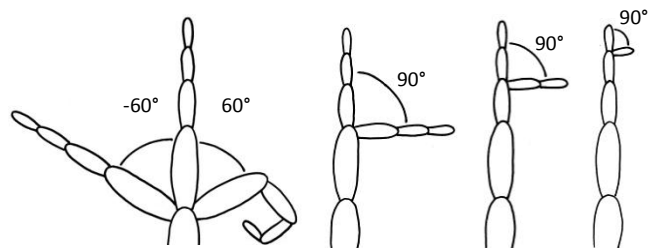


Figuur 21 Cursieve lijn (Brand & Hollister, 1993), waaruit de momentsarmen van de spieren zijn gehaald. Links geeft de m. flexor digitorum superficialis weer. Rechts geeft de m. flexor digitorum profundus weer (Gonzalez, Buchanan, & Delp, 1997).

af te lezen dat bij deze polsstand de momentsarm van de m. flexor digitorum profundus 13 mm is.

Nu alle momentsarmen bekend zijn, kan er gekeken worden naar de verglijding die plaats vindt bij bepaalde gewrichten van de hand. In figuur 22 is de maximale beweging van elk individueel gewricht weergegeven. Door de aanwezigheid van retinaculae kunnen alle gewrichten niet verder dan 90° flecteren. Er is te zien dat de grootste hoekstandsverandering in de pols plaats vindt, namelijk 120 graden (-60 graden extensie en 60 graden flexie). Wanneer de MCP-, PIP- en DIP- gewrichten geëxtendeerd zouden zijn, dan kan de pols tot 90 graden flecteren. Echter, in dit geval is dat niet mogelijk, omdat de MCP-, PIP, en DIP- gewrichten deze gewrichten geflecteerd zijn. Hetzelfde geldt voor de extensie van de hand. Deze zou bij geflecteerde vingers tot 90 graden kunnen extenderen, maar door geëxtendeerde MCP-, PIP-, en DIP- gewricht kan het polsgewricht niet verder extenderen dan 60 graden. Dit komt door passieve insufficiëntie van de buigpezen. De MCP-, PIP-, en DIP- gewrichten kunnen elk maximaal 90 graden verdraaien (Riezebos C. , 2005).

Aan de hand van de hiervoor beschreven momentsarmen en hoekstandsveranderingen, is in figuur 23 een overzicht weergegeven van de verglijding van de flexorpezen over de individuele gewrichten in de hand.



Figuur 22 Mogelijke standen van de hand. Van links naar rechts extensie en flexie van het polsgewricht, Flexie van de MCP-, PIP- en DIP- gewrichten.

Dit is berekend aan de hand van de vergelijking van Landsmeer: $B = r * \alpha$ met:

B = De verglijding van de pees. Deze is uitgerekend en weergegeven op de verticale as van figuur 23.

r = De momentsarm van het gewricht, voor:

Pols: 13 mm.

MCP: 12 mm.

PIP: 9 mm.

DIP: 6mm;

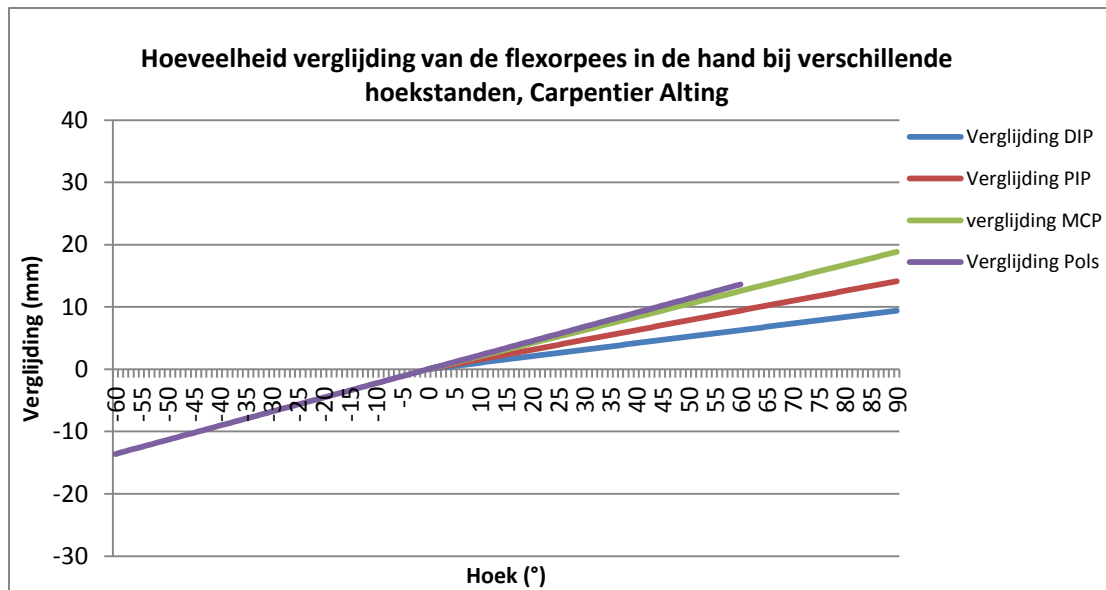
α = De hoekverdraaiing in radialen, met:

Pols: van -60 tot en met 60 graden met tussenstapjes van 1 graad.

MCP/ PIP/ DIP: van 0 tot en met 90 graden met tussenstapjes van 1 graad;

Om van graden naar radialen te gaan zal het aantal graden vermenigvuldigd moeten worden met: $\frac{\pi}{180}$.

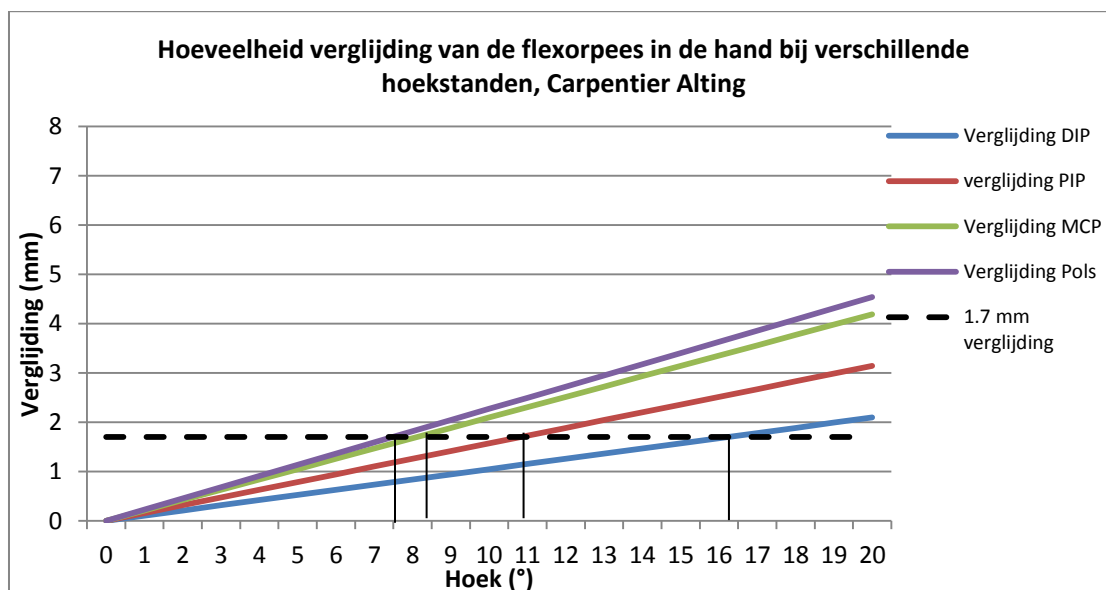
Het aantal graden is zichtbaar op de horizontale as van figuur 23.



Figuur 23 Volgens de momentsarmen van Carpentier Alting is de hoeveelheid verglijding van de flexorpees in de hand berekend bij verschillende hoekstanden.

Zoals te zien in figuur 23 geeft het MCP- gewricht bij een hoekverdraaiing van 90 graden de grootste peesvergliding weer, ongeveer 19 mm. Daarna volgt het PIP- gewricht met een verglijding van 14 mm gevolgd door het polsgewricht (13.5 mm) bij een stand van 60 graden en als laatste het DIP- gewricht (9.5 mm) bij de maximale verdraaiing van 90 graden. Het aantal graden van de pols kan in deze figuur ook negatief zijn, wat betekent dat de pols geëxtendeerd is ten opzichte van de neutrale polsstand (0 graden). De verglijding gaat daardoor ook richting negatief, wat inhoudt dat de peesvergliding zorgt voor een verlenging van de spierbuik.

In hoofdstuk 1.4 Adhesie en littekenweefsel is aangegeven dat 1.7 mm peesvergliding genoeg is om adhesie van de verschillende structuren te voorkomen. In figuur 24 is ingezoomd op een deel van figuur 23, namelijk op de hoeveelheid verglijding van de flexorpezen bij hoeken tussen de 0 en 20 graden. De stippellijn geeft de verglijding van 1.7 mm weer.



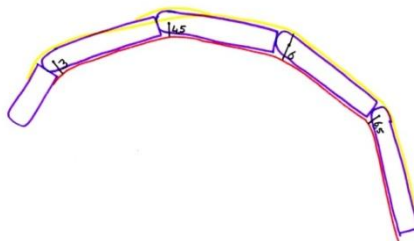
Figuur 24 Ingezoomd op een deel van figuur 23, tevens zijn de hoeken van de gewrichten aangegeven waarbij 1.7 mm verglijding plaats vindt.

Zoals te zien is in figuur 24 zijn er verticale lijnen weergegeven. Deze lijnen grijpen aan op het punt waar de hoeveelheid peesvergliding bij een gewricht 1.7 mm bedraagt. Op de horizontale as geven de verticale lijnen weer hoeveel hoekverdraaiing in een gewricht nodig is om 1.7 mm peesvergliding te verkrijgen. Het polsgewricht maakt de kleinste hoekverdraaiing om 1.7 mm verglijding mogelijk te maken, daarna komt het MCP- gewricht gevolgd door het PIP- gewricht. De grootste hoekverdraaiing moet gemaakt worden als alleen het DIP- gewricht gebruikt wordt.

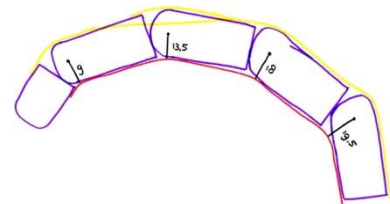
In de praktijk blijkt dat het DIP- gewricht niet individueel kan verdraaien. Doordat de pezen over meerdere gewrichten lopen en dus bi- articulaire zijn, maakt de vinger een gekoppelde beweging. Dit principe is beschreven in hoofdstuk 1.3.2 Koppeling tussen PIP- en DIP- gewricht. Om te weten hoeveel verglijding er optreedt tijdens een bepaalde beweging, kan er gekeken worden naar het aantal graden hoekverdraaiing per gewricht. In figuur 23 kan per gewricht de verglijding afgelezen worden. Als al deze verglijding bij elkaar opgeteld wordt, is de totale verglijding van de beweging verkregen.

2.2.1 Variatie in vingerdikte met de gevolgen voor peesvergliding

Eerder in dit hoofdstuk is gezegd dat 'de momentsarmen bekend en voor ieder individu gelijk zijn'. Wanneer aan een willekeurige groep mensen gevraagd wordt hoe dik hun vinger is, zal blijken dat er veel variatie is. In de literatuur staat tevens dat dikkere vingers een grotere momentsarm hebben dan dunnere vingers. Om dezelfde hoekstandsverandering te bewerkstelligen, moeten de pezen van dikkere vingers dan ook meer verkorten dan van dunnere vingers (Riezebos C. , 2005). Om dit duidelijk te maken en om variatie in ons onderzoek mee te nemen is in figuur 25 een dunne (0.5 * momentsarm volgens Carpentier Alting) en in figuur 26 een dikke vinger (1.5 * momentsarm volgens Carpentier Alting) weergegeven met de bijbehorende momentsarmen.

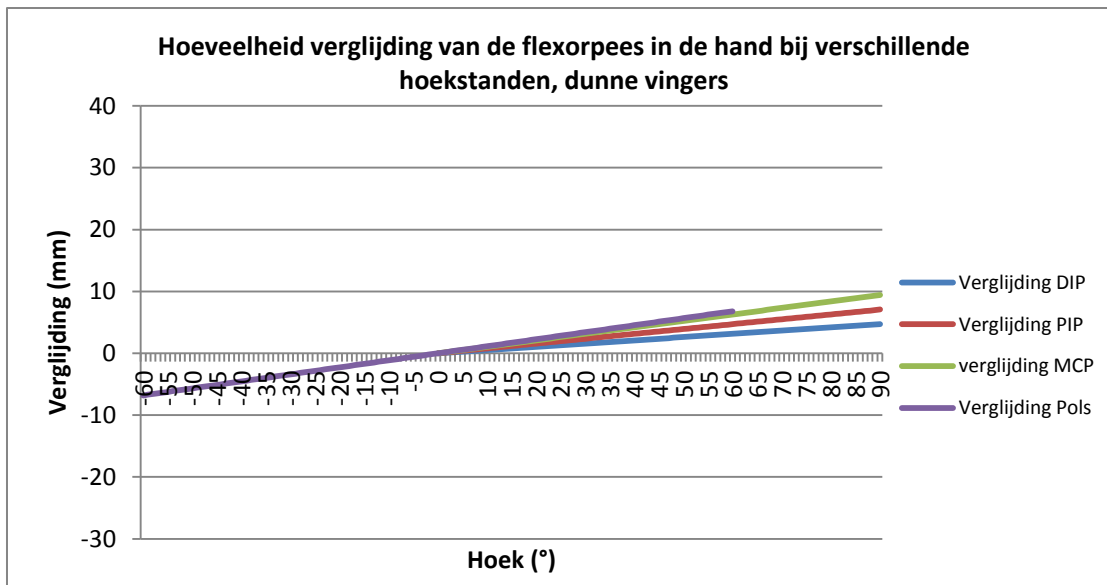


Figuur 25 Momentsarmen bij dunne vingers. Pols: 6.5mm, MCP: 6 mm, PIP: 4.5 mm, DIP: 3 mm.

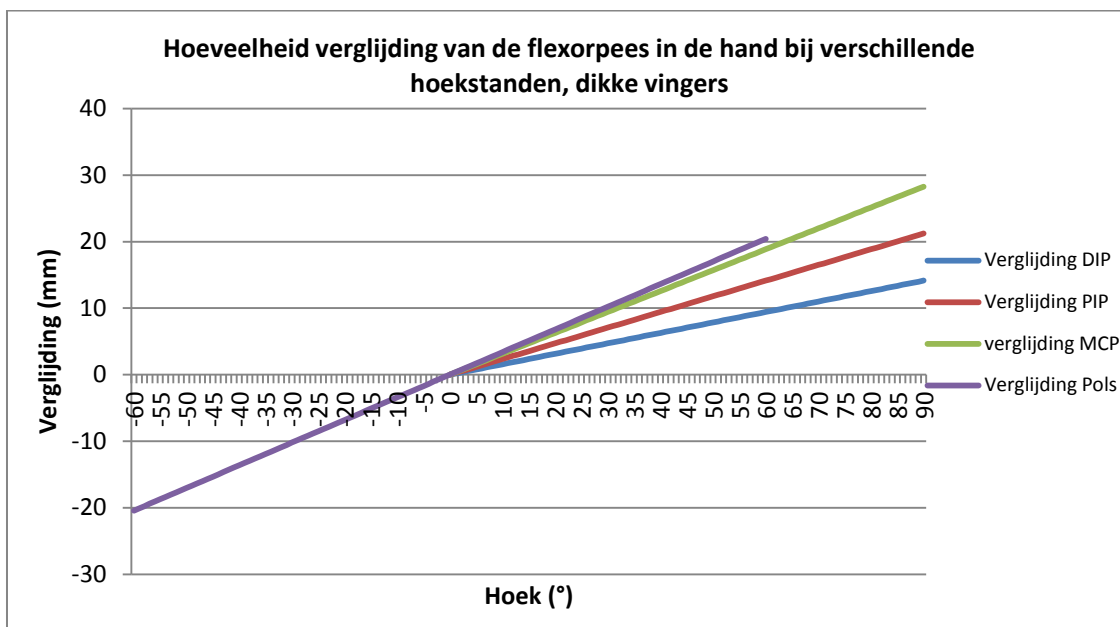


Figuur 26 Momentsarmen bij dikke vingers Pols: 19.5 mm, MCP: 18 mm, PIP: 13.5 mm, DIP: 9 mm.

Met deze momentsarmen is de berekening van Landsmeer zoals eerder beschreven nogmaals uitgevoerd. Figuur 27 toont de uitkomst met de momentsarmen van dunne vingers. Figuur 28 toont de uitkomst met de momentsarmen van dikke vingers.

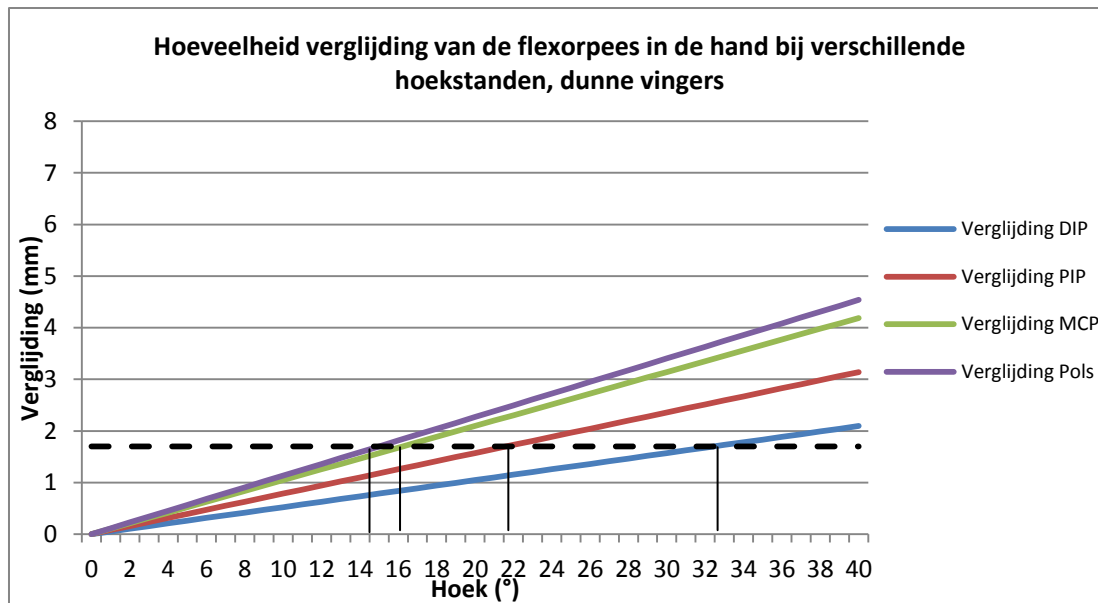


Figuur 27 Volgens de momentsarmen van dunne vingers is de hoeveelheid verglijding van de flexorpees in de hand berekend bij verschillende hoekstanden.

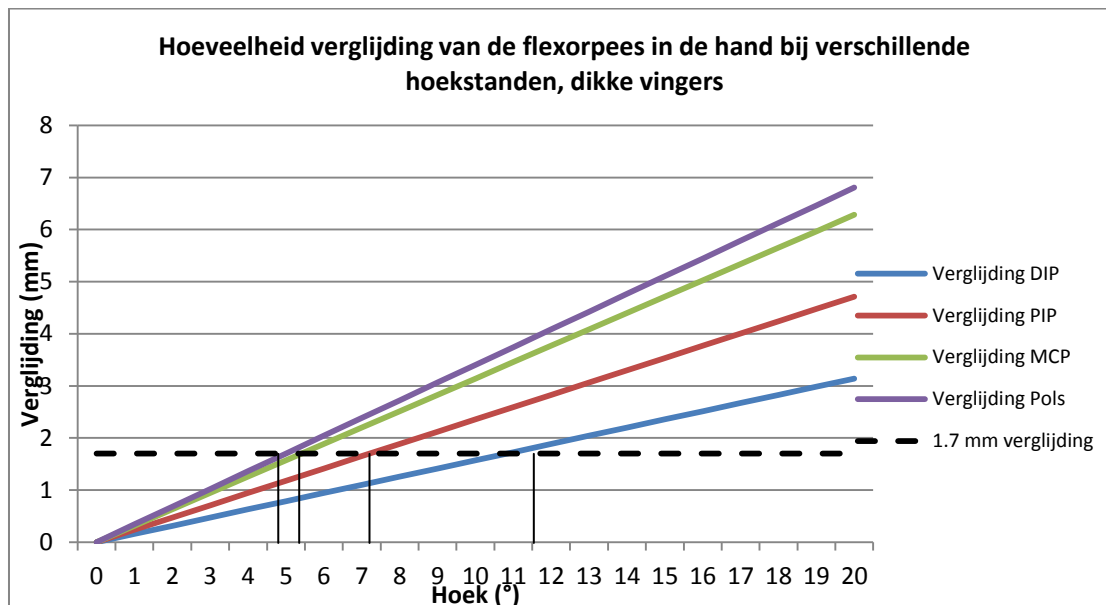


Figuur 28 Volgens de momentsarmen van dikke vingers is de hoeveelheid verglijding van de flexorpees in de hand berekend bij verschillende hoekstanden.

Wanneer figuur 27 en figuur 28 vergeleken worden met figuur 23 is te zien dat de peesvergliding bij figuur 27 twee keer zo klein is als bij figuur 23. De peesvergliding bij figuur 28 is daarentegen anderhalf keer zo groot als bij figuur 23. Bij een persoon met dikke vingers treedt dus meer peesvergliding op dan bij een persoon met dunne vingers als eenzelfde beweging uitgevoerd wordt. Dit is te verklaren doordat de vergelijking van Landsmeer een lineaire vergelijking is. De verglijding over meerdere gewrichten kan op dezelfde manier berekend worden als uitgelegd onder figuur 23. In figuur 29 en figuur 30 is er tevens op de hoekverdraaiingen ingezoomd, waarin ook de lijn van 1.7 mm peesvergliding weergegeven is.



Figuur 29 Ingezoomd op een deel van figuur 27, tevens zijn de hoeken van de gewrichten aangegeven waarbij 1.7 mm verglijding plaats vind.



Figuur 30 Ingezoomd op een deel van figuur 28, tevens zijn de hoeken van de gewrichten aangegeven waarbij 1.7 mm verglijding plaats vind.

Wanneer figuur 29 en figuur 30 met figuur 24 worden vergeleken, blijkt dat dunne vingers een grotere hoekverdraaiing nodig hebben in een gewricht om 1.7 mm verglijding te verkrijgen. Bij dikke vingers is juist een veel kleinere hoek nodig om de gewenste 1.7 mm verglijden te halen. In tabel 2 zijn alle hoekverdraaiingen voor 1.7 mm verglijding samengevoegd in een overzichtelijke tabel.

Tabel 2 Samenvoeging van de hoeveelheid hoekverdraaiing die nodig is voor een verglijding van 1.7 mm.

	<i>Carpentier Alting (Graden)</i>	<i>Dunne vingers (Graden)</i>	<i>Dikke vingers (graden)</i>
<i>DIP- gewricht</i>	16	32	11
<i>PIP- gewricht</i>	11	21.5	7
<i>MCP- gewricht</i>	8	16.5	5.5
<i>Polsgewricht</i>	7.5	15	5

2.2.2 Revalidatieoefeningen en de hoeveelheid peesvergliding

Tijdens het revalidatieproces krijgt de patiënt oefeningen mee naar huis. Deze oefeningen zorgen voor peesvergliding in de hand. In figuur 31 zijn de verschillende handstanden van deze oefeningen weergegeven. Het complete oefenprogramma staat weergegeven in bijlage 2. De pols staat tijdens de oefeningen in 0 graden. De volgorde waarin de oefeningen tijdens het revalidatieproces worden uitgevoerd staat niet vast en wordt waarschijnlijk door elke therapeut anders gebruikt.



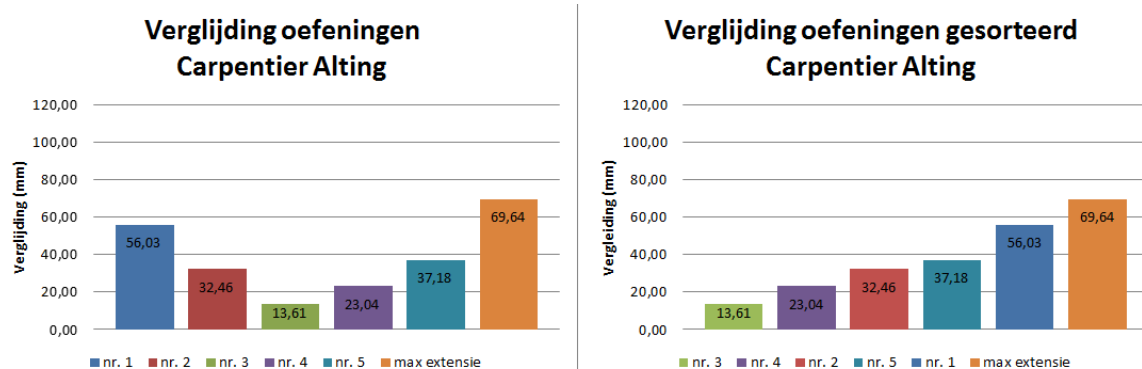
Figuur 31 Hand standen van de revalidatieoefeningen

Voor elke stand is in figuur 32 links, figuur 33 links en figuur 34 links weergegeven hoeveel de peesvergliding is ten opzichte van de maximaal geflecteerde stand van de hand. De uiterste standen zijn weergegeven in figuur 22 en uitgelegd in figuur 35. De verglijding is berekend door de hoekstandsverandering en de momentsarm per gewicht in te vullen in de vergelijking van Landsmeer. De vergelijking werd als volgt gebruikt:

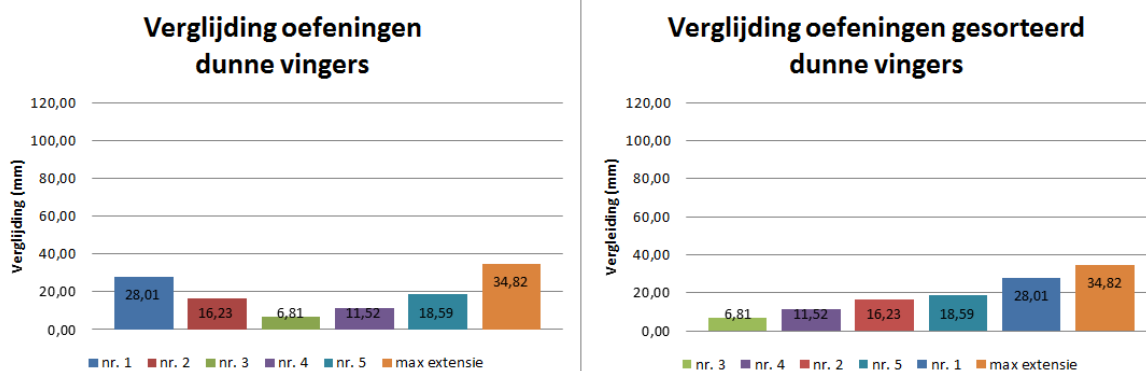
$$\left(r_{pols} * \alpha_{pols} * \frac{\pi}{180}\right) + \left(r_{MCP} * \alpha_{MCP} * \frac{\pi}{180}\right) + \left(r_{PIP} * \alpha_{PIP} * \frac{\pi}{180}\right) + \left(r_{DIP} * \alpha_{DIP} * \frac{\pi}{180}\right) = B$$

r = momentsarm
 α = hoekverdraaiing
 B = verglijding

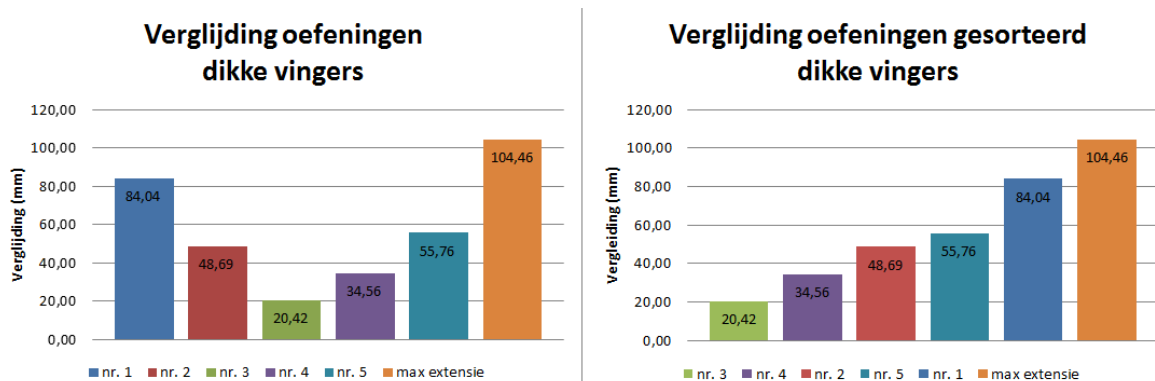
Hieruit zijn in figuur 32 rechts, figuur 33 rechts en figuur 34 rechts de standen gerangschikt van weinig verglijding tot veel verglijding. De nummers op de horizontale as komen overeen met de nummers van de standen van de hand zoals weergegeven in figuur 31.



Figuur 32 Peesvergliding bij revalidatieoefeningen bij een momentsarm volgens Carpentier Alting. Links: de oefeningen in volgorde zoals in figuur 31. Rechts: de oefeningen gesorteerd van weinig tot veel peesvergliding.



Figuur 33 Verglijding van revalidatieoefeningen bij een momentsarm volgens dunne vingers. Links: de oefeningen in volgorde zoals in figuur 31. Rechts: de oefeningen gesorteerd van weinig tot veel verglijding.



Figuur 34 Verglijding van revalidatieoefeningen bij een momentsarm volgens dikke vingers. Links: de oefeningen in volgorde zoals in figuur 31. Rechts: de oefeningen gesorteerd van weinig tot veel verglijding.

Zoals te zien is in figuur 32, figuur 33 en figuur 34 geven dunne vingers een veel kleinere hoeveelheid verglijding dan bij de momentsarm volgens Carpentier Alting. De meeste verglijding komt tot stand bij de dikke vingers.

Het lijkt erop dat de oefeningen in de praktijk zo gekozen zijn dat ze goed achter elkaar uitgevoerd kunnen worden. Van de stand van oefening 1, kan goed bewogen worden naar de stand van oefening 2, van de stand van oefening 2 kan goed bewogen worden naar de stand van oefening 3, et cetera. Hierdoor wordt de indruk gewekt dat er niet gekeken is naar de impact van de bewegingen op de hand, terwijl juist dit belangrijk is bij een revalidatieproces. De volgorde van de oefeningen kunnen beter gebaseerd worden op de hoeveelheid peesvergliding die plaats vindt in de hand. Van veel naar weinig peesvergliding komen de oefeningen in deze nieuwe volgorde te staan: 3- 4- 2- 5- 1.

De meeste peesvergliding treedt op wanneer het polsgewricht, de MCP-, PIP- en DIP- gewrichten maximaal geëxtendeerd zijn, zie de geëxtendeerde stand van de vinger (100%) van figuur 35. Deze geëxtendeerde stand wordt vanaf dit moment 100 % verglijding genoemd. Wanneer het polsgewricht, de MCP-, PIP- en DIP- gewrichten maximaal zijn geflecteerd, wordt dit 0% verglijding genoemd, zie de geflecteerde vinger (0%) van figuur 35.

Als de standen van de revalidatieoefeningen uit figuur 31 uitgedrukt worden in procenten verglijding, dan krijgen deze de volgende

verglidingspercentages zoals weergegeven in tabel 3. Dit is berekend aan de hand van de volgende formule:

$$\text{Percentage} = \frac{\text{Verglijding van de handstand}}{\frac{\text{Max extensie}}{100}}$$

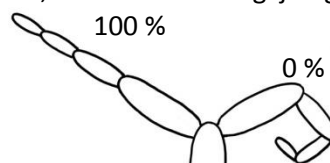
Verglijding van de handstand

= waarde van nr. 1,2,3,4 of 5 uit Figuur 32, Figuur 33 of Figuur 34

Max extensie = waarde van max extensie uit Figuur 32, Figuur 33 of Figuur 34

Deze waarde komt uit hetzelfde figuur als de verglijding van de handstand

Percentage = handstand uitgedrukt in %



Figuur 35 Zijaanzicht hand. Linker vinger is de maximaal geëxtendeerde stand. De rechter gebogen vinger is de maximaal geflecteerde stand.

Tabel 3 Standen van de revalidatieoefeningen uit figuur 31 berekend in percentage.

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
Percentage	80 %	47 %	20 %	33 %	53 %

Deze waarden zijn van belang bij de verglijding die maximaal mag optreden wanneer de pees net gehecht is. In het huidige protocol wordt de hand in een stand gezet die overeenkomstig is met nummer 5 van figuur 31. Hierdoor wordt gekozen voor een maximaal verglijdingspercentage van 53% tijdens bewegingsoefeningen. Alle bewegingen die onder de 53% liggen mogen dus gemaakt worden, dit zijn nummers: 2, 3 en 4. Nummer 2 en 3 uit figuur 31 worden sowieso al uitgevoerd omdat deze verscholen zitten in de beweging van de neutrale stand richting stand nummer 5. Nummer 2 is daarentegen een geheel nieuw soort oefening. Deze wordt daarom ook mee genomen in het ontwerpproces, zie hiervoor hoofdstuk 3 ontwerpfase.

Eisen:

- **Het te ontwerpen systeem moet rekening houden met dunne en dikke vingers.**
- **Wanneer een oefening uitgevoerd wordt met de hand, moet dit een minimale peesvergliding van 1.7 mm opleveren.**
- **Wanneer geoefend wordt met de revalidatieoefeningen uit figuur 31, dient de volgorde 3 – 4 – 2 – 5 - 1 aangehouden te worden.**
- **De maximale verglijding van de pees mag 53% zijn. Hierbij is volledige flexie van het polsgewricht en de handgewrichten 0% en volledige extensie van het polsgewricht en de handgewrichten 100%.**

2.3 Haakjessysteem

Om te beoordelen hoe het huidige haakjes systeem functioneert, zijn er een aantal nulmetingen uitgevoerd. Allereerst is er onderzoek gedaan naar de maximale trekkracht die een proefpersoon kan verdragen als aan het haakje op de nagel wordt getrokken. Daarna is eenzelfde test uitgevoerd op een nagemaakte testvinger, om erachter te komen bij hoeveel trekkracht het haakje van de nagel wordt getrokken. Bij de tweede nulmeting is er gemeten hoeveel kracht het een proefpersoon kost om de vinger te strekken binnen de spalk tegen de tractie van het elastiek in. Daarnaast is er een gebruikersonderzoek gedaan onder 22 proefpersonen.

2.3.1 Maximale trekkracht

De nulmeting is uitgevoerd op twee proefpersonen die elk een haakje op de rechter middelvinger bevestigd kregen. Aan dit haakje werd een visdraad bevestigd die vervolgens bevestigd werd aan een Newtonmeter. De Newtonmeter is aangezet terwijl deze op tafel lag zonder dat er trekkrachten op speelden. Op dit moment werd de Newtonmeter ingesteld zodat de maximaal geleverde kracht af te lezen viel na de test, zie figuur 36. Een testleider hield de Newtonmeter stil op tafel, zodat de proefpersoon zelf zijn hand verder van de Newtonmeter af kon plaatsen, wat zorgde voor trek aan het haakje. De proefpersoon gaf zelf aan wanneer de kracht aan de nagel te groot werd en wilde stoppen. Deze test is per proefpersoon drie keer herhaald. De volledige beschrijving staat weergegeven in bijlage 3.

In tabel 4 zijn de resultaten van de maximale trekkrachten op de twee proefpersonen weergegeven. De proefpersonen konden op ieder moment stoppen met de test door de trekkracht weg te laten vallen. Beide proefpersonen gaven aan dat zij stopten, omdat zij het gevoel hadden dat de nagel van de vinger werd getrokken en dat de pijn ondragelijk was.



Figuur 36 Opstelling van de maximale trekkracht test op proefpersoon.

Tabel 4 Maximale trekkracht op een proefpersoon.

Testnummer	Meting proefpersoon 1	Meting proefpersoon 2
1	4.1 N	8.2 N
2	7.0 N	6.4 N
3	5.6 N	10.2 N
Gemiddeld	5.6 N	8.3 N

Zoals te zien is in tabel 4 was de trekkracht die de proefpersonen aankonden op de nagel niet meer dan 10.2 N. Dit komt overeen met ongeveer 1 kg. Gemiddeld gezien ligt de maximale trekkracht van de nagel bij 7 N.

Doordat bij de maximale trekkracht op proefpersonen het haakje niet losliet, is er gekozen om deze test nogmaals uit te voeren maar dan op een nepnagel die bevestigd was op een stuk hout. Op deze nepnagel werd een haakje gelijmd. Aangezien visdraad hierbij niet sterk genoeg bleek, is hierbij touw gebruikt. Het stuk hout werd in de bankschroef geplaatst en bevestigd via het touw aan de Newtonmeter. In dit geval werd er aan de Newtonmeter getrokken tot het haakje van de nepnagel los kwam, zie figuur 37. Zie bijlage 4 voor het volledige protocol bij deze test. In tabel 5 zijn de resultaten van deze test weergegeven.



Figuur 37 Opstelling maximale trekkracht test op nepvinger.

Tabel 5 Maximale trekkracht tot het haakje los liet van de nepnagel.

Testnummer	Maximale kracht
1	40.4 N
2	19.7 N
3	13.1 N

In tabel 5 is te zien dat de waarde van test 1 twee keer zo groot is als van test twee en test drie. Dit is verklaarbaar doordat de lijm tussen de nepnagel en het haakje bij test 1 ongeveer twee uur gedroogd heeft en bij test 2 en 3 maar een kwartier. Er is gekozen om de test niet opnieuw uit te voeren, omdat duidelijk is dat de lijm veel meer krachten houdt dan de proefpersonen aankunnen in verband met de pijngrens.

Uit de testen van tabel 4 en tabel 5 is te concluderen dat het haakjes systeem maximaal 40.4 Newton kan houden, maar dat de proefpersoon bij een kracht van 5.6 Newton al begint te protesteren. Dit houdt in dat de lijm en het haakje ongeveer 721% sterker zijn (bijna 8 keer sterker) dan de nagel aankan. Tevens maakt deze kennis het mogelijk niet een extra test uit te hoeven voeren met betrekking tot de aantal herhalingen van extensie in de vinger waarna het haakjessysteem stuk gaat.

Eis: De trekkracht op de nagel mag niet groter zijn dan 5.6 Newton.

2.3.2 Strekkracht

De nulmeting van de strekkracht gaat over de kracht die nodig is om de PIP- en DIP- gewrichten in de vingers te extenderen tegen de tractie van het elastiek in. De test is uitgevoerd op twee proefpersonen. De proefpersonen zijn met de rechter hand in de spalk gezet, waarbij op de middelvinger het haakje is geplaatst. Hieraan is het elastiekje met zijn tractie bevestigd. Het uiteinde van de tractie werd bevestigd aan de Newtonmeter. De trekkracht aan het elastiekje werd eerst met de Newtonmeter op een spanning van 0.2 Newton gezet. Deze spanning komt overeen met de spanning die bij patiënten op het haakjessysteem wordt gezet waardoor de vingers passief buigen, zie figuur 38. De test werd bij de proefpersonen drie keer herhaald. De volledige testbeschrijving is weergegeven in bijlage 5. In tabel 6 zijn de resultaten van de strektest weergegeven.



Figuur 38 Opstelling strektest.

Tabel 6 Strekkrachttest, de proefpersoon strekt en ontspant eenmaal zijn vingers.

	Meting proefpersoon 1	Meting proefpersoon 2
Test 1	0.9 N	0.9 N
Test 2	0.9 N	1.0 N
Test 3	1.0 N	0.9 N

Uit tabel 6 is af te lezen dat het strekken van de vingers 0.9 tot 1.0 Newton kost. Dit is berekend door de gemeten waarde min de beginspanning van 0.2 Newton te doen. Dit is ongeveer een kwart van de toegestane hoeveelheid trek (zie hoofdstuk 2.3.1 Maximale trekkracht).

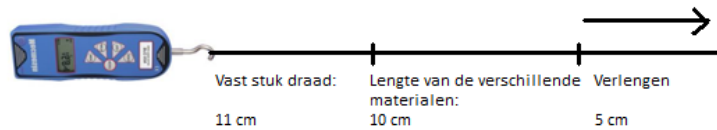
Eis: De strekkracht mag niet meer dan 1.0 Newton zijn.

2.3.3 Elastieksterkte

Belangrijk om te weten is de sterkte van het elastiek dat zorgt voor de passieve flexie. De sterkte is gemeten door middel van de testopstelling weergegeven in figuur 39. Het elastiek werd over een lengte van 5 cm uitgetrokken

waarna de hoeveelheid Newton afgelezen werd van de Newtonmeter. Uit deze meting is gebleken dat het elastiek hierbij voor een weerstandskracht van 1.1 N zorgde. Dit komt overeen met een

veerconstante van 22 N/m. Deze is berekend met de formule: $C = \frac{F_v}{u}$



Figuur 39 Testopstelling elastiek sterkte.

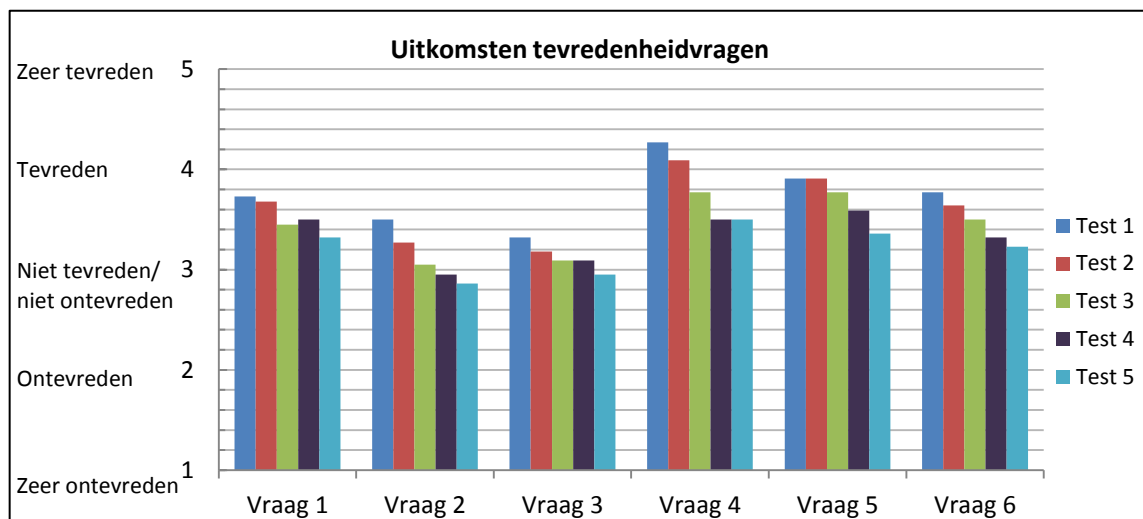
Eis: De veerconstante van het te gebruiken tractiemateriaal mag niet meer zijn dan 22 N/m.

2.3.4 Gebruikersonderzoek

Het huidige haakjes systeem is naast de nulmetingen op een groep van 22 proefpersonen getest om voornamelijk het comfort en de draagbaarheid te beoordelen. De proefpersonen droegen hierbij de Kleinert spalk en het haakjessysteem en werden in totaal gevraagd 100 keer de middelvinger waaraan het haakje zat te strekken, zie figuur 40. Na tien keer strekken volgde een rustperiode en om de twee series werd een vragenlijst afgenomen. Het protocol wat hierbij gebruikt is staat weergegeven in bijlage 6. De resultaten uit de vragenlijsten tijdens de test zijn weergegeven in figuur 41, figuur 42 en figuur 43. In figuur 41 staat de gemiddelde tevredenheid per vraag en per test weergegeven. De gegevenstabel is weergegeven in bijlage 7.



Figuur 40 Opstelling Gebruikersonderzoek. Links is neutrale stand, rechts is gestrekte eindstand.



Figuur 41 n=22. Gemiddelden van de tevredenheid van de proefpersonen bij het haakjessysteem per vraag en per test. Y-as: 1= zeer ontevreden, 2= ontevreden, 3= niet tevreden/ niet ontevreden, 4= tevreden, 5= zeer tevreden. X- as:

Vraag 1: Comfort van het systeem.

Vraag 2: Comfort van de spalk.

Vraag 3: Comfort van het bevestigingspunt.

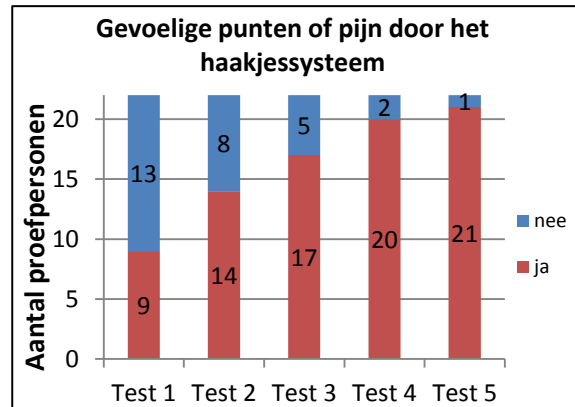
Vraag 4: Uitvoering van de beweging.

Vraag 5: Bewegmogelijkheid binnen de gestelde range.

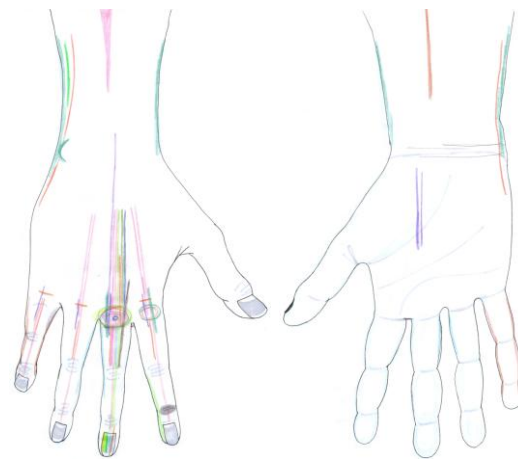
Vraag 6: Tevredenheid over het systeem in het algemeen.

Af te lezen uit figuur 41 is dat naarmate de test vordert, de tevredenheid vermindert. Alleen bij vraag 1 verbetert de tevredenheid tussen test 3 en test 4. De tevredenheid bij test 5 is echter weer lager dan bij test 4. Na de tevredenheidsvragen werd gevraagd of de proefpersoon ergens pijn of gevoelige punten hadden ervaren. In figuur 43 staat weergegeven hoeveel proefpersonen per meting al dan niet aangaven last te hebben. De gegevenstabel staat weergegeven in bijlage 8.

Af te lezen uit figuur 43 is dat 9 proefpersonen bij test 1 klachten hadden tegenover 13 proefpersonen zonder klachten. Per test nam het aantal proefpersonen met klachten toe. Aan het eind van test 5 gaven zelfs 21 van de 22 proefpersonen (95%) aan klachten te hebben. Voor het maken van een nieuw ontwerp is het van belang om te weten waar de pijn-/gevoeligheidspunten gelokaliseerd zijn zodat dit verbeterd kan worden. Daarom is genoteerd waar de proefpersoon klachten had. In figuur 42 worden deze locaties getoond. Links geeft de dorsale zijde van de hand weer en rechts de palmaire zijde. Ieder kleur staat voor een proefpersoon. Door middel van deze kleuren zijn alle pijn-/gevoeligheidspunten op de hand weergegeven. Duidelijk hieruit wordt dat de klachten zich vooral concentreren op de derde digiti en dan met name op het os metacarpale, het MCP- gewricht, de proximale phalanx en op de nagel van de distale phalanx. Er werd vooral veel druk ervaren op de botpunten, trek van de extensoren over de os metacarpi tot en met de proximale phalanx en trek aan de nagel. Naast deze locaties van klachten, werd ook drie keer aangegeven dat de spalk een irritante druk op de pols geeft en dus te smal is. In twee gevallen werd de spalk bij de vingers als te smal beschouwd, waardoor één keer de pink en één keer de wijsvinger belemmerd werd tijdens de beweging. In een nieuw ontwerp moet tegengegaan worden dat de spalk te smal wordt wat drukpunten als gevolg heeft. Twee keer werd een verminderde doorbloeding genoemd vanaf de proximale phalanx naar distaal, wat voor een naar/ doodsv gevoel zorgde. Op het moment dat de proefpersonen de spalk af mochten doen, gaven zij aan een stijf gevoel te hebben in de MCP-gewrichten. De andere pijnklachten die genoemd werden zijn minder essentieel. Dit zijn voornamelijk klachten gerelateerd aan onwennigheid van de beweging waardoor spierpijn optreedt in de extensorenloge. Het strekken van de vingers tegen weerstand is dan ook een beweging die weinig tot niet in het dagelijks leven voorkomt. Tijdens de test wordt gevraagd deze beweging 100 keer uit te voeren, terwijl een patiënt dit 10 keer in het uur doet en de kans op spierpijn hierdoor kleiner is.



Figuur 43 n=22 Gevoelige punten of pijn door het haakjessysteem per test weergegeven.



Figuur 42 Locatie pijn-/ gevoeligheidspunten op de hand. Links geeft de dorsale zijde van de hand weer en rechts de palmaire zijde van de hand.

Eisen:

- **De hoeveelheid klachten die de proefpersonen aangeven bij het haakjessysteem moeten in het nieuw te maken ontwerp verminderd worden om de tevredenheid te vergroten.**
- **De patiënt moet meer bewegingsvrijheid krijgen in het MCP- gewricht om de doorbloeding te vergroten.**

2.3.5 Enquête therapeuten

Om een indruk te krijgen welke systemen in de praktijk op het moment gebruikt worden en hoeveel patiënten er per jaar behandeld worden, is er een enquête verzonden naar meerdere ziekenhuizen en instellingen die flexorpeesletsel behandelen. De enquête is weergegeven in bijlage 9. Echter zijn er te weinig enquêtes geretourneerd, waardoor er geen conclusies getrokken konden worden. Er kan alleen een indruk gegeven worden van het resultaat. Uit de drie geretourneerde enquêtes wordt de indruk gewekt dat in het jaar 2013 per ziekenhuis of instelling zo'n 10 patiënten met flexorpeesletsel behandeld werden. Dit komt overeen met het geschatte gemiddelde in hoofdstuk 2.1 doelgroep. Verder zijn in deze enquête alleen het haakjessysteem en het systeem met een gaatje door de nagel genoemd. Hierdoor lijkt het erop dat deze systemen de enige systemen zijn die op het moment gebruikt worden.

Tevens komt naar voren dat de therapeuten niet tevreden zijn over de hygiëne van de systemen. Het systeem kan voor het schoonmaken niet makkelijk af. Hierdoor wordt zo min mogelijk het systeem losgehaald. Daarnaast duurt de aanbrengtijd voor de therapeuten te lang. Dit moet gedaan worden binnen een uur en dat brengt werkdruk met zich mee.

Eisen:

- **Het systeem moet eenvoudiger schoon te maken zijn dan het haakjes systeem. Dit moet de hygiëne bevorderen.**
- **Het te ontwerpen systeem moet sneller te bevestigen en los te halen zijn dan het haakjessysteem.**

2.4 Antropometrie van de hand

In bijlage 10 zijn, vanuit verschillende bronnen, handmaten weergegeven in tabellen. Deze handmaten zijn maten zoals: handlengte, handbreedte, handbreedte zonder duim, duim breedte, lengte wijsvinger, handdikte en breedte wijsvingertop.

Uit deze tabellen is op te maken dat niet alle maten van de hand bekend zijn. De maten die wel bekend zijn, worden daarom ook als leidraad gebruikt. Om deze leidraad te specificeren wordt er voor handmaten altijd gekeken naar tabel 25 uit bijlage 10.

Daarnaast is er ook nog gezocht naar de lengte van de verschillende vingerkootjes, omdat deze nergens in de antropometrische data beschreven stond. In een boek van Spoor wordt naar twee onderzoeken verwezen (Spoor, 1983). Het eerste onderzoek is gebaseerd op Carpentier Alting (1978) en het tweede onderzoek is gebaseerd op het normatieve handmodel. In tabel 7 en tabel 8 zijn de gemiddelde lengtes van de phalange van de middelvinger weergegeven.

Tabel 7 Lengte phalange van de middelvinger, gebaseerd op Carpentier Alting (1978) (Spoor, 1983).

Lengte	Test 1 (mm)	Test 2 (mm)	Test 3 (mm)	Test 4 (mm)	Gemiddeld (mm) (1+2+3+4) / 4
Proximale phalanx	50	44	49	54	49.25
Mediane phalanx	34	32	36	35	34.25
Distale phalanx	17	16	18	18	17.25

Tabel 8 Lengte phalange van de middelvinger, gebaseerd op normatieve handmodel (Spoor, 1983).

Lengte	Test 1 (mm)	Test 2 (mm)	Gemiddeld (mm) (1+2) / 2
Proximale phalanx	49.8	49.8	49.8
Mediane phalanx	30.5	30.5	30.5
Distale phalanx	16	16	16

Uit tabel 7 en tabel 8 is af te lezen dat de testresultaten dichtbij elkaar liggen. Het grootste verschil zit in de mediale phalanx. Bij Carpentier Alting is deze gemiddeld 34 mm lang en bij spoor is die gemiddeld 30.5mm lang. Bij de proximale en distale phalanx scheelt de waarde ongeveer 1 mm.

Eerder in dit onderzoek is gewerkt met de afmetingen volgens Carpentier Alting, waardoor hier ook gekozen wordt voor het gebruik van de lengte van de phalange volgens Carpentier Alting.

Eisen:

- De standaard handmaten moeten worden gebruikt uit tabel 25.
- Er dient rekening gehouden te worden met de gemiddelde lengte van de phalange. Van proximaal naar distaal zijn deze: 49 mm, 34 mm en 17 mm.

2.5 Hygiëne materialen

Bij het eerste bezoek op de afdeling wordt het verband losgehaald en de wond uitgespoeld. Dit is om ontstekingen te voorkomen en de wond beter te kunnen bekijken. Het is van belang dat in de eerste periode hygiënisch revalidatiemateriaal gebruikt worden. Het revalidatiemateriaal moet vuilafstotend en tevens makkelijk te desinfecteren zijn. Om te kijken wat voor materialen gebruikt kunnen worden, is in tabel 9 een overzicht weergegeven van de verschillende materialen.

Tabel 9 Overzicht van verschillende materialen met daarbij of zij vuil- of vochtafstotend, desinfecteerbaar of ademend zijn.

Materiaal	Vuilafstotend	Vochtastotend	Desinfecteerbaar	Ademend
Onbehandeld hout	Nee	Nee	Nee	Nee
Metaal	Ja	Ja	Ja	Nee
Lijm	Nee	Ja	Nee	Nee
Siliconen	Nee	Ja	Ja	Ja
Touw/ elastiek	Nee	Nee	Nee	Ja
Kunststof	Ja	Ja	Ja	Nee
Klittenband (haakjes kant)	Nee	Ja	Nee	Nee
Stof/ band materiaal	Nee	Nee	Nee	Ja
Nylon	Ja	Ja	Ja	Nee
Rubber	Ja	Ja	Ja	Nee

In tabel 9 is te zien dat onbehandeld hout aan geen enkel eigenschap voldoet die in de tabel is gesteld. Touw/ elastiek, stof/ band, lijm en klittenband (haakjes kant) voldoen allemaal aan één gestelde eigenschap, daardoor is dit materiaal al een betere keuze dan onbehandeld hout. De beste keus die er gemaakt kan worden is metaal, siliconen, kunststof, nylon of rubber. Deze voldoen allemaal aan drie van de vier gestelde eigenschappen.

Vier van de vijf beste materialen voldoen niet aan de eigenschap 'Ademend'. Voor deze materialen is dit de minst belangrijke eis, aangezien dit opgelost kan worden door het materiaal lucht gaatjes te geven. Door deze modificatie worden de materialen 'ademend'.

Siliconen kunnen tevens irritaties op de huid geven wanneer de patiënt een latex- of siliconenallergie heeft. Deze allergie komt bij de algemene bevolking in minder dan één procent voor. Wanneer lokale jeuk of uitslag geconstateerd wordt, zal overgegaan moeten worden op een ander materiaal in het revalidatie proces (A.Z. Sint-Lucas Brugge, 2013).

Eisen:

- Het deel van het systeem wat in directe aanraking komt met de wond, mag alleen gemaakt worden uit metaal, siliconen, kunststof, nylon of rubber.
- Wanneer patiënten een allergie hebben voor siliconen, mag dit materiaal niet gebruikt worden in het revalidatieproces.

2.6 Eisen naar aanleiding van de analysefase

- Het te ontwerpen systeem moet op de gehele Nederlandse bevolking toegepast kunnen worden.
- Het te ontwerpen systeem moet rekening houden met dunne en dikke vingers.
- Wanneer een oefening uitgevoerd wordt met de hand, moet dit een minimale peesvergliding van 1.7 mm opleveren.
- Wanneer geoefend wordt met de revalidatieoefeningen uit figuur 31, dient de volgorde 3 – 4 – 2 – 5 – 1 aangehouden te worden.
- De maximale verglijding van de pees mag 53 % zijn. Hierbij is volledige flexie van het polsgewricht en de handgewrichten 0% en volledige extensie van het polsgewricht en de handgewrichten 100%.
- De trekkracht op de nagel mag niet groter zijn dan 5.6 Newton.
- De strekkracht mag niet meer dan 1.0 Newton zijn.
- De veerconstante van het te gebruiken tractiemateriaal mag niet meer zijn dan 22 N/m.
- De hoeveelheid klachten die de proefpersonen aangeven bij het haakjessysteem moeten in het nieuw te maken ontwerp verminderd worden om de tevredenheid te vergroten.
- De patiënt moet meer bewegingsvrijheid krijgen in het MCP- gewricht om de doorbloeding te vergroten.
- Het systeem moet eenvoudiger schoon te maken zijn dan het haakjes systeem. Dit moet de hygiëne bevorderen.
- Het te ontwerpen systeem moet sneller te bevestigen en los te halen zijn dan het haakjessysteem.
- De standaard handmaten moeten worden gebruikt uit tabel 25.
- Er dient rekening gehouden te worden met de gemiddelde lengte van de phalangae. Van proximaal naar distaal zijn deze: 49 mm, 34 mm en 17 mm.
- Het deel van het systeem wat in directe aanraking komt met de wond, mag alleen gemaakt worden uit metaal, siliconen, kunststof, nylon of rubber.
- Wanneer patiënten een allergie hebben voor siliconen, mag dit materiaal niet gebruikt worden in het revalidatieproces.

3 Ontwerpfase

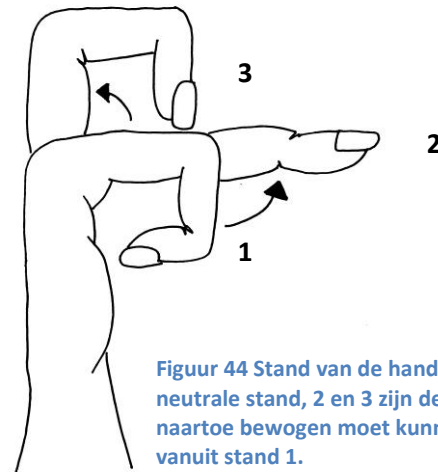
In de ontwerpfase is het de bedoeling aan de hand van ideeschetsen en concepten te komen tot een nieuw ontwerp. Dit nieuwe ontwerp moet voldoen aan de gestelde eisen zoals weergegeven in hoofdstuk 3.1 Lijst van eisen. Deze zijn voortgekomen uit de literatuurstudie en de analysefase. Als uiteindelijk een nieuw ontwerp is gekozen, wordt deze vervaardigd in de vervaardigingsfase.

3.1 Lijst van eisen

1. Het systeem moet toepasbaar zijn binnen het vroege passieve mobilisatie protocol.
2. Het systeem moet voor alle letselzones toepasbaar zijn.
3. Het te ontwerpen systeem moet toepasbaar zijn op patiënten met ongecompliceerd letsel aan de m. flexor digitorum profundus en de m. flexor digitorum superficialis.
4. Het systeem moet de mogelijkheid bieden het polsgewricht en de MCP-, PIP- en DIP-gewrichten beperkt te laten bewegen in verband met gewrichtscontracturen.
5. Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de huid met een permanente bevestiging.
6. Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de nagel met een permanente bevestiging.
7. Het te ontwerpen systeem moet op de gehele Nederlandse bevolking toegepast kunnen worden.
8. Het te ontwerpen systeem moet rekening houden met dunne en dikke vingers.
9. Wanneer een oefening uitgevoerd wordt met de hand, moet dit een minimale peesvergliding van 1.7 mm opleveren.
10. Wanneer geoefend wordt met de revalidatieoefeningen uit figuur 29, dient de volgorde 3 – 4 – 2 – 5 – 1 aangehouden te worden.
11. De maximale verglijding van de pees mag 53 % zijn. Hierbij is volledige flexie van het polsgewricht en de handgewrichten 0% en volledige extensie van het polsgewricht en de handgewrichten 100%.
12. De trekkracht op de nagel mag niet groter zijn dan 5.6 Newton.
13. De strekkracht mag niet meer dan 1.0 Newton zijn.
14. De veerconstante van het te gebruiken tractiemateriaal mag niet meer zijn dan 22 N/m.
15. De hoeveelheid klachten die de proefpersonen aangeven bij het haakjessysteem moeten in het nieuw te maken ontwerp verminderd worden om de tevredenheid te vergroten.
16. De patiënt moet meer bewegingsvrijheid krijgen in het MCP- gewricht om de doorbloeding te vergroten.
17. Het systeem moet eenvoudiger schoon te maken zijn dan het haakjes systeem. Dit moet de hygiëne bevorderen.
18. Het te ontwerpen systeem moet sneller te bevestigen en los te halen zijn dan het haakjessysteem.
19. De standaard handmaten moeten worden gebruikt uit tabel 21.
20. Er dient rekening gehouden te worden met de gemiddelde lengte van de phalangae. Van proximaal naar distaal zijn deze: 49 mm, 34 mm en 17 mm.
21. Het deel van het systeem wat in directe aanraking komt met de wond, mag alleen gemaakt worden uit metaal, siliconen, kunststof, nylon of rubber.
22. Wanneer patiënten een allergie hebben voor siliconen, mag dit materiaal niet gebruikt worden in het revalidatieproces.

3.2 Ideeschetsen

Begonnen wordt met het maken van ideeschetsen. Hierbij is het de bedoeling dat 'out of the box' gedacht wordt, zodat er een diversiteit aan ideeën ontstaat. De enige beperking die hierbij opgelegd wordt, is de beweging die gemaakt moet kunnen worden. Deze is te zien in figuur 44. Hierin is nummer 1 de begin/neutrale stand. Van hieruit moet de vinger bewogen kunnen worden naar stand 2 of naar stand 3. De ideeschetsen die gemaakt zijn, staan weergegeven in bijlage 11.



Figuur 44 Stand van de hand. 1 is de neutrale stand, 2 en 3 zijn de standen waar naartoe bewogen moet kunnen worden vanuit stand 1.

3.3 Morfologische kaart

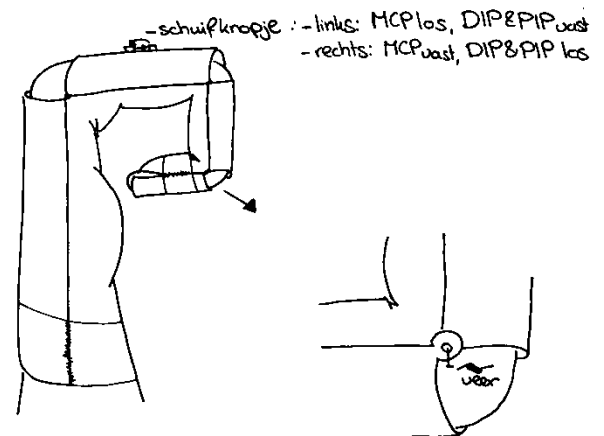
Voordat er gekeken kan worden naar mogelijke concepten, zijn vanuit de ideeschetsen alle onderdelen geclusterd in een morfologische kaart. Hieruit ontstaat een overzicht waarin gekeken kan worden naar verschillende soorten bevestigingstechnieken en andere onderdelen. Door dit overzicht zijn drie lijnen getrokken. Iedere lijn bevat onderdelen voor één concept, waardoor drie verschillende concepten overblijven. Er is gekozen voor een grote diversiteit aan concepten om alle voor- en nadelen van onderdelen duidelijk in beeld te krijgen. De morfologische kaart en het drietal concepten zijn weergegeven in bijlage 12. In hoofdstuk 3.4 Concepten wordt verder ingegaan op de individuele concepten.

3.4 Concepten

De concepten die uit de morfologische kaart zijn voortgekomen, zullen nu per concept beschreven worden.

3.4.1 Concept 1

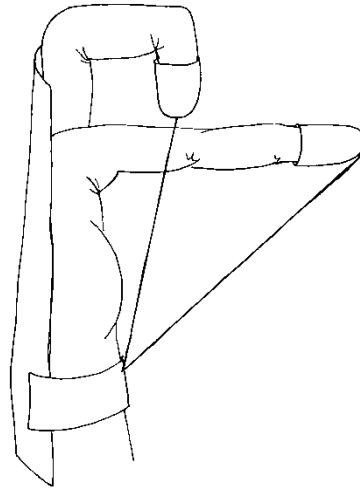
Concept 1 (figuur 45) is een concept dat mechanisch ingesteld moet worden om de bewegingen van de vingers mogelijk te maken. Zo kan vanuit stand 1 naar stand 2 of stand 3 bewogen worden. De mechanische instelling wordt gedaan aan de hand van een schuifknopje. Hierbij wordt het mogelijk om of alleen het MCP- gewricht actief te extenderen of alleen de PIP- en DIP- gewrichten actief te extenderen. Een combinatie van beide bewegingen tegelijkertijd is niet mogelijk. De vorm van de spalk zorgt ervoor dat hyperextensie van de gewrichten tegen gegaan wordt. In de scharnierpunten van de spalk, die zich op de gewrichten bevinden, zitten kleine veertjes verwerkt. Deze zorgen voor het passief buigen van de vinger. Tevens begeleidt de spalk de bewegingen.



Figuur 45 Concept 1

3.4.2 Concept 2

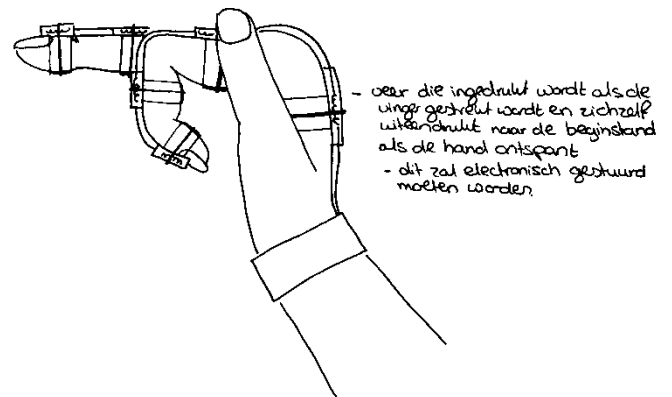
Concept 2 (figuur 46) is een concept waarbij de beweging niet volledig geleid wordt zoals bij concept 1. Bij dit concept wordt de passieve flexiestand bewerkstelligd door een elastische tractie. Als de vinger actief geëxtendeerd wordt, kan deze niet verder bewogen worden dan de standen 2 en 3 uit figuur 44. Hiervoor wordt gezorgd door een niet elastisch materiaal dat zich parallel bevindt aan de elastische tractie. Het is bij dit concept wel mogelijk om van stand 2 van de hand direct door te gaan naar stand 3 van de hand, zonder dat er te veel verglijding van de pezen optreedt. De spalk zelf zorgt ervoor dat het MCP- gewricht niet verder kan hyperextenderen.



Figuur 46 Concept 2

3.4.3 Concept 3

Concept 3 (figuur 47) is een spalk opgebouwd uit stijf materiaal. Op de basis van de botten worden blokjes geplaatst waarin zich veren bevinden. Deze veren worden ingedrukt als de vingers actief gestrekt worden. Als de vingers ontspannen, worden de vingers op zijn beurt gebogen door de veren. Deze spalk wordt elektronisch gestuurd, om de veren te blokkeren. Dit is nodig omdat anders alle gewrichten tegelijkertijd geëxtendeerd kunnen worden.



Figuur 47 Concept 3

3.5 Conceptkeuze

Tabel 10 Kardinale methode voor de concepten

Eisen	Max-score	Concept 1	Concept 2	Concept 3
Het systeem moet toepasbaar zijn binnen het vroege passieve mobilisatie protocol.	4	4	4	4
Het systeem moet voor alle letselzones toepasbaar zijn.	4	3	4	4
Het te ontwerpen systeem moet toepasbaar zijn op patiënten met ongecompliceerd letsel aan de m. flexor digitorum profundus en de m. flexor digitorum superficialis.	2	2	2	2
Het systeem moet de mogelijkheid bieden het polsgewricht en de MCP-, PIP- en DIP- gewrichten beperkt te laten bewegen in verband met gewrichtscontracturen.	4	3	4	4
Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de huid met een permanente bevestiging.	1	1	1	1
Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de nagel met een permanente bevestiging.	1	1	1	1
Het te ontwerpen systeem moet op de gehele Nederlandse bevolking toegepast kunnen worden.	3	1	3	2
Het te ontwerpen systeem moet rekening houden met dunne en dikke vingers.	2	2	2	2
Wanneer een oefening uitgevoerd wordt met de hand, moet dit een minimale peesvergliding van 1.7 mm opleveren.	3	3	3	3
Wanneer geoefend wordt met de revalidatieoefeningen uit figuur 29, dient de volgorde 3 – 4 – 2 – 5 – 1 aangehouden te worden.	1	1	1	1
De maximale verglijding van de pees mag 53 % zijn. Hierbij is volledige flexie van het polsgewricht en de handgewrichten 0% en volledige extensie van het polsgewricht en de handgewrichten 100%.	4	4	4	4
De trekkracht op de nagel mag niet groter zijn dan 5.6 Newton.	1	1	1	1
De strekkracht mag niet meer dan 1.0 Newton zijn.	2	1	2	1
De veerconstante van het te gebruiken tractiemateriaal mag niet meer zijn dan 22 N/m.	2	1	2	1
De hoeveelheid klachten die de proefpersonen aangeven bij het haakjessysteem moeten in het nieuw te maken ontwerp verminderd worden om de tevredenheid te vergroten.	3	1	2	2
De patiënt moet meer bewegingsvrijheid krijgen in het MCP-gewricht om de doorbloeding te vergroten.	2	2	2	2
Het systeem moet eenvoudiger schoon te maken zijn dan het haakjes systeem. Dit moet de hygiëne bevorderen.	3	2	3	2
Het te ontwerpen systeem moet sneller te bevestigen en los te halen zijn dan het haakjessysteem.	4	2	3	2
De standaard handmaten moeten worden gebruikt uit tabel 21.	2	2	2	2
Er dient rekening gehouden te worden met de gemiddelde lengte van de phalangae. Van proximaal naar distaal zijn deze: 49 mm, 34 mm en 17 mm.	1	0	1	1
Het deel van het systeem wat in directe aanraking komt met de wond, mag alleen gemaakt worden uit metaal, siliconen, kunststof, nylon of rubber.	4	4	4	4
Wanneer patiënten een allergie hebben voor siliconen, mag dit materiaal niet gebruikt worden in het revalidatieproces.	2	2	2	2
Totaalscore	55	43	53	48

Zoals in tabel 10 te zien is, voldoet concept 2 met 53 punten het best aan de gestelde eisen. Daarna voldoet concept 3 met 48 punten en als laatste is concept 1 met 43 punten. Wanneer er naar de punten van de concepten wordt gekeken, valt er te concluderen dat deze heel dicht bij elkaar in de buurt liggen. Eigenlijk mag er niet geconcludeerd worden dat concept 2 de beste is.

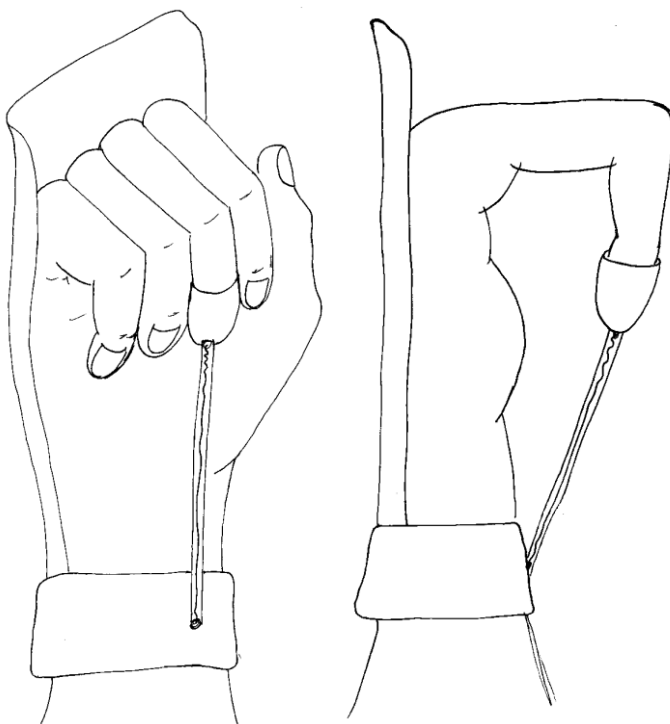
Om de keuze van een concept toch op een gegronde manier te maken is er gekeken naar de haalbaarheid van de concepten. Het gekozen concept moeten namelijk op de revalidatieafdeling vervaardigd en toegepast kunnen worden. Met het oog op de afdeling is er nogmaals gekeken naar de drie concepten.

Concept 1: Concept 1 is een concept waarbij de beweging die gemaakt moet worden goed geleid wordt. De patiënt zal in dit systeem goed kunnen revalideren zonder al te veel instructies. Het nadeel van dit systeem is dat de scharnierpunten perfect uitgelijnd moeten zijn met de gewrichtsassen. Daarnaast zal het zeer complex zijn om het schuifknopje en de daarbij horende functie te koppelen.

Concept 2: Concept 2 is een concept dat makkelijk te vervaardigen is. Een touw zal de maximale stand opleggen waardoor een simpel onderdeel zorgt voor een geheel gecontroleerde beweging. Concept 2 heeft daarom een puntje voor op de andere twee concepten.

Concept 3: Concept 3 is een concept dat is opgebouwd uit een metalen draad die over de buitenkant van de hand loopt. Tussen deze draad zitten de elektronisch gestuurde veren. Elektronische veren zijn veren die geprogrammeerd moeten worden. Dit houdt in dat de ergo- of fysiotherapeut kennis moet hebben van programmeren. Deze kennis bezitten zij meestal niet dus zal dit gepaard gaan met extra kosten. Tevens kost het programmeren van de veren extra tijd. Daarnaast is deze mechaniek vatbaar voor falen of crashes, wat de haalbaarheid verkleint.

Uit de bovenstaande compilatie van de verschillende concepten is te concluderen dat concept 1 en concept 3 te complex en daardoor niet haalbaar zijn om te vervaardigen. Er zal daarom gekozen worden voor concept 2. Om concept 2 verder te verduidelijken, zijn er nog twee extra tekeningen gemaakt van dit systeem. Deze zijn weergegeven in figuur 48.

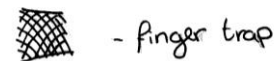
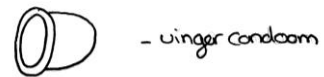


Figuur 48 Gedetailleerde weergave van concept 2. Links: perspectieftekening. Rechts: zij aanzicht.

3.6 Detaillering

3.6.1 Dopje op de vinger

Er zijn verschillende mogelijkheden voor een dopje op de vinger. In figuur 49 staan verschillende opties weergegeven.



Figuur 49 Mogelijke dopjes voor op de vinger.

Het materiaal dat gekozen wordt, moet voldoen aan de eigenschap dat het op de vinger blijft zitten op het moment dat er trekkracht op uitgeoefend wordt. Tevens zouden er gaatjes in moeten zitten om de huid niet geheel af te sluiten. Hierdoor vallen het siliconen vingerhoedje en de vingercondoom af. Dit is de reden dat er verder gekeken is naar het principe van een 'Chinese finger trap'. Dit is een weefstructuur (soort gaas) waarbij vele spiralen ervoor zorgen dat de finger trap vanuit de neutrale stand (figuur 50) breder en korter wordt als de uiteinden door een externe kracht naar elkaar toe gedrukt worden. Deze situatie staat weergegeven in figuur 51.

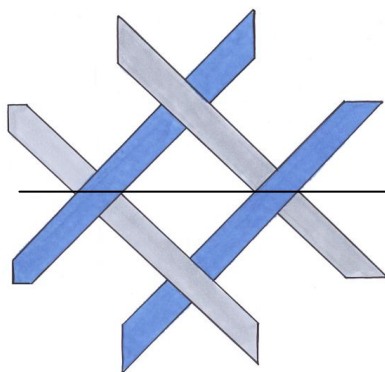


Figuur 50 Finger trap zonder externe krachten.

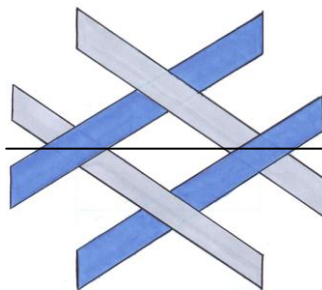


Figuur 51 Finger trap waarbij de uiteindes naar elkaar toegedrukt worden door een externe kracht. Hierdoor wordt de finger trap korter en breder.

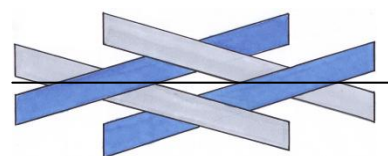
Deze beweging van de weefstructuur wordt mogelijk gemaakt door de ruimtes tussen de spiralen. Hierdoor kunnen de spiralen naar elkaar toe bewegen (glijden). Wat er gebeurt wordt uitgelegd aan de hand van figuur 54, figuur 53 en figuur 52. In alle drie de figuren zijn vier spiralen weergegeven ten opzichte van een horizontale lijn. In figuur 54 staat de beginstand weergegeven. Als men nu vanuit deze stand de uiteinden van de finger trap langzaam naar elkaar toe drukt (bovenkant richting de onderkant), verschuiven de spiralen en komen deze steeds dichters op de horizontale lijn te liggen. Dit is te zien in figuur 53. Het vervolg van figuur 53 is te zien in figuur 52 welke de eindstand weergeeft. Er is te zien dat de ruimtes tussen de spiralen verkleinen. Als de finger trap zover ingedrukt is dat de spiralen bijna op de horizontale lijn liggen en de spiralen elkaar raken, kan de finger trap niet verder verkorten en verbreden. Dit zorgt ervoor dat de eindstand van de finger trap bereikt is, zie figuur 52.



Figuur 54 Beginstand/ neutrale stand van een finger trap.



Figuur 53 Tussenstand van een finger trap.



Figuur 52 Eindstand van de structuur van een finger trap als de uiteinden naar elkaar toe gedrukt worden.

Wanneer de kracht van de finger trap afgehaald wordt, beweegt deze terug naar zijn beginstand. Als in ons geval een vinger in een finger trap gestopt wordt en er vervolgens aan de finger trap getrokken wordt, gebeurt het tegenovergestelde van het principe zoals hierboven uitgelegd. Nu

worden de ruimtes in plaats van kleiner juist groter. Dit gebeurt doordat de spiralen zich hierbij van de horizontale lijn af bewegen, meer richting verticaal. Door de trekkracht willen de spiralen zo haaks mogelijk op de horizontale lijn gericht staan. Doordat de vinger zich in de finger trap bevindt, belemmert deze na verloop van tijd de beweging van de spiralen. De finger trap hecht zich circularair om de vinger heen. Op dit moment zit de finger trap vast om de vinger. Pas als er helemaal geen kracht meer op de finger trap uitgevoerd wordt, kan deze verwijderd worden. Soms is het zelfs nodig de uiteindes van de finger trap weer naar elkaar toe te drukken om deze van de vinger te verwijderen. Vanzelfsprekend moet de diameter van de finger trap kleiner zijn dan de breedte van de vinger, anders zou dit effect niet opgaan. Doordat er altijd trekkracht uitgeoefend wordt op de finger trap door de elastische tractie, zal deze op de vingertop blijven zitten.

Nu de eigenschappen van een finger trap bekend zijn kan er gekeken worden hoe dit zelf vervaardigd kan worden. Allereerst is er gekeken naar een handwerktechniek genaamd punniken. Punniken is een techniek om van een draad een holle streng te maken, waarbij gebruik wordt gemaakt van een punnikklosje. De draad kan op twee manieren rond de haakjes geslagen worden (strakke en een losse punniktechniek). Hierdoor ontstaan ook twee soorten holle draad strengen. Deze twee technieken zijn beide gemaakt op een zes pins punnikklosje en het resultaat is weergegeven in figuur 55. Tevens is de losse techniek ook uitgevoerd met een plastic draad. Wanneer een van deze strengen over de vinger wordt geschoven, lijkt deze goed te blijven zitten, maar doordat de structuur horizontaal loopt en niet diagonaal wordt dit zo van de vinger af getrokken wanneer er trekkracht op komt te staan. Het effect van de spiralen zoals bij een vingertrap ontbreekt.



Figuur 55 Roze streng: strakke punniktechniek, Witte streng: losse punniktechniek, Groen- gele streng: losse punniktechniek met plastic draad.

Nu bleek dat het punniken geen goede eigenschappen had, is er gekeken naar de opbouw van de finger trap om deze na te maken. De draden gaan om en om over en onder elkaar door. Dit is nageemaakt met verschillende materialen en met verschillende grootte van ruimtes tussen de draden. Deze finger traps zijn te zien in figuur 56. Zo zijn de finger traps van papieren lint en lint klein (nummer 2 en 3) goed bruikbaar alleen wel heel fragiel. Ze blijven ook niet goed aan de vinger hangen vanwege het gladde materiaal. Daarin tegen zijn nummer 4, 5, en 6 uit figuur 56 of te los of te strak gemaakt, waardoor deze niet werkbaar zijn.



Figuur 56 Finger traps. 1: originele trap, 2: trap van papieren lint, 3: trap van lint klein, 4: trap van lint groot, 5: trap van fietsband, 6: trap van fietsband en lint.

Omdat de trap toch een mooi systeem is wat toepasbaar kan zijn, is er gezocht naar bestaande producten die dezelfde eigenschap hebben als de finger trap. Zo werd er touw gevonden dat gebruikt werd bij het zeilen. Dit touw was van binnen hol maar kon wel ingedrukt worden. Deze touwen zijn te zien in figuur 57. Het nadeel van deze touwen is alleen dat ze niet groot genoeg zijn om een vinger in te stoppen en de structuur is te klein om breder te worden.



Figuur 57 Twee touwen die gebruikt worden bij zeilen.

Na de gevonden touwstructuren is er verder gezocht naar nog meer toepassingen. Hierbij werd gestuit op traps die worden gebruikt voor elektriciteitsdraad bekleding. Deze traps zijn gemaakt van speciale polymeren. Ze worden gebruikt in de ruimtevaart, militair en biomedische toepassingen (techflex). Door het grote gebied waarin deze traps gebruikt worden, moet er gekeken worden welke eigenschappen van het materiaal van belang zijn. Doordat dit 8 weken lang om het vingertopje moet

zitten, moet het tegen zweet kunnen (dus tegen water en zout). Daarnaast moet het tegen schoonmaakmiddelen kunnen om de hygiëne te waarborgen. In figuur 58 is een variatie van leverbare traps weergegeven. Nummer 12, 13 en 14 uit figuur 58 zijn trap wraps. Deze zijn rond, maar kan men openvouwen. Hierdoor hecht deze niet goed circulair rond de vinger waardoor deze afvallen. Nummer 9, 10 en 11 uit figuur 58 zijn in de neutrale stand breder dan een gemiddelde vinger, zie maten van de vinger in hoofdstuk 2.4 Antropometrie van de hand. Daarom vallen deze ook af. De 8 over gebleven finger traps (nummer 1 tot en met 8 uit figuur 58) kunnen gebruikt worden voor een finger trap.



Figuur 58 Verschillende soorten en maten finger traps.

Nu er bekend is wat voor eigenschappen het materiaal moet hebben, moet er alleen nog gekeken worden of dit materiaal ook toegepast mag worden in een ziekenhuis. In het ziekenhuis wordt een dergelijk materiaal al gebruikt (LiteGrip Finger Traps), zie figuur 59. Deze finger traps worden op de gipsafdeling om de hele vinger geschoven om de hand 'op te hangen'. Dit wordt gedaan zodat de pols bij een fractuur makkelijker gezet kan worden. Wanneer het materiaalsoort van de traps uit figuur 58 overeenkomt met die van de LiteGrip Finger Trap, dan zou deze in theorie gebruikt mogen worden in het ziekenhuis.

De LiteGrip Finger Trap is gemaakt van polyethyleen terephthalate (PET), zie bijlage 13. Wanneer er naar de eigenschappen gekeken wordt van de traps in figuur 58, is te zien dat deze ook gemaakt zijn van polyethyleen terephthalate, bijlage 14 (toont de specificatie van flexo clean cut). Er mag dus gekozen worden voor een trap uit figuur 58. De grootte die gebruikt zal worden is afhankelijk van de dikte van de patiënt zijn vinger. Het enige waar opgelet moet worden is dat de trap kleiner is dan de omtrek van de vinger, anders verliest het zijn functie zoals eerder beschreven.

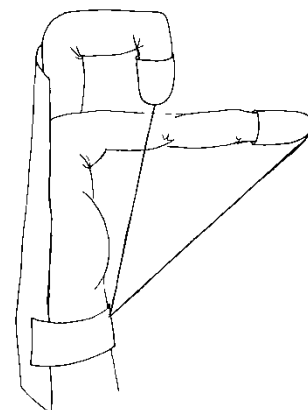


Figuur 59 LiteGrip Finger Traps in verschillende maten.

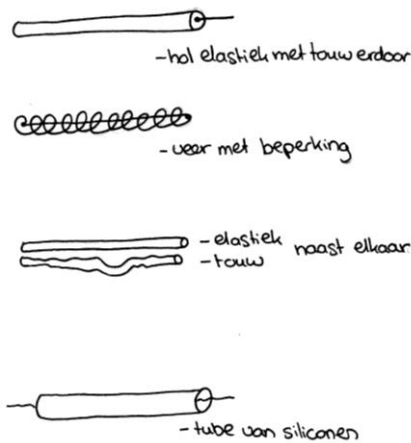
3.6.2 Elastiek

In figuur 60 is nogmaals concept 2 weergegeven. Hierin is duidelijk te zien dat er een elastische tractie de vingertop naar de band om de pols loopt. Deze elastische tractie moet als eigenschap hebben dat deze voor een neutrale stand zorgt, figuur 44 stand 1, wanneer de hand wordt ontspannen. Als naar stand 2 of stand 3 uit figuur 44 bewogen wordt, zal deze elastische tractie een maximale verlening moeten hebben, zodat de vingers niet te ver extenderen.

Nu de eigenschappen van het elastiek bekend zijn, zijn in figuur 62



Figuur 60 Concept 2.



Figuur 62 Oplossingen elastische tractie.

een viertal oplossingen bedacht die allemaal de bovenbeschreven eigenschap bezitten. Uit deze oplossingen is op basis van hygiëne en toepasbaarheid een keuze gemaakt. Namelijk, er zal gebruik gemaakt worden van een siliconen tube met daarin een touw die de maximale stand oplegt. De tube, weergegeven in figuur 61, heeft in het nieuwe ontwerp een lengte van maximaal 20 cm.



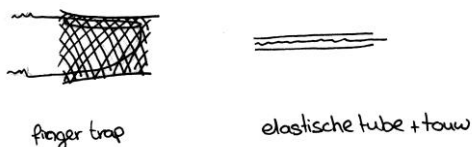
Figuur 61 Siliconen tube.

3.6.3 Koppeling dopje en elastiek

In figuur 63 is ingezoomd op een stuk van figuur 48. Hierin is de koppeling tussen het dopje en het elastiek getekend als een overgang. Nu kan dit in het echt alleen niet zo worden. Er is begonnen met het idee dat is weergegeven in figuur 64, de vinger met daarom een stuk finger trap dat verbonden moet worden met rechts een stuk elastische tube met touw. Deze keuze is beschreven in hoofdstuk 3.6.1 Dopje op de vinger en hoofdstuk 3.6.2 Elastiek.

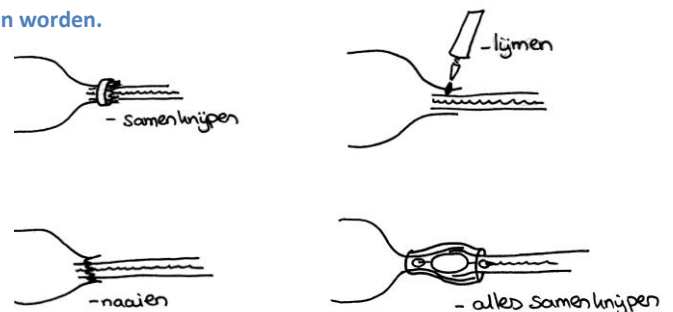


Figuur 63 Ingezoomd op figuur 48.



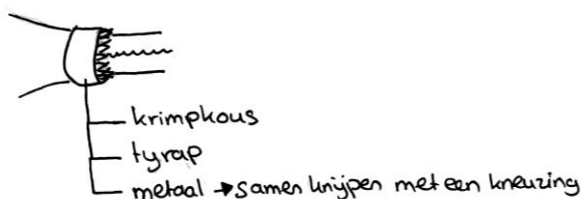
Figuur 64 Finger trap, elastische tube en touw die verbonden moeten worden.

Met deze drie materialen die aan elkaar verbonden moeten worden zijn in figuur 65 een viertal oplossingen bedacht.

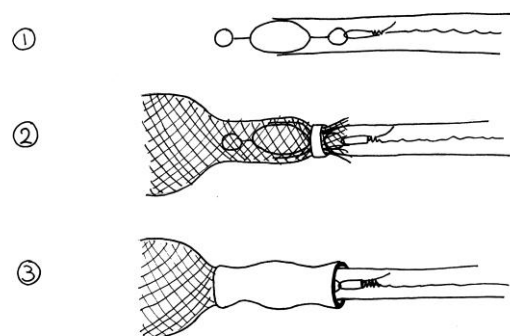


Figuur 65 Oplossingen verbinden van de finger trap, de elastische tractie en het touw.

Omdat samen knijpen van de onderdelen op verschillende manieren kan is er een kleine opsomming weergegeven in figuur 66. Met al deze ideeën is een combinatie gemaakt voor het eind ontwerp. Dit idee is weergegeven in figuur 67.



Figuur 66 Opsomming samenknijp mogelijkheden.



Figuur 67 Bevestiging finger trap. 1: koppeling met elastische tube en touw. 2: trap gaat over de eerste constructie en wordt bevestigd met een metalen sluiting. 3: de koppeling wordt afgesloten met een krimpkous.

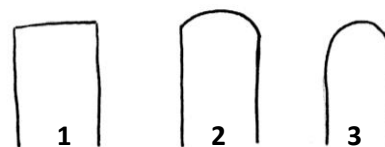
Figuur 68 laat zien de bevestiging van het systeem aan de finger trap is opgebouwd uit verschillende delen. Allereerst wordt het touw aan een koppelstuk bevestigd zoals in Figuur 68. Daarna wordt de trap over dit geheel een geschoven en met een metalen sluiting dicht geknepen. Uiteindelijk wordt de het geheel afgesloten met een stuk krimpous. Dit zorgt voor een solide verbinding van de trap aan de siliconen tube.



Figuur 68 koppelstuk.

3.6.4 Spalk en bevestigingsbanden

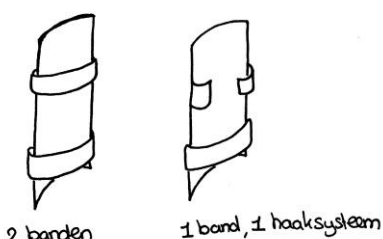
De spalk die gebruikt wordt heeft als functie het voorkomen van hyperextensie in de MCP- gewrichten. Wanneer er naar de spalk gekeken wordt zijn er een drietal vormen die de spalk ter hoogte van het MCP- gewricht kan krijgen, figuur 69. Nummer 1 is een rechthoekige vorm, nummer 2 een afgeronde rechthoekige vorm en nummer 3 een ronde vorm.



vooraanzicht spalk

Figuur 69 Vormgeving spalk.

Er is gekozen voor een spalk waarbij de afsnijding ter hoogte van de MCP- gewrichten een ronde vorm heeft. De ronding die er aan gegeven wordt zal gelijk zijn aan de ronding die de MCP- gewrichten volgen wanneer van de hand een vuist wordt gemaakt. Tevens zal de spalk een uitsparing hebben ter hoogte van de duim, dit zodat de duim 'vrij' kan bewegen en hierdoor zijn functie niet verliest.

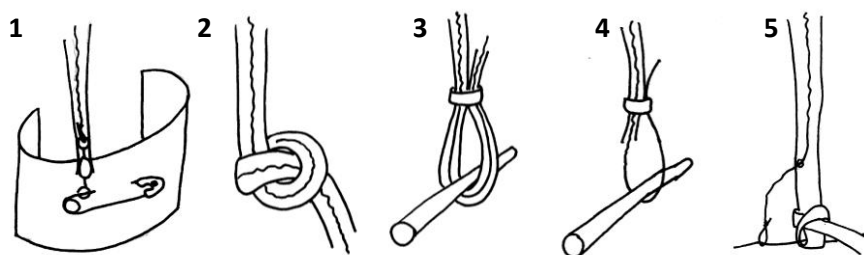


Figuur 70 Soorten banden.

Om er voor te zorgen dat de spalk niet verplaatst en vast blijft zitten op de onderarm en tegen de dorsale zijde van de hand, zijn in figuur 70 een tweetal oplossingen weergegeven waardoor de spalk op zijn plek blijft zitten. Voor de eerste oplossing is er gebruik gemaakt van twee banden. Het nadeel hiervan is dat de bovenste band over de wond heen komt te liggen. De tweede oplossing is één band om de pols met twee klemmen die aan de spalk zijn gemaakt. Deze klemmen worden uit hetzelfde materiaal gemaakt als van de spalk. Het spalkmateriaal is vrij te vormen en de klemmen kunnen tijdens het maken van de spalk uit één en hetzelfde stuk materiaal gehaald worden. De keuze die hier gemaakt is, is de spalk met de klemmen. Deze manier is getest en heeft een goede houvast aan de hand.

3.6.5 Koppeling elastiek en band

Naast de koppeling tussen het dopje en het elastiek, is er ook een koppeling tussen het elastiek en de band. Aan de band zal een veiligheidsspeld bevestigd worden (dit is te zien in figuur 71, nummer 1). De elastische tube en het touw kunnen op verschillende manieren aan de veiligheidsspeld bevestigd worden. Daarbij is het van belang dat het touw onafhankelijk gesteld kan worden ten opzichte van de elastische tube. In figuur 71 zijn voor deze koppeling een aantal ideeën bedacht.



Figuur 71 1: Koppelstuk met veiligheidsspeld, 2: knoop, 3: totale lus, 4: lus met touw, 5: gaatje in tube.

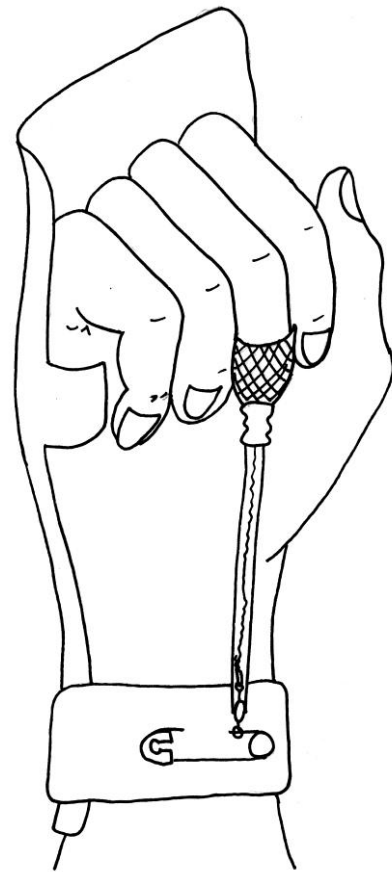
Met de ideeën die weergegeven zijn in figuur 71 is er gekeken naar de haalbaarheid en de stelmogelijkheid/ eenvoud van de koppelingen. Ook is er aan iedere mogelijkheid getrokken. De knoop (nummer 2) en het gaatje in de tube (nummer 5) vallen als eerste af. De knoop is moeilijk te stellen en blijft niet goed vast zitten aan de veiligheidsspeld. Het gaatje in de tube zorgt ervoor dat de tube gaat scheuren. De twee lus mogelijkheden (nummer 3 en 4) geven beide het zelfde probleem. Dit probleem zit in de sluiting die de tube en het touw samenknijpt. Deze sluiting kan namelijk niet strak genoeg worden aangetrokken, hierdoor kan het touw nog steeds door de tube heen bewegen. Door al deze punten blijft de koppeling met het koppelstuk over te zien in figuur 71, nummer 1. Deze is makkelijk te stellen door het touw aan de koppeling te knopen om vervolgens de tube erover heen te schuiven. De tube hecht zichzelf vast aan de koppeling, doordat deze om de koppeling zelf op spanning staat en na de koppeling niet. Door de eenvoud van de bevestiging en de stelmogelijkheid is voor deze koppeling gekozen.

3.7 Eerste ontwerp

Nu alle onderdelen van concept 2 opnieuw bekeken zijn en er nieuwe keuzes zijn gemaakt voor bepaalde onderdelen, is in figuur 72 een compleet overzicht weergegeven van het eerste ontwerp.

3.8 Vervaardiging eerste ontwerp

Er is gestart met het vervaardigen van het eerste ontwerp dat is weergegeven in figuur 72. In figuur 75 is te zien hoe dit ontwerp geworden is. In figuur 74 is ingezoomd op de koppeling tussen de finger trap en de tube en in figuur 73 is ingezoomd op de koppeling tussen de tube en de veiligheidsspeld.



Figuur 72 Eerste ontwerp.



Figuur 75 Eerste ontwerp.



Figuur 74 Eerste ontwerp.
Ingezoomd op de koppeling tussen
de finger trap en de tube.



Figuur 73 Eerste ontwerp.
Ingezoomd op de koppeling
tussen de tube en de
veiligheidsspeld.

Bij het bevestigen aan de hand, is gebleken dat het ontwerp nog niet optimaal genoeg is. Hierdoor wordt er verder geoptimaliseerd in de optimalisatiefase.

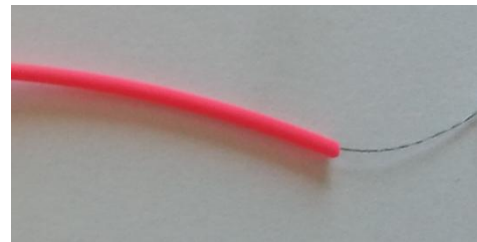
3.9 Optimalisatie

Doordat het eerste ontwerp, weergegeven in figuur 75, niet testwaardig is, is er opnieuw gekeken naar bepaalde onderdelen van het systeem. Zo is er gekeken naar de tube en de koppeling tussen de trap en de elastische tube. Er is ook nog gekeken naar de koppeling tussen het elastiek en de band.

3.9.1 Tube

In het huidige systeem is een doorzichtige tube gebruikt met daar doorheen een draad, figuur 76. Toen deze tube bevestigd werd aan de polsband, werd opgemerkt dat de tube veel stugger is dan het elastiek dat gebruikt werd in het haakjessysteem. Ondanks dat de sterkte van deze tube gemeten zou worden in de testfase, is ervoor gekozen dit eerder te doen. Dit is gedaan door middel van de opstelling die ook in de analysefase is gebruikt bij hoofdstuk 2.3.3 elastieksterkte. Uit deze meting is naar voren gekomen dat de tube voor een weerstandskracht van 3.4 Newton zorgde. Dit komt overeen met 68 N/m. Deze veerconstante is ruim drie keer zo groot als de toegestane waarde. Om deze reden is er gezocht naar elastisch materiaal waarvan de veerconstante lager is dan 22 N/m waarbij wel de mogelijkheid bestaat dat het draad er doorheen kan lopen. Naar aanleiding hiervan is gestuit op hol elastiek met een diameter van 1.8 mm wat gebruikt wordt in het sportvissen. Dit holle elastiek is gemaakt van latex met daarin een siliconen verwerkt (Cresta Pole Gear- Hollow Elastic). Dit holle elastiek heeft dezelfde test ondergaan als het elastiek en de tube en gaf een weerstandskracht van 0.8 Newton. Dit komt overeen met een veerconstante van 16 N/m. Dit holle elastiek voldoet hiermee aan de eis dat de veerconstante niet meer mag zijn dan 22 N/m. Tevens voldoet dit elastiek aan de eis dat de weerstandskracht bij strekking niet meer dan 1.0 Newton mag zijn.

In eerste instantie was het elastiek niet hol genoeg voor het draad dat werd gebruikt tijdens de vervaardiging, waardoor het draad niet door het elastiek heen kon. Daarom is gezocht naar een ander soort draad. Sterk en goed knoopbaar waren de eigenschappen die aan het touw gesteld werden. Het touw dat aan deze eigenschappen voldeed en door het elastiek paste, was een dicht geweven draad van dyneemavezel (Sport Fishing) met een diameter van 0.06 mm. Dit draad wordt evenals het elastiek gebruikt bij sportvissen. Met een botte naald kan dit prima door het holle elastiek geregen worden. Het holle elastiek en het vistouw zijn weergegeven in figuur 76.



Figuur 76 Elastiek met daarin draad van dyneemavezel.

3.9.2 Koppeling trap en elastische tube

De koppeling die zich momenteel tussen de trap en de tube bevindt is niet solide. Wanneer de trap om de vinger wordt geschoven en de tube naar de pols wordt getrokken, ontstaat er een knik in de tube. Daarbij is de tube niet sterk genoeg en zal door de scherpe randjes van de trap doorboord worden. Op het moment dat er een gaatje in de tube zit, scheurt deze door. Daarnaast is het probleem aanwezig dat het buigpunt tussen de trap en de tube zich te ver naar distaal bevindt vanaf het topje van de distale phalanx. Doordat deze problemen zich voordeden, is er opnieuw gekeken naar de koppeling. In figuur 77, figuur 78 en figuur 79 zijn verschillende nieuwe koppelingen gemaakt. De gemaakte proefkoppelingen zijn te verdelen in drie groepen:

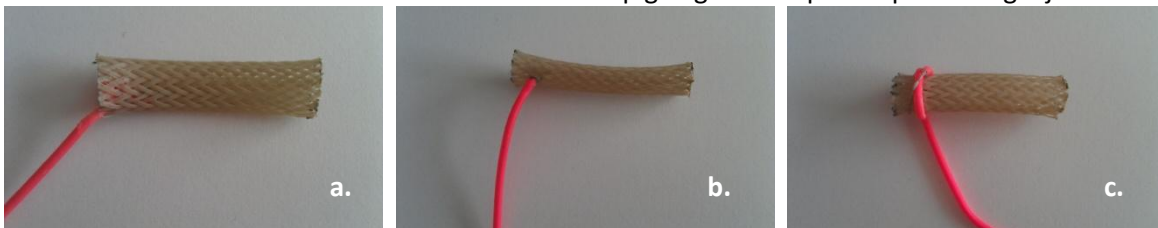
- 1 De trap wordt *vastgebonden* aan het elastiek door middel van een touw of een draad. Dit is op verschillende manieren gedaan, figuur 77:
 - a. Doormiddel van een koppelstuk waaraan de ene kant de trap wordt vastgebonden en aan de andere kant de draad en het elastiek.
 - b. Er is gebruik gemaakt van een kraal die zich in de trap bevindt waaraan de draad bevestigd is. De draad verlaat de trap door een opening in de weefstructuur. Het elastiek wordt vastgelijmd aan de draad waar deze de trap verlaat.

- c. De draad is circulair door de trap heen geweven waarna de draad de trap verlaat. Aan de draad wordt het elastiek vastgeknoopt en vastgelijmd onder de trap. Om te voorkomen dat de weefstructuur tussen de vezels vandaan glijdt, is het uiteinde van de trap dicht gesmolten.



Figuur 77 Vastgebonden traps.

- 2 De trap is *vastgelijmd* aan het elastiek. Dit is op verschillende manieren gedaan, figuur 78:
 - a. In het uiteinde van het elastiek en de draad zijn twee knopen gelegd. Dit uiteinde wordt vastgelijmd in de trap.
 - b. Er is gebruik gemaakt van een kraal die zich in de trap bevindt waaraan de draad bevestigd is. De draad verlaat de trap door een opening in de weefstructuur. Het uiteinde van de trap wordt opgevuld met kit.
 - c. Het elastiek met het touw is rond de trap gelegd en is op deze plek vast gelijmd.



Figuur 78 Vastgelijmde traps.

- 3 De trap wordt gesloten met een *metalen sluiting*. Hieraan wordt het elastiek en de draad bevestigd. Dit is op verschillende manieren gedaan, figuur 79:
 - a. Een ijzerdraad is rond de trap geslagen en aangetrokken zodat de trap zich sluit. Aan de onderkant van deze metalen sluiting wordt de draad vastgeknoopt. Het elastiek is aan de draad gelijmd.
 - b. Het einde van de trap is dichtgedrukt door een multi clip sluiting. Om te voorkomen dat deze van de trap afglijdt, is de trap gesloten door de uiteinden van de vezels aan elkaar te smelten. Het elastiek en de draad worden met een dubbele knoop aan de multi clip bevestigd. De multi clip is evenwijdig aan de richting waarin de hoogte van de vinger gedefinieerd is.
 - c. Het einde van de trap is dichtgedrukt door een multi clip sluiten. Om te voorkomen dat deze van de trap afglijdt, is de trap gesloten door de uiteinden van de vezels aan elkaar te smelten. Het elastiek en de draad worden met een dubbele knoop aan de multi clip bevestigd. De multi clip is evenwijdig aan de richting waarin de breedte van de vinger gedefinieerd is.



Figuur 79 Metalen sluiting.

Om de verschillende koppelingen met elkaar te vergelijken is in tabel 11 een overzicht weergegeven van alle koppelingen. De koppelingen zijn gescoord in een range van 1 (zeer slecht) tot 5 (zeer goed).

De onderdelen waarnaar gekeken wordt zijn druk/comfort van de koppeling, hoe eenvoudig de koppeling te maken is, hoe de koppeling eruit ziet voor de buitenwereld (esthetiek) en hoeveel materiaal er nodig is.

Tabel 11 Beoordeling koppeling: van zeer slecht (1) tot zeer goed (5).

Koppeling		Druk/comfort	Eenvoud maken	Esthetisch	Materiaal	Totaal aantal punten
1	a.	4	2	1	1	8
	b.	4	2	3	3	12
	c.	4	3	5	5	17
2	a.	5	4	1	4	14
	b.	5	2	1	1	9
	c.	5	3	2	3	12
3	a.	5	1	3	1	9
	b.	3	3	3	2	11
	c.	3	3	3	2	11

In tabel 11 is in de rechter kolom te zien dat koppeling 1c het beste gescoord heeft op de verschillende onderdelen. Daarna volgt koppeling 2a. Als derde zijn geëindigd koppeling 1b en 2c. Aan de hand van dit overzicht wordt koppeling 1c gekozen voor in het eindontwerp.

3.9.3 Koppeling elastiek en band

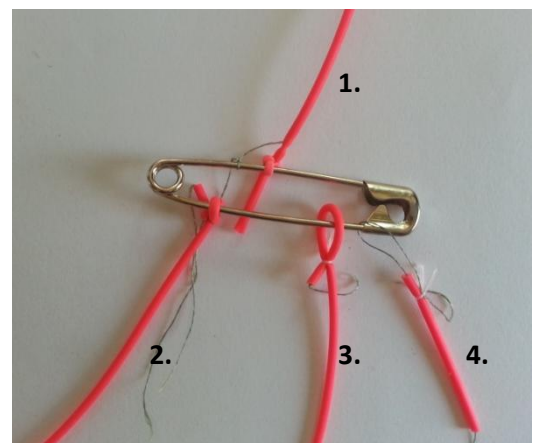
De koppeling die zich momenteel nog bevindt tussen de tube en de band, is een koppeling waarbij gebruikt gemaakt wordt van een koppelstuk. Nu er een nieuw soort materiaal is gekozen, zal er opnieuw gekeken moeten worden naar de koppeling tussen het elastiek en de band. Net als bij het vorige ontwerp wordt er aan de band een veiligheidsspeld bevestigd. Verschillende koppelingen zijn aan de veiligheidsspeld gemaakt met het nieuwe elastiek. Dit is weergegeven in figuur 80.

Koppeling 1 is een koppeling waarbij het draad via een gaatje in het elastiek uit het elastiek komt. Beide uiteindes worden apart aan de veiligheidsspeld geknoopt.

Koppeling 2 is een koppeling waarbij de draad en het elastiek tegelijkertijd vast geknoopt worden.

Koppeling 3 is een koppeling waarbij de gemaakte lus van het elastiek en de draad samen gebonden met een andere draad. Hierdoor worden het elastiek en de draad samen getrokken, zodat deze vast zitten.

Koppeling 4 is vergelijkbaar met koppeling 3, alleen wordt de lus nu gemaakt van alleen het draad.



Figuur 80 Koppeling tussen elastiek en veiligheidsspeld.

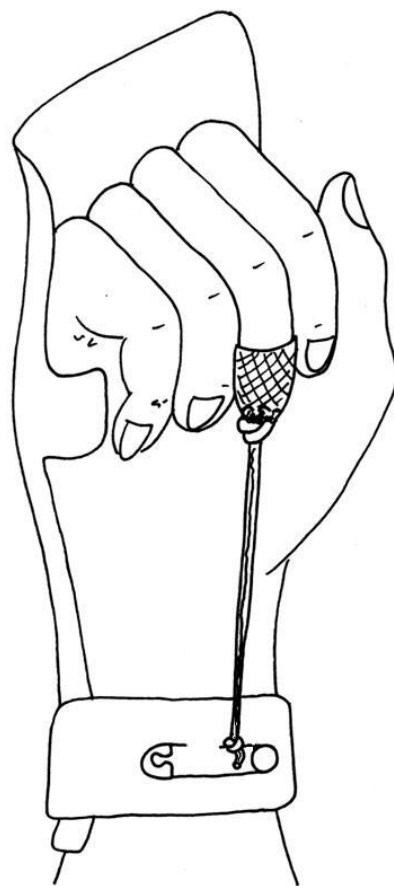
Wanneer er een keuze gemaakt moet worden voor een koppeling, vallen koppeling 3 en 4 als eerste af. De draad die het elastiek en de draad samen bindt, is niet sterk genoeg. De draad die door het elastiek loopt kan eenvoudig los getrokken worden uit het elastiek. Daarna valt koppeling nummer 1 af. Dit doordat het gaatje waar de draad uit het elastiek komt na een aantal keer trekken gaat scheuren. Koppeling 2 zal daarom gekozen worden. Deze is sterk genoeg en is eenvoudig te bevestigen zonder dat het elastiek wordt aangetast.

3.10 Eindontwerp

Figuur 81 geeft een complete weergave van het eindontwerp.

3.11 Vervaardiging eindontwerp

Er is gestart met het vervaardigen van het ontwerp dat is weergegeven in figuur 81. In figuur 82 is te zien hoe dit ontwerp geworden is. In figuur 83 is ingezoomd op de koppeling tussen de finger trap en het elastiek en in figuur 84 is ingezoomd op de koppeling tussen het elastiek en de veiligheidsspeld.



Figuur 81 Eindontwerp.



Figuur 82 Eindontwerp.



Figuur 83 Eindontwerp. Ingezoomd op de koppeling tussen de finger trap en het elastiek.



Figuur 84 Eindontwerp. Ingezoomd op de koppeling tussen het elastiek en de veiligheidsspeld.

In bijlage 15 is een handleiding opgenomen die stap voor stap weergeeft hoe het nieuwe systeem te maken is.

3.12 Materialisatie

Nu alle materialen voor het eindontwerp bekend zijn, kan er gekeken worden naar de kosten van dit product. Tabel 12 geeft de onderdelen weer met bijbehorende kosten per onderdeel. Daarnaast zijn de manuren weergegeven die het zal kosten om de individuele onderdelen te maken of aan een ander onderdeel te bevestigen.

Tabel 12 Kosten plaatje

Onderdeel	Finger trap	Touw (Vislijn Dyneema)	Hol elastiek (Cresta Pole Gear- Hollow Elastic)	Veiligheids - speld (ViperMed ical)	Spalk- materiaal (van Dongen & Pilon, 2002) (Patterson medical, 2014)	Band 5 cm (Amazon, 1996-2014)	Klittenban d (haakjes kant) (SproFit, 2014) (Hook & Loop, 2013)	Lijm, loctite 454
Kosten inkoop materiaal	€ 1,50 p/meter	€ 12,40 per 100 meter	€ 12,50 per 3 meter	€ 2,18 per 6 stuks	€ 304,39 46x61 cm	€ 80,- 23 meter	€ 26,50 23 meter	€ 5,45 3 gram
Benodigd materiaal	5 cm	20 cm	10 cm	1 stuk	10x20 cm	20 cm	6 cm	0,09 gram
Kosten per onderdeel	€ 0,08	€ 0,02	€ 0,42	€ 0,36	€ 21,30	€ 0,70	€ 0,07	€ 0,16
Aantal manuren	5 min	3 min	3 min	4 min	20 min	1 min	4 min	1 min

De prijs van één systeem is: € 23,11. Er zal niet nog een factor overheen gaan om tot een verkoopprijs te komen, omdat in een ziekenhuis het systeem niet door verrekend wordt naar de patiënt maar naar de verzekering.

In het nieuwe systeem zijn nieuwe materialen verwerkt. Daarom is er onderzoek gedaan naar de weg die een nieuwe materiaal moet doorlopen om opgenomen te worden in een ziekenhuis. Dit is gedaan door contact op te nemen met het Gemini Ziekenhuis. In het ziekenhuis is er een materiaaladviescommissie (MAC). Deze commissie kijkt naar de invoering van nieuwe materialen. Deze commissie beslist voornamelijk over de aanschaf van kapitaalintensieve en/ of elektronische producten en/ of producten die afdeling overstijgend worden gebruikt (van Drongelen, Roszek, & van Tienhoven, 2006). Maar de functie van een MAC varieert veel tussen verschillende ziekenhuizen. Naast de aanschaf van producten via de MAC zijn er ook aanschafwegen die buiten de MAC omgaan. Dit gebeurt veel bij her bestellingen of bestellingen van kleine producten. Dit is alleen niet de officiële weg. Mocht dit toch gebeuren dan verwachten de meeste ziekenhuizen “niet dat dit leidt tot kwalitatief onverantwoorde producten aangezien de gebruiker zelf het meest deskundig is ten aanzien van de functionaliteit van een product” (van Drongelen, Roszek, & van Tienhoven, 2006, p. 10).

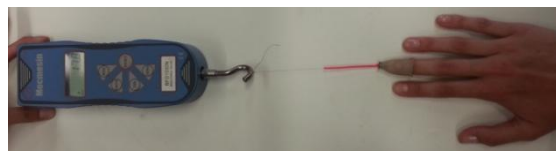
Het belangrijkste nadeel van het zelf aanschaffen van producten is: het product is niet traceerbaar, er is geen interactie tussen het aangeschafte product en andere bestelde producten die eenzelfde functie hebben en de leverancier is niet bekend bij het ziekenhuis. Om te voorkomen dat een van de producten achteraf toch wordt afgekeurd, zal voor het eindproduct aanvraag gedaan moeten worden bij de MAC van het Gemini Ziekenhuis.

4 Testfase

In de analysefase zijn er verschillende testen gedaan op het huidige haakjessysteem (nulmetingen). Deze testen zijn in dit hoofdstuk allemaal nog een keer herhaald. Allereerst is de maximale trekkracht uitgevoerd op de twee eerder geteste proefpersonen. Daarna wordt de strektest herhaald, namelijk de hoeveelheid kracht die het een proefpersoon kost om de oefeningen uit te voeren, tegen de tractie van het elastiek in. Na deze metingen is er nogmaals een gebruikersonderzoek gedaan onder 22 proefpersonen.

4.1 Maximale trekkracht

Deze meting is uitgevoerd op twee proefpersonen die elk een dopje op de rechter middelvinger bevestigd kregen. Aan dit dopje werd geen elastiek maar alleen het draad bevestigd. Het andere eind van de draad wordt aan de Newtonmeter bevestigd. De Newtonmeter is aangezet terwijl deze op tafel lag zonder dat er trekkrachten op speelden. Op dit moment werd de Newtonmeter ingesteld zodat de maximaal geleverde kracht af te lezen viel na de test, zie figuur 85. Een testleider hield de Newtonmeter stil op tafel, zodat de proefpersoon zelf zijn hand verder van de Newtonmeter af kon bewegen, wat zorgde voor trek aan de trap. De proefpersoon gaf zelf aan wanneer de kracht aan de vinger te groot werd en wilde stoppen. Deze test is per proefpersoon drie keer herhaald. De volledige beschrijving staat weergegeven in bijlage 16.



Figuur 85 Opstelling van de maximale trekkracht test op proefpersoon.

In tabel 13 zijn de resultaten van de maximale trekkracht op de twee proefpersonen weergegeven. De proefpersonen konden stoppen op ieder gewenst moment. Dit is bij beide proefpersonen niet gebeurd. De test is gestopt steeds op het moment dat de trap van de vinger af schoot.

Tabel 13 Maximale trekkracht op proefpersoon.

Testnummer	Meting proefpersoon 1	Meting proefpersoon 2
1	21.1 N	17.6 N
2	17.8 N	20.4 N
3	19.7 N	20.7 N
Gemiddeld	19.5 N	19.6 N

Zoals te zien is in tabel 13 zijn de maximale trekkracht 21.1 N. Dit komt overeen met ongeveer twee kg. Gemiddeld gezien ligt de maximale trekkracht die aan de trap kan worden uitgeoefend op de 19.5 N, dit is het punt waarop de trap zal los schieten.

Zoals bij de nulmetingen zal er hier geen test gedaan worden op een nagmaakte vinger. Dit omdat de trap al los laat nog voor de maximale trekkracht die de vinger aan kan worden behaald.

4.2 Strektest

Deze test gaat over de kracht die nodig is om de PIP- en DIP- gewrichten te extenderen tegen de tractie van het nieuwe elastiek in. De test is uitgevoerd op twee proefpersonen. De proefpersonen zijn met de rechter hand in de spalk gezet, waarbij op de middelvinger de trap is geplaatst. Hieraan is het elastiek zonder dat de draad het elastiek beperkt bevestigd. Het elastiek werd bevestigd aan het uiteinde van de Newtonmeter. De trekkracht aan het elastiek werd eerst met een Newtonmeter voorgespannen op 0.2 Newton. Deze spanning komt overeen met de spanning die op het elastiek gezet zal worden. Hierdoor zal de vinger passief buigen figuur 86 geeft de neutrale stand weer. Nu zal eerst de lumbricalis oefening worden uitgevoerd, gevolgd door de haakoefening. Bij elke oefening wordt de geleverde kracht opgeschreven. De volledige testbeschrijving is weergegeven in bijlage 17.



Figuur 86 Opstelling strektest, de neutrale stand.

In tabel 14 zijn de resultaten van de strektest weergegeven die van de neutralestand (figuur 86) naar de lumbricalisstand (figuur 87) gaat. Tabel 15 geeft het resultaat van de strektest van de neutralestand (figuur 86) naar de haakstand (figuur 88) weer.



Figuur 87 Opstelling strektest, lumbricalisstand.



Figuur 88 Opstelling strektest, haakstand.

Tabel 14 Strekkracht van vuist naar lumbricalisstand.

Testnummer	Meting proefpersoon 1	Meting proefpersoon 2
Test 1	0.8 N	1.1 N
Test 2	1.0 N	0.9 N
Test 3	0.8 N	0.8 N

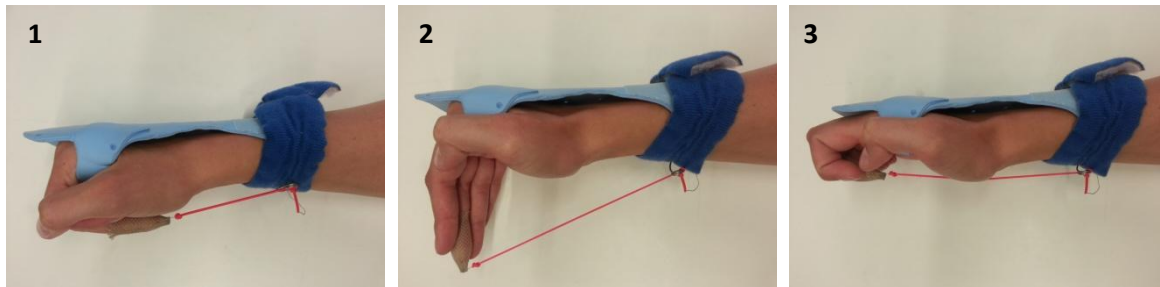
Tabel 15 Strekkracht van vuist naar haakstand.

Testnummer	Meting proefpersoon 1	Meting proefpersoon 2
Test 1	0.8 N	0.8 N
Test 2	0.9 N	0.9 N
Test 3	0.9 N	0.9 N

Uit tabel 14 is af te lezen dat het strekken van de vinger naar de lumbricalisstand toe 0.8 tot 1.1 Newton kracht kost. Dit is het resultaat van de gemeten waarde min de beginspanning van 0.2 N op het elastiek. Verder is te zien in tabel 15 dat het strekken van de vinger naar de haakstand toe 0.8 tot 0.9 Newton kracht kost. Dit is tevens het resultaat van de gemeten waarde min de beginspanning van 0.2 N op het elastiek. Uit deze twee tabellen is te concluderen dat de trap bij strekking niet van de vinger wordt getrokken, dit gebeurt pas bij 19.5 N. Dit is ongeveer een factor 20 keer zoveel.

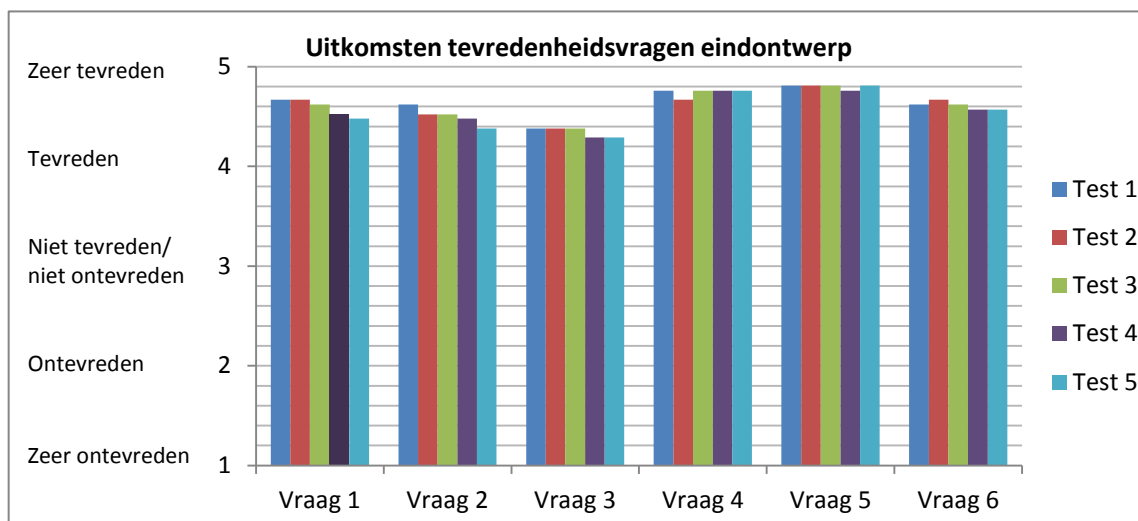
4.3 Gebruikersonderzoek

Het trap systeem is op dezelfde groep proefpersonen getest om voornamelijk het comfort en de draagbaarheid te beoordelen. Bij het haakjessysteem bestond de groep uit 22 proefpersonen. Bij de testfase voor het nieuwe ontwerp was er één proefpersoon afgefallen waardoor er 21 proefpersonen overbleven. De proefpersonen droegen hierbij de spalk en het nieuwe systeem en werden gevraagd om in totaal 50 keer de middelvinger, waaraan de finger trap bevestigd zat, te strekken tot de lumbricalisstand en 50 keer te strekken tot de haakstand, zie figuur 89. Na 10 keer om en om de lumbricalis- en de haakstand oefeningen uitgevoerd te hebben, volgde een rustperiode van twee minuten. Om de twee series werd een vragenlijst afgenomen. Het protocol wat hierbij gebruikt is staat weergegeven in bijlage 18.



Figuur 89 Opstelling gebruikersonderzoek. 1: neutrale stand, 2: lumbricalisstand en 3: haakstand.

De resultaten uit de vragenlijsten tijdens de test zijn weergegeven in figuur 90, figuur 92 en figuur 93. In figuur 90 staat de gemiddelde tevredenheid per vraag en per test weergegeven. De gegevenstabel is weergegeven in bijlage 19.



Figuur 90 n=21. Gemiddelden van de tevredenheidsvragen van de proefpersonen bij het eindontwerp per vraag en per test. Y-as: 1= zeer ontevreden, 2= tevreden, 3= niet tevreden/ niet ontevreden, 4= tevreden, 5= zeer tevreden. X-as:

Vraag 1: Comfort van het systeem.

Vraag 2: Comfort van de spalk.

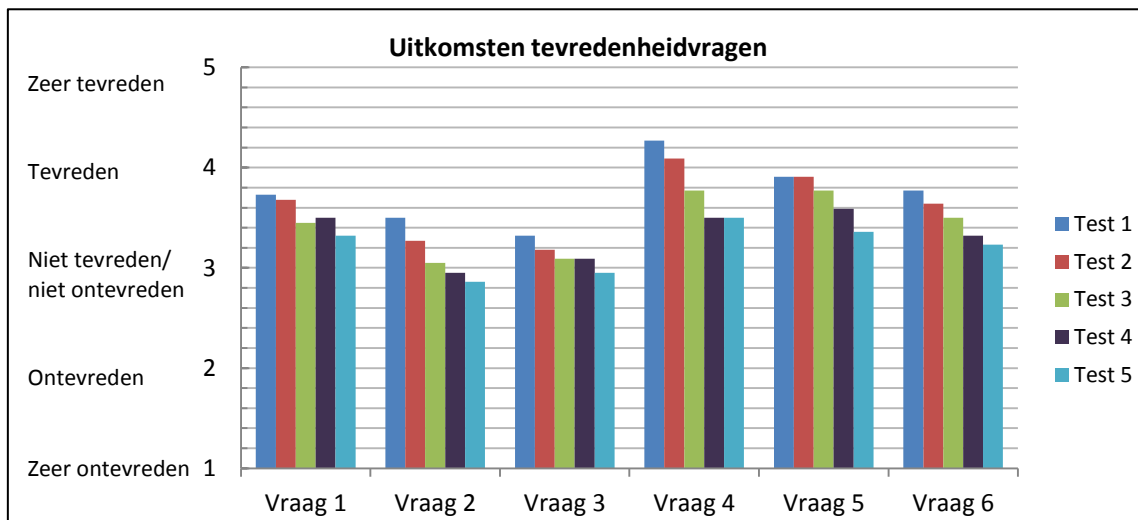
Vraag 3: Comfort van het bevestigingspunt.

Vraag 4: Uitvoering van de beweging.

Vraag 5: Bewegingsmogelijkheid binnen de gestelde range

Vraag 6: Tevredenheid over het systeem in het algemeen.

Af te lezen uit figuur 90 is dat naar mate de test vordert, de waarde van tevredenheid lichtelijk daalt bij de vragen met betrekking tot het comfort van het systeem, het comfort van de spalk, het comfort van het bevestigingspunt en de tevredenheid in het algemeen. Echter, bij al deze vragen is dit gemiddeld minder dan ¼ punt. Wanneer dit vergeleken wordt met de test van het haakjessysteem dan is te zien dat hier een achteruitgang van gemiddeld ½ punt is opgetreden, zie figuur 91. Daarnaast zijn de scores ongeveer 25% hoger in vergelijking tot de tevredenheidsvragen bij het haakje systeem.



Figuur 91 n=22. Gemiddelden van de tevredenheid van de proefpersonen bij het haakjessysteem per vraag en per test. Y-as: 1= zeer ontevreden, 2= ontevreden, 3= niet tevreden/ niet ontevreden, 4= tevreden, 5= zeer tevreden. X- as:

Vraag 1: Comfort van het systeem.

Vraag 2: Comfort van de spalk.

Vraag 3: Comfort van het bevestigingspunt.

Vraag 4: Uitvoering van de beweging.

Vraag 5: Bewegmogelijkheid binnen de gestelde range

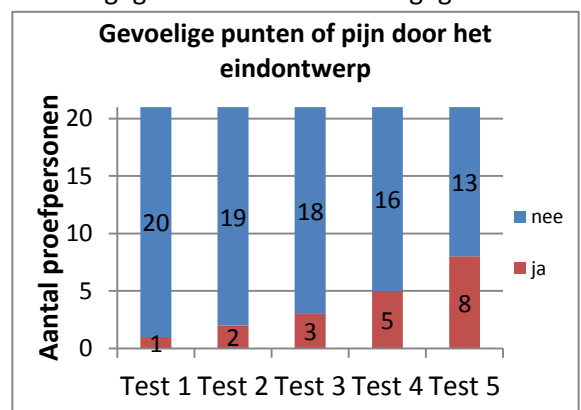
Vraag 6: Tevredenheid over het systeem in het algemeen.

Net als bij het haakjessysteem werd na de tevredenheidvragen de vraag gesteld of de proefpersoon ergens pijn of gevoelige punten hadden ervaren. In figuur 92 staat weergegeven hoeveel proefpersonen per meting al dan niet aangaven last te hebben. De gegevenstabel staat weergegeven in bijlage 20.

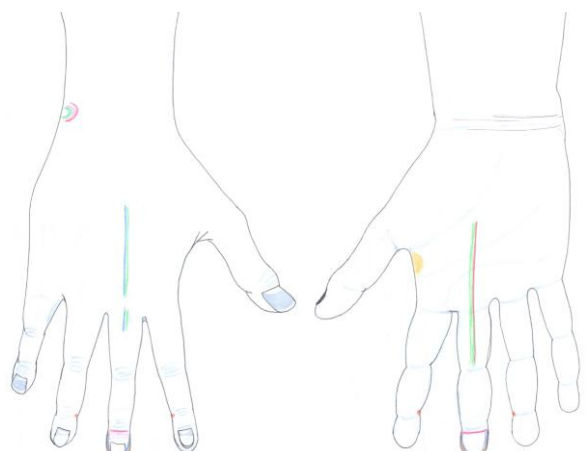
Af te lezen uit figuur 92 is dat 1 proefpersoon bij de eerste test aangaf klachten te hebben tegenover 20 proefpersonen zonder klachten. Per test nam het aantal proefpersonen met klachten toe tot een maximum van 8 proefpersonen bij de laatste meting tegenover 13 proefpersonen zonder klachten. (Let op, bij het haakjessysteem werden 22 proefpersonen getest en bij het eindontwerp 21 proefpersonen). In procenten uitgedrukt had maximaal 95% van de proefpersonen

klachten bij het haakjessysteem. Bij het eindontwerp had maximaal 38% van de proefpersonen klachten. Dit is een verschil van 57%.

Net als bij het haakjessysteem zijn de locaties van de pijn-/ gevoeligheidspunten genoteerd. In figuur 93 wordt links de dorsale zijde van de hand weergegeven en rechts de palmaire zijde. Ieder kleur staat voor een proefpersoon. Door middel van deze kleuren zijn alle pijn-/ gevoeligheidspunten op de hand weergegeven. Hieruit komt voort dat drie proefpersonen last hadden van de circulaire druk van de finger trap. Eén gaf aan dat de rand van de finger trap te scherp was en deze voor deze persoon te groot was, omdat de trap precies op de buigrand van de distale phalanx zit. Er waren nog drie proefpersonen die aangaven dat de finger trap een druk uitoefende, maar zij ervoeren dit niet als irritant. Mogelijk zullen de klachten rond de finger



Figuur 92 n=21 Gevoelige punten of pijn door het eindontwerp per test weergegeven.



Figuur 93 Locatie pijn/ gevoelige punten op de hand bij gebruik van het nieuwe systeem. Links geeft de dorsale zijde van de hand weer en rechts de palmaire zijde van de hand.

trap afnemen wanneer de patiënt af en toe de trap mag losmaken en de vinger ontspannen mag houden. Er wordt hierbij wel van uitgegaan dat de patiënten hier geen misbruik van zullen maken. Dit omdat bij het haakjes systeem het elastiek ook losgemaakt kan worden van het haakje. Eén proefpersoon had last van de klem van de spalk aan de radiale zijde en drie proefpersonen hadden last van hun processus styloideus van de ulna. Deze laatste twee klachten komen hoogstwaarschijnlijk doordat de spalk niet de juiste maat had. Als deze op het individu gemaakt wordt, zijn deze klachten waarschijnlijk opgelost. Twee proefpersonen hadden last van de flexoren van de derde digiti en twee personen hadden ook last van de extensoren van de derde digiti. In verhouding met het haakjessysteem zijn de klachten bij het eindontwerp een stuk minder. Wel moet in de gaten gehouden worden dat voor iedere toekomstige patiënt er een finger trap beschikbaar moet zijn in de juiste maat. De klachten van de finger traps werden voornamelijk veroorzaakt door een te kleine finger trap. Als testleiders viel ons op dat de oefeningen in eerste instantie lastig bevonden werden, maar na verloop van tijd trad gewenning op waardoor de oefeningen goed uitgevoerd werden. Naast de klachten waren er ook een aantal proefpersonen die een compliment over de spalk gaven. Er werd aangegeven dat de spalk veel minder 'lomp' toonde en dit had als grootste voordeel dat kleine dagelijkse taken veel makkelijker uit te voeren zouden zijn, denk hierbij aan het aan- en uittrekken van een jas.

4.4 Enquête therapeuten

Om een indruk te krijgen wat de therapeuten van het nieuwe systeem vinden, is er opnieuw een enquête verzonden naar de instellingen die op de eerste enquête hebben gereageerd. De enquête is aangepast en daarom weergegeven in bijlage 21. Naast de enquête is een filmpje mee gestuurd die een weergave geeft van het nieuwe systeem, deze is op de bijgevoegde CD terug te vinden.

Doordat er op de eerste enquête te weinig respondenten waren konden er geen conclusies getrokken worden.

4.5 Test aan eisenlijst

Tabel 16 Test aan de gestelde eisen.

Eisen	Voldoet
Het systeem moet toepasbaar zijn binnen het vroege passieve mobilisatie protocol.	Ja
Het systeem moet voor alle letselzones toepasbaar zijn.	Nee
Het te ontwerpen systeem moet toepasbaar zijn op patiënten met ongecompliceerd letsel aan de m. flexor digitorum profundus en de m. flexor digitorum superficialis.	Ja
Het systeem moet de mogelijkheid bieden het polsgewricht en de MCP-, PIP- en DIP-gewrichten beperkt te laten bewegen in verband met gewrichtscontracturen.	Ja
Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de huid met een permanente bevestiging.	Ja
Het te ontwerpen systeem mag niet bevestigd worden op de nagel met een permanente bevestiging.	Ja
Het te ontwerpen systeem moet op de gehele Nederlandse bevolking toegepast kunnen worden.	Ja
Het te ontwerpen systeem moet rekening houden met dunne en dikke vingers.	Ja
Wanneer een oefening uitgevoerd wordt met de hand, moet dit een minimale peesvergliding van 1.7 mm opleveren.	Ja
Wanneer geoefend wordt met de revalidatieoefeningen uit figuur 29, dient de volgorde 3 – 4 – 2 – 5 – 1 aangehouden te worden.	Ja
De maximale verglijding van de pees mag 53 % zijn. Hierbij is volledige flexie van het polsgewricht en de handgewrichten 0% en volledige extensie van het polsgewricht en de handgewrichten 100%.	Ja
De trekkracht op de nagel mag niet groter zijn dan 5.6 Newton.	Ja
De strekkracht mag niet meer dan 1.0 Newton zijn.	Ja
De veerconstante van het te gebruiken tractiemateriaal mag niet meer zijn dan 22 N/m.	Ja
De hoeveelheid klachten die de proefpersonen aangeven bij het haakjessysteem moeten in het nieuw te maken ontwerp verminderd worden om de tevredenheid te vergroten.	Ja
De patiënt moet meer bewegingsvrijheid krijgen in het MCP- gewricht om de doorbloeding te vergroten.	Ja
Het systeem moet eenvoudiger schoon te maken zijn dan het haakjes systeem. Dit moet de hygiëne bevorderen.	Ja
Het te ontwerpen systeem moet sneller te bevestigen en los te halen zijn dan het haakjessysteem.	Ja
De standaard handmaten moeten worden gebruikt uit tabel 21.	Ja
Er dient rekening gehouden te worden met de gemiddelde lengte van de phalangae. Van proximaal naar distaal zijn deze: 49 mm, 34 mm en 17 mm.	Ja
Het deel van het systeem wat in directe aanraking komt met de wond, mag alleen gemaakt worden uit metaal, siliconen, kunststof, nylon of rubber.	Ja
Wanneer patiënten een allergie hebben voor siliconen, mag dit materiaal niet gebruikt worden in het revalidatieproces.	Ja

Het ontwerp voldoet aan 21 van de 22 eisen. Dit is te zien in tabel 16. Dit houdt in dat het product voor 95,5% aan de gestelde eisen voldoet.

Discussie

Het haakjessysteem wat tot op heden in de revalidatie gebruikt wordt na palmair peesletsel bracht problemen met zich mee. Naar aanleiding hiervan is een nieuw systeem ontwikkeld wat het haakjessysteem kan vervangen en minder problemen met zich mee brengt. Het ontwikkelde systeem is eenvoudiger te bevestigen en kan voor een groot deel gemaakt worden voorafgaand aan de aanwezigheid van de patiënt. In plaats van alleen de beweging naar de lumbricalisstand toe is de beweging naar de haakstand toegevoegd. In eerste instantie zal dit door de patiënten als lastig ervaren worden. Dit gebeurde ook bij de proefpersonen in dit onderzoek, maar er trad gewenning op waardoor het na verloop van tijd eenvoudig bevonden werd.

Vooraf aan de functionaliteit van het systeem is aandacht besteed. Er is echter niet gekeken naar de bevestiging van het systeem op de polsband. Dit wordt bij het haakjessysteem gedaan met een veiligheidsspeld. In het ontwikkelde systeem is dit niet veranderd, omdat deze geen problemen met zich meebracht en de functie die het had goed vervulde. De veiligheidsspeld is namelijk makkelijk te verplaatsen en te bevestigen. Daarentegen had het proces van de tube naar het holle elastiek versneld kunnen worden, als eerder ingezien werd dat de tube te stug was.

Om betere resultaten te krijgen, hadden voor beide systemen de spalken voor ieder individu op maat gemaakt moeten worden. Dit was echter niet mogelijk in verband met beschikbare materialen. Wel werd duidelijk dat de spalk voor het nieuwe systeem voor minder klachten zorgde. Ook werd deze als minder 'lomp' ervaren doordat hij kleiner is en beter past in het dagelijks leven van patiënten. Zij worden bijvoorbeeld niet meer direct gehinderd door de spalk bij een aantrekken van een jas. Dit kon niet met de huidige spalk, maar met de nieuwe spalk is dit wel mogelijk.

De testfase van de systemen waren kort in verhouding tot de duur die de spalk en het systeem gedragen worden door patiënten. Voor de werking heeft dit geen nadelig effect, maar hoe het systeem functioneert in combinatie met zweetvingers wordt hieruit niet duidelijk. Ook is niet duidelijk of patiënten gebruik zullen maken van het feit dat de finger trap eenvoudig af te doen is op het moment dat de druk irritant wordt. Dat de finger trap eenvoudig af te doen is, is tevens ook een nadeel. Het brengt wellicht een groter risico van rupturen van de hechting met zich mee. Of dit risico groter is en of het systeem nog werkt met zweetvingers moet in de praktijk blijken.

Het idee was om de ervaring en adviezen van therapeuten mee te nemen in dit afstudeerproject. Echter, van de ziekenhuizen en instelling die aangeschreven zijn, hebben maar drie instellingen/ ziekenhuizen gereageerd op de eerste vragenlijst. Op de laatste vragenlijst heeft geen enkel ziekenhuis/instelling gereageerd. Hierdoor is een stukje testfase verloren gegaan en is er niet bekend wat de ziekenhuizen/instellingen ervan vinden. Om dit te voorkomen hadden meer ziekenhuizen/instellingen aangeschreven moeten worden.

Tevens kwam naar voren dat de tevredenheid met 25% was verbeterd. Men zou verwachten dat bij een product zoals deze, de tevredenheid met een groter percentage zou stijgen. Echter, het product werd in eerste instantie minder slecht beoordeeld door de proefpersonen dan verwacht. Hierdoor konden twijfels gesteld worden aan de relevantie van dit onderzoek. Doordat de tevredenheid lag rond 'niet tevreden/ niet ontevreden', werd genoeg uitdaging gezien om de tevredenheid te verhogen. Vanuit dit perspectief gezien, is 25% verbetering geen slecht resultaat.

Het ontwikkelde product voldoet aan 95,5% van de gestelde eisen. Hiermee is voldaan aan de opgestelde 95% die bepaald is in de probleemstelling. Aan één eis is niet voldaan, namelijk aan de eis dat het systeem toepasbaar moet zijn voor alle letselzones. Echter, de bevestiging van het

ontwikkelde systeem op de vinger bevindt zich op de distale phalanx en omvat hiermee een deel van letselzone 1. Het nieuwe systeem bevindt zich hierdoor in het wondgebied. Om deze reden is er voor gekozen om deze eis negatief te beoordelen, maar uit de praktijk moet blijken of dit gegrond is.

Conclusie

In dit onderzoek is er gekeken naar de passieve flexiestand na palmair peesletsel en de verschillende aspecten die hierbij komen kijken. Allereerst is onderzoek gedaan naar de hand en de daarbij behorende structuren. Hier kwam naar voren dat naast de huidige lumbricalisoefening ook een haakoefening uitgevoerd mag worden. Bij deze haakoefening blijft de hoeveelheid peesvergliding onder de hoeveelheid peesvergliding van de lumbricalisoefening. Het voordeel van deze oefening is dat beweging in het MCP- gewricht mogelijk gemaakt wordt en stijfheid in dit gewricht tegengegaan wordt. Met deze nieuwe inzichten is een nieuwe ontwerp gemaakt en getest. Uit de testen kwam naar voren dat op het nieuw ontwikkelde systeem positiever werd gereageerd dan op het haakjessysteem qua tevredenheid, de tevredenheid was met 25% gestegen. Ook zijn de gevoeligheids-/pijnpunten verminderd ten opzicht van het haakjessysteem met 57%.

Er kan dus geconcludeerd worden dat het nieuwe systeem een verbetering is ten opzicht van het haakjessysteem en dat het nieuwe systeem toepasbaar is voor in de revalidatie van palmair peesletsel. Wanneer dit teruggekoppeld wordt naar de opgestelde probleemstelling, is te zien dat het onderzoek naar de passieve flexiestand na palmair peesletsel een goede werkzame oplossing heeft gekregen. Het nieuwe systeem voldoet aan 95,5% van de opgestelde eisen. De definitieve werking van het systeem moet nog blijken uit de praktijk.

Aanbevelingen

Naar aanleiding van de discussie en conclusie zijn er nog enkele aanbevelingen te geven met betrekking tot het eindontwerp als deze in de praktijk toegepast gaat worden. Allereerst wordt geadviseerd het product voor te leggen aan de Materialen Advies Commissie. Dit omdat er verschillende materialen gebruikt zijn in het product en het niet zeker is of het draad en het elastiek gebruikt mogen worden in het ziekenhuis. Uit voorzorg moet dit eerst gecontroleerd worden, voordat het product daadwerkelijk toegepast kan worden.

Daarnaast is het de bedoeling dat de spalk maatwerk wordt zodat pijnklachten door de spalk voorkomen worden. De spalk moet op het moment dat de patiënt aanwezig is gemaakt worden. Het maatwerk van de spalk zorgt tevens voor materiaalbesparing. Namelijk, als de patiënt geen hyperextensie in zijn/haar MCP- gewricht kan maken, is het niet nodig de spalk tot over het MCP- gewricht door te laten lopen. De trimlijn kan hierbij proximaler gekozen worden waardoor de spalk geëindigd wordt ter hoogte van de proximale haken. Het testen van hyperextensie in het MCP- gewricht kan gedaan worden aan de onaangedane hand. De finger traps daarentegen kunnen vooraf, op momenten dat de therapeuten het uitkomt, gemaakt worden in allerlei verschillende maten. Hieraan wordt direct het elastiek en de draad bevestigd. Hierbij moet goed gelet worden op het voorkomen van scherpe randen aan de finger trap. Dit alles scheelt tijd op het moment dat de patiënt aanwezig is, omdat het hierbij gaat om het kiezen van de juiste grootte finger trap en waarna de draad en het elastiek op de juiste lengte bevestigd worden.

Als de spalk eenmaal af is, moet gecontroleerd worden of de pols tijdens de oefeningen een neutrale stand aanhoudt en niet kan extenderen. Als dit wel het geval is, kan dit opgelost worden door een extra band om de pols ter hoogte van het distale uiteindes van de radius en de ulna. Hierdoor wordt de pols meer in de spalk gedrukt.

Tot slot is er over één onderdeel nog onduidelijkheid. Namelijk over de toepassing van het ontwikkelde systeem voor letselzone 1. De finger trap bevindt zich bij letselzone 1 in het wondgebied. Niet duidelijk is of dit problemen met zich mee brengt ten aanzien van pijn, wondherstel et cetera. Mocht dit wel het geval zijn, dan wordt voor deze letselzone aanbevolen terug te vallen op het haakjessysteem. In de praktijk zal dit verder onderzocht moeten worden.

Literatuurlijst

- A.Z. Sint-Lucas Brugge. (2013, 09 27). *Latexallergie*. Opgeroepen op april 27, 2014, van gezondheid.be: http://www.gezondheid.be/index.cfm?fuseaction=art&art_id=3911
- allesovermarktonderzoek.nl/vragenlijsten*. (2014). Opgeroepen op 02 21, 2014, van Alles over Marktonderzoek: <http://www.allesovermarktonderzoek.nl/vragenlijsten>
- Amazon. (1996-2014). *Securing Straps*. Opgeroepen op 05 06, 2014, van Amazon.com, Inc. or its affiliates: <http://www.amazon.com/Securable-Strapping-Material-Material-Dimensions/dp/B007GBFS8K>
- Baarda, D., & de Goede, P. (2001). *Basisboek Methoden en Technieken* (Derde herziende druk ed.). Groningen/Houten, The Netherlands: Wolters-Noordhoff bv.
- Baskies, M., Tuckman, D., & Paksima, N. (2008). Management of Flexor Tendon Injuries following Surgical Repair. *Bulletin of the NYU Hospital for Joint Diseases*, 66(1), pp. 35-40.
- Berger, R. A., & Weiss, A.-P. C. (2004). *Hand surgery 1ste edition*. Lippincot Williams & Wilkens.
- Boeckx, & all, e. (2005). *Handletsels*. Nederland: Van de Ridder.
- Boyer, M. I., Goldfarb, C. A., & Gelberman, R. H. (2005). Recent progress in flexor tendon healing the modulation of thedon healing with rehabilitation variables. *Journal of hand therapy*, p. 80-85.
- Braga-Silva, J., & Kuyven, C. (2005). Early active mobilization after flexor tendon repairs in zone two. *Chirurgie de la main*, 24, pp. 165-168.
- Brand, P., & Hollister, A. (1993). Clinical Mechanics of the Hand. *Mosby Year Book*.
- Broeren, B. (2011). *Antropometrische data*. Den Haag: Haagse Hogeschool opleiding bewegingstechnologie.
- Bundel, T. (2007). *De actieve postoperatieve behandeling bij flexorpeesletsel in zone 2 van de hand*. Utrecht: Fysiotherapeut, Hogeschool Utrecht FG.
- Bunnell, S. (1918). Repair of tendons in the fingers and description of two new instruments. *Surg Gynecol Obstet.*, p. 103 - 10.
- Çetin, A., & Dinçer, F. (2003). Revalidatie van letsels van de flexorpees door middel van een gecombineerd behandelprogramma bestaande uit aangepaste technieken volgens Kleinert en Duran. *Stimulus*, 22, pp. 29-32.
- Cifaldi Collins, D., & Schwarze, L. (1991). Early progressive resistance following immobilisation of flexor tendon repairs. *Journal of hand therapy*, p. 111 - 113.
- Cresta Pole Gear- Hollow Elastic*. (sd). Opgeroepen op 5 13, 2014, van SPRO: http://www.spro.eu/NL_NL/category/cresta-pole-gear/cresta-pole-gear-hollow-elastic.html
- Daanen, H. A., Krul, A. J., & Molenbroek, J. F. (2003). *dataset 'Nederlandse volwassenen'*. Opgeroepen op april 9, 2014, van dined2003: <http://dined.nl/nl,dined2003>
- de Morree, J. (2009). *Dynamiek van het menselijk bindweefsel* (vijfde herziende druk ed.). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.

- Duran, R., & House RG. (1975). Controlled passive motion following flexor tendon repairs in zones 2 and 3. *American Academy of Orthopedic Surgeons: Symposium on Tendon Surgery in the Hand*. St. Louis: CV Mosby Co.
- Evans, R. (1997). Rehabilitation techniques for applying immediate active tension to zone 1 and 2 flexor tendon repairs. *Techniques in Hand & Upper Extremity Surgery*, 1, pp. 288-290.
- Evans, R. (2012). Managing the injured tendon: Current concepts. *Journal of hand therapy*, p. 173-190.
- Franko, O. I., Winters, T. M., Tirrell, T. F., Hentzen, E. R., & Lieber, R. L. (2011). Moment arms of the human digital flexor. *Journal of Biomechanics*, 1987 - 1990.
- Gerritsen, B., & Heerkens, Y. (2008). *Anatomie in vivo van het bewegingsapparaat* (vierde herziende druk ed.). Maarsen, Nederland: Elsevier gezondheidszorg.
- Gonzalez, R. V., Buchanan, T. S., & Delp, S. L. (1997). How muscle architecture and moment arms affect wrist flexion-extension moments. *Journal of biomechanics*, p. 705 - 712.
- Griffin, M., Hindocha, S., Jordan, D., Saleh, M., & Khan, W. (2012). An overview of the management of flexor tendon injuries. *The Open Orthopaedics Journal*, 6 (Supplement 1:M3), pp. 28-35.
- Hand en Pols expertisecentrum. (sd). Opgeroepen op januari 23, 2014, van Maasstad ziekenhuis: <http://www.handenpolsexpertise.nl/hand-en-pols-expertisecentrum/voordelen-expertisecentrum.html>
- handtherapie.com/tijdschrift. (2005). Opgeroepen op 02 28, 2014, van Nederlands gezelschap voor handtherapie: <http://www.handtherapie.com/tijdschrift/>
- Hook & Loop. (2013). *Hook & Loop Everything in hook & loop*. Opgeroepen op 05 06, 2014, van Sew on Hook and Loop: http://hookandloop.com/products/hook-and-loop-products?width=318%2C323&colors_available=148&hook_loop=287
- Howell, J. W., & Peck, F. (2013). Rehabilitation of flexor and extensor tendon injuries in the hand: current updates. *Journal of care injured*, p. 397 - 402.
- Kleinert spalk. (sd). Opgeroepen op januari 23, 2014, van Handen team Zeeland: www.handenteam.nl/kleinert
- Kleinert, H., Kutz, J., & Ashbel, S. (1967). Primary repair of lacerated flexor tendons in no-man's-land. *Journal bone joint surgery*, 49:577.
- Landsmeer, J. (1976). *Atlas of anatomy of the hand*. Churchill Livingstone.
- Lehfeldt, M., Ray, E., & Sherman, R. (2008). MOC-PS CME Article: Treatment of Flexor Tendon Laceration. *Plastic and Reconstructive Surgery Journal*, 121(4).
- LiteGrip Finger Traps. (sd). Opgeroepen op 5 2, 2014, van Lomed Nederland bv: <http://www.lomed.com/litegrip-finger-traps-p-167.html>
- Lohman, A. (2008). *Vorm en beweging* (Elfde druk ed.). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Mason, M., & Allen, H. (1940). *The rate of healing of the tendons an experimental study of tensile strength*. Chigago, Ill.: The department of surgery, northwestern university medical school and passivant memorial hospital.

- Motmans, R. (2005 - 2006). *Lichaamsafmetingen van de Belgische bevolking*. Opgeroepen op April 9, 2014, van DINBelg 2005: <http://www.dinbelg.be/ouderentotaal.htm>
- Pasch, M. (2007, November). De nagel bij de oudere patiënt. *Nederlands Tijdschrift voor Dermatologie en venereologie*, 17(9).
- Patterson medical. (2014). *Products*. Opgeroepen op 05 06, 2014, van Patterson medical total rehabilitation & medical solution: https://www.pattersonmedical.co.uk/app.aspx?cmd=get_item&id=5416
- Pettengill, K. M. (2005). The evolution of early mobilisation of the repaired flexor tendon. *Journal of hand therapy*, 18:157-168.
- Pettengill, K. M., & Strien, G. v. (sd). Flexor tendon rehabilitation. *State of the art*, Chapter 38.
- Putz, R., & Pabst, R. (2006). *Sobotta Atlas van de menselijke anatomie* (Derde herziende druk ed., Vol. 1). Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.
- Richtlijnen management buigpeesletsel*. (2005, December 6). Opgeroepen op 01 24, 2014, van Handen Team Zeeland: <http://handenrevalidatie.nl/HTZ/>
- Riezebos, C. (2005). VINGERS: koppelingen tussen structuren en functies. *Versus Tijdschrift voor Fysiotherapie*, 23(3), pp. 150-183.
- Riezebos, C. (2014). *Patho-functionele morfologie de vingers*. Den Haag: Haagse Hogeschool.
- Rust, P. A., & Eckersley, R. (2008). Twenty questions on tendon injuries in the hand. *Current Orthopedics*, p. 17-24.
- Schöffl, V., Heid, A., & Küpper, T. (2012). Tendon injuries of the hand. *World Journal of Orthopedics*, 3(6), pp. 62-69.
- Sillevis Smitt, J., van Everdingen, J., Starink, T., & de Haan, M. (2004). *Bouw en functie van de huid*. Bohn Stafleu van Loghum.
- Spoor, C. W. (1983). Balancing a force on the fingertip of two-dimensional finger model without intrinsic muscles. *Journal of Biomechanics*, p.497 - 504.
- Sport Fishing*. (sd). Opgeroepen op 5 14, 2014, van Dyneema: <http://www.dyneema.com/emea/applications/ropes-and-lines/sport-fishing.aspx>
- SproFit. (2014). *Catalogen*. Opgeroepen op 05 06, 2014, van SproFit Your Body, Our Concern: <http://www.sprofit.com>
- Strickland, J. W. (1995). Flexor tendon injuries: I. Foundation of treatment. *Journal American Academic of Orthopedic Surgery*, p. 44 - 54.
- Strickland, J., & Glogovac, S. (1980). Digital function following flexor tendon repair in zone 2: a comparison study of immobilization and controlled passive motion. *Journal of hand surgery*, p. 537 - 43.
- techflex*. (sd). Opgeroepen op 5 2, 2014, van techflex: <http://www.techflex.nl/geavanceerd-c-43.html>
- Toonstra, J., & de Groot, A. C. (2010). *Nagelaandoeningen*. Houten, Nederland: Bohn Stafleu van Loghum.

- TUdelft. (sd). *DINED anthropometric database*. Opgeroepen op April 25, 2014, van dined:
<http://dined.io.tudelft.nl//dined/nl/>
- Understanding Your Natural Nails*. (sd). Opgeroepen op 03 18, 2014, van Hooked on nails:
<http://www.hooked-on-nails.com/naturalnails.html>
- van Damme, P. (2013). Handletsels en hun revalidatie. *Huisartsenmagazine algemeen ziekenhuis Oudenaarde*, pp. pp. 7-8.
- van Dongen, L. M., & Pilon, J. H. (2002). *Handboek voor handrevalidatie Theorie en praktijk*. Houten: Bohn Stafleu Van Loghum.
- van Drongelen, A. W., Roszek, B., & van Tienhoven, E. A. (2006). *Kwaliteitsborging bij aanschaf van medische hulpmiddelen in Nederlandse ziekenhuizen? Inventarisatie van processen en eisen*. Bilthoven: Rijksinstituut voor volksgezondheid en milieu.
- van Wordragen, J., & Rigterink, E. (2013). Richtlijn flexorpeesletsel, de postoperatieve behandeling. Den Helder, Noord-Holland, Nederland.
- ViperMedical. (sd). *Veiligheidsspelden*. Opgeroepen op 05 21, 2014, van ViperMedical:
<https://www.vipermedical.nl/tracker/twenga/veiligheidsspelden-5cm>
- Vislijn Dyneema*. (sd). Opgeroepen op 5 14, 2014, van goedkopervissen.nl:
http://www.goedkopervissen.nl/Vislijn-Dyneema-Whiplash-Pro--0.06mm--10.6kg.html?cPath=7440_33_1595
- Vucekovich, K., Gallardo, G., & Fiala, K. (2005). Rehabilitation after Flexor Tendon Repair, Reconstruction, and Tenolysis. *Hand Clinics*, 21, pp. 257-265.
- Yen, C. H., Chan, W. L., Wong, W. C., & Mak, K. M. (2008). Clinical results of early active mobilisation after flexor tendon repair. *Hand Surgery*, Vol. 13, No. 1, 45-50.
- Zorgkaart Nederland / ziekenhuizen*. (sd). Opgeroepen op 03 13, 2014, van Zorgkaart Nederland:
<http://www.zorgkaartnederland.nl/ziekenhuis>

Bijlage

Bijlage 1 Behandelprotocollen

1.1 Totale immobilisatie

Bij deze methode wordt voor een periode van 3-4 weken de hand na een flexorpeesletsel operatie totaal geïmmobiliseerd (Pettengill & Strien). Dit wordt gedaan omdat dit gezien wordt als de meest voorzichtige methode (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005). In 1941 beschreven Mason en Allen (Mason & Allen, 1940) het herstelproces van de pees, dit aan de hand van de kracht die op de pees geleverd kon worden. Zei vonden dat de pees in de eerste vijf postoperatief dagen alleen maar zwakker werd. Na de vijfde dag (minimum) zagen zij dat de pees in negen dagen zijn kracht weer terug kreeg. Op de veertiende dag kon de pees net zo veel kracht houden als op de eerste postoperatieve behandel dag. Na deze veertien dagen zou nog twee keer een onverklaarde daling op treden volgens Mason en Allen, zodat pas na zeventien dagen de pees pas echt sterker begon te worden. Hierdoor was het noodzakelijk om de pees 3-4 weken te beschermen. Het nadeel hiervan was dat er veel adhesie ontstond. In 1991 publiceerden Cifaldi Collins en Schwarze (Cifaldi Collins & Schwarze, 1991) een artikel met een systematische aanpak om peesfunctie te herwinnen (Pettengill & Strien) (Baskies, Tuckman, & Paksima, 2008). In tabel 17 is schematisch de aanpak van Collins en Schwarze weergegeven.

Tabel 17 Immobilisatie programma volgens Collins en Schwarze (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005).

0 tot 3-4 weken	3-4 weken	4-6 weken	6-8 weken
° Gips of een spalk aan de dorsale zijde van de hand. Pols en MCP-gewrichten staan in flexie en IP-gewrichten in volledige extensie.	° In plaats van het gips een beveiligingsspalk aan de dorsale zijde. ° Spalk wordt aangepast, waarbij pols neutraal komt te staan. ° Elk uur: 10 herhalingen van passieve flexie en extensie van de vingers met de pols in 10° extensie. ° Elk uur: 10 herhalingen van actieve pees verglijdingsoefeningen.	° Spalk aan dorsale zijde wordt beëindigd. ° Start van milde blokkeringsoefeningen 10 herhalingen, 4-6 keer per dag. Dit komt bij de passieve flexie en pees verglijdingsoefeningen.	° Start van milde weerstandsoefeningen die zich geleidelijk ontwikkelen.

1.2 Volledige passieve mobilisatie

In 1970 introduceerde Duran and Houser (Duran & House RG, 1975) het volledige passieve mobilisatie protocol. Hierbij wordt de flexie en de extensie van de hand passief uitgevoerd door de niet aangedane hand. Dit protocol maakt gebruik van een spalk (overeenkomend met een Kleinert spalk, alleen dan zonder elastische tractie). De elastische tractie werd weggelaten, omdat men gemeten had dat een pees verglijding van 3-5mm in zone II (zie hoofdstuk 1.2 Zones van de hand) van de hand minder adhesie zou veroorzaken (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005). In dat zelfde jaar werd ook een stuk gepubliceerd over de variabelen in het revalidatieproces, de variabelen die besproken werden waren kracht en verglijding van de pees. Hierin werd geconcludeerd dat een

vergliding van 1.7 mm al voldoende was om uitstekend herstel van de pees te verkrijgen (Boyer, Goldfarb, & Gelberman, 2005). Dit werd tevens geconcludeerd door Evans, die hier aan toe heeft gevoegd dat veel nieuwe protocollen toch een grotere verglijding maken (Evans R. , 2012). In hoofdstuk 2.2 peesvergliding is gekeken naar de grootte van pees verglijding die optreedt in de hand. In tabel 18 is het volledige passieve mobilisatie protocol van Duran and Houser weergegeven.

Tabel 18 Duran en Houser protocol (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005).

0-3dagen	0-4.5 weken	4.5-5.5 weken	5.5 weken	7.5 weken
° Spalk aan de dorsale zijde van de hand, met de pols in 20° flexie, de MCP-gewrichten in ~50° flexie, IP-gewrichten in volledige extensie.	° Elk uur oefeningen in de spalk uitvoeren: ° 10 herhalingen van passieve DIP-extensie met PIP- en MCP- flexie. ° 10 herhalingen van passieve PIP extensie met MCP- en DIP-flexie.	° De spalk wordt vervangen door een polsband met elastische tractie lopend van de vingernagel naar de polsband. ° Voortzetten van de actieve extensie/passieve flexie.	° Beëindiging van de polsband. ° Start blokkeer oefeningen en het maken van een vuist.	° Lichte oefeningen met weerstand en een gevormde eindstand. ° Een spalk om gewrichts- of extrinsieke buigpees verkorting te corrigeren.

Aan de hand van dit protocol hebben Strickland en Glogovac (Strickland & Glogovac, 1980) het modified Duran protocol geschreven. Dit protocol komt overeen met het originele Duran protocol. Het verschil is alleen dat tussen de oefeningen door de hand gestrekt in de spalk vastgezet wordt, zie figuur 94 (Pettengill K. M., 2005).



Figuur 94 Rustspalk bij het modified Duran protocol (Pettengill K. M., 2005)

1.3 Vroege actieve mobilisatie

Naar aanleiding van experimentele en klinische studies over de effecten van vroege actieve mobilisatie, werden eind 1980/ begin 1990 'vroege actieve mobilisatie protocollen' geschreven (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005). Het nadeel van vroege actieve mobilisatie is dat deze gebaseerd zijn op sterke hechttechnieken. Zo zal voor deze vorm van revalidatie de voorkeur uitgaan naar een 4-draads techniek. Het blijkt namelijk dat deze techniek bijna twee keer zo sterk is dan de 2-draads techniek. Strickland (Strickland J. W., 1995) was de eerste die hier onderzoek naar heeft gedaan (Pettengill K. M., 2005). Echter, deze 4-draads techniek is veel moeilijker om uit te voeren voor de chirurg (Bundel, 2007) (Yen, Chan, Wong, & Mak, 2008).

Het vroege actieve mobilisatie protocol wordt ondersteund door het idee dat bij passieve flexie de pees richting proximaal wil duwen, maar de pees is ontworpen om te trekken en niet om te duwen. In de eerste publicaties over de vroege actieve mobilisatie was de spalk zeer overeenkomstig met de spalk van de vroege/volledige passieve mobilisatie. Daarnaast zitten er variaties in de verschillende protocollen, een aantal verschillen zijn pols bewegingen, de hoeveelheid vingers die vast zitten in de spalk en de positie van de gewrichten. Omdat al de protocollen nog zo verschillend zijn kan er geconcludeerd worden dat er in de vroege actieve mobilisatie nog geen gouden standaard is afgesproken (Pettengill K. M., 2005).

In tabel 19 is één van de vroege actieve mobilisatie protocollen weergegeven, gemaakt door Strickland en het Indian hand center (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005).

Tabel 19 Strickland / Indian hand center protocol (Vučekovich, Gallardo, & Fiala, 2005).

0-3 dagen	0-4 weken	4 weken	5 weken	6 weken	8 weken	14 weken
° Spalk aan de dorsale zijde van de hand, met de pols in 20° flexie en de MCP-gewrichten in 50° flexie ° Stabilisatiespalk die 30° pols extensie en totale flexie toelaat, met behoud van 50° flexie in het MCP-gewricht (een scharnierspalk met een afneembaar extensieblok kan ook gebruikt worden).	° Elke twee uur wordt 15 keer de passieve beweging volgens Duran uitgevoerd. ° Stabilisatieoefeningen in de scharnierspalk met een herhaling van 15 keer per twee uur.	° Tijdens de oefeningen mag de blokkeerspalk worden afgedaan, maar moet daarna wel weer gedragen worden voor bescherming. ° Stabilisatieoefeningen gaan door. ° Instructie om gelijktijdige pols en vinger extensie te voorkomen.	° Actieve IP-flexie met MCP-extensie gevolgd door een volledige extensie van de vingers.	° Wanneer de afstand tussen de actief geflecteerde top en de distale palmaire plooï meer dan 3 cm is, start dan met blokkerings-oefeningen. ° Passieve extensie oefeningen worden gestart in week 7.	° Start progressieve weerstands-oefeningen.	° Onbeperkt gebruik maken van de hand.

3.2. Beweeglijkheidsoefeningen

U mag vanaf week 1 van de behandelingen de volgende oefeningen uitvoeren. Deze oefeningen maken de kans op verkleving en stijfheid kleiner.



1. Strekken: Probeer de vingers zover mogelijk te strekken en houdt dit 10 seconden vast. Probeer de vingers niet te overstrekken in de eerste twee weken, om teveel spanning op het wondgebied te voorkomen. Zachte rek is toegestaan.



2. Maak een haakgreep: knokkels volledig gestrekt en vingers volledig gebogen. Houdt 10 seconden vast.



3. Buigen: de vingers zoveel mogelijk 'oprollen' tot een vuist en houdt dit 10 seconden vast. Probeer eerst zonder hulp van de andere hand zover mogelijk te komen. Als u die grens heeft bereikt mag u voorzichtig met de andere hand de vingers iets verder duwen.



4. Maak een 'platte vuist': knokkels en eerste rij kootjes gebogen en laatste rij kootjes gestrekt. Houdt 10 seconden vast.



5. Maak 'een dakje' met de hand: knokkels gebogen en vingers helemaal gestrekt. Houdt 10 seconden vast.

6. Ga weer terug naar oefening 1. gevolgd door 2. etc. en herhaal deze reeks in totaal 5 keer.

Wij adviseren u keer per dag te oefenen.

Bijlage 3 Maximale trekkracht op proefpersonen

Tijdens de test van het systeem op trekkracht zal het volgende testprotocol gevolgd worden.

1. Vertel de proefpersoon het volgende:

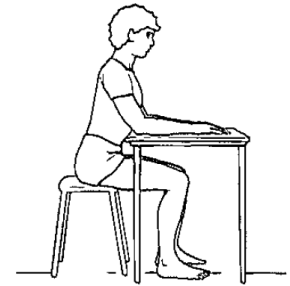
‘U gaat mee doen met een onderzoek naar een systeem dat gebruikt wordt tijdens de behandeling van flexorpeesletsel. Ik ga nu eerst het haakje op uw rechter nagel van uw middelvinger bevestigen.’

2. Beweeg instructies:

‘Nu het haakje bevestigd is, ga ik u de test uitleggen. De bedoeling is dat u straks zo hard mogelijk aan de Newton meter gaat trekken. Stop wanneer u denkt ik kan echt niet harder trekken.’

3. Positionering van de hand, proefpersoon en begeleider in de ruimte:

‘Leg de handen recht voor u op de tafel (figuur 95). Met de palm op tafel.’ Tijdens de oefeningen zit de begeleider tegenover de proefpersoon, zodat deze goed zicht heeft op de handbewegingen van de patiënt en kan de Newton meter snel worden afgelezen.



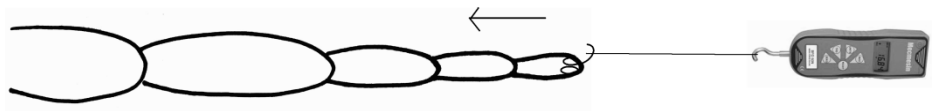
Figuur 95 Houding proefpersoon

4. De test uitvoering:

Tijdens de test wordt de Newtonmeter op de tafel voor de hand gelegd. Aan de Newtonmeter wordt een visdraad bevestigd die tevens naar het haakje op de nagel loopt. De visdraad hangt helemaal slap wanneer de Newtonmeter wordt gereset. Nu zal de proefpersoon zelf zo hard mogelijk aan de Newtonmeter trekken, zie figuur 96. De maximale hoeveelheid kracht wordt afgelezen van de Newtonmeter en opgeschreven. Dit herhaalt zich maximaal drie keer.

5. Test opstelling

- Haakje
- Visdraad
- Krachtmeter



Figuur 96 Opstelling maximaal trekkracht test op proefpersonen

6. Herhaling

De meting zal bij minimaal 2 proefpersonen uitgevoerd worden.

Bijlage 4 Maximale trekkracht op nepnagel

Tijdens de test van het systeem op trekkracht zal het volgende testprotocol gevolgd worden.

1. Maak een vinger na:

Een vinger wordt nagemaaakt door op een stuk hout een nepnagel te bevestigen. Op de nepnagel zal een haakje worden bevestigd zoals dat ook gebeurt op patiënten en proefpersonen.

2. Positionering van de nepvinger en de begeleider in de ruimte:

Zet de vinger vast in een bankschroef, bevestigd aan het haakje van de vinger een touw. Bevestig het andere eind van het touw aan de geresette Newton meter.

3. De test uitvoering:

Tijdens de test wordt aan de Newtonmeter getrokken net zo lang tot het haakje van de nepnagel los komt, zie figuur 97. Wanneer dit is gebeurd wordt de maximale trekkracht van de Newtonmeter afgelezen en opgeschreven.

4. Test opstelling

- Nepvinger
- Haakje
- Touw
- Krachtmeter



Figuur 97 Opstelling maximaal trekkracht test op nep vinger

5. Herhaling

De meting zal minimaal 3 keer worden uitgevoerd.

Bijlage 5 Strekkraft

Tijdens de test van het systeem op strekkraft zal het volgende testprotocol gevolgd worden.

1. Vertel de proefpersoon het volgende:

‘U gaat mee doen met een onderzoek naar een systeem dat gebruikt wordt tijdens de behandeling van flexorpeesletsel. Ik ga nu eerst het systeem en de spalk op uw rechter hand / arm bevestigen.’

2. Beweeg instructies:

‘Nu u het systeem en de spalk om heeft, ga ik u de beweging uitleggen. De beweging bestaat uit twee verschillende standen, de beginstand en de eindstand.’

In figuur 98 is de beginstand weergegeven met het bevestigde (haakjes) systeem. Hierbij is de hand ontspannen en tegelijkertijd gebogen door het elastiekje.



Figuur 98 beginstand

In figuur 99 is de eindstand weergegeven met het bevestigde (haakjes) systeem. Hierbij zijn de vingers gestrekt tegen de spanning van het elastiekje in. De eindstand is bereikt als de vingers door de spalk niet verder kunnen en dus tegen de spalk aanliggen.



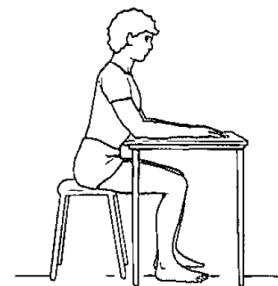
Figuur 99 Eindstand

‘We starten de oefening in de beginstand. Van hieruit beweegt u naar de eindstand. Wanneer u de eindstand heeft bereikt, mag u alleen ontspannen zodat de hand terug komt in de beginstand.’

Laat de proefpersoon dit nu eerst een keer doen.

Let hierbij op de volgende punten:

- Zit de hand goed in de spalk? De knokkels moeten het verticale deel van de spalk raken;
 - Worden alle vingers maximaal gestrekt?;
 - Is de beweging binnen de gestelde tikken van de metronoom?
- Zie 4. de test uitvoering.



Figuur 100 Houding proefpersoon

3. Positionering van de hand, proefpersoon en begeleider in de

ruimte:

'Leg de handen recht voor u op de tafel (figuur 100). Met de rug op tafel.'

Tijdens de oefeningen zit de begeleider aan de rechterkant van de proefpersoon, zodat deze goed zicht heeft op de handbewegingen van de patiënt en kan de Newtonmeter snel worden afgelezen.

4. De test uitvoering:

Tijdens de test wordt de Newtonmeter op de onderarm gelegd, met aan de Newtonmeter het elastiekje die normaal aan de spalk wordt bevestigd, zie figuur 101. Het elastiek wordt voorgespannen op 0.2 Newton, dit komt overeen met de spanning die normaal ook in de spalk wordt gemaakt zodat de vingers makkelijk kunnen buigen bij ontspanning van de hand. Nu zal de proefpersoon zijn hand strekken en daarna ontspannen. De maximale hoeveelheid geleverde kracht wordt afgelezen van de Newtonmeter en opgeschreven.

5. Test opstelling

- Haakje
- Elastische tractie
- Krachtmeter



Figuur 101 Opstelling strekkrachtest

6. Herhaling

De meting zal minimaal 5 keer worden uitgevoerd.

Bijlage 6 Gebruikersonderzoek

Tijdens de test van het systeem op proefpersonen zal het volgende testprotocol gevolgd worden.

1. Laat de proefpersoon de informatie brief lezen en laat het toestemmingsformulier ondertekenen:

Den Haag, 2014

Geachte meneer/mevrouw,

U bent door Ilse Kat of Amber Kraakman benaderd voor eventuele deelname aan een klinisch observatie onderzoek. In deze brief kunt u informatie over dit onderzoek nog eens rustig nalezen.

Waarom dit onderzoek?

Dit onderzoek wordt gedaan om een beter inzicht te krijgen in het product dat in ontwikkeling is. Dit product is een systeem om patiënten met handletsel, aan de palmzijde van de hand, een gebogen stand van de hand op te leggen. Deze stand komt overeen met een vuist in rust maar met de mogelijkheid om de vingers te strekken, totdat de vingers 90 graden gebogen zijn ten opzichte van de handpalm. Door deelname aan dit onderzoek kan informatie ingewonnen worden met betrekking tot:

- Stand die het product uw hand laat maken;
- Problemen die veroorzaakt kunnen worden wanneer een hand groter of kleiner is in verhouding met het ontwikkelde product;
- Pijnklachten door toedoen van het ontwikkelde product;
- Punten die nog aandacht vereisen.

Opzet van het onderzoek

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het bijzijn van Ilse Kat of Amber Kraakman. De ruimte waarin dit gebeurt heeft geen specifieke eisen. Op het moment van het onderzoek zal aan u gevraagd worden het product een half uur te dragen. Tijdens dit half uur wordt u gevraagd om 10 keer een serie van 10 dezelfde bewegingen uit te voeren. Om de 2 series wordt een korte vragenlijst afgenomen met een totaal van 5 vragenlijsten. Aan het van het onderzoek is ruimte voor opmerkingen en adviezen met betrekking tot het systeem.

Dit onderzoek zal drie keer uitgevoerd worden, verdeeld over een periode van 10 weken. De specifieke data hiervoor zullen in overleg met u besproken worden.

Wat houdt dit onderzoek in?

Dit onderzoek houdt in dat u drie keer een product voor een half uur draagt en 100 keer per product een oefening uitvoert.

Wat u moet dragen

Om het product zo snel mogelijk te bevestigen is het handig als u de volgende kleding draagt:

- Een shirt met korte mouwen.

Als omkleden nodig is, dit graag voor aanvang van de test doen.

Inzage gegevens, privacy

Naast Ilse Kat en Amber Kraakman zijn er nog een aantal docenten van de Haagse Hogeschool bij dit project betrokken. Om uw privacy te beschermen kunnen alleen de aangesloten betrokkenen bij de verkregen vragenlijsten komen. Alle gegevens zijn vertrouwelijk, dus bij de resultaten zullen geen namen of persoonlijke gegevens weergegeven worden. Mocht u naderhand zelf interesse hebben in de algemene resultaten, dan kunt u deze via de mail opvragen.

Vragen, klachten

Hebt u na het lezen van deze brief nog vragen, aarzel dan niet om deze aan Ilse Kat of Amber Kraakman te stellen. Mocht u klachten hebben over de gang van zaken, maak deze dan kenbaar aan ons. Het kan voorkomen dat u uw probleem of klacht niet rechtstreeks met de betrokken kunt of wilt bespreken. U kunt uw klacht dan mondeling of schriftelijk indienen bij een van de docenten van de Haagse Hogeschool.

Wij hopen u hiermee voldoende over dit onderzoek geïnformeerd te hebben.

Met vriendelijke groet,

Ilse Kat en Amber Kraakman

Klinisch observatie onderzoek

Ondergetekende

(invullen in blokletters)

Naam deelnemer:

Geboortedatum:/...../.....

Bevestigt dat:

Hij/zij de informatiebrief voor de proefpersoon heeft gelezen en de informatie begrijpt. Hij/zij de gelegenheid heeft gehad om aanvullende vragen te stellen. Deze vragen naar tevredenheid beantwoord zijn. Hij/zij voldoende tijd gehad heeft om over deelname na te denken.

Hij/zij weet dat zijn/haar deelname geheel vrijwillig is en dat toestemming op ieder moment ingetrokken kan worden zonder opgaaf van reden.

Hij/ zij toestemming geeft om de gegevens te verwerken voor de doeleinden zoals beschreven in de informatiebrief.

Hij/zij toestemming geeft voor deelname aan bovengenoemd onderzoek.

Plaats: (plaatsnaam)

Datum:/...../.....

Handtekening:

Invullen door Amber Kraakman of Ilse Kat:

Naam onderzoeker :

Datum ontvangst:/...../.....

Handtekening
onderzoeker:

2. Vertel de proefpersoon het volgende:

‘U gaat mee doen met een onderzoek naar een systeem dat gebruikt wordt tijdens de behandeling van flexorpeesletsel. Ik ga nu eerst het systeem en de spalk op uw rechter hand / arm bevestigen.’

3. Beweeg instructies:

‘Nu u het systeem en de spalk om heeft, ga ik u de beweging uitleggen. De beweging bestaat uit twee verschillende standen, de beginstand en de eindstand.’

In figuur 102 is de beginstand weergegeven met het bevestigde (haakjes) systeem. Hierbij is de hand ontspannen en tegelijkertijd gebogen door het elastiekje.



Figuur 102 beginstand

In figuur 103 is de eindstand weergegeven met het bevestigde (haakjes) systeem. Hierbij zijn de vingers gestrekt tegen de spanning van het elastiekje in. De eindstand is bereikt als de vingers door de spalk niet verder kunnen en dus tegen de spalk aanliggen.



Figuur 103 Eindstand

‘We starten elke oefening in de beginstand. Van hieruit beweegt u naar de eindstand. Wanneer u de eindstand heeft bereikt, mag u alleen ontspannen zodat de hand terug komt in de beginstand.’

Laat de proefpersoon dit nu eerst een keer doen.

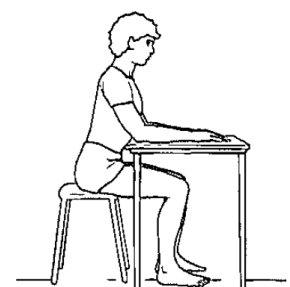
Let hierbij op de volgende punten:

- Zit de hand goed in de spalk? De knokkels moeten het verticale deel van de spalk raken;
- Worden alle vingers maximaal gestrekt?;
- Is de beweging binnen de gestelde tikken van de metronoom? Zie 4. de test uitvoering.

4. Positionering van de hand, proefpersoon en begeleider in de ruimte:

‘Leg de handen recht voor u op de tafel (figuur 104). U mag zelf kiezen of u uw handen met de rug op tafel legt of dat u uw handen op tafel legt door op de pinkzijde te steunen met de duimen omhoog gericht.’

Onder de rechterhand van de proefpersoon wordt een plankje geplaatst die achter de tafelrand haakt en 40cm vanaf de tafelrand een opstaande rand heeft. Tegen deze opstaande rand wordt de spalk geplaatst. Deze



Figuur 104 Houding proefpersoon

constructie zorgt ervoor dat de hand goed in de spalk blijft zitten tijdens de oefeningen, omdat er druk tegen de opstaande rand geleverd kan worden.

Tijdens de oefeningen zit de begeleider aan de linkerkant van de proefpersoon, zodat deze goed zicht heeft op de handbewegingen van de patiënt.

5. De test uitvoering:

Tijdens de hele test loop een metronoom die om de vier seconden 'tikt'. Deze tik wordt gebruikt om de hand elke keer op dezelfde wijzen te strekken en te ontspannen. Beide handen mogen synchroon gestrekt en ontspannen worden. Dit omdat patiënten moeite kunnen hebben om de aangedane hand te strekken, met twee handen strekken maakt de beweging voor hun makkelijker. Dit is tevens voor ons handig om te zien dat de proefpersonen de beweging snappen.

De beweging ziet er in tikken als volgt uit:

- Tik 1 t/m 4: strek de vingers
- Tik 5 t/m 8: ontspan de vingers
- Tik 9 = Tik 1 herhaal deze beweging 10 keer (80 seconden)

Na deze 80 seconden heeft de proefpersoon twee minuten (120 seconden) totale rust (schouder en arm mogen ontspannen worden). Na de rust strekt de proefpersoon weer tien keer zijn vingers. Totaal zal de proefpersoon tien keer tien bewegingen maken met afwisselend tien keer twee minuten rust.

6. Mening proefpersoon:

Om de twee bewegingscyclussen wordt in de rustperiode een vragenlijst afgenomen die de proefpersoon moet invullen.

In te vullen door de testbegeleider:

Voornaam:

Achternaam:

Geboortedatum: - -

Geslacht (doorhalen wat niet van toepassing is): man / vrouw

Dominante hand / voorkeurshand (doorhalen wat niet van toepassing is): links / rechts

Heeft u ooit letsel aan uw hand gehad waarbij u naar het ziekenhuis bent gegaan?

- ☐ Ja, beantwoord ook de laatste vragen
☐ Nee, u bent klaar met de vragen

Aan welke hand had u letsel (doorhalen wat niet van toepassing is): links / rechts

Beschrijf hieronder wat voor handletsel u had en hoe uw hand behandeld is:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Afname nummer test 1

	Zeer tevreden	Tevreden	Niet tevreden, niet ontevreden	Ontevreden	Zeer ontevreden
Comfort van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van de spalk	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van het bevestigingspunt	☐	☐	☐	☐	☐
Uitvoering van uw beweging	☐	☐	☐	☐	☐
Beweegmogelijkheid binnen de gestelde range	☐	☐	☐	☐	☐
Hoe tevreden bent u over het systeem in het algemeen	☐	☐	☐	☐	☐

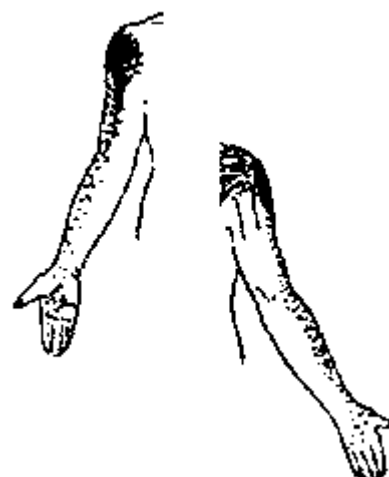
Heeft u ergens pijn:

- ☐ Ja, geef aan op welke plek in figuur 1 en wat voor pijn.
- ☐ Nee, ga door naar volgende vraag

Wat voor pijn ervaart u?

.....

.....



Afname test nummer 2

	Zeervredend	Tevreden	Niet tevreden, niet ontevreden	Ontevreden	Zeervredend
Comfort van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van de spalk	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van het bevestigingspunt	☐	☐	☐	☐	☐
Uitvoering van uw beweging	☐	☐	☐	☐	☐
Beweegmogelijkheid binnen de gestelde range	☐	☐	☐	☐	☐
Hoe tevreden bent u over het systeem in het algemeen	☐	☐	☐	☐	☐

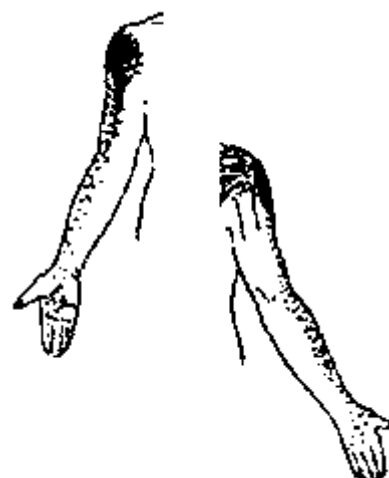
Heeft u ergens pijn:

- ☐ Ja, geef aan op welke plek in figuur 1 en wat voor pijn.
- ☐ Nee, ga door naar volgende vraag

Wat voor pijn ervaart u?

.....

.....



Afname test nummer 3

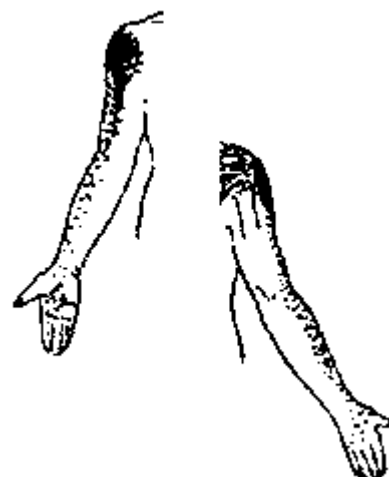
	Zeer tevreden	Tevreden	Niet tevreden, niet ontevreden	Ontevreden	Zeer ontevreden
Comfort van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van de spalk	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van het bevestigingspunt	☐	☐	☐	☐	☐
Uitvoering van uw beweging	☐	☐	☐	☐	☐
Beweegmogelijkheid binnen de gestelde range	☐	☐	☐	☐	☐
Hoe tevreden bent u over het systeem in het algemeen	☐	☐	☐	☐	☐

Heeft u ergens pijn:

- ☐ Ja, geef aan op welke plek in figuur 1 en wat voor pijn.
☐ Nee, ga door naar volgende vraag

Wat voor pijn ervaart u?

.....



Afname test nummer 4

	Zeer tevreden	Tevreden	Niet tevreden, niet ontevreden	Ontevreden	Zeer ontevreden
Comfort van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van de spalk	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van het bevestigingspunt	☐	☐	☐	☐	☐
Uitvoering van uw beweging	☐	☐	☐	☐	☐
Beweegmogelijkheid binnen de gestelde range	☐	☐	☐	☐	☐
Hoe tevreden bent u over het systeem in het algemeen	☐	☐	☐	☐	☐

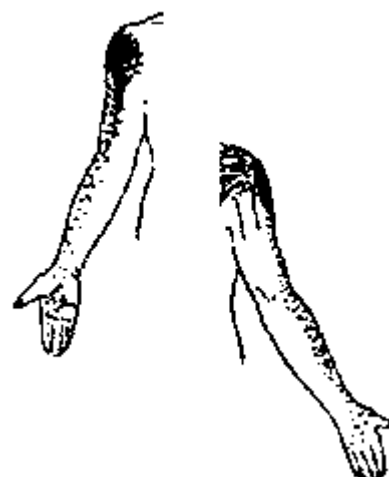
Heeft u ergens pijn:

- ☐ Ja, geef aan op welke plek in figuur 1 en wat voor pijn.
- ☐ Nee, ga door naar volgende vraag

Wat voor pijn ervaart u?

.....

.....



Afname test nummer 5

	Zeervredend	Tevreden	Niet tevreden, niet ontevreden	Ontevreden	Zeervredend
Comfort van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van de spalk	☐	☐	☐	☐	☐
Comfort van het bevestigingspunt	☐	☐	☐	☐	☐
Uitvoering van uw beweging	☐	☐	☐	☐	☐
Beweegmogelijkheid binnen de gestelde range	☐	☐	☐	☐	☐
Hoe tevreden bent u over het systeem in het algemeen	☐	☐	☐	☐	☐

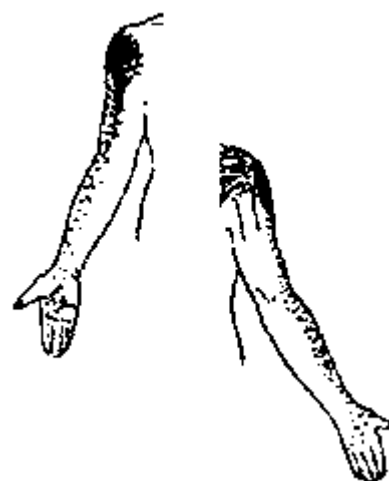
Heeft u ergens pijn:

- ☐ Ja, geef aan op welke plek in figuur 1 en wat voor pijn.
- ☐ Nee, ga door naar volgende vraag

Wat voor pijn ervaart u?

.....

.....



Heeft u zelf nog tips / adviezen / overig die u wilt delen, benoem deze dan hieronder.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. Herhaling

De meting zal bij minimaal 20 personen worden afgenomen.

Bijlage 7 Resultaten tevredenheid

In deze tabel zijn de gemiddelden van alle ingevulde antwoorden per vraag en per test weergegeven. Dit is gedaan met SPSS22. De antwoordmogelijkheden werden gecodeerd van 1 tot en met 5 met 1 als zeer ontevreden en 5 als zeer tevreden.

De volgende stappen zijn doorlopen in SPSS: analyse, compare means, means.

Tabel 20 Gemiddelde antwoorden per vraag en per test. Gecodeerd van 1: zeer ontevreden tot 5: zeer tevreden.

	Vraag 1	SD	Vraag 2	SD	Vraag 3	SD	Vraag 4	SD	Vraag 5	SD	Vraag 6	SD
Test 1	3,73	0,456	3,5	0,802	3,32	0,78	4,27	0,55	3,91	0,426	3,77	0,429
Test 2	3,68	0,477	3,27	0,827	3,18	0,795	4,09	0,526	3,91	0,61	3,64	0,581
Test 3	3,45	0,858	3,05	0,844	3,09	0,811	3,77	0,685	3,77	0,813	3,5	0,802
Test 4	3,5	0,802	2,95	0,899	3,09	0,868	3,5	0,802	3,59	0,854	3,32	0,894
Test 5	3,32	1,041	2,86	1,037	2,95	0,899	3,5	0,74	3,36	0,953	3,23	0,973

Bijlage 8 Gegevenstabel pijn-/ gevoeligheidspunten

Gegevenstabel naar aanleiding van de vraag of de persoon wel of geen pijn-/ gevoeligheidspunten had na iedere test.

Tabel 21 Antwoord van de proefpersonen na iedere test of zij al dan niet pijn-/ gevoeligheidspunten hadden.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
ja	9	14	17	20	21
nee	13	8	5	2	1

Bijlage 9 Enquête therapeuten

Postoperatieve behandeling van flexorpeesletsel
Haagse Hogeschool
06-52567801 of 06-51986384

Wij (Ilse Kat en Amber Kraakman) doen onderzoek naar het systeem dat gebruikt wordt tijdens de postoperatieve behandeling van flexorpeesletsel, omdat wij vernomen hebben dat het huidige (haakjes) systeem een aantal knelpunten heeft.

Wij zullen u op de volgende pagina 11 vragen stellen over het systeem waarmee u werkt. Het systeem wordt los gezien van de spalk. De spalk wordt apart benoemd. Hierna zullen nog een aantal persoonsgegevens gevraagd worden, om de verschillende door u ingevulde enquêtes tijdens de evaluatie aan elkaar te kunnen koppelen.

Als u geïnteresseerd bent in de uitkomsten van dit onderzoek, kunnen wij u een samenvatting sturen van het onderzoeksverslag (dit kan tot een halfjaar duren). Als u dit op prijs stelt, vragen wij u om op het bijgeleverde formulier uw naam en contactgegevens te zetten.

Het invullen van de enquête neemt ongeveer 5 à 10 minuten in beslag.

Wij stellen het op prijs wanneer u de ingevulde vragenlijsten binnen een week aan ons wilt retourneren.

Alvast onze hartelijke dank.

Ilse Kat & Amber Kraakman

Hieronder staan 11 vragen over de postoperatieve behandeling van flexorpeesletsel:

1. Wat voor therapeut/arts bent u?

- ☐ Ergotherapeut
- ☐ Fysiotherapeut
- ☐ Handtherapeut
- ☐ Revalidatiearts
- ☐ Anders, namelijk:

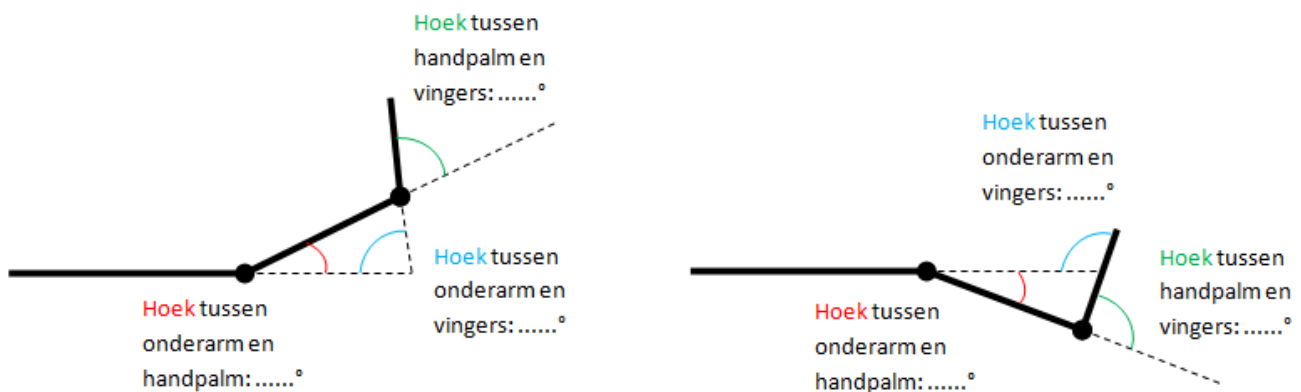
2. Wat voor methode volgt u tijdens de postoperatieve behandeling?

- ☐ Totale immobilisatie
- ☐ Actieve flexie
- ☐ Passieve flexie, functie is overgenomen door een systeem

3. Gebruikt u tijdens de postoperatieve behandeling een spalk?

- ☐ Ja, vul de stand in bij vraag 4
- ☐ Nee, ga door naar vraag 5

4. Hoe ziet de stand van de spalk er uit? Vul hieronder bij de meest overeenkomende spalk de hoeken in.



Vervolg de enquête bij vraag 5, als u bij vraag 2 passieve flexie heeft ingevuld. Heeft u een andere antwoordmogelijkheid ingevuld, ga dan door naar vraag 9.

5. Wat voor systeem gebruikt u voor een passieve flexie stand van de hand?

- ☐ (Buste houder) Haakje, ga door naar vraag 7
- ☐ Gaatje in de nagel, ga door naar vraag 7
- ☐ MCA-haakje, ga door naar vraag 7
- ☐ Anders, namelijk.: , ga door naar vraag 6

6. Beschrijf/ teken hieronder hoe dit systeem er uit ziet en hoe deze werkt.

.....

.....

.....

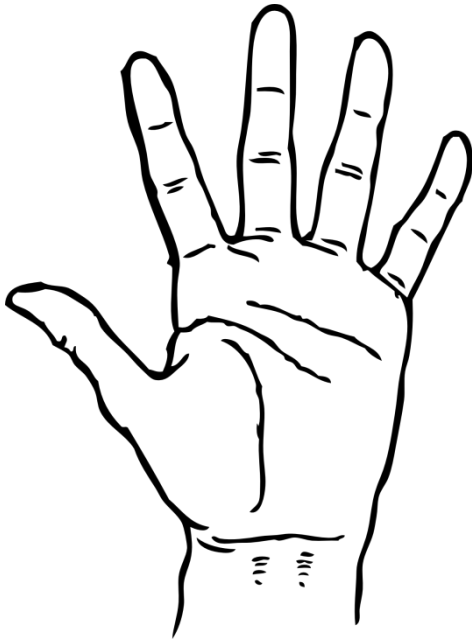
.....

.....

7. Gebruikt u een geleider (in de vorm van katrol/veiligheidsspeld) voor de verbinding tussen vinger en onderarm?

- ☐ Ja, ga door naar vraag 8
☐ Nee, ga door naar vraag 9

8. Teken een lijn op de hand die de hoogte aangeeft waar de geleider zich bevindt:



9. Geef aan in hoeverre u tevreden bent over de methode die u gebruikt. Scoor dit op de volgende punten:

	Zeervredend	Tevreden	Niet tevreden, niet ontevreden	Ontevreden	Zeervredend	Niet van toepassing
Algemene oordeel gebruikte methode	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Draagbaarheid spalk in combinatie met het systeem	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bevestiging van het systeem op de vinger	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aanbrengtijd van het systeem op de patiënt	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Reactie patiënten over het systeem	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Levensduur van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mogelijkheid tot schoonmaken van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐	☐

10. Hoeveel flexorpees patiënten, die een volledige ruptuur aan de mm. flexor digitorum superficialis of aan de mm. flexor digitorum profundus hadden, heeft u in 2013 behandeld met boven aangevinkt systeem?

..... personen.

11. Heeft u zelf nog tips / adviezen / ervaringen die u wilt delen, schrijf deze dan hieronder op.

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Persoonlijke gegevens, om door u ingevulde enquête tijdens de evaluatie aan elkaar te kunnen koppelen:

Naam van de werkzame instelling:

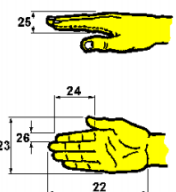
Voorletter geënuquêteerde:

Achternaam geënuquêteerde:

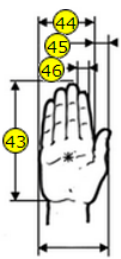
Datum van invullen:-.....-.....

Bijlage 10 Antropometrie van de hand

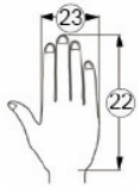
Tabel 22 Antropometrische data, (Broeren, 2011)

nr	Variabele	Mannen		Vrouwen		Mannen en vrouwen	
		Gem.	Sd	Gem.	Sd	Gem.	Sd
							
22	Handlengte	193	9	177	9	185	12
23	Handbreedte	111	5	94	6	103	10
24	Lengte wijsvinger	78	5	70	4	74	6
25	Handdikte	29	2	27	3	28	3
26	Breedte wijsvinger top	19	1	15	1	17	2

Tabel 23 Dataset 'Nederlandse bevolking' (Daanen, Krul, & Molenbroek, 2003).

Label	Naam	Man GEM	Man SD	Vrouw GEM	Vrouw SD	Eenheid
						
Lichaamsmaten						
43 (18-30 jr)	Hand lengte	203	9	186	10	Mm
44 (18-30 jr)	Hand breedte zonder duim	91	5	79	4	Mm
45 (18-30 jr)	Duimbreedte	23	2	18	1	Mm
46 (18-30 jr)	Wijsvingertop breedte	18	1	15	1	Mm
43 (18-65 jr)	Hand lengte	202	11	184	10	Mm
43 (65-80 jr)	Hand lengte	191	10	179	9	Mm
44 (65-80 jr)	Hand breedte zonder duim	89	5	81	4	Mm
45 (65-80 jr)	Duimbreedte	24	2	21	2	Mm
46 (65-80 jr)	Wijsvingertop breedte	18	2	17	2	Mm

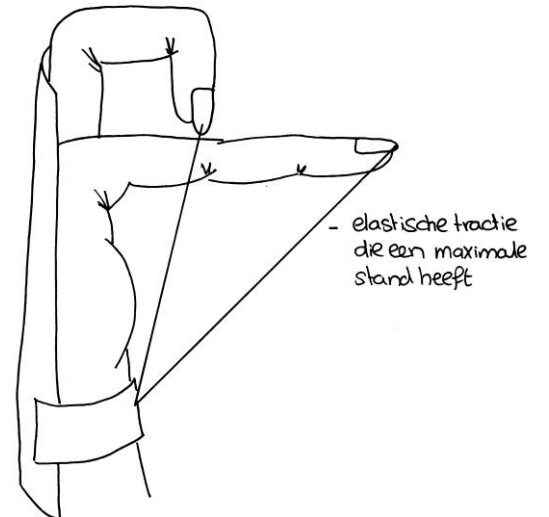
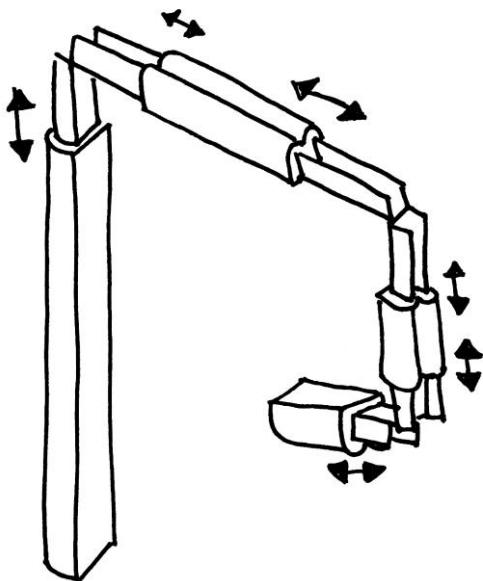
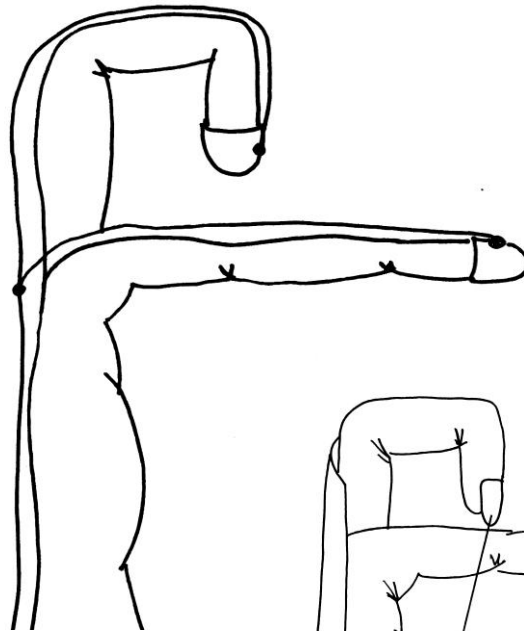
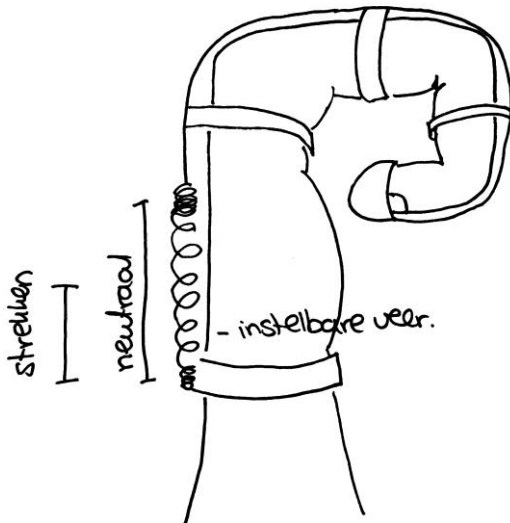
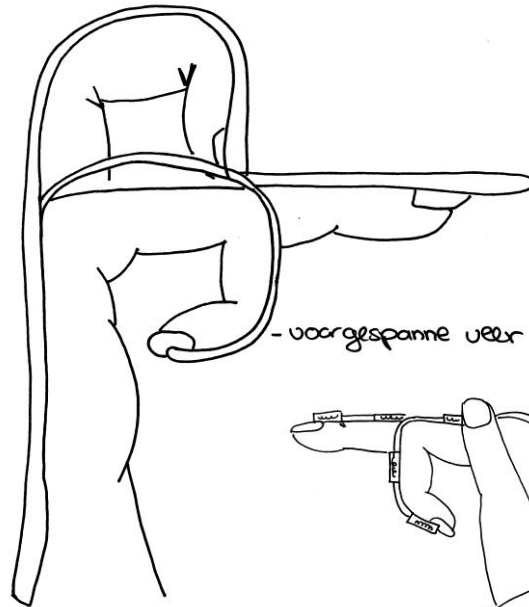
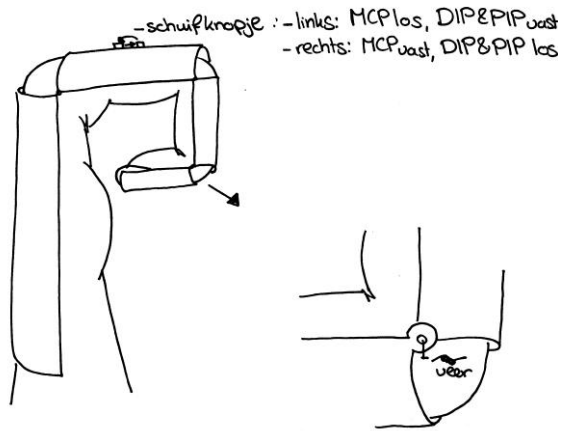
Tabel 24 DinBelg, (Motmans, 2005 - 2006)

nr	maat (in mm)	P1	P5	gem	P95	P99	SD
							
22 (18-64 jr)	handlengte	161	169	189	209	217	12
23 (18-64 jr)	handbreedte	67	72	83	94	99	6,9
24 (18-64 jr)	handdikte	20	22	27	32	34	3,2
25 (18-64 jr)	duimbreedte	13	15	20	25	27	2,8
26 (18-64 jr)	wijsvingerbreedte	12	13	16	19	20	1,7
22 (65-80 jr)	handlengte	156	163	179	195	202	9,9
23 (65-80 jr)	handbreedte	70	73	82	91	94	5,3
25 (65-80 jr)	duimbreedte	17	18	22	26	27	2,2
26 (65-80 jr)	wijsvingerbreedte	13	14	17	20	21	1,8

Tabel 25 DINED 2004, (TUdelft)

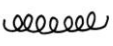
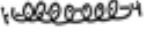
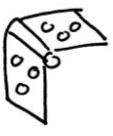
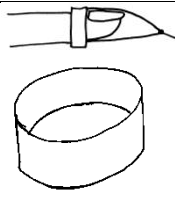
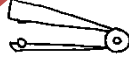
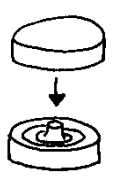
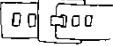
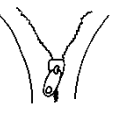
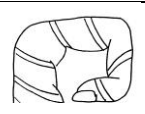
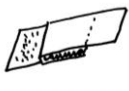
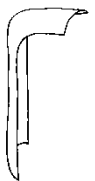
[illegible]

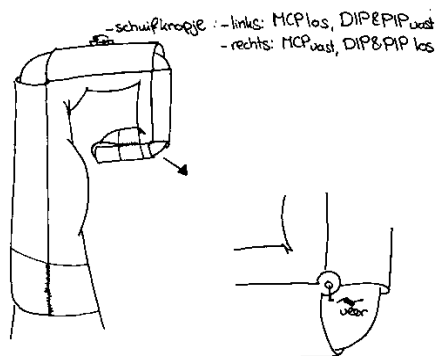
Bijlage 11 Ideeschetsen



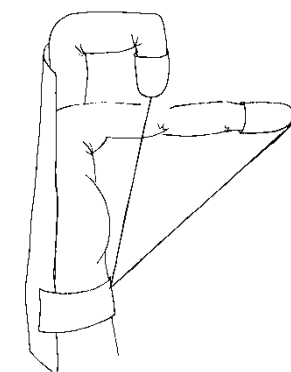
Bijlage 12 Morfologische kaart

Tabel 26 Morfologische kaart: blauw is concept 1, rood is concept 2 en groen is concept 3.

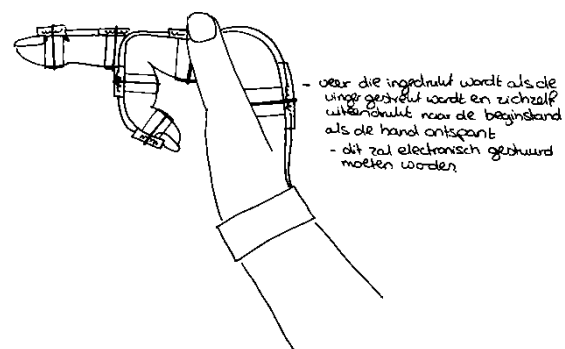
Overbrengen					
					
Geleiden	 				
Bevestigen	  	  	  	  	  
Spalken / blokkeren van de beweging					



Figuur 107 Concept 1



Figuur 106 Concept 2



Figuur 105 Concept 3

Bijlage 13 Specificaties LiteGrip Finger Trap



LiteGrip Finger Traps

- LiteGrip Finger Traps zijn een nieuw alternatief voor metalen finger traps in alle "vooram verminderde handelingen" en operaties van de hand en pols.
- Een dubbele laag nylon gaas geeft een gelijke, comfortabele pasvorm speciaal voor kleine kinderen en bejaarden.
- LiteGrips zijn verkrijgbaar in verschillende maten, verpakt per stuk of in sets van 5, inclusief nieuw touw.



Bestelinformatie

Artikel.nr	Omschrijving	
EZ 10960 XS	LITEGRIP FINGER TRAPS MAAT XS	
EZ 10960 S	LITEGRIP FINGER TRAPS MAAT S	
EZ 10960 M	LITEGRIP FINGER TRAPS MAAT M	
EZ 10960 L	LITEGRIP FINGER TRAPS MAAT L	
EZ 10960 XL	LITEGRIP FINGER TRAPS MAAT XL	nieuw
EZ 10961	S,M,M,M,L	set van 5 voor volwassen
EZ 10962	XS,XS,XS,S,S	set van 5 voor kinderen

Data sheet :

- Product name: Litegrip fingertraps
- Material: Flame retardant polyethylene terephthalate (PET)
- Working temperature range : -50°C - ± -150°C
- Flammability : self-extinguishing, met UL1441 VW-1
- Melting point: 230° C} ±5
- Specific Gravity@73°F (23°C) : 1.39
- Tensile Strength@73°F (23°C) PSI : 39.275
- Elongation:30%
- Water Absorption: 0.08%

Address Postbus 3208 | 5203 DE | 's-Hertogenbosch | The Netherlands
T +31 (0)73 6 417 464 F +31 (0)73 6 427 624 E info@lomed.com W www.lomed.com
PostBank 34 64 900 ING Bank 66 84 10 671 IBAN NL73INGB0668410671 BIC INGBNL2A BTW/VAT NL 816 976 829 B01 KvK 16059084

Bijlage 14 Specificaties Flexo Clean Cut

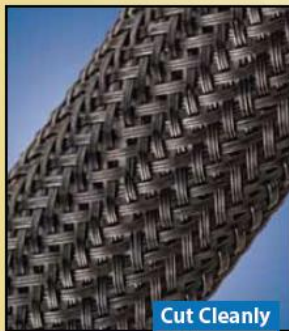
GENERAL PURPOSE Technical Data Sheet



FLEXO® CLEAN CUT

- Resists Fraying When Cut With Scissors
- Increased Braid Density For Fuller Coverage
- High Abrasion Resistance
- Cut And Abrasion Resistant
- Halogen Free

Nominal Size	Part #	Expansion Range		Put-Ups		Available Colors	Lbs/ 100'
		Min	Max	Bulk Spool	Shop Spool		
1/8"	CCP0.13	1/8"	1/4"	1,000'	100'	2	0.40
1/4"	CCP0.25	5/32"	7/16"	1,000'	100'	2	0.46
3/8"	CCP0.38	3/16"	5/8"	500'	100'	2	0.74
1/2"	CCP0.50	1/4"	3/4"	500'	100'	2	0.82
3/4"	CCP0.75	5/8"	1"	250'	75'	2	1.11
1"	CCP1.00	3/4"	1 3/16"	250'	50'	2	1.24
1 1/4"	CCP1.25	1"	1 1/2"	250'	50'	2	1.56
1 1/2"	CCP1.50	1 1/4"	2"	250'	50'	2	1.85
1 3/4"	CCP1.75BK	1 1/2"	2 1/8"	200'	50'	BK	2.30
2"	CCP2.00BK	1 3/4"	2 1/2"	200'	50'	BK	2.80



Cut Cleanly
Scissors

Scissor Cut For Easy, Fray Resistant Installation In Shop Or Field

By adjusting the physical characteristics of the polyethylene terephthalate filaments, the engineers at Techflex have produced a product with the unique advantage of being able to cut the material with ordinary scissors and still maintain an extraordinarily fray-resistant end.

Flexo Clean Cut (CC) is ideal for field installers and other situations where access to a hot knife is impossible. CC's fray-resistant properties allows frequent expansion at the cut-end without unraveling. When cut with a hot knife, CC produces a virtually frayless end.

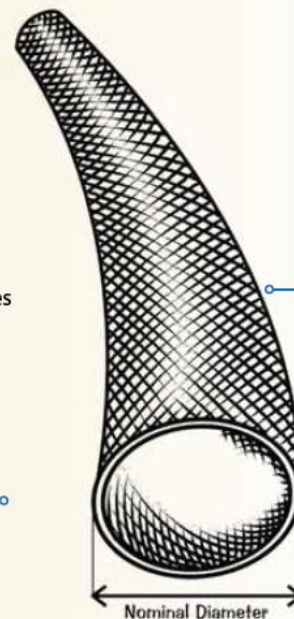
Cuts easily and neatly with regular scissors and maintains a fray resistant end during installation. When scissor cut, the end of Clean Cut will withstand heavier handling without fraying than standard PT.

Colors Available:



Black (BK) and Gray (GY).

Colors Available:
2 = BK and GY.



Material
Polyethylene Terephthalate
Grade
CCP
Monofilament Diameter
.008"
Drawing Number
TF001CCPT-WD



800.323.5140 • 973.300.9242 • fax: 973.300.9409
29 Brookfield Dr • Sparta, NJ 07871



GENERAL PURPOSE
Technical Data Sheet



FLEXO® CLEAN CUT



Abrasion Resistance
Medium

Abrasion Test Machine
Taber 5150

Abrasion Test Wheel
Calibrase H-18

Abrasion Test Load
500g

Room Temperature
77°F

Humidity
72%

**A Few Strands Beginning
To Pull Out Of Sample**
550 Test Cycles

Small Hole In Material
650 Test Cycles

Material Destroyed
800 Test Cycles

Pre-Test Weight
3,168.1 mg

Post-Test Weight
2,771.9 mg

**Test End Loss Of Mass
Point Of Destruction**
396.2 mg



Rating _____ **UL94V0**



**Chemical
Resistance**

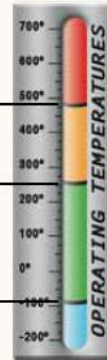
1=No Effect 4=More Affected
2=Little Effect 5=Severely Affected
3=Affected

Aromatic Solvents	2
Aliphatic Solvents	1
Chlorinated Solvents	3
Weak Bases	1
Salts	1
Strong Bases	2
Salt Water 0-S-1926	1
Hydraulic Fluid MIL-H-5606	1
Lube Oil MIL-L-7808	1
De-Icing Fluid MIL-A-8243	1
Strong Acids	3
Strong Oxidants	2
Esters/Keytones	1
UV Light	1
Petroleum	1
Fungus ASTM G-21	1
Halogen Free	Yes
RoHS	Yes
SVHC	None

Melt Point
ASTM D-2117
482°F (250°C)

Maximum Continuous
Mil-I-23053
257°F (125°C)

Minimum Continuous
-94°F (-70°C)



www.techflex.com

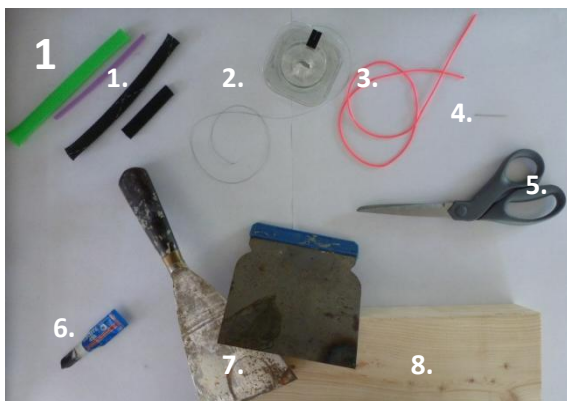
**PHYSICAL
PROPERTIES**

Monofilament Diameter	.008
ASTM D-204	
Flammability Rating	UL94
Recommended Cutting	Scissor/HK
Colors	2
Wall Thickness	.024
Tensile Strength (Yarn)	6
ASTM D-2256 Lbs	
Specific Gravity ASTM D-792	1.38
Moisture Absorption	.1-.2
% ASTM D-570	
Hard Vacuum Data ASTM E-595 at 10-5 torr	
TML	.19
CVCN	.00
WVR	.16
Smoke D-Max	56
ASTM E-662	
Outgassing	Med
Oxygen Index	21
ASTM D-2863	

© 2014 Techflex, Inc. - Any unauthorized reproduction, in whole or part, in any medium whatsoever, without the express written permission of Techflex, Inc. is strictly forbidden.
Techflex product names and logos are registered trademarks of Techflex, Inc., unless otherwise attributed. The contents and illustrations contained herein are believed to be reliable.
Techflex makes no warranties as to their accuracy or completeness and disclaims any liability in connection with their use. Techflex's only obligations are those in standard terms of sale for these products and Techflex will not be liable for any consequential or other damages arising due to misuse of these products or typographical errors or omissions.
Users should make their own evaluation to determine the suitability of these products for their unique and specific applications.

01-14

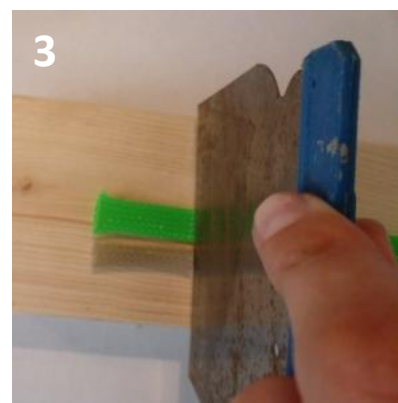
Bijlage 15 Handleiding: 'een nieuw systeem maken'



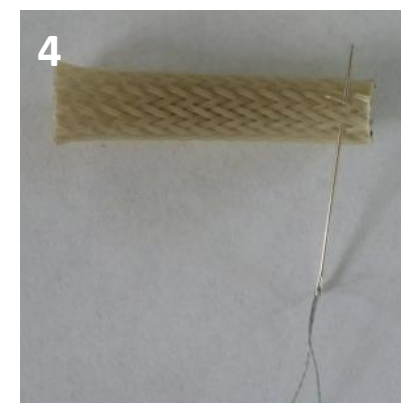
- | | | |
|-----------------|---------------------|---------|
| 1. Finger traps | 6. Loctite 454 | 9. Vuur |
| 2. Draad | 7. Spatel/ ander | |
| 3. Hol elastiek | scherp voorwerp dat | |
| 4. Naald | heet mag worden. | |
| 5. Schaar | 8. Hout | |



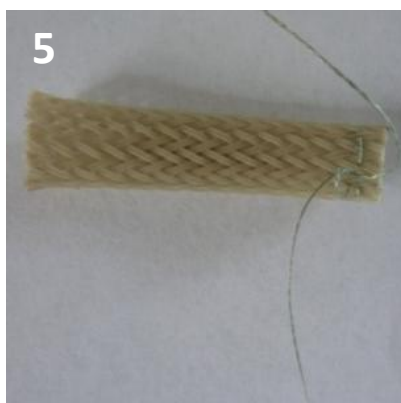
Verwarm de spatel in het vuur.



Snijd met de hete spatel de trap in tweeën. **Let op:** het stuk trap moet minimaal 5 cm lang zijn.



Rijg de draad door de naald. **Let op:** de draad moet minimaal 30 cm lang zijn. Begin ongeveer 4 mm vanaf de buitenkant met het insteken van de naald in de trap.



Weef de draad 2 maal rond door de trap (binnen-buiten-binnen enz.). Trek na het eerste rondje de trap aan, waarbij het laatste stuk van de draad nog ongeveer 4 cm uitsteekt. Trek hierna de uiteindes strak aan. Maak twee knopen in de draad. **Let op:** de draad is zo sterk dat het in de huid kan snijden.

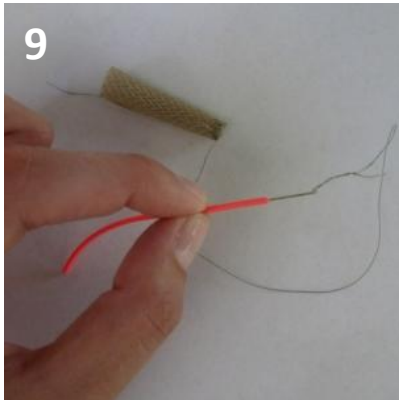


Verwarm nogmaals de spatel in het vuur.

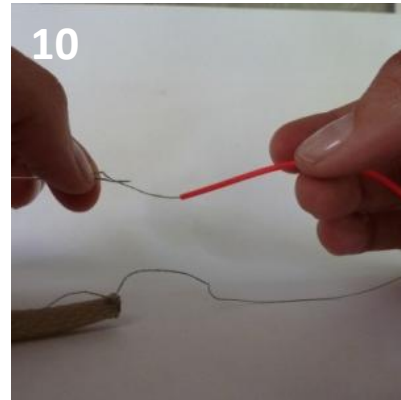


Duw het uiteinde van de trap aan de kant van de draad tegen de hete spatel en schroei zo de finger trap dicht. Knip het kortste uiteinde van de draad af.





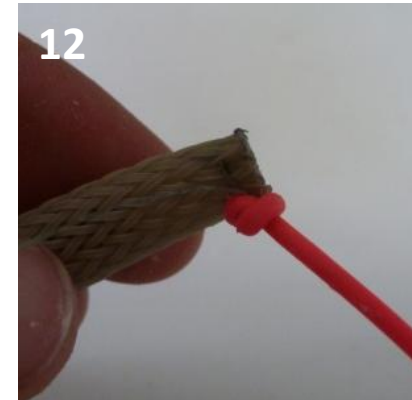
9
Knip +- 13 cm hol elastiek af.
Rijg de draad door het holle
elastiek.



10
Schuif het elastiek op tot deze
bijna bij de trap is.



11
Plak het elastiek vast aan de
draad met een druppel loctite
454.

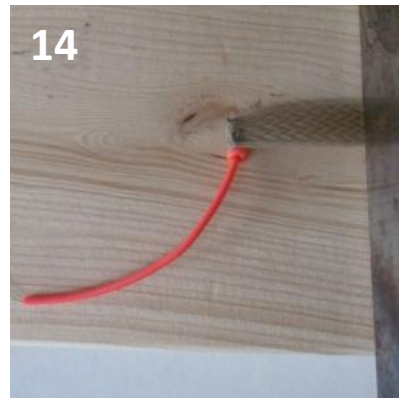


12
Maak een knoop aan het
einde van het elastiek tegen
de trap aan.

Wanneer de patiënt er is: Kies de trap die het best om de vinger past.

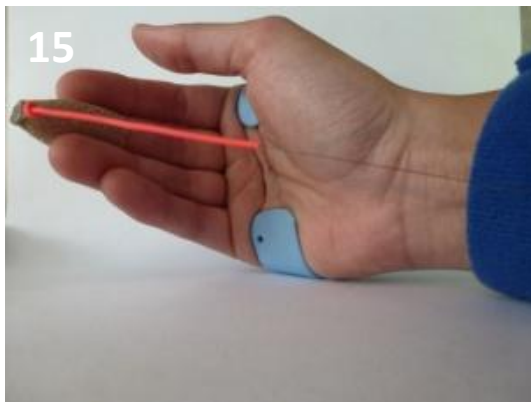


13
Wanneer de trap te lang is,
verwarm dan de spatel in het
vuur.



14
Zet de hete spatel op de juiste
lengte van de trap en snijd
hem door. **Let op:** Het uiteinde
moet goed afgerond worden.
Scherpe randjes doen zeer aan
de vinger.

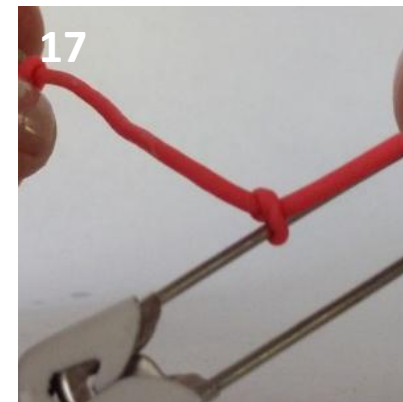
Bevestiging nieuwe systeem aan de veiligheidsspeld op de spalk.



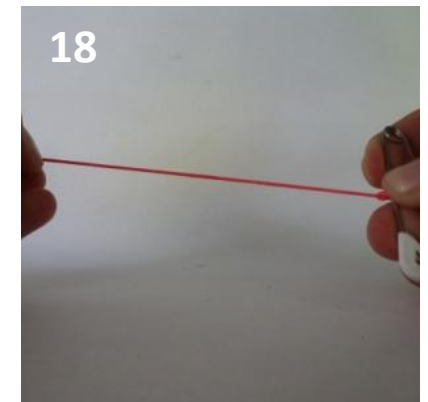
15 Meet hoelang de draad moet zijn. De hand moet hierbij in de lumbralisstand staan. De draad krijgt dezelfde lengte als de lengte die zich nu tussen de vingertop en de polsband bevindt.



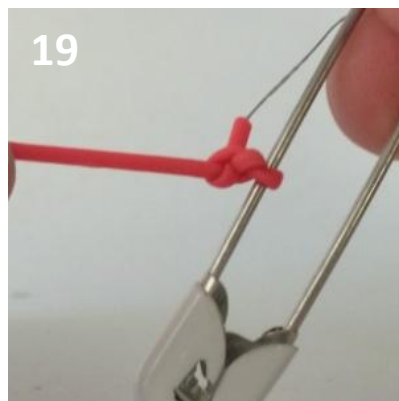
16 Meet hoelang het elastiek moet zijn. De hand moet hierbij in flexie staan. Het elastiek moet voor een lichte tractie zorgen in deze stand van de hand.



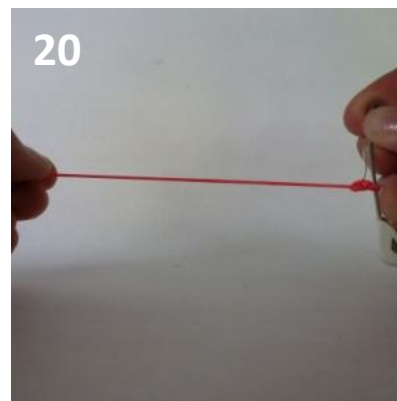
17 Schuif de hiervoor bepaalde lengte van het elastiek over de hiervoor bepaalde lengte van de draad. Knoop op deze hoogte het uiteinde vast aan een veiligheidsspeld.



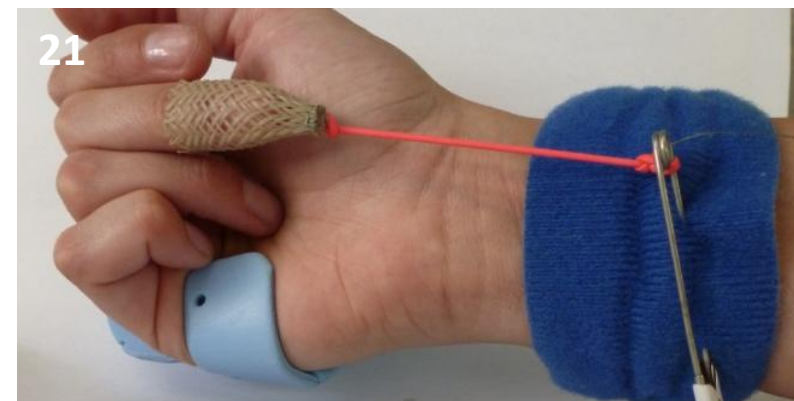
18 Controleer of de draad goed in het elastiek zit en of deze op juiste lengte blokkeert, door het elastiek uit te trekken. **Let op:** dat de knoop niet loslaat.



19 Knoop een tweede knoop op de veiligheidsspeld.



20 Test of de elastiek en de draad goed vastzitten door er goed aan te trekken.



21 Het nieuwe systeem is bevestigd.

Bijlage 16 Maximale trekkracht op proefpersonen

Tijdens de test van het systeem op trekkracht zal het volgende testprotocol gevolgd worden.

1. Vertel de proefpersoon het volgende:

‘U gaat mee doen met het tweede onderzoek naar het vernieuwde systeem dat gebruikt wordt tijdens de behandeling van flexorpeesletsel. Ik ga nu eerst de trap aan uw rechter middelvinger bevestigen.’

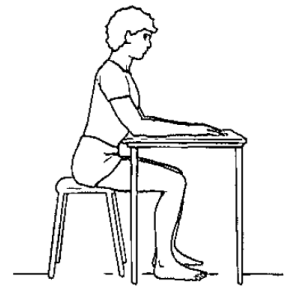
2. Beweeg instructies:

‘Nu de trap is bevestigd, ga ik u de test uitleggen. De bedoeling is dat u straks zo hard mogelijk aan de Newton meter gaat trekken. Stop wanneer u denkt: ik kan echt niet harder trekken.’

3. Positionering van de hand, proefpersoon en begeleider in de ruimte:

‘Leg de handen recht voor u op de tafel (figuur 108). Met de palm op tafel.’

Tijdens de oefeningen zit de begeleider tegenover de proefpersoon, zodat deze goed zicht heeft op de handbewegingen van de patiënt en kan de Newton meter snel worden afgelezen.



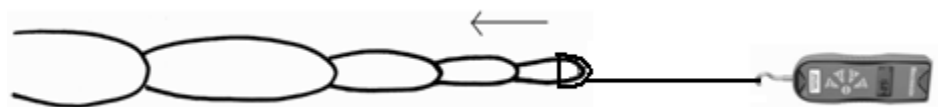
Figuur 108 Houding proefpersoon.

4. De test uitvoering:

Tijdens de test wordt de Newtonmeter op de tafel voor de hand gelegd. Aan de Newtonmeter wordt een draad bevestigd die tevens bevestigd zit aan de trap. De draad hangt helemaal slap wanneer de Newtonmeter wordt gereset. Nu zal de proefpersoon zelf zo hard mogelijk aan de Newtonmeter trekken, zie figuur 96. De maximale hoeveelheid kracht wordt afgelezen van de Newtonmeter en opgeschreven. Dit herhaalt zich maximaal drie keer.

5. Test opstelling

- Trap
- draad
- Krachtmeter



Figuur 109 Opstelling maximaal trekkracht test op proefpersonen.

6. Herhaling

De meting zal bij minimaal 2 proefpersonen uitgevoerd worden.

Bijlage 17 Strekkraft

Tijdens de test van het systeem op strekkraft zal het volgende testprotocol gevolgd worden.

1. Vertel de proefpersoon het volgende:

‘U gaat mee doen met het tweede onderzoek naar een systeem dat gebruikt wordt tijdens de behandeling van flexorpeesletsel. Ik ga nu eerst het systeem en de spalk op uw rechter hand / arm bevestigen.’

2. Beweeg instructies:

‘Nu u het systeem en de spalk om heeft, ga ik u de beweging uitleggen. De beweging bestaat uit twee verschillende oefeningen, de lumbricalis oefening en de haakoefening.’

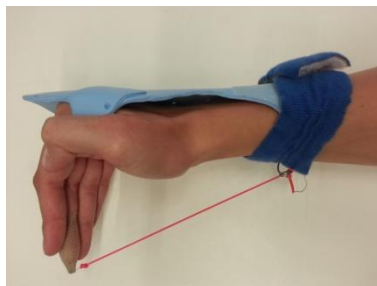
In figuur 112 is de beginstand weergegeven met het bevestigde (haakjes) systeem. Hierbij is de hand ontspannen en tegelijkertijd gebogen door het elastiek.

In figuur 111 is de eindstand van de lumbricalis oefening weergegeven met het bevestigde (trap) systeem. Hierbij zijn de vingers gestrekt tegen de spanning van het elastiekje in. De eindstand is bereikt als de vingers door de draad in het elastiek niet verder kunnen en dus de eindstand hebben bereikt.

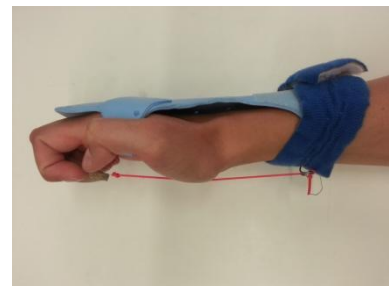
In figuur 110 is de eindstand van de haakoefening weergegeven met het bevestigde (trap) systeem. Hierbij worden de vingers gebogen en de MCP- gewrichten gestrekt tegen de spanning van het elastiek in. De eindstand is bereikt als de proximale phalagae tegen de spalk aan komen, of als de draad die in het elastiek loop zijn eindstand heeft bereikt.



Figuur 112 Beginstand.



Figuur 111 Lumbricalis oefening.



Figuur 110 Haakoefening.

‘We starten de oefening in de beginstand. Van hieruit beweegt u naar de eindstand van de lumbricalis oefening. Wanneer u de eindstand heeft bereikt, mag u alleen ontspannen zodat de hand terug komt in de beginstand. De volgende oefening die u gaat uitvoeren is beweeg vanuit de beginstand naar de eindstand van de haakoefening. Wanneer u de eindstand heeft bereikt, mag u alleen ontspannen zodat de hand terug komt in de beginstand.’

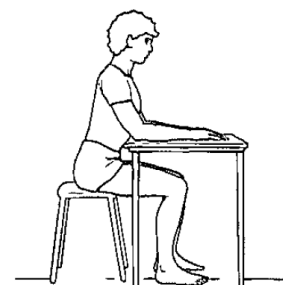
Laat de proefpersoon dit nu eerst een keer doen.

Let hierbij op de volgende punten:

- Zit de hand goed in de spalk? Let op of bij de haakoefening de proximale phalagae de spalk raken;
- Worden alle vingers maximaal gestrekt bij de lumbricalisoefening?;

3. Positionering van de hand, proefpersoon en begeleider in de ruimte:

‘Leg de handen recht voor u op de tafel (figuur 100). Met de rug op tafel.’



Figuur 113 Houding proefpersoon.

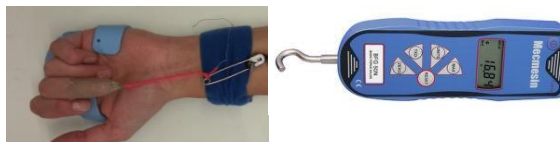
Tijdens de oefeningen zit de begeleider aan de rechterkant van de proefpersoon, zodat deze goed zicht heeft op de handbewegingen van de patiënt en kan de Newtonmeter snel worden afgelezen.

4. De test uitvoering:

Tijdens de test wordt de Newtonmeter op de onderarm gelegd, met aan de Newtonmeter het elastiekje en de draad die normaal gesproken aan de band van de spalk wordt bevestigd, zie figuur 101. Het elastiekje wordt voorgespannen op 0.2 Newton, dit komt overeen met de spanning die normaal ook in de spalk wordt gemaakt zodat de vingers makkelijk kunnen buigen bij ontspanning van de hand. Nu zal de proefpersoon zijn hand aller eerst strekken tot de lumbricalis stand en daarna ontspannen. De maximale hoeveelheid geleverde kracht wordt afgelezen van de Newtonmeter en opgeschreven. Nu zal de proefpersoon zijn hand bewegen tot de haakstand en daarna ontspannen. De maximale hoeveelheid geleverde kracht wordt afgelezen van de Newtonmeter en opgeschreven.

5. Test opstelling

- Trap
- Elastische tractie met daarin de draad
- Krachtmeter



Figuur 114 Opstelling strekkrach test.

6. Herhaling

De meting zal minimaal 5 keer worden uitgevoerd.

Bijlage 18 Gebruikersonderzoek

Tijdens de test van het systeem op proefpersonen zal het volgende testprotocol gevolgd worden.

1. Vertel de proefpersoon het volgende:

‘U gaat mee doen met het tweede onderzoek naar een systeem dat gebruikt wordt tijdens de behandeling van flexorpeesletsel. Ik ga nu eerst het systeem en de spalk op uw rechter hand / arm bevestigen.’

2. Beweeg instructies:

‘Nu u het systeem en de spalk om heeft, ga ik u de beweging uitleggen. De beweging bestaat uit twee verschillende oefeningen, de lumbricalis oefening en de haakoefening.’

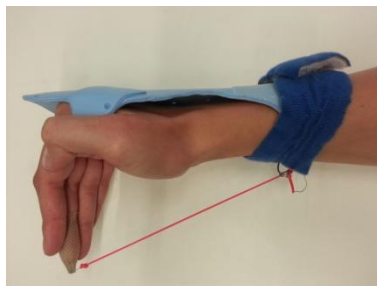
In figuur 117 is de beginstand weergegeven met het bevestigde (haakjes) systeem. Hierbij is de hand ontspannen en tegelijkertijd gebogen door het elastiek.

In figuur 116 is de eindstand van de lumbricalis oefening weergegeven met het bevestigde (trap) systeem. Hierbij zijn de vingers gestrekt tegen de spanning van het elastiekje in. De eindstand is bereikt als de vingers door de draad in het elastiek niet verder kunnen en dus de eindstand hebben bereikt.

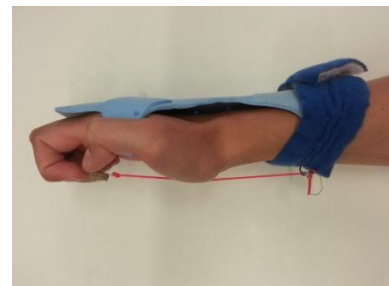
In figuur 115 is de eindstand van de haakoefening weergegeven met het bevestigde (trap) systeem. Hierbij worden de vingers gebogen en de MCP- gewrichten gestrekt tegen de spanning van het elastiek in. De eindstand is bereikt als de proximale phalagae tegen de spalk aan komen, of als de draad die in het elastiek loop zijn eindstand heeft bereikt.



Figuur 117 Beginstand.



Figuur 116 Lumbricalis oefening.



Figuur 115 Haakoefening.

‘We starten de oefening in de beginstand. Van hieruit beweegt u naar de eindstand van de lumbricalis oefening. Wanneer u de eindstand heeft bereikt, mag u alleen ontspannen zodat de hand terug komt in de beginstand. De volgende oefening die u gaat uitvoeren is beweeg vanuit de beginstand naar de eindstand van de haakoefening. Wanneer u de eindstand heeft bereikt, mag u alleen ontspannen zodat de hand terug komt in de beginstand.’

Laat de proefpersoon dit nu eerst een keer doen.

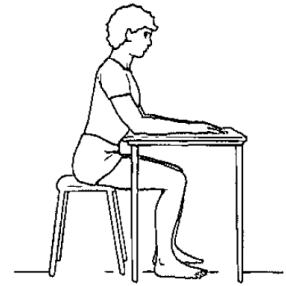
Let hierbij op de volgende punten:

- Zit de hand goed in de spalk? Let op of bij de haakoefening de proximale phalangeae de spalk raken;
- Worden alle vingers maximaal gestrekt bij de lumbricalisoefening?;
- Is de beweging binnen de gestelde tikken van de metronoom? Zie 4. de test uitvoering.

3. Positionering van de hand, proefpersoon en begeleider in de ruimte:

‘Leg de handen recht voor u op de tafel (figuur 104). U mag zelf kiezen of u uw handen met de rug op tafel legt of dat u uw handen op tafel legt door op de pinkzijde te steunen met de duimen omhoog gericht.’

Tijdens de oefeningen zit de begeleider aan de linkerkant van de proefpersoon, zodat deze goed zicht heeft op de handbewegingen van de patiënt.



Figuur 118 Houding proefpersoon.

4. De test uitvoering:

Tijdens de hele test loop een metronoom die om de vier seconden ‘tikt’. Deze tik wordt gebruikt om de hand elke keer op dezelfde ritme te strekken en te ontspannen. De oefeningen zullen om en om uitgevoerd worden. Er zal begonnen worden met de lumbricalis oefening, daarna zal de haakoefening worden uitgevoerd. Beide handen mogen synchroon gestrekt en ontspannen worden. Dit omdat patiënten moeite kunnen hebben om de aangedane hand te strekken, met twee handen strekken maakt de beweging voor hun makkelijker. Dit is tevens voor ons handig om te zien dat de proefpersonen de beweging snappen.

De beweging ziet er in tikken als volgt uit:

- Tik 1 t/m 4: strek de vingers
- Tik 5 t/m 8: ontspan de vingers
- Tik 9 = Tik 1 herhaal deze beweging 10 keer (80 seconden)

Na deze 80 seconden heeft de proefpersoon twee minuten (120 seconden) totale rust (schouder en arm mogen ontspannen worden). Na de rust voert de proefpersoon weer vijf keer de lumbricalis oefening en vijf keer de haakoefening om en om uit. Totaal zal de proefpersoon vijf keer tien de lumbricalis oefening en vijf keer tien de haakoefening uitvoeren, afgewisseld met tien keer twee minuten rust.

5. Mening proefpersoon:

Om de twee bewegingscyclussen wordt in de rustperiode een vragenlijst afgenomen die de proefpersoon moet invullen. Deze is weergegeven op de volgende pagina.

6. Herhaling

De meting zal bij minimaal 20 personen worden afgenomen.

Afname nummer test 1 t/m 5

Naam proefpersoon:.....

	Zeervredend	Tevredend	Niet tevredend, niet ontevredend	Ontevredend	Zeervredend	Pijn-/drukklachten
Comfort van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
Comfort van de spalk	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
Comfort van het bevestigingspunt	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
Uitvoering van uw beweging	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
Beweegmogelijkheid binnen de gestelde range	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
Hoe tevreden bent u over het systeem in het algemeen	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	
	☐	☐	☐	☐	☐	

Locatie pijn-/drukklachten extra's

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Bijlage 19 Resultaten tevredenheid

In deze tabel zijn de gemiddelden van alle ingevulde antwoorden per vraag en per test weergegeven. Dit is gedaan met SPSS22. De antwoordmogelijkheden werden gecodeerd van 1 tot en met 5 met 1 als zeer ontevreden en 5 als zeer tevreden.

De volgende stappen zijn doorlopen in SPSS: analyse, compare means, means.

Tabel 27 n=21. Gemiddelde antwoorden per vraag en per test. Gecodeerd van 1: zeer ontevreden tot 5: zeer tevreden.

	Vraag 1	SD	Vraag 2	SD	Vraag 3	SD	Vraag 4	SD	Vraag 5	SD	Vraag 6	SD
Test 1	4,67	0,577	4,62	0,669	4,38	0,805	4,76	0,436	4,81	0,402	4,62	0,59
Test 2	4,67	0,483	4,52	0,68	4,38	0,805	4,67	0,483	4,81	0,512	4,67	0,483
Test 3	4,62	0,498	4,52	0,602	4,38	0,669	4,76	0,436	4,81	0,512	4,62	0,498
Test 4	4,52	0,512	4,48	0,602	4,29	0,717	4,76	0,436	4,76	0,539	4,57	0,507
Test 5	4,48	0,512	4,38	0,669	4,29	0,717	4,76	0,436	4,81	0,402	4,57	0,507

Bijlage 20 Gegevenstabel pijn-/ gevoeligheidspunten

Gegevenstabel naar aanleiding van de vraag of de persoon wel of geen pijn-/gevoeligheidspunten had na iedere test.

Tabel 28 n=21. Antwoord van de proefpersonen na iedere test of zij al dan niet pijn-/gevoeligheidspunten hadden.

	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5
ja	1	2	3	5	8
nee	20	19	18	16	13

Bijlage 21 Enquête therapeuten

Postoperatieve behandeling van flexorpeesletsel
Haagse Hogeschool
06-52567801 of 06-51986384

Wij (Ilse Kat en Amber Kraakman) doen onderzoek naar het systeem dat gebruikt wordt tijdens de postoperatieve behandeling van flexorpeesletsel, omdat wij vernomen hebben dat het huidige (haakjes) systeem een aantal knelpunten heeft.

Wij zullen u op de volgende pagina 3 vragen stellen over het systeem dat u kunt zien in het filmpje. Het systeem wordt los gezien van de spalk. De spalk wordt apart benoemd. Hierna zullen nog een aantal persoonsgegevens gevraagd worden, om de verschillende door u ingevulde enquêtes tijdens de evaluatie aan elkaar te kunnen koppelen.

Het kijken van het filmpje en het invullen van de enquête neemt ongeveer 5 minuten in beslag.

Wij stellen het op prijs wanneer u de ingevulde vragenlijsten binnen een week aan ons wilt retourneren.

Alvast onze hartelijke dank.

Ilse Kat & Amber Kraakman

Hieronder staan 3 vragen over het nieuwe ontworpen systeem, weergegeven in het filmpje:

1. Wat voor therapeut/arts bent u?

- ☐ Ergotherapeut
- ☐ Fysiotherapeut
- ☐ Handtherapeut
- ☐ Revalidatiearts
- ☐ Anders, namelijk:

2. Geef aan in hoeverre u tevreden bent over de methode die u op het filmpje heeft gezien. Scoor dit op de volgende punten:

	Zeervredentevreden	Tevreden	Niettevreden, niet ontevreden	Ontevreden	Zeervredentevreden	Niet te beoordelen
Algemene oordeel nieuwe systeem	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Draagbaarheid spalk in combinatie met het systeem	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Bevestiging van het systeem op de vinger	☐	☐	☐	☐	☐	☐
De mogelijkheid tot het gebruiken van het MCP-gewricht.	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Aanbrengtijd (het filmpje laat zien hoe lang dit duurt) van het systeem op de patiënt	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Mogelijkheid tot schoonmaken van het systeem	☐	☐	☐	☐	☐	☐

3. Heeft u zelf nog tips / adviezen / ervaringen die u aan de hand van het filmpje wilt delen, schrijf deze dan hieronder op.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Persoonlijke gegevens, om door u ingevulde enquête tijdens de evaluatie aan elkaar te kunnen koppelen:

Naam van de werkzame instelling:

Voorletter geënuquêteerde:

Achternaam geënuquêteerde:

Datum van invullen:-.....-.....

Bijlage 22 Projectplan: Passieve flexiestand bij handletsel

Naam:	Amber Kraakman	Ilse Kat
Studentnummer:	10007547	10021892
E-mail:	amberkraakman@gmail.com	ilse.kat.ik@gmail.com
Behaalde studiepunten:	45 STP	39 STP
Datum:	28-03-2014	28-03-2014

1.1 Onderwerp

Werkveld: Gezondheidszorg
Beroepsrol: Ontwerper

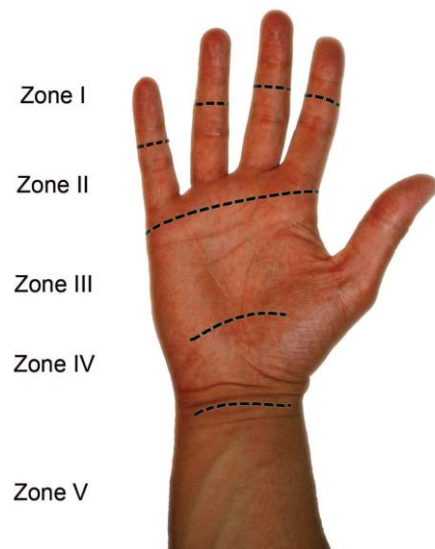
1.2 Probleemstelling

Aanleiding

In een willekeurig algemeen ziekenhuis komen patiënten met uiteenlopende ziektes en problemen bij verschillende afdelingen. Zo komt een patiënt met acuut palmar handletsel als eerste op de spoed eisende hulp. Denk bij acuut palmar handletsel aan glas- of messnede in de palmaire zijde van de manus(hand). Na constateren van doorsnijding van de palmaire pees/pezen van de manus, de mm. flexor digitorum superficialis of de mm. flexor digitorum profundus, zullen patiënten met spoed doorverwezen worden naar een handchirurg. De handchirurg zal de pezen aan elkaar hechten (Boeckx & all, 2005) (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012). De chirurg zorgt dat de patiënt dezelfde dag nog wordt aangemeld voor een spalk en voor een afspraak bij fysio- en / of ergotherapie.

Behandel richtlijnen

In een ziekenhuis zijn richtlijnen voor het behandelen van flexorpees letsel. Het Gemini ziekenhuis volgt de richtlijnen (van Wordragen & Rigterink, 2013) die bijgevoegd zijn in de bijlage. Deze richtlijnen gelden voor patiënten met letsels voorkomend in alle zones van de hand (figuur 1) (Lehfeldt, Ray, & Sherman, 2008). Een uitgangspunt van de richtlijn is dat het letsel ongecompliceerd is van een of meer buigpezen. Complicaties kunnen zijn: infecties, verklevingen, doorbloedingsproblematiek, dystrofie, nieuwe pees laesie-, zenuw- en bloedvat- problematiek. Indien dit wel aanwezig is, wordt het letsel gecompliceerd genoemd en zal er in overleg met een chirurg of revalidatiearts een aangepast revalidatieschema gemaakt worden.



Figuur 1 Weergave van de zone verdeling 1 t/m 5 van de hand (Lehfeldt, Ray, & Sherman, 2008).

Het doel van de richtlijn is het beschermen van de gehechte pees en het voorkomen van te veel of te weinig adhesie (vergroeien/verkleven) van de pees en contracturen(gedwongen stand) van de gewrichten (Evans R. , 1997) (Baskies, Tuckman, & Paksima, 2008) (Vučekovich, Gallardo, & Fiala, 2005) (Braga-Silva & Kuyven, 2005) (Richtlijnen management buigpeesletsel, 2005).

Dit wordt in het Gemini ziekenhuis gedaan door het gebruik van de Kleinert spalk.

De Kleinert spalk (Griffin, Hindocha, Jordan, Saleh, & Khan, 2012) (Lehfeldt, Ray, & Sherman, 2008) (Baskies, Tuckman, & Paksima, 2008) (Vucekovich, Gallardo, & Fiala, 2005) (Schöffl, Heid, & Küpper, 2012) wordt handmatig gemaakt, hierdoor zijn er twee variaties. De eerste variatie wordt gebruikt bij letsel in zone 1 t/m 3, de tweede variatie wordt gebruikt bij letsel in zone 4 en 5 (figuur 1 & 2)

Spalken

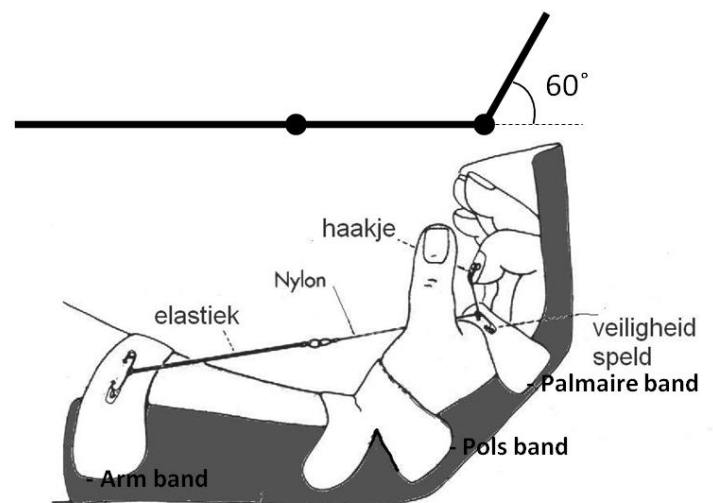
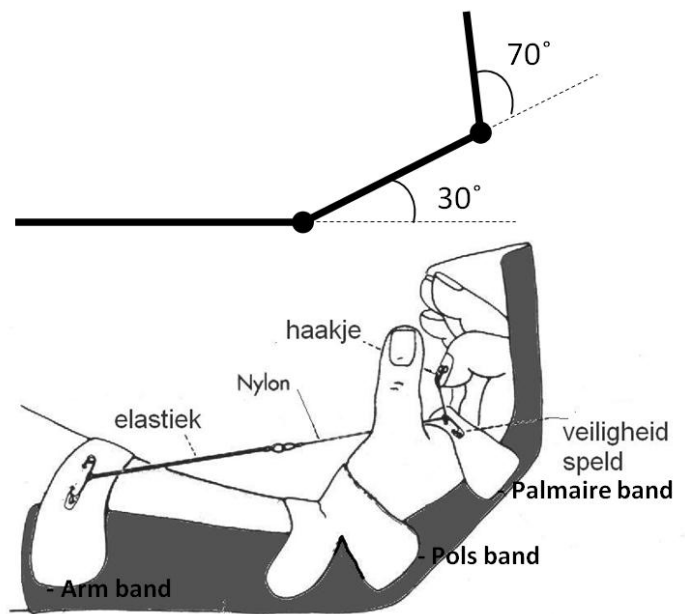
Spalk bij zone 1 t/m 3 letsel:

Bij deze spalk staat het polsgewricht, bestaand uit het articulatio radiocarpea en het articulatio mediocarpea, in ongeveer 30 graden flexie. Het articulationes metacarpophalangeae (MCP-gewrichten) moet hierbij in ongeveer 70 graden palmar flexie gezet worden. De totale hoek tussen geëxtendeerde digiti manus en de antebrachium is ongeveer 100 graden.

Spalk bij zone 4 en 5 letsel:

Bij deze spalk staat het polsgewricht in 0 graden. De MCP gewrichten staan hierbij in ongeveer 60 graden palmar flexie. De hoek tussen de geëxtendeerde digiti manus en de antebrachium is ongeveer 60 graden.

De spalk zorgt er dus voor dat een maximale extensie beperkt mogelijk is, hierdoor komt er geen spanning op de hechting van de pees te staan.



Figuur 2 Kleinert spalk: boven: zone 1 t/m 3, onder zone 4 en 5

Haakjes

Naast de stand die aan de hand gegeven wordt, worden 'haakjes' op de nagels van de aangedane hand bevestigd met lijm, zie figuur 3. Deze haakjes zijn te vergelijken met haakjes waarmee een bustehouder(BH) wordt gesloten. Aan deze haakjes word, net zoals in het figuur 2, alleen elastische tractie aangebracht. Dit elastiek loopt door een veiligheidsspeld bevestigd op de palmaire band naar een veiligheidsspeld op de arm band. Hierdoor ontstaat er een complete PIP (proximal interphalangeale gewricht) en DIP (distale interphalangeale gewricht) flexie. Bij de bevestiging van de draad moet er wel voor gezorgd worden dat het elastiek een volledige PIP extensie toelaat. Wanneer het letsel aan minder dan vier digiti manus is (pollicis is uitgesloten), zullen de omliggende vingers zonder letsel ook een haakje krijgen. Dit zodat de aangedane digiti manus beschermd wordt door de omliggende digiti manus.

Nazorg

Nadat de spalk aangemeten is bij de patiënt, krijgt de patiënt oefeningen en adviezen mee over het gebruik van de aangedane hand (Çetin & Dinçer, 2003) (Braga-Silva & Kuyven, 2005). Na ongeveer 4 tot



Figuur 3 Haakje op nagel geplakt

5 weken, afhankelijk van de voortgang van het peesletsel, hoeft de Kleinert spalk alleen nog 's nachts gedragen te worden. Overdag gebeurt de elastische tractie via een nieuw gemaakt polsbandje, die voor dezelfde functie gebruikt wordt als de arm band. Na 6 tot 8 weken is het dragen van de Kleinert spalk en de elastische tractie niet meer nodig.

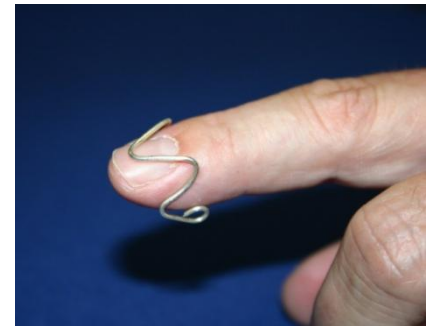
De patiënt zal in totaal 12 weken poliklinisch gezien en begeleid worden door een fysio- en / of ergotherapeut. Na deze 12 weken mag de patiënt zijn dagelijkse leven weer oppakken. Na 3 maanden zal er alleen nog een controle afspraak zijn bij de chirurg of de revalidatiearts.

Praktijk

Nu blijkt in de praktijk bij het Gemini Ziekenhuis dat het plaatsen en blijven zitten van de haakjes op de nagel een probleem veroorzaakt. De haakjes blijven moeilijk zitten vanwege de vorm, de grootte of de verschillende oppervlakte ruwheden van de nagels. De haakjes laten geregeld los, wat tevens door de kracht veroorzaakt wordt (grootte is nog niet bekend) die er op de haakjes komt te staan, wanneer de digiti manus bij oefeningen geëxtendeerd worden. Hoe vaak dit gebeurt zal nog onderzocht moeten worden. Wanneer het haakje is losgekomen, zal de patiënt deze zelf weer moeten bevestigen. Dit gezien het feit dat dit vaak buiten de afspraken met een therapeut gebeurt.

Verschillende mensen hebben al gekeken naar de problematiek rond het haakje en de bevestiging, maar tot op heden is er nog geen functionelere oplossing bedacht. Een voorbeeld van een bedachte oplossing is het 'MCA- haakje', zie figuur 4.

Aangezien het huidige haakjes systeem niet voldoet aan alle essentiële eisen (alleen aan nummer 1 t/m 7), luidt de probleemstelling:



Figuur 4 MCA haakje

'Ontwerp, vervaardig en test een nieuw systeem dat gebruikt kan worden na een operatie aan acuut palmair handletsel, dat minimaal voldoet aan 10 van de onderstaande eisen (In de eerste weken van de uitvoeringsfase zullen er mogelijk meer eisen bijkomen, waarna het voldoen aan minimum aantal eisen wellicht verhoogd zal worden).'

De volgende eisen zijn opgesteld:

1. Bevestiging aan de huid/nagel rond de phalanx distalis.
2. Het moet toepasbaar zijn in de huidige spalk- en therapierichtlijnen.
3. De complete PIP en DIP flexie mogen niet gehinderd worden.
4. Binnen een uur moet de spalk gemaakt zijn en aan de vingers bevestigd.
5. In het geval van een nieuwe bevestiging aan de distale phalangae, mag dit niet meer wegen dan 100 gram.
6. De constructie mag niet groter worden dan $30 \times 12 \times 12 (l \times b \times h)$ cm.
7. Het moet toegepast kunnen worden op een individuele phalangae.
8. Toepasbaar op de gehele Nederlandse bevolking.
9. Het moet een revalidatie periode van 8 weken mee gaan. Het houdt krachten van ... (nog te onderzoeken) Newton bij het extenderen van de phalangae, dit met een herhaling van 10 keer per uur (zolang dat iemand wakker is).
10. Er mag geen nagelpijn ontstaan.
11. Moet hygiënisch zijn.
12. Moet toepasbaar zijn voor letselschade in de zones 1 tot en met 5.

Doelgroep

Onder de doelgroep vallen patiënten met handletsel aan de flexorpezen van de manus. In Nederland zijn er ongeveer 70.000 patiënten met handletsel per jaar (Hand en Pols expertisecentrum). Hiervan is niet exact bekend hoeveel patiënten leiden aan flexorpeesletsel. Flexorpeesletsel komt bij alle leeftijdscategorieën voor en is niet geslacht gebonden. Naast de patiënten vallen de ergotherapeuten indirect ook onder de doelgroep, aangezien zij het systeem moeten bevestigen.

Doelstelling

Het doel van deze opdracht is het vinden en maken van een functioneel prototype. Dit prototype moet aan minimaal 10 eisen voldoen die hierboven in de aanleiding staan beschreven. Tijdens de uitvoeringsfase zullen er wellicht eisen bijkomen, waarna het minimum aantal eisen aangepast zal worden.

Randvoorwaarden

Middelen: Proefopstelling voor de meting, voordat er getest gaat worden bij de doelgroep.

Contacten: Therapeuten voor tips/feedback vanuit verschillende ziekenhuizen.

Handchirurg over de protocollen die gevolgd worden.

Patiënten met handletsel om het prototype op te testen, of te vragen wat ze van het huidige systeem vinden.

Verwacht resultaat

Het eindresultaat: een verslag en een prototype. Het prototype is getest door zowel patiënten als proefpersonen, zie uitgebreider bij testfase /evaluatiefase. In deze testfase zullen de patiënten en proefpersonen vragenlijsten ingevuld hebben en aan een interview hebben deelgenomen.

Uit deze vragenlijsten en interviews zal geconcludeerd kunnen worden of dit systeem ook geïntegreerd zal worden op de afdeling in het Gemini ziekenhuis.

1.3 Vooronderzoek

Zoals eerder aangegeven, hebben al meerdere mensen gekeken naar de problematiek rond het haakje en de bevestiging, maar tot op heden is er nog geen functionelere oplossing bedacht. Een voorbeeld van een bedachte oplossing is het 'MCA- haakje', te zien in figuur 4. Ook zijn er methoden waarbij in combinatie met de Kleinert spalk een haakje door de nagel geprikt wordt (Kleinert spalk), zodat de gelijmde BH-haakjes op de nagel volledig achterwege gelaten kunnen worden, zie figuur 5. Het komt voor dat de patiënten hierbij nagelpijn krijgen en dat er vervormingen van de nagels optreden. Om erachter te komen welke methoden er op dit moment nog meer bestaan en welke richtlijnen gevolgd worden in andere ziekenhuizen en centra (o.a. MCH en het Zeeuws Hand en Pols Centrum), wordt een literatuurstudie gedaan en zullen er vragenlijsten en/of interviews afgenomen worden. In de interviews/vragenlijsten zal ook gevraagd worden naar eventuele tips of methoden die de instanties zelf al geprobeerd hebben.



Figuur 5 Kleinert spalk met haakje door de nagel

In het vooronderzoek wordt een pilot kracht meting gehouden om erachter te komen hoeveel kracht op de haakjes komt te staan op het moment dat de digiti manus geëxtendeerd worden. Daarnaast zal er een nul meting uitgevoerd worden, deze is beschreven in de testfase.

1.4 Analyse

Deelvragen:

- Welke huidige systemen worden gebruikt en hoe wordt dit ervaren in de praktijk?
 - Interview/vragenlijst
 - Instanties die zich bezighouden met handrevalidatie. Gemini, MCH. Zeeuws Hand en Pols centrum
- Hoeveel kracht kan het huidige systeem aan en hoeveel zou het aan moeten kunnen?
 - Krachtmeting
 - Gemini ziekenhuis om een spalk tot onze beschikking te laten stellen
- Analyse antropometrische maten van de hand en pols.
 - Dined tabel, TU Delft
- Welke materialen zijn toepasbaar/geschikt op de nagel/huid?
 - Literatuur. Opzoeken welke materialen al dan niet reageren met de huid/nagel
 - Eventueel een dermatoloog
- Wat is een goede test opstelling?
 - Eigen metingen
 - Docenten
 - Literatuur
- Hoe wordt er op het zelfontworpen product gereageerd?
 - Vragenlijsten
 - Patiënten
 - Therapeuten

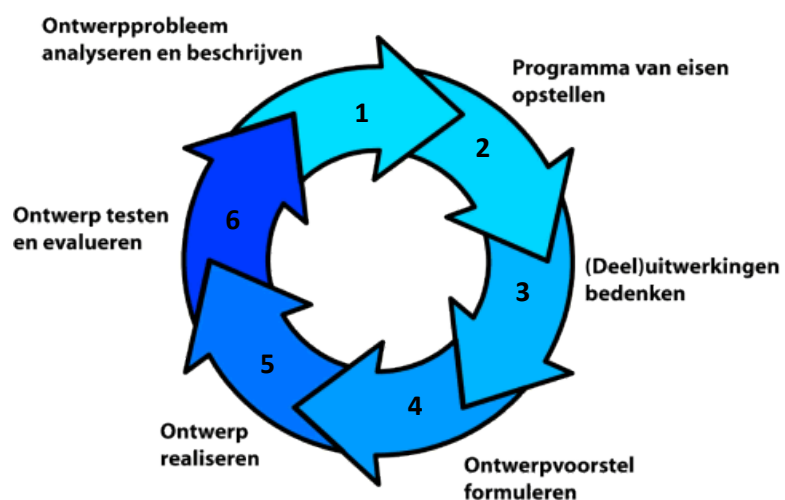
1.5 Ontwerpfase

In de ontwerpfase zal de ontwerpcyclus twee keer doorlopen worden. De eerste keer zal gezocht worden naar een oplossing voor het haakjes probleem en de tweede zal het bedachte systeem nog een keer onder de loop genomen worden.

Hier onder zullen de twee ronden besproken worden aan de hand van figuur 6.

Ronde 1:

1. Alle aspecten van ons onderwerp zullen bekeken en gedefinieerd worden, zie vorige hoofdstuk.
2. Uit de analyse komt een uitgebreide lijst van eisen en wensen.



Figuur 6 Ontwerp cyclus

3.



Di- en convergeren Di- en convergeren

Er zal eerst gebrainstormd worden. Hieruit komen meerdere ontwerpen waarna er 1 gekozen wordt aan de hand van de kardinale methode. Hieruit blijkt welke richting het ontwerp op zal gaan. Na deze keuze zal verder gekeken worden naar de mogelijkheden hier binnen. Het ontwerp zal per onderdeel geoptimaliseerd worden. Hieruit zal het ontwerp definitief worden.

4. Het gekozen ontwerp, waar in de optimalisatie over nagedacht is, zal hier per onderdeel vast gelegd worden. Het ontwerp moet voldoen aan de gestelde eisen.
5. Het ontwerp zal vervaardigd worden (prototype/proof of concept) waarmee in de volgende fase getest zal kan worden.
6. Het ontwerp zal getest worden, dit is in hoofdstuk 7 beschreven.

Ronde 2:

1. Beschrijf het probleem wat er uit de testfase naar voren is gekomen
2. Vernieuw/verbeter de eisen en wensen
- 3.



Er zal weer di- en convergeren plaats vinden, zodat in het ontwerp nog betere keuzes gemaakt kunnen worden, en het product een beter resultaat zal geven.

4. Het gekozen ontwerp zal, per onderdeel waar in de optimalisatie over nagedacht is, hier vast gelegd worden. Het ontwerp moet voldoen aan de vernieuwde/verbeterde gestelde eisen.
5. Het ontwerp zal vervaardigd worden (eindprototype) waarmee in de volgende fase getest zal kan worden.
6. Het ontwerp zal getest worden, dit is in hoofdstuk 7 beschreven.

Om deze fase goed te kunnen doorlopen is er nagedacht over de verschillende instanties/personen die wellicht nuttig zijn. Dit zijn in dit geval: Mede studenten die betrokken kunnen worden in een brainstorm sessie om tot nog meer ideeën te komen. De Haagse Hogeschool docenten die vanuit hun persoonlijke vakgebied kunnen kijken naar het ontwerp. De werkplaatsmedewerkers van bewegingstechnologie die kunnen vertellen of het ontwerp haalbaar is om te vervaardigen.

1.6 Vervaardigingfase

In de vervaardigingsfase wordt er een prototype gemaakt dat getest gaat worden. Dit prototype wordt een proof of concept. In verband met verschillende lichaamsmaten, is een eis dat dit prototype gebruikt kan worden door de gehele Nederlandse bevolking. Hierdoor zal het prototype aanpasbaar zijn of er zullen meerder maten ter beschikking gesteld worden (bijvoorbeeld: XS, S, M, L, XL).

In deze fase zal er gebruik gemaakt worden van de werkplaats op de Haagse Hogeschool afdeling Bewegingstechnologie. Mocht deze werkplaats bezet zijn dan kan er altijd uitgeweken worden naar werkplaatsen aan huis of bij de technische dienst van het Gemini ziekenhuis.

1.7 Testfase

De testfase zal bestaan uit drie onderdelen: de nulmeting, de testprocedure van het prototype en de testprocedure van het eindproduct.

Voordat gestart kan worden met afname van de meting en testen, zullen de mogelijke proefpersonen een algemene intake doorlopen door middel van een vragenlijst. De proefpersonen moeten aan de volgende inclusiecriteria voldoen:

- Leeftijdscategorie: 15 – 90 jaar;
- Lichamelijk en geestelijk gezond;
- Geen beperking in de hand functie;
- Geen alcohol- of drugsverslaving (gehad).

Bij de intake krijgen de personen een informatiebrief met betrekking tot het onderzoek en de uit te voeren testen, waarna gevraagd wordt een vragenlijst in te vullen bestaande uit 20 vragen over de proefpersoon zelf. Dit zijn zowel open als gesloten vragen. Met deze informatie moet nauwkeurig omgegaan worden om privacy schending te voorkomen. Aan het eind van de vragenlijst zal een toestemmingsformulier ingevuld worden. Hierdoor zal de persoon akkoord gaan met het deelnemen aan het onderzoek en stemt hij of zij in met het feit dat de verkregen informatie gebruikt mag worden voor de doeleinden aangegeven in de voorgenoemde informatiebrief. Er is een opzet voor de informatie- en toestemmingsbrief gemaakt, deze staat weergegeven in de bijlage.

Na de intake volgt de nulmeting, gevolgd door de testprocedure voor het prototype en het eindproduct.

Nulmeting

De nulmeting zal uitgevoerd worden met het huidige haakjes systeem. Dit systeem zal op drie verschillende manieren getest worden.

1. Oordeel behandelaars

- Voor een deel is al bekend waar door de behandelaars tegen aan gelopen wordt bij het huidige haakjes systeem. Om de problemen nog beter in kaart te brengen, zal door middel van een vragenlijst erachter gekomen worden waar alle probleempunten zich bevinden. Deze vragenlijst kan tevens mondeling afgenomen worden.
- De opstelling: Een vragenlijst die zowel schriftelijk als mondeling afgenomen kan worden. Ook zal er ruimte vrij gehouden worden voor de behandelaars voor eventuele opmerkingen over het systeem.
- Uitvoering: Minstens 10 behandelaars. Deze zijn werkzaam bij een aantal verschillende instellingen die gebruik maken van het haakjes systeem.

2. Maximale kracht test.

- Bij de maximale krachttest zal het systeem geplaatst worden in een trek opstelling. Er wordt een opstelling gemaakt waaraan een nepnagel bevestigd wordt. Aan deze nepnagel wordt het haakjessysteem bevestigd. Dit zal bevestigd worden op de manier zoals in het deel over haakjes beschreven staat. Aan het elastiekje van het haakjessysteem wordt een krachtmeter bevestigd. Er wordt aan het systeem getrokken, totdat het haakje loslaat van de nepnagel. De maximale kracht die geleverd is en die tevens het systeem kan houden, wordt van de krachtmeter afgelezen.

- De opstelling:
 - Nagemaakte vinger (hout);
 - Nepnagel;
 - Haakje;
 - Elastische trekkoord;
 - Krachtmeter.



- Uitvoering: minimaal 15 keer.

3. Repeterende test

- Bij deze test wordt onderzocht na hoeveel extensies van de vinger het systeem kapot gaat. Een mechanische testopstelling van een nagemaakte vinger met een nepnagel aan het eind, zal de vinger nabootsen die extensie en flexie kan uitvoeren. De extensie zal worden gemaakt door een motortje aan de nagebootste vinger te laten trekken. De flexie wordt gemaakt door het haakjessysteem zelf (dit is het idee wat het systeem moet kunnen doen). Tevens zal er een teller bevestigd worden aan het motortje die telt hoe vaak er al aan het systeem getrokken is (een andere mogelijkheid is uitrekenen aan de hand van de tijd).



- De opstelling:
 - Nagemaakte vinger (hout) met nepnagel;
 - Haakje op de nepnagel;
 - Elastische trekkoord gefixeerd aan de 'pols';
 - Een systeem met een lineaire bewegend motortje die de vinger strekt;
 - Een teller die de aantal strekkingen telt.
- Uitvoering: minimaal 15 keer.

4. Proefpersonen testen

- Het systeem zal ook getest worden op proefpersonen. Zij zullen het systeem een half uur dragen waarin zij 20 keer de vinger buigen en strekken. Dit moet genoeg zijn, omdat het systeem hiervoor al getest is op kracht bij de repeterende test. De proefpersonen zullen een vragenlijst invullen met betrekking tot onder andere gebruiksvriendelijkheid en toepasbaarheid. Ook zal ingegaan worden op specifiekere zaken als de hindering van PIP en DIP flexie en het ontstaan van nagelpijn.
- Uitvoering: minimaal 20 personen.

Prototype

Wanneer het prototype vervaardigd is, zal hiermee getest worden. De testen 2, 3 en 4 uit de nulmeting zullen herhaald worden. Hierbij is het van belang dat de opstelling gelijk is zoals bij de nulmeting.

Ook in deze fase wordt het oordeel van de behandelaars in acht genomen. Deze fase loopt iets anders dan bij de nulmeting:

1b. Behandelaars vragen

- Er zal een demonstratie filmpje gemaakt worden die naar de verschillende behandelaars gestuurd kan worden. Wanneer de behandelaars dit filmpje bekeken hebben, zullen zij opnieuw een vragenlijst invullen zodat er input komt vanuit verschillende invalshoeken over dit prototype.
- De opstelling: Een filmpje met een vragenlijst die zowel schriftelijk als mondeling afgenomen kan worden, waar tevens ruimte is voor eventuele opmerkingen over het systeem.
- Uitvoering: Behandelaars van verschillende instellingen die ook deelgenomen hebben aan de nulmeting.

Eindproduct

Wanneer het eindproduct vervaardigd is zal hiermee getest worden. De testen nummers 2, 3, 4 uit de nulmeting zullen herhaald worden. Hierbij is het van belang dat de opstelling gelijk is zoals bij de nulmeting.

In deze fase wordt ook het oordeel van de behandelaars in acht genomen. Deze fase loopt gelijk aan de fase zoals beschreven voor het prototype.

1b. Behandelaars vragen

- Er zal een demonstratie filmpje gemaakt worden die naar de verschillende behandelaars gestuurd kan worden. Wanneer de behandelaars dit filmpje bekeken hebben, zullen zij opnieuw een vragenlijst invullen zodat er input komt vanuit verschillende invalshoeken over dit prototype.
- De opstelling: Een filmpje met een vragenlijst die zowel schriftelijk als mondeling afgenomen kan worden, waar tevens ruimte is voor eventuele opmerkingen over het systeem.
- Uitvoering: Behandelaars van verschillende instellingen die ook deelgenomen hebben aan de nulmeting.

1.8 Evaluatiefase

In dit onderzoek zal op twee momenten geëvalueerd worden. Als eerste zal dit zijn na de testfase van het prototype. De tweede keer zal zijn aan het eind van het gemaakte eindproduct. Deze twee evaluaties zullen hieronder besproken worden.

Prototype evaluatie

De gegevens verkregen in de testfase van het prototype zullen aan het eind van deze fase vergeleken worden met de nulmeting.

Uit de verkregen gegevens moeten sowieso de volgende punten gehaald kunnen worden:

- Belangrijke input van de behandelaars.
- Worden de complete PIP en DIP flexie en/of extensie gehinderd?
- Treden er problemen op bij de proefpersonen in verband met de verschillende antropometrische maten?
- Ontstaat er nagelpijn?
- Nieuwe eisen en wensen voor het eindontwerp.

Uiteindelijk zal hier een conclusie uit getrokken worden die mee genomen gaat worden in de ontwikkeling van het eindproduct.

Eindproduct evaluatie

De gegevens verkregen in de testfase van het eindproduct zullen aan het eind van deze fase vergeleken worden met de nulmeting en het prototype.

Uit de verkregen gegevens moeten sowieso de volgende punten gehaald kunnen worden:

- Belangrijke input van de behandelaars.
- Worden de complete PIP en DIP flexie en/of extensie gehinderd?
- Treden er problemen op bij de proefpersonen in verband met de verschillende antropometrische maten?
- Ontstaat er nagelpijn?
- Is het ontwikkelde eindproduct beter dan het huidige systeem en zal dit gebruikt gaan worden?

Uiteindelijk zal hier een conclusie uit getrokken worden waarmee een laatste aanbeveling geschreven kan worden. Tevens zal een uitgebreide samenvatting geschreven worden over het gehele onderzoek en de stappen en keuzes die gemaakt zijn. Dit zodat deze eventueel gepubliceerd kan worden in het blad : 'het Nederlandse gezelschap voor handtherapie' (handtherapie.com/tijdschrift, 2005)die veel artsen en therapeuten in de handenrevalidatie lezen.

1.9 Planning

Week	Taak/bezigheid	Aantal uur
1	Voorbereiden en uitvoeren pilot bij het Gemini ziekenhuis met patiënten.	14
	Literatuurstudie en start verslaglegging.	24
2	Literatuurstudie	38
	Verslaglegging	
3	Ontwerpen	38
	Verslaglegging	4
4	Ontwerpen (divergeren en convergeren)	36
	Verslaglegging	4
5	Ontwerp optimaliseren (divergeren en convergeren)	38
	Verslaglegging	4
6	Uitloop mogelijkheid ontwerpen	38
	Verslaglegging	2
7	Maken prototypes	40
8	Maken prototypes	20
	Testen van het prototype en feedback krijgen van patiënten en therapeuten	12
	Verslaglegging	8
9	Evalueren van de testen	12
	Optimaliseren (divergeren en convergeren)	16
	Maken eindontwerp	10
	Verslaglegging	4
10	Uitloop eindontwerp maken	10
	Eindproduct maken	24
	Verslaglegging	4
11	Eindproduct maken	20
	Eindproduct testen	12
	Verslaglegging	8
12	Eindproduct evalueren	20
	Verslaglegging	18
13	Verslaglegging afmaken	38
14	Verslag legging afmaken	15
	Eindproducten (eindontwerp en verslag(printen en inbinden)) inleveren	2
15	Presentatie maken en oefenen	15
16	Presenteren en verdedigen	4

Voorlopige hoofdstukindeling van scriptie:

- Voorwoord
- Inhoudsopgave
- Samenvatting
- Probleemstelling
- Literatuurstudie
 - Flexorpees letsel
 - Herstel proces
 - Richtlijnen
 - Aanwezige behandelmethoden
- Analyse
 - Krachtmeting
 - Antropometrie hand/pols
 - Distale phalangae omtrek
 - Oppervlakte nagel
 - Materialen
 - Eisen en wensen
- Ontwerpen
 - Ideeschetsen
 - Concepten
 - Morfologische kaart
 - Kardinale methode
 - Optimalisatiefase
 - Doorloop van de onderdelen
- Testen
 - Uitvoering test
 - Resultaten test
 - Evaluatie test
- Optimaliseren
 - Aanpassingen/Advies
- Conclusie
- Discussie
- Literatuurlijst
- Bijlage

1.10 Persoonlijke leerdoelen afstudeerfase (minimaal 3)

Leerdoelen Amber

1. Ik wil graag mijn inzicht in de ontwerpfase verbeteren, met name de doorloop hiervan juist en op een gestructureerde manier uitvoeren. In het verslag zal duidelijk worden in hoeverre dit gelukt is.
2. Ik wil informatie uit ingeleverde vragenlijsten analyseren en de resultaten hiervan duidelijk weergeven (Baarda & de Goede, 2001). Ik heb namelijk het idee dat er meer uit resultaten van vragenlijsten te halen is om verder op te focussen, dan ik tot nu toe in de opleiding gedaan heb. Het bleef altijd vrij oppervlakkig en ik wil proberen tijdens deze afstudeeropdracht hier dieper op in te gaan, zodat er meer gefocust kan worden op de kritieke punten tijdens het herontwerpen.

Leerdoelen Ilse

1. Ik wil onderscheid maken tussen relevante en niet relevante onderdelen die behandeld kunnen worden in het project. Zo zal het project een afbakening nodig hebben, er mag niet over onnodige dingen nagedacht worden. Dit zal terug te zien zijn in het verslag, hier staan alleen relevante onderdelen in.
2. Ik ben in staat om een nette algemene vragenlijst op te stellen van 20 vragen over de proefpersoon zelf (allesovermarktonderzoek.nl/vragenlijsten, 2014). Hierbij mag de privacy van de geïnterviewde niet geschonden worden. Deze vragenlijst zal opgenomen worden in de bijlage van het verslag.

Gezamenlijk leerdoel Amber & Ilse

Wij willen samen een zelf gevonden opdracht opzetten, uitvoeren en opleveren aan een bedrijf naar keuze. Hier zullen de eisen en wensen van het bedrijf en mede van de beoordelende school in mee genomen worden. Dit is gelukt als alles wat in dit projectplan is uitgevoerd en ingeleverd bij de beoordelende docenten.

1.11 Bijlage

Richtlijn flexorpeesletsel, de postoperatieve behandeling

Doelstelling

Het vastleggen, het verbeteren van eenduidig werken en het inzichtelijk maken van de revalidatiebehandeling van patiënten met een flexorpeesletsel.

Toepassingsgebied

Uitvoerenden:

- Revalidatiearts
- Fysiotherapeut
- Ergotherapeut

Doelgroep:

Patiënten die zich presenteren op de afdeling revalidatiegeneeskunde met een flexorpeesletsel.

Referentiewaarden

Er zijn vier fases aangegeven voor dit oefenprogramma die gebaseerd zijn op gegevens uit de wondhelingsprincipes, m.n. de collageensynthese:

- 1-4 weken p.o. – fase 1
- 4-5 weken p.o. – fase 2a
- 6-8 weken p.o. - fase 2b
- Na 8 weken p.o. – fase 3

Niet elke patiënt zal de herstelfasen die onder ‘referentiewaarden’ genoemd worden, precies volgens die tijdsindeling volgen. De snelheid waarmee de individuele patiënt dit programma doorloopt is afhankelijk van de hoeveelheid adhesies die de patiënt ontwikkelt en hoe de pees glijdt. Als een patiënt een uitstekend glijdende pees heeft en dus weinig adhesies heeft ontwikkeld dan zal de pees juist langer worden beschermd en zal het programma precies worden gevolgd, of zelfs langzamer. Als er veel adhesies zijn en de pees lijkt ‘vast’ te zitten dan zal die patiënt het programma wat sneller doorlopen

Contra indicaties:

Infecties

Definities en afkortingen

p.o. = post operatief

PIP = proximaal interfalangeaal gewricht

DIP = distaal interfalangeaal gewricht

MCP = metacarpofalangeaal gewricht

Benodigdheden

Apparatuur

Spalkenbak

Hulpmiddelen

Spalkmateriaal

Multidisciplinair overleg

Werkwijze

Het primaire proces

1 - 4 weken

Bij aanvang van de behandeling wordt als er een spalk gemaakt.

Doordat de spalk de extensie van de vingers en pols belemmert, komt er geen spanning op de hechtingen van de pezen. Wanneer de hand/arm uit de spalk is moeten de pols en de vingers in het beginstadium altijd in flexie gehouden worden. De pols en vingers kunnen eventueel passief in flexie gehouden worden door patiënt of therapeut.

Spalk:

Correcte stand is:

Pols 30° flexie; MCP's 70° flexie (zone 1 t/m 3)

Pols recht, MCP in 60 graden (zone 4 en 5)

Duim: pols recht, CMC max. oppositie

Er **moet volledige PIP extensie** mogelijk zijn. Elastische tractie wordt aangebracht, zodanig, dat de vingers in flexie rusten, maar dat volledige vingerextensie binnen de spalk mogelijk is. Het streven is om dit binnen een week te behalen.

Instructie aan patiënt:

- Duidelijk uitleggen waarom actief buigen van de hand absoluut niet mag.
- De arm moet goed hoog worden gehouden evt. sling verstrekken om te ondersteunen
- De spalk wordt 24 uur gedragen en mag alleen af voor de wondverzorging
- Wanneer de spalk af is mag men de hand absoluut niet strekken.

Oefenprogramma:

Volledige actieve extensie binnen de spalk – elk uur 10 keer herhalen.

Tevens de schouder en elleboog even los maken.

Oefenschema door therapeut zowel met de spalk om als af:

- Actieve extensie (in spalk) PIP en DIP
(let op MCP en wegglijden van de arm in spalk naar proximaal)
PIP en DIP moeten na de eerste week tot 0 graden kunnen strekken dus eventueel ook passief mobiliseren.
- De MCP's kunnen in flexie geduwd worden om de extensie in PIP en DIP te accentueren
- Passieve flexie PIP en DIP (patiënt met de andere hand)

Preventie infectie/ littekenbehandeling:

- Wondverzorging:
- altijd met schone handen werken (handschoenen)
- regelmatig controle hechtingen
- steriele gaasjes (controle op wondvocht)
- wond sproeien met schoon leiding water
- eventueel met alcohol schoonmaken
- bij bloed/wond vocht, gaasje tussen de vingers doen om smetten/ decubitus te voorkomen
- bij wond: - noteren in status
- jodium gebruiken

Litteken:

- massage evt. met massageolie, nadat de hechtingen verwijderd zijn en de wond dicht is
- cica care verstrekken

- druk therapie

Preventie contracturen:

Het grootste probleem is het voorkomen van flexiecontracturen. Afgezien van het belang van de goedzittende spalk waarin **volledige** PIP extensie mogelijk is volgen hier enkele tips:

1. de patiënt kan tijdens de actieve extensie een vinger achter de proximale phalanx plaatsen en het MCP in maximale flexie houden.
2. ook kan een vilt-wig gemaakt worden of een rolletje gaas worden gebruikt.

Als na 1 week nog geen volledige PIP extensie mogelijk is:

Kan worden besloten om geen dynamische tractie te handhaven gedurende de nacht maar in plaats daarvan 's nachts de vingers tegen het dak van de spalk te fixeren d.m.v. klittenband. Soms wordt zelfs de dynamische tractie geheel vervangen door dit spalkmodel en gecombineerd met actieve extensie (**zonder** dynamische tractie) en passieve oefeningen.

Preventie oedeem:

- zoveel mogelijk de hand hoog houden boven hartstreek
- druk therapie
- oppervlakkige massage
- preventie beklemming door spalk, bandages e.d.
- evt. drukhandschoen of silconenvinger
- wrapping

Metingen:

Zowel de flexie als extensie worden passief gemeten (PIP en DIP)

Registreren van het oedeem.

Sensibiliteit kan getest worden met de Semmes-Weinstein filamenten, mogelijk in de vierde of vijfde week en vlak voor het ontslag.

Extra-protocollair:

- versneld protocol bij adhesie
- vertraagd protocol bij zenuwletsel en een extreem goed glijden van de pees

4 - 5 weken

Spalk:

De Kleinert spalk wordt alleen nog 's nachts gedragen. Overdag gebeurt de elastische tractie via een polsbandje. Wel moet de patiënt worden geïnstrueerd dat pols- en vingerextensie **tegelijk** moet worden vermeden.

Oefenprogramma:

Nog steeds moeten elk uur de vingers worden gestrekt maar nu met de pols in neutrale positie. Het passieve oefenprogramma wordt nog steeds uitgevoerd. 'Place-hold' oefeningen: vingers passief in maximale flexie zetten en patiënt actief aan laten spannen om de vingers gebogen te houden, zowel de PIP als DIP. Polsextensie mag worden geoefend als de vingers passief in volledige flexie worden gehouden.

Massage/ littekenbehandeling door druk moet worden voortgezet.

Maatregelen ter vermindering van oedeem moeten ook worden voortgezet.

Contractuurbestrijding (PIP!) moet zonodig ook worden voortgezet.

6 - 8 weken

Spalk:

Polsbandje wordt gestopt.

Oefenprogramma:

Place-hold oefeningen zijn nu overgegaan in actieve flexie oefeningen in de drie standen die peesgliden bevorderen.

In deze periode staat ook weer het geleidelijk aan opvoeren van de belastbaarheid op de voorgrond. Er kan geoefend worden met lichte voorwerpen. Weerstand moet nog vermeden worden.

Aandacht voor werkhervatting.

Na 8 weken

Na 8 weken mag er weerstand worden gegeven en kunnen de FDP en FDS selectief worden aangespannen door middel van blokkeeroefeningen.

Oefenprogramma:

- weerstand in oefeningen inbrengen d.m.v. blokkeeroefeningen en putty
- selectieve oefeningen FDP en FDS
- belastbaarheid opvoeren

Bijvoorbeeld:

1. weerstandsoefeningen (met gewichten van 1 kilo opbouwen tot 3 of 4 kilo) waarbij pronatie/ supinatie en polsflexie/ -extensie worden gecombineerd met de knijpfunctie van de hand.
2. oefeningen voor de gehele bovenste extremiteit
3. duurbelasting
4. simulatie van de werksituatie (denk aan sensibiliteitsverlies!).
5. langdurige lichte activiteit.

Het thuisprogramma kan inhouden:

- putty oefeningen

In deze late fase is het belangrijk om de hoeveelheid weerstand en de tijdsduur per oefening (m.n. bij werksimulatie) op te voeren. Voordat de patiënt kan terugkeren naar het werk moet een onderzoek worden gedaan naar de mogelijkheden van de patiënt naar ook naar de onmogelijkheden. Vooral moet worden opgepast voor patiënten met een verlies van sensibiliteit. Deze kunnen zich niet alleen ernstig verwonden, ook kan door het ontbrekende gevoel bij zwaar werk ongemerkt blaarvorming optreden die zelfs tot open wonden kan leiden.

Nazorg

Voor de controles gaat de patiënt terug naar de plastisch chirurg cq. operateur, bij afronding van de revalidatiebehandeling komt de patiënt voor standaardcontrole na drie maanden terug op de poli bij de revalidatiearts.

Verslaglegging en rapportage

Verslaglegging vindt plaats in ParaNICE en in de map van de fysiotherapeut, volgens de richtlijn verslaglegging KNGF.

Complicaties

Infecties, verklevingen, doorbloedingproblematiek, vegetatieve ontregeling (dystrofie) opnieuw laesie pees, zenuw, bloedvat, etc. Bij optreden terugsturen naar revalidatiearts en/ of operateur.

Documentbetrokkenen	Naam	Functie
Eigenaar	M. Boer	Hoofd revalidatiegeneeskunde

Auteurs	J.E. van Wordragen E. Rigterink	Fysiotherapeut Ergotherapeut
Inhoudsdeskundige	L. Kriek	Revalidatiearts
Beheerder	A. Breur	Beheerder DKS Patiëntenzorg
Autorisator	F.L.A.Korver	Directeur patiëntenzaken

Geachte meneer/mevrouw,

U bent door Ilse Kat of Amber Kraakman benaderd voor eventuele deelname aan een klinisch observatie onderzoek. In deze brief kunt u informatie over dit onderzoek nog eens rustig nalezen.

Waarom dit onderzoek?

Dit onderzoek wordt gedaan om een beter inzicht te krijgen in het product dat in ontwikkeling is. Dit product is een systeem om patiënten met handletsel, aan de palmzijde van de hand, een gebogen stand van de hand op te leggen. Deze stand komt overeen met een vuist in rust maar met de mogelijkheid om de vingers te strekken, totdat de vingers 90 graden gebogen zijn ten opzichte van de handpalm. Door deelname aan dit onderzoek kan informatie ingewonnen met betrekking tot:

- Stand die het product uw hand laat maken;
- Problemen die veroorzaakt kunnen worden wanneer een hand groter of kleiner is in verhouding met het ontwikkelde product;
- Pijnklachten door toedoen van het ontwikkelde product;
- Punten die nog aandacht vereisen.

Opzet van het onderzoek

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in het bijzijn van Ilse of Amber. De ruimte waarin dit gebeurd heeft geen specifieke eisen. Op het moment van het onderzoek zal aan u gevraagd worden het product een half uur te dragen. Tijdens dit half uur zal u 20 keer een voorgedane oefening uit voeren. Wanneer het half uur voorbij is zal wordt er afgesloten met een vragenlijst over het product.

Dit onderzoek zal drie keer uitgevoerd worden, verdeeld over een periode van 10 weken. De specifieke data hiervoor zal in overleg met u besproken worden.

Wat houdt dit onderzoek in?

Dit onderzoek houdt in dat u drie keer een product voor een half uur draagt en 20 keer een oefening uitvoert.

Wat u moet dragen

Om het product zo snel mogelijk te bevestigen is het handig als u de volgende kleding draagt:

- Een shirt met korte mouwen.

Als omkleden nodig is, dit graag voor aanvang van de test doen.

Inzage gegevens, privacy

Naast Ilse Kat en Amber Kraakman zijn er nog een aantal docenten van de Haagse Hogeschool bij dit project betrokken. Om uw privacy te beschermen kunnen alleen de aangesloten betrokkenen bij de verkregen vragenlijsten komen. Alle gegevens zijn vertrouwelijk, dus bij de resultaten zullen geen namen of persoonlijke gegevens weergegeven worden. Mocht u naderhand zelf interesse hebben in de algemene resultaten, dan kunt u deze via de mail opvragen.

Vragen, klachten

Hebt u na het lezen van deze brief nog vragen, aarzel dan niet om deze aan Ilse Kat of Amber Kraakman te stellen. Mocht u klachten hebben over de gang van zaken, maak deze dan kenbaar aan ons. Het kan voorkomen dat u uw probleem of klacht niet rechtstreeks met de betrokken kunt of wilt bespreken. U kunt uw klacht dan mondeling of schriftelijk indienen bij een van de docenten van de Haagse Hogeschool.

Wij hopen u hiermee voldoende over dit onderzoek geïnformeerd te hebben.

Met vriendelijke groet,

Ilse Kat en Amber Kraakman

Toestemmingsbrief

Klinisch observatie onderzoek

Ondergetekende

(invullen in blokletters)

Naam patiënt:

Geboortedatum:/...../.....

Bevestigt dat:

Hij/zij de informatiebrief voor de proefpersoon heeft gelezen en de informatie begrijpt. Hij/zij de gelegenheid heeft gehad om aanvullende vragen te stellen. Deze vragen naar tevredenheid beantwoord zijn. Hij/zij voldoende tijd gehad heeft om over deelname na te denken.

Hij/zij weet dat zijn/haar deelname geheel vrijwillig is en dat toestemming op ieder moment ingetrokken kan worden zonder opgaaf van reden.

Hij/ zij toestemming geeft om de gegevens te verwerken voor de doeleinden zoals beschreven in de informatiebrief.

Hij/zij toestemming geeft voor deelname aan bovengenoemd onderzoek.

Plaats: (plaatsnaam)

Datum:/...../.....

Handtekening:

Invullen door Amber Kraakman of Ilse Kat:

Naam onderzoeker :

Datum ontvangst:/...../.....

Handtekening
onderzoeker:

