

Het effect van torsie op gehaakt hechtdraad in handpeesherstel

Bacheloropdracht voor de bachelor Life Science and Technology
Rijksuniversiteit Groningen, afdeling Biomedical Engineering

Door: Jan-Willem het Lam

Supervisors: Prof. dr. ir. G.J. Verkerke en

In samenwerking met: Ellen Meerman

Samenvatting

J.W. het Lam, Universitair Medisch Centrum Groningen afdeling Biomedical Engineering

Het effect van torsie op gehaakt hecht draad in handpeesherstel

Doel

In eerdere onderzoeken is aangetoond dat gehaakt hecht draad in de toekomst een goede oplossing zou kunnen gaan vormen voor handpeesherstel. Vanwege tekortkomingen in de bestaande gehaakte hecht draden werd er een nieuwe methode bedacht, namelijk het gebruik van torsie op de hecht draden tijdens de preparatie ervan. Dit onderzoek staat in het teken van deze nieuwe methode, het is de bedoeling dat het effect van de torsie getest wordt om zo al dan niet te kunnen concluderen of het daadwerkelijk een verbetering is binnen het onderzoek.

Methodes

Voor Test 1 zijn er 8 PDS 3-0 draden (Ethicon, Johnson and Johnson, Hamburg Duitsland) op verschillende manieren geprepareerd. Elke draad had een andere inkepinghoek/ inkepingafstand/torsie configuratie. Deze geprepareerde draden werden door een stukje schuimrubber getrokken, waarbij er op een veerunster gekeken werd naar de maximale trekkracht.

In Test 2 zijn twee typen draden gebruikt, met als basis PDS 3-0 draden. Het ene type was geprepareerd met alle haakjes één kant op (unidirectioneel) en het andere type met de haakjes vanaf het midden twee kanten op (bidirectioneel). Met deze draden zijn er 12 reparaties gemaakt van varkensspezen, dit alles met een Kessler hechting. Deze reparaties zijn getest (Zwicki Z2.5/TS1S) en gefilmd (Canon XH G1s, Canon Inc. Japan) om de maximale trekkracht (F_{\max}) en de kracht nodig voor het bereiken van de 2mm-gap ($F_{2\text{mm}}$) te bepalen. Na het testen van de reparaties, werden de verschillende delen van de gebruikte draad onder een microscoop bekeken, om zo de vervorming van de haakjes te evalueren.

Resultaten

Test 1 liet zien dat de draden met de kleinste inkepinghoek, kleinste inkepingafstand en meeste torsie de meeste weerstand opleveren (respectievelijk 25° , 1 mm en 75 rotaties).

Test 2 resulteerde in een significant verschil tussen de F_{\max} van beide configuraties ($P < 0,01$). Hier was de bidirectionele variant met 19,0 N sterker dan de unidirectionele met 13,0 N. Het verschil tussen de $F_{2\text{mm}}$ van beide configuraties was geen significant verschil (uni 9,9 N en bi 12,1 N). De evaluatie van de haakjes gaf aan dat de hoogste mate van vervorming in het transversale stuk was.

Conclusies

Na de resultaten van Test 1 is de gevonden configuratie gebruikt in Test 2. In Test 2 kon geconcludeerd worden dat de bidirectionele configuratie beter resultaat levert dan de unidirectionele. Ook werd duidelijk dat de tests een keer herhaald moeten worden met dickere draden om het potentieel van deze nieuwe methode te kunnen bewijzen.

Inhoud

Samenvatting	2
Inhoud	3
Introductie	4
Toelichting medische achtergrond	5
Toelichting productie- en het torsieprincipe	6
Test 1 – Optimale parametersamenstelling	7
Inleiding ‘Test 1’	7
Doel en hypothese	7
Materiaal en methode	7
Resultaten	8
Discussie	8
Conclusie	9
Test 2 – Uni- en bidirectionele configuratie in varkenspezen	10
Inleiding ‘Test 2’	10
Doel en hypothese	11
Materiaal en methode	12
Verkrijgen van de pezen	12
Gebruikte hecht- draden en technieken	12
Gebruikte testopstelling en protocol	12
Evaluatie van de haakjes	12
Resultaten	14
Biomechanische tests	14
Evaluatie van de haakjes	15
Discussie	15
Draaddikte en haak-oppervlak	15
Biomechanische tests	15
Evaluatie van de haakjes	15
Conclusie	16
Unidirectionele vs. bidirectionele haken	16
Efficiency	16
Evaluatie van de haakjes	17
Potentie van de draden	17
Redenering: betreffende de efficiency	17
Redenering: betreffende F_{\max} en $F_{2\text{mm}}$	17
Voorgesteld vervolg van dit onderzoek	18
Slotconclusie	18
Referenties	19
Nawoord	20

Introductie

Al enige tijd is de Biomedical Engineering- (BME) afdeling in samenwerking met de afdeling Plastische Chirurgie van het Universitair Medisch Centrum Groningen (UMCG) bezig met het onderzoeken van nieuwe technieken om handpeesletsel beter te herstellen. In dit onderzoek kwam het idee naar voren om 'barbed suture' (hechtdraad met kleine haakjes), wat al gebruikt wordt in de plastische chirurgie, te gebruiken. Dit gehaakte hechtdraad voldeed echter niet aan de eisen. Het onderzoek naar gehaakt hechtdraad is hoofdzakelijk gedaan door E. Meerman, zij heeft hier ook een verslag over geschreven.¹ Met haar toestemming zal ik in deze bacheloropdracht data en afbeeldingen gebruiken zonder elke keer naar haar verslag te refereren.

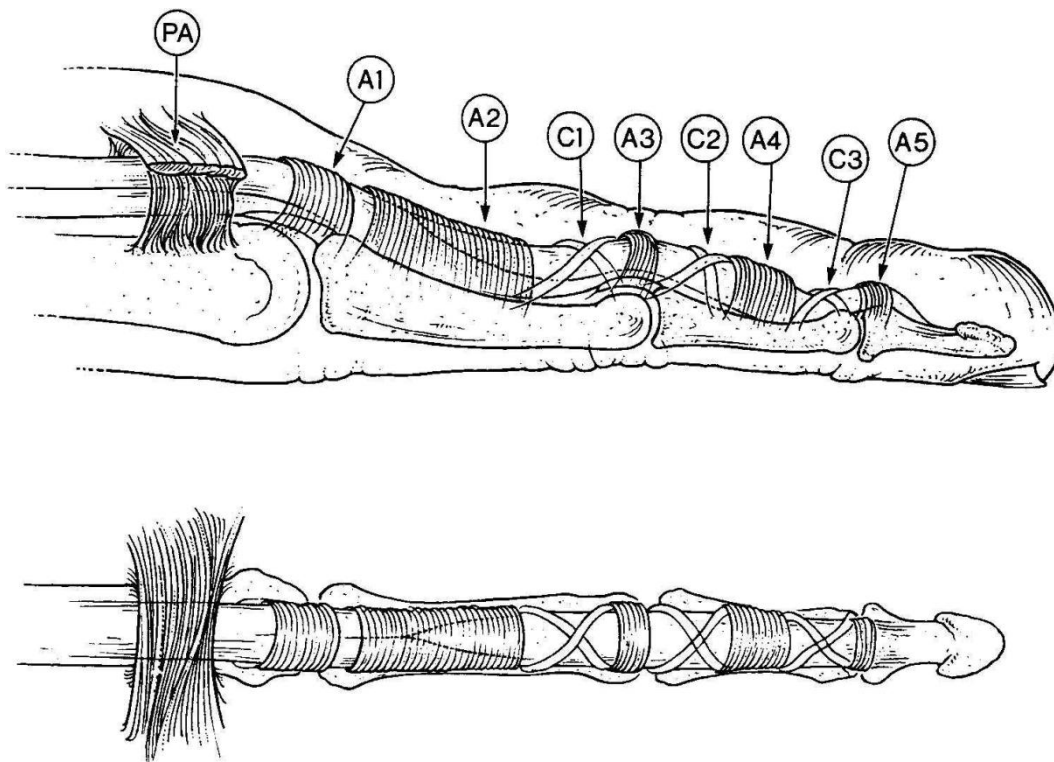
Om dit gehaakte hechtdraad te verbeteren kwam men met idee om tijdens de productie torsie op de draad te zetten, dan de inkepingen te maken en vervolgens de torsie weer van de draad te halen. Op deze manier zouden de haakjes verder uitstaan om zo meer weerstand op het peesweefsel uit te oefenen. Om dit te testen had de BME-afdeling een eigen snij-apparaat nodig. Het prototype voor dit apparaat is door J.W. het Lam ontworpen en is gemaakt in samenwerking met de Research Instrumentmakerij van het UMCG.² In de loop van het jaar is het prototype steeds verbeterd zodat hij gebruikt kon worden voor verdere tests.

Het apparaat is klaar, de theorie is er, nu rest alleen het testen nog. Het testen van verschillende parameters (inkepingfrequentie, inkepinghoek en torsiehoek) en hechttechnieken zal de invulling zijn voor dit bacheloronderzoek. De medische achtergrond is uitvoerig beschreven in de Bachelorscriptie. Wel zal ik het hierboven kort beschreven productieproces wel verder toelichten en daaropvolgend duidelijk de uitgevoerde tests beschrijven en bediscussiëren.

Toelichting medische achtergrond

Tijdens werkzaamheden met zware materialen of grote machines gebeuren veel ongelukken, waarvan een groot deel met de hand. Bij deze ongelukken wordt er vaak één of meerdere vingers dusdanig beschadigd dat herstel moeilijk en langdurig is. In dit geval zijn er pezen doorsneden op plekken waar het lastig repareren is.

In figuur 1 is een vinger te zien als dwarsdoorsnede, waarin het bot en de pees op schaal getekend zijn. De pees ligt langs het bot en wordt op zijn plek gehouden door de peesschacht. De enige plek in de vinger waar de pees zelf vastzit is aan het topje, bij A5. De plek waar peesletsels de moeilijkste reparaties geeft is het gedeelte tussen A1 en A4



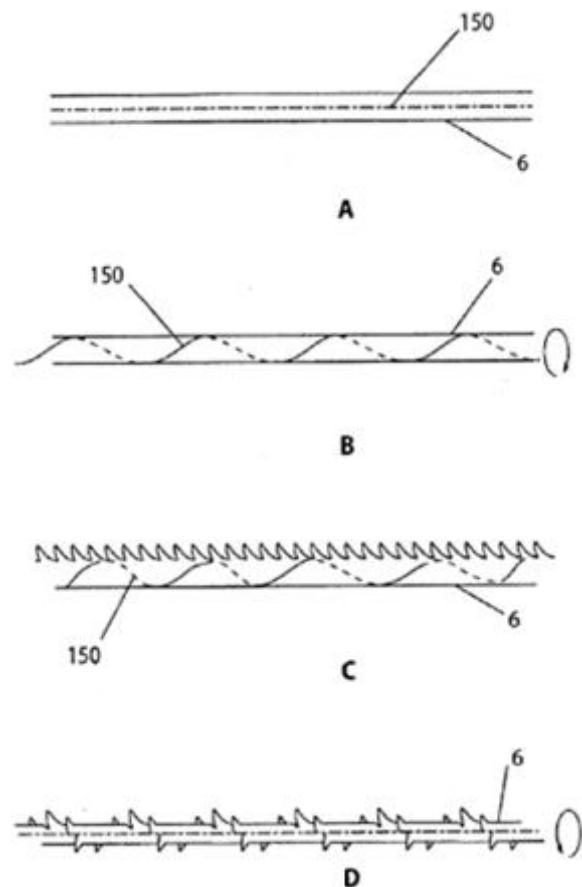
Figuur 1 Dwarsdoorsnede en bovenaanzicht van het bot en de pees in een vinger

Wanneer de pees in dit gedeelte aan elkaar gehecht wordt, is de hechting niet sterk genoeg om vingerbeweging toe te staan. Tijdens de eerste 4 weken van de revalidatie wordt de hand dan ook gespalkt en is er geen actief herstel mogelijk. Dit heeft vaak tot gevolg dat de patiënt zijn of haar handfunctie niet geheel terugkrijgt. Ook kan de reparatieplek dik worden en daardoor stroef glijden door de peesschacht of er zelfs aan vast kleven/groeien.

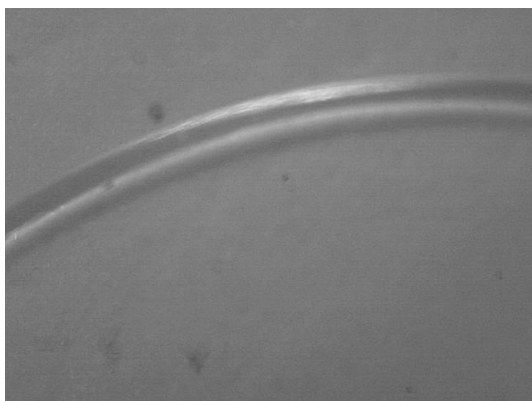
Om dit te voorkomen moet actief herstel mogelijk gemaakt worden. Hiervoor is hecht draad nodig wat een trekkracht van minimaal 45 N kan weerstaan en tot die waarde maximaal een ruimte tussen de peesuiteinden (gap) krijgen van 2 mm. Met een grotere gap zal het herstel slecht zijn en zal er ook hier een verdikking optreden op de plek van de reparatie met alle gevolgen van dien.

Toelichting productie- en het torsieprincipe

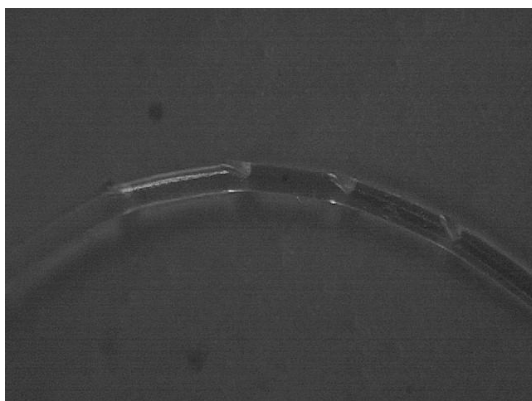
Wanneer we de draad beschouwen als in figuur 2A, nemen we één lijn op de draad (aangegeven met 150) ten opzichte van de totaliteit van de draad (aangegeven met 6). Wanneer er voor het maken van inkepingen torsie op de draad gezet wordt (2B), zien we dat lijn 150 een spiraalvorm aanneemt ten opzichte van lijn 6. Nu worden de inkepingen gemaakt (2C) en wordt de draad losgelaten van torsie (2D). Er is goed te zien dat de haakjes dezelfde spiraalvorm aannemen, alleen nu in spiegelbeeld. Deze spiraal zorgt ervoor dat er rondom de draad weerstand is en niet aan één zijde. Ook zorgt het ervoor dat de haakjes naar buiten geduwd/gewrongen worden. Dit laatste is echter niet goed te zien op het plaatje, daarom volgt er ook een serie foto's van enkele haakjes, gemaakt met en zonder torsie (figuur 3).



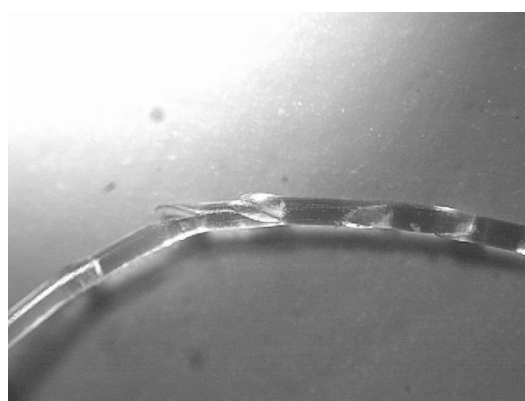
Figuur 2 Preparatie van gehaakte hechtdraad waar torsie op gezet is



A



B



C

Figuur 3 Een hechtdraad zonder haakjes (A), een hechtdraad met haakjes, zonder torsie (B) en een hechtdraad met haakjes, met torsie (C).

Test 1 – Optimale parametersamenstelling

Inleiding ‘Test 1’

De fabricage van de hechtdraad met inkepingen kent verschillende parameters. Zo kan het apparaat een inkepinghoek aannemen tussen 90° en 25° bij een vaste tussenafstand van 1 mm (minder kan niet, het ene haakje zou op die manier het andere verzwakken). Verder is de torsie te variëren tot 150 omwentelingen per 20 cm (meer kan niet, dit zou de draad plastisch vervormen). Aangezien het niet duidelijk is welke combinatie van parameters het beste resultaat zal opleveren, zal er getest worden welke dit is.

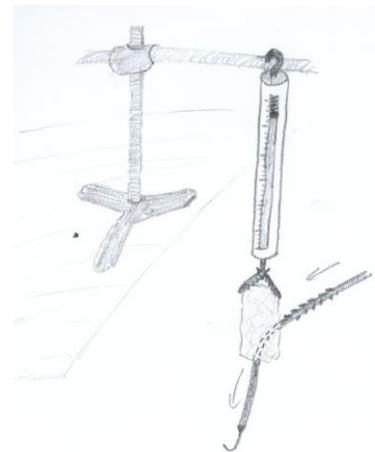
Doel en hypothese

Het doel van deze test is om de parameterconfiguratie die de meeste weerstand opwekt te vinden binnen de hierboven genoemde grenzen van het prototype. De verwachting is dat de configuratie met de meeste haakjes (minste afstand tussen de inkepingen), met de hoogst mogelijke torsie (dus maximaal haalbare uitwijking van de haakjes ten opzichte van de draad) en kleinste hoek (langste haakjes en scherpste punten) de beste resultaten zullen halen. Door de lange haken en de grote hoeveelheid haken zal er veel wrijvingsoppervlakte zijn, waarvan veel in contact komt met het weefsel door de hoge mate van uitwijking en de scherpe punten (dringt in het weefsel).

Materiaal en methode

Voor deze test tussen de verschillende parameters wordt er een makkelijke testopstelling gebruikt, die niet echt te vergelijken is met de situatie in de pees, maar dat is ook niet nodig aangezien het een vergelijking is tussen de parameters en niet met andere tests.

Om de relatieve weerstand te meten, wordt er aan een veerunster van 600g (op 5g nauwkeurig) een blokje schuimrubber gehangen van 2 x 4 cm. Vanaf de onderkant gezien wordt er op 1,5 cm een streep gezet om zo bij alle tests hetzelfde wrijvingsoppervlak te hebben. Aan het hechtdraad bevindt zich nog de naald, die in het midden van de 1,5 cm lijn naar binnen wordt gestoken en er precies in het midden van de onderkant uitgehaald wordt (figuur 4)



Figuur 4 Testopstelling test 1

Tijdens de test worden alle draden met dezelfde snelheid en door dezelfde persoon door het rubber gehaald. Hierbij wordt gekeken naar de hoogste waarde aangegeven op de veerunster en deze wordt genoteerd.

Van elke parameter worden 3 verschillende waarden gekozen; een minimum, een maximum en het midden daarvan. Er zouden 27 mogelijkheden getest moeten worden, maar om het simpel te houden worden er 7 tests gedaan waar ook alle informatie uit gehaald kan worden. Deze 7 tests zijn te zien in tabel 1.

Noot: 75 rotaties was het maximale, hierboven beschadigde de draad na het insnijden. De andere twee waarden zijn mooie stappen tussen 0 en 75 rotaties, vandaar deze keuze.

Tabel 1 Parameterconfiguraties

Testnummer	Inkepinghoek (graden)	Torsie (rotaties)	Tussenafstand (mm)
1	25	50	2
2	30	50	2
3	35	50	2
4	30	25	2
5	30	75	2
6	30	50	1
7	30	50	3
8 (blanco)	-	-	-

Resultaten

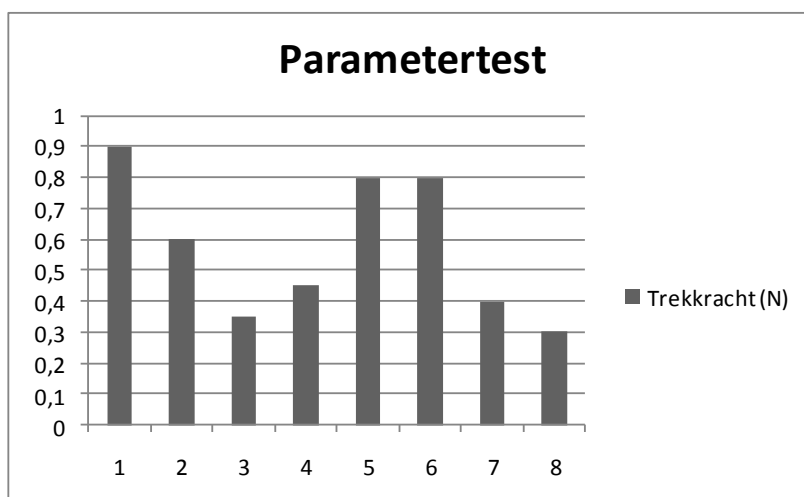
De resultaten van de tests zijn weergegeven in tabel 2 en figuur 5

Discussie

Wanneer we de resultaten bekijken en we de losse parameters (tabel 2 en figuur 5) met elkaar vergelijken zien we dat variant met de kleinste hoek (nr.1- 0,90 N) een hogere weerstand heeft dan de varianten met de grotere hoeken (nr.2- 0,60 N en nr.3- 0,35 N). Bij het aantal rotaties zien we dat het draad met de meeste rotaties (nr.5- 0,80 N) meer weerstand oplevert dan die met minder rotaties (nr.2- 0,60 N en nr.4- 0,45 N). Als laatste worden de verschillende inkepingafstanden bekeken. De kleinste waarde (nr.6- 0,80 N) heeft hier een hogere weerstand dan de hogere waarden (nr.2- 0,60 N en nr.7- 0,40 N). Sommige draden gaven een constantere weerstand dan andere, dit is niet meegenomen in deze test. Dit zou echter wel invloed kunnen hebben op latere tests.

Tabel 2 Parametertest resultaten

Testnummer	Trekkracht (N)
1	0,90
2	0,60
3	0,35
4	0,45
5	0,80
6	0,80
7	0,40
8	0,30

**Figuur 5**
Parametertest resultaten

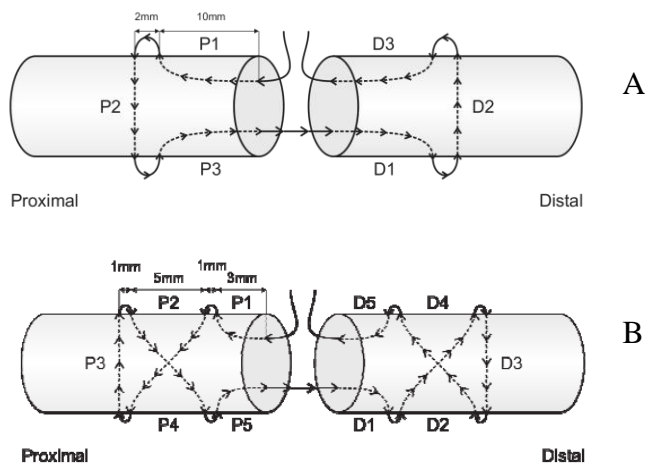
Conclusie

Uitgaande van de resultaten kan er geconcludeerd worden dat de configuratie met de kleinste inkepinghoek, de maximale torsie en de kleinste tussenafstand voor dit prototype hoogst haalbare weestand oplevert. De maximale configuratie is dus een inkepinghoek van 25° , een torsie van 75 rotaties en een inkepingafstand van 1 mm. Wellicht valt er nog meer te halen met een kleinere hoek, maar het is binnen de tijd van dit onderzoek niet meer mogelijk om het prototype aan te passen. Deze configuratie zal bij de hierop volgende tests gebruikt worden.

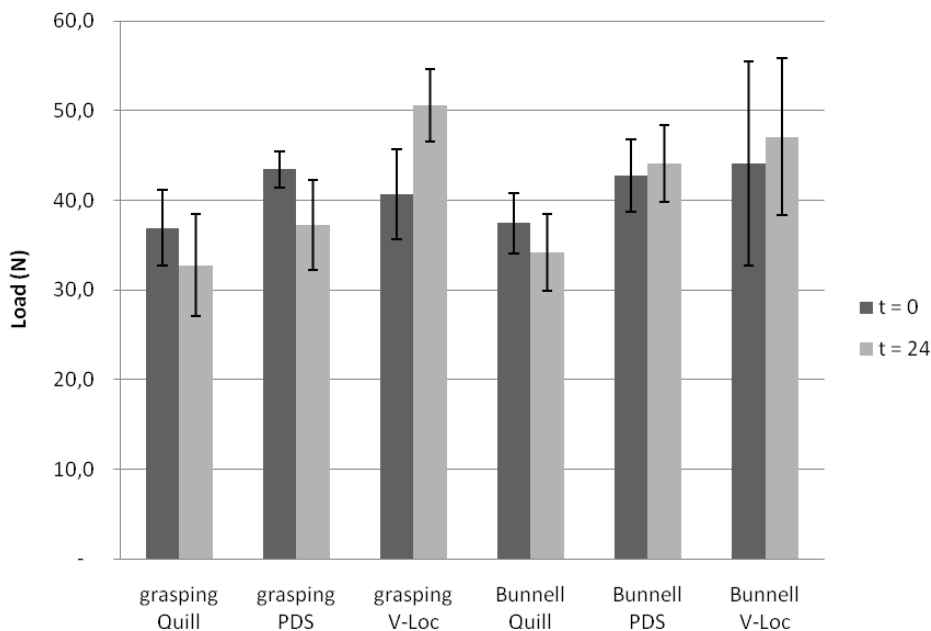
Test 2 – Uni- en bidirectionele configuratie in varkensspezen

Inleiding ‘Test 2’

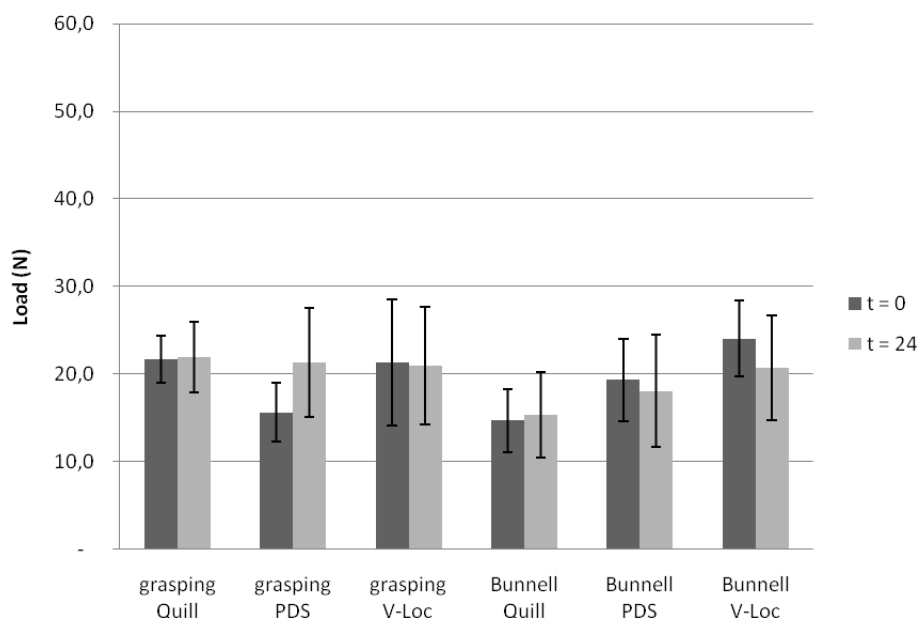
In eerdere tests met gehaakt hecht draad, uitgevoerd door Ellen Meerman en Jesse van Lieshout, is gekeken naar reeds bestaande hecht draden om ze onderling te vergelijken. Van de onderzochte draden kwam de V-Loc 180 (Covidien, Inc. Ierland) het beste uit de tests. Deze draad haalde de eis van de maximale trekkracht 45N in beide configuraties (figuur 6 en 7) De twee configuraties verschilden niet significant van elkaar. De eis van 2mm-gap werd niet gehaald (figuur 8), dit blijft dus een probleem.



Figur 6 De Kessler ‘grasping’ hechtconfiguratie (A) en de Bunnell hechtconfiguratie (B)



Figur 7 Maximale trekkracht (F_{max})

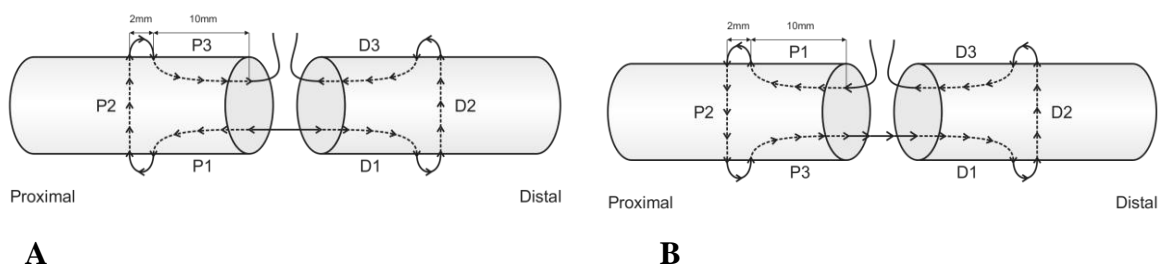


Figuur 8 Kracht nodig voor het bereiken van de 2mm-gap (F_{2mm})

Doel en hypothese

Nu de beste parameterconfiguratie voor onze draden bekend is, is het mogelijk om dezelfde tests uit te voeren als met de andere, bestaande gehaakte hechtdraden is gedaan. Op die manier is het mogelijk de resultaten te vergelijken om er zo achter te komen of het een voordeel is om torsie op de draden te brengen alvorens de draden te prepareren. De verwachting is dat de verder uitstaande haakjes en de hogere dichtheid haakjes een hogere weerstand zullen leveren en daardoor een hogere waarde hebben voor de F_{2mm} .

Het tweede waar naar gekeken wordt is het verschil tussen unidirectionele (alle haakjes één kant op) en bidirectionele draden (de haakjes staan vanuit het midden van de draad twee verschillende kanten op). Zo gebruikt Quill SRS een bidirectionele draad (figuur 9A) terwijl V-Loc een unidirectionele draad (figuur 9B) gebruikt. Wellicht zijn de uitkomsten van het vorige onderzoek wel niet zo makkelijk te vergelijken als wordt gedacht. Het geven van een goede verwachting is het echter heel moeilijk, aangezien je in beide gevallen twee delen in de hechtconfiguratie hebt die tegen de trekrichting ingaan (P1 en D1). Toch is de verwachting dat een bidirectionele draad zich beter houdt vanwege het feit dat de twee (gezien de trekrichting) ruwste delen recht tegenover elkaar liggen terwijl bij een unidirectionele draad de hechting zich scheef zal trekken, wat de kwaliteit van de hechting zal verslechteren.



Figuur 9 Kessler configuratie met een bidirectionele draad (A) en Kessler configuratie met een unidirectionele draad (B)

Materiaal en methode

Verkrijgen van de pezen

In deze test zijn 12 pezen gebruikt. Deze pezen zijn uit de voorpoten van volwassen varkens gesneden. De pezen hadden een lengte van ongeveer 8 cm en zijn doormidden gesneden op de plek waar de reparatie zou plaatsvinden, waarna ze ingevroren zijn om 4°C. De pezen zijn 12 uur voor de tests ontdooid en de tests werden gedaan op kamertemperatuur. Alle reparaties werden gedaan door dezelfde persoon.

Gebruikte hecht- draden en technieken

In deze test zijn 6 PDS 3-0 (Ethicon, Johnson and Johnson, Hamburg Duitsland) unidirectioneel en 6 PDS 3-0 bidirectioneel gebruikt. De hechttechniek die gebruikt is, is de Kessler hechting. De draden werden bij de uni-variant tussen de P1 en D3 en bij de bi-variant tussen P3 en D3 aan elkaar geknoopt.

Gebruikte testopstelling en protocol

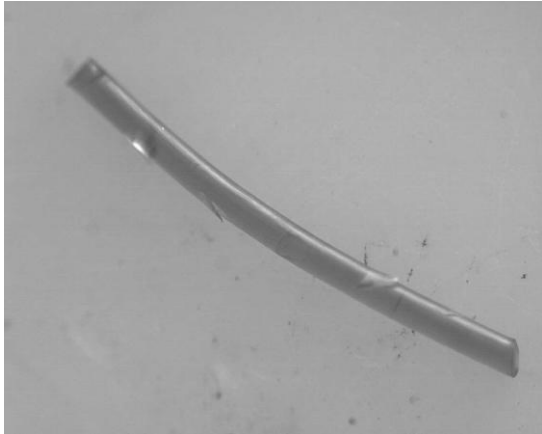
Voor deze test werd een Zwick type Z2.5/TS1S trekbank (Zwick GmbH & Co. KG, Ulm) gebruikt. De gerepareerde pezen werden in, de hiervoor gemaakte en in eerdere tests ook gebruikte, klemmen vastgezet. De proximale zijde naar boven gericht. Op de pezen werd een voorspanning van 1N gezet waarna de klemmen met een snelheid van 25 mm/minuut van elkaar bewogen. De trekbank stopte wanneer de kracht gedaald was naar 25% van de maximale trekkracht. Het computerprogramma sloeg de F_{max} op. Aan de klemmen was een liniaaltje vastgezet, zodat later op de video-opname de F_{2mm} en de maximale gap afgelezen kon worden. De video-opname werd gedaan met dezelfde camera als de vorige keren (Canon XH G1s, Canon Inc.).

Evaluatie van de haakjes

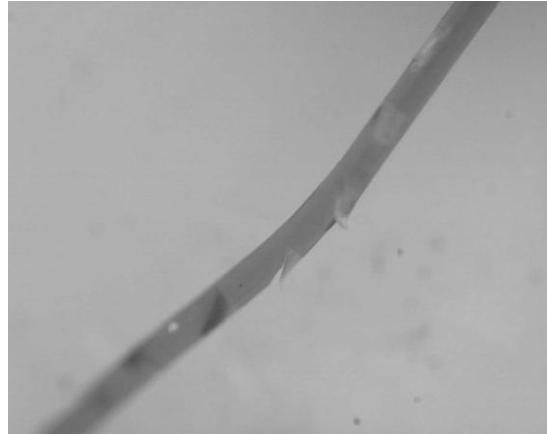
Na afloop van de tests werd elk deel van de hechting opgezocht en losgesneden, waarna er een score werd gegeven van 1 t/m 5, waar 1 niet beschadigd en 5 erg beschadigd is (tabel 3 en figuur 10). Dit om een weergave te geven wat en waar het mis ging bij het breken van de draad.

Tabel 3 Classificatie van de haakjes na afloop van de tests

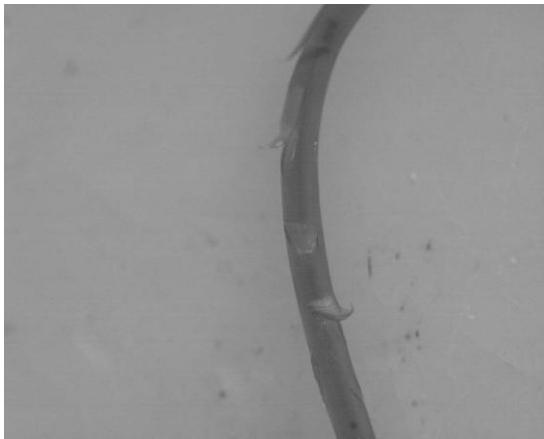
Deformatie	Score
Zoals ongebruikt draad	1
Punten zijn naar buiten gericht	2
Haakjes zijn gekruld	3
Haakjes zijn omgevouwen	4
Haakjes zijn uitgescheurd	5



1



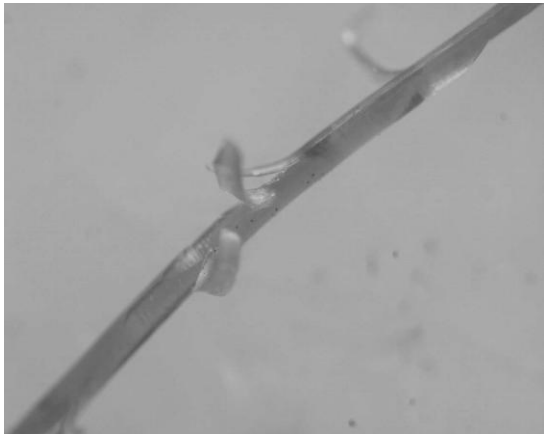
2



3



4



5

Figuur 10 Microscopiebeelden van de zelf geprepareerde gehaakte hechtdraden nadat de tests zijn uitgevoerd. De nummers geven aan hoe erg de haakjes beschadigd zijn, genummerd 1 (niet beschadigd) tot en met 5 (volledig kapot).

Resultaten

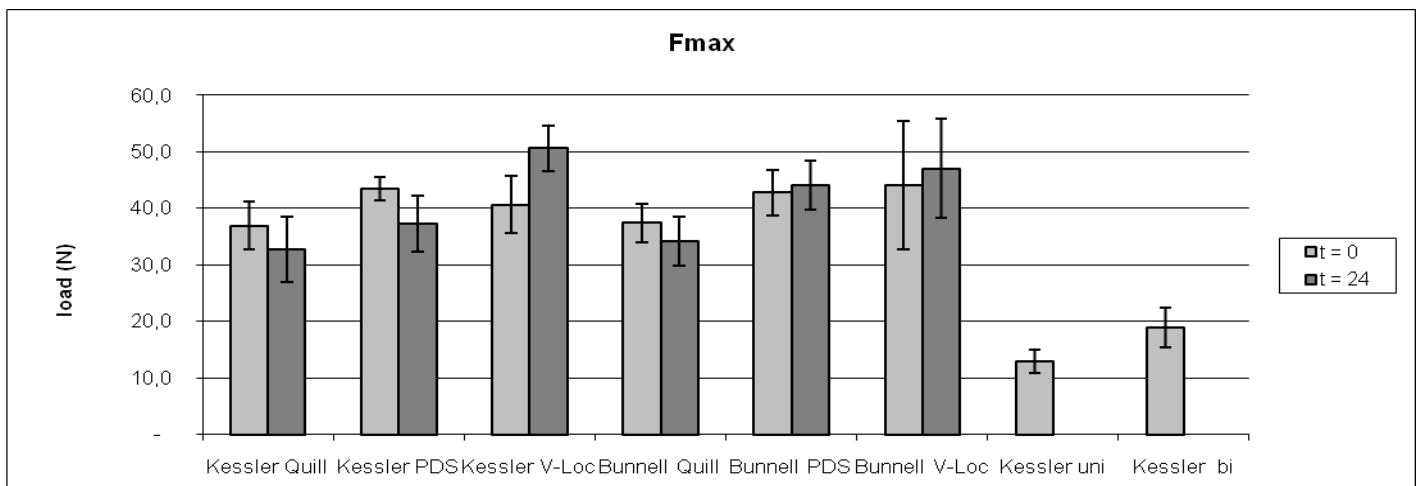
Biomechanische tests

In tabel 4 is een opsomming gegeven van alle data uit de biomechanische tests.

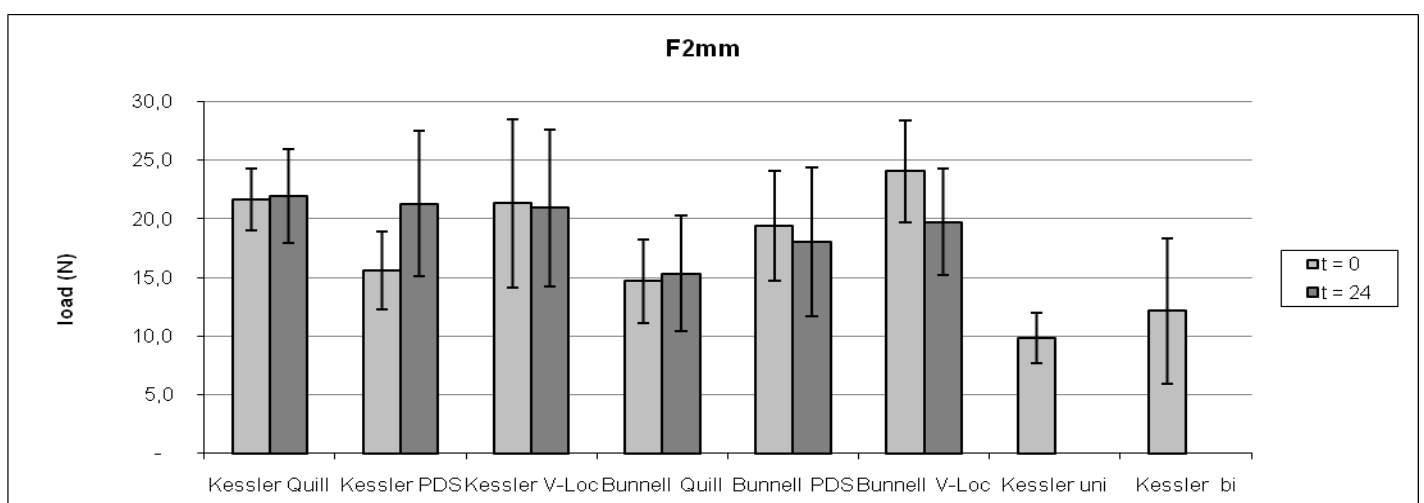
Tabel 4 Biomechanische eigenschappen van de twee draadconfiguraties

n	Groep	Fmax (SD)	F2mm (SD)
6	Kessler uni t=0	13,0 (2,1)	9,9 (2,1)
5	Kessler bi t=0	19,0 (3,5)	12,1 (6,2)

De maximale trekkracht (F_{max} , figuur 11) van de twee verschillende draden verschilt significant ($P < 0,01$), de kracht nodig voor het bereiken van de 2mm-gap (F_{2mm} , figuur 12) daarentegen niet.



Figuur 11 De maximale trekkracht (F_{max}) van de oude tests gekoppeld aan de nieuwe data



Figuur 12 Kracht nodig voor het bereiken van de 2mm-gap (F_{2mm}) van de oude tests gekoppeld aan de nieuwe data

Evaluatie van de haakjes

Tabel 5 geeft de resultaten van de evaluatie van de haakjes weer.

Tabel 5 Evaluatie van haakjes

n	Groep	P1	P2	P3	D1	D2	D3
6	Kessler unidirectioneel	3 (1-5)	3,5 (2-5)	2 (1-5)	4 (2-5)	4 (3-5)	2,5 (1-5)
5	Kessler bidirectioneel	1,5 (1-2)	4 (1-5)	2 (1-5)	2 (1-5)	4 (2-5)	2,5 (1-5)

Data genoteerd als; gemiddelde (minimum - maximum)

Discussie

Draaddikte en haak-oppervlak

Wegens problemen met PDS 2-0 hecht draad (alle andere draden getest in eerder onderzoek hadden die dikte) bij het gebruik in het prototype, is er gekozen voor het gebruiken van PDS 3-0. Dit betekent dat alle draden getest in dit onderzoek de helft van de dikte hadden dan de draden in eerdere tests. Aangezien de haakjes met een constante hoek tot het midden van de draad lopen, zijn de oppervlakte van de haakjes en de ‘core diameter’ (kerndikte van de draad, waarop de trekkracht staat) ook de helft van dat van een 2-0 draad.

Biomechanische tests

Het is belangrijk te melden dat de Kessler bidirectioneel hechting maar 5 maal getest is, aangezien tijdens het prepareren van de hechting één draad is geknapt en onbruikbaar is geworden. Wegens op dat moment tekort aan nieuw hecht materiaal was het onvermijdelijk om met n = 5 door te gaan.

De resultaten uit de tests (tabel 4) zijn gekoppeld aan de resultaten van eerdere tests figuur 11 en 12). Hierdoor wordt er een beeld geschetst hoe de nieuw geprepareerde draden zich gedroegen in vergelijking tot de reeds bestaande gehaakte hecht draden.

Het niet significant verschillen van de F_{2mm} was te verwachten, aangezien tijdens n= 1 en n= 4 in de Kessler bi t=0 groep de knoop respectievelijk samengetrokken en een stukje losgetrokken werd. Hierdoor moest de meting twee maal opnieuw gestart worden. De peesuiteinden begonnen bij beide tweede metingen al een stuk uit elkaar waardoor de gap veel sneller 2 mm was en daardoor de F_{2mm} een stuk lager uitkwam. De oorzaak van dit probleem ligt de kwaliteit van de knopen. Deze zijn erg voorzichtig gelegd en niet helemaal goed aangetrokken doordat de draden kwetsbaar bleken te zijn.

Evaluatie van de haakjes

Vaak werden er in de pees stukjes gevonden die bij verschillende locaties konden horen. Hierdoor moest er vaak ‘niet gevonden’ worden genoteerd, waardoor de data allerminst betrouwbaar genoemd kan worden.

Conclusie

Unidirectionele vs. bidirectionele haken

Het is jammer dat er door problemen met het materiaal een aantal dingen niet optimaal of zelfs slecht gegaan is, maar toch valt er nog veel te zeggen over de gevonden data. Allereerst is het opvallend dat de bidirectionele variant van het zelfgemaakte hechtdraad bij zowel de F_{\max} als de $F_{2\text{mm}}$ hogere waarden geeft dan de unidirectionele variant. Voor de BME afdeling van het UMCG was het nog niet bekend dat bidirectioneel gehaakte hechtdraden beter resultaat leveren dan unidirectionele en zou kunnen helpen bij verder onderzoek naar het verbeteren van de hechtdraden. Zoals aangetoond is in eerder onderzoek kwam de V-Loc 180 het beste uit de tests. Nu wil het geval dat de V-Loc 180 een unidirectionele configuratie heeft, dus zou het een idee zijn om samen met Covidien een bidirectionele variant van de V-Loc 180 te maken om deze vervolgens aan dezelfde tests bloot te stellen.

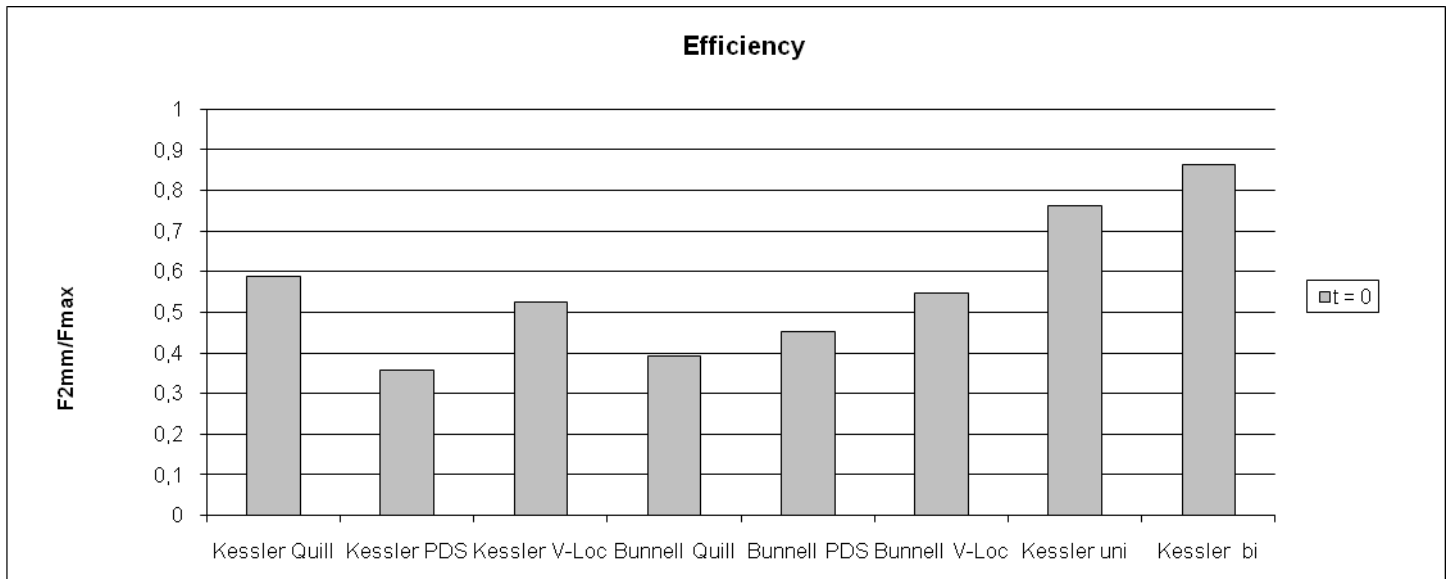
Efficiency

Het tweede dat opvalt, is dat bij de Kessler uni en bi draden het relatief meer kracht kost om de 2 mm gap te bereiken dan bij de andere draden. Om dit goed in beeld te brengen is voor elke $t=0$ geteste draad de $F_{2\text{mm}}$ waarde gedeeld door zijn F_{\max} (formule 1).

$$\text{Efficiency} = F_{2\text{mm}} / F_{\max} \quad (\text{Formule 1})$$

Deze verhouding wordt hier de ‘efficiency’ genoemd. De F_{\max} moet voor actief herstel maximaal 45N zijn, met daarbij een maximale gap van 2mm. Dit betekent dat zowel de F_{\max} als de $F_{2\text{mm}}$ maximaal 45N mogen zijn. Wanneer dit ingevuld wordt resulteert dit in een optimale efficiency van 1. De efficiency van de uni en bi varianten heeft respectievelijk een waarde van 0,76 en 0,64 (figuur 13). Hiermee komen ze dicht bij de ‘ideale’ 1 dan de andere draden, waarvan de Kessler Quill het dichtst in de buurt komt met een efficiency van 0,59.

De lage efficiency van de andere draden kan aan de andere kant ook betekenen dat de diameter groter dan nodig is. Immers, relatief zijn deze draden sterker dan nodig is (lage efficiency). Het is nog de vraag of de $F_{2\text{mm}}$ even groot blijft wanneer de diameter afneemt. Dit zal in verdere tests bekeken moeten worden.



Figuur 13 De verhouding tussen F_{2mm} en F_{max} (efficiency) voor alle t=0 draden

Evaluatie van de haakjes

Net als bij de eerder uitgevoerde test zijn de gegevens omtrent de vervorming van de haakjes op de verschillende locaties binnen de pees niet betrouwbaar. Het enige wat duidelijk te zien is, is dat net als bij alle andere tests de haakjes in de reparatiedelen P2 en D2 het meest vervormen. Dit geeft blijk van consequentie in het uitvoeren van het testprotocol.

Potentie van de draden

Op zich houden de nieuwe draden zich al redelijk, maar alles wijst op meer potentie. In de volgende redeneringen wordt een poging gedaan de fouten zo goed mogelijk te herstellen door een paar gepondeerde aannames te doen en de foute meetwaarden weg te laten.

Let op: Gezegd moet worden dat dit absoluut niet wetenschappelijk betrouwbaar is, het zal op een suggestie uitdraaien en niet op een keiharde conclusie.

Redenering: betreffende de efficiency

Wanneer de foute waarden (n=1 en n=4 van de Kessler bi t=0 groep) weggelaten worden uit de data, veranderen er een paar waarden. Zo wordt de F_{2mm} van de Kessler bi t=0 groep 16,4 (3,3) in plaats van 12,1 (6,2) (dit is nu wel significant groter dan de F_{2mm} van de uni variant) en de efficiency van dezelfde groep 0,86 in plaats van 0,64. Wanneer we dit met de andere efficiency-waarden vergelijken (0,76 Kessler bi en 0,58 Kessler Quill), kan er geconcludeerd worden dat ook hierin de bidirectionele variant het beste uit de tests komt.

Redenering: betreffende F_{max} en F_{2mm}

Een goede efficiency is niets waard wanneer de draad de krachten simpelweg niet kan houden, hoge waarden van F_{max} en F_{2mm} zijn en blijven noodzakelijk. Ellen Meerman vermeldt in haar verslag dat er dubbele waarden uit de tests komen, wanneer er een dubbele

hoeveelheid draden gebruikt wordt in een hechting. Nu is er eerder al gezegd dat de draden en de haken in de zelf geprepareerde 3-0 draden respectievelijk de halve doorsnede en het halve oppervlak hebben van dezelfde configuratie in een 2-0 draad. In principe doe je met het verdubbelen van de dikte van de draad niets anders dan het verdubbelen van de hoeveelheid draden, in beide gevallen verdubbeld zowel het oppervlak waarop kracht uitgeoefend wordt als de totale haak-oppervlakte (en dus de weerstand). Wanneer we dit doorvoeren om een absolute vergelijking te maken met de bekende data, zien we het volgende, weergegeven in tabel 6.

Tabel 6 Nieuwe situatie van de biomechanische eigenschappen van twee draadconfiguraties

n	Groep	F _{max}	F _{2mm}
6	Kessler uni t=0	26,0	18,8
5	Kessler bi t=0	38,0	32,8

Hier wordt de hoge waarde van de F_{2mm} van de bi variant, 16.4, gebruikt

Deze nieuwe, fictieve data vergelijkend met die van de Quill, V-Loc en PDS varianten, kan er snel een conclusie getrokken worden. De unidirectionele variant scoort met F_{max} en de F_{2mm} respectievelijk laag en gemiddeld, dus verbetert de huidige draden niet. Echter, het bidirectionele draad scoort met F_{max} en de F_{2mm} respectievelijk gemiddeld en zeer hoog. De F_{2mm} waarden zou in deze redenering zelfs significant hoger uitkomen dan de hoogste waarde van de andere draden, dit is de Bunnell V-Loc met 24,1 (4,4).

Voorgesteld vervolg van dit onderzoek

Aangezien er niets concreets gezegd kan worden tot er nieuwe tests worden uitgevoerd, zou het goed zijn om deze alsnog uit te voeren. Hiervoor zal het prototype van het snij-apparaat bewerkt moeten worden om 2-0 draden in te kepen om zo de draden daadwerkelijk te kunnen vergelijken. Ook is het belangrijk dat er een groter aantal peesreparaties wordt uitgevoerd, het liefst met $n \geq 10$, om zo problemen te vermijden met meetfouten e.d. Verder zal alles precies zo uitgevoerd moeten worden als beschreven is in het testprotocol.

Slotconclusie

Dit onderzoek had als hoofddoel het verbeteren van gehaakt hecht draad ter bevordering van handpeesherstel, gebruik makend van de toepassing van torsie tijdens de preparatie van de draden. Hoewel dit onderzoek geen duidelijk beeld geeft van de kracht en betrouwbaarheid van de nieuwe draden ten opzichte van de oude, maakt het wel duidelijk dat torsie invloed heeft op de weerstand van de draad en de grootte van de, voor het eerst in dit onderzoek genoemde en door de onderzoeker bedachte verhouding, efficiency. Voor sommige subdoelen zullen meer test moeten worden uitgevoerd, zoals beschreven staat in de conclusie van Test 2. Het is ook goed mogelijk dat het prototype verre van ideaal geacht wordt en er een nieuwe wordt ontworpen, waarbij kwaliteit en de in Test 1 vastgestelde configuratie wellicht nog verder verbeterd zal worden.

Referenties

¹ Meerman E, Barbed sutures in zone II flexor tendon surgery 2009

² Het Lam JW, Ontwerpen van een prototype voor het prepareren van gehaakt hechtdraad 2010

Nawoord

Groningen, 10 augustus 2010

Geachte lezer/lezeres,

Bedankt voor het lezen van mijn bachelorscriptie en/of bacheloropdrachtverslag.

Met gemengde gevoelens denk ik terug aan het afgelopen jaar, de tijd waarin ik het ontwerp van het prototype, de bachelorscriptie en de bacheloropdracht heb afgerond. Vol enthousiasme begon ik, maar om persoonlijke redenen verslapte mijn aandacht en motivatie. Pas dicht voor het einde van het jaar wist ik de draad weer op te pakken, hiervoor dank ik mijn begeleider Bart Verkerke, mijn familie en vrienden en bovenal God. Zonder die steun had ik mijn bachelor niet op dit moment en zo'n manier af kunnen ronden.

Aan het hele onderzoek naar 'barbed suture' heeft het niet gelegen. Dit was een mooie klus om mijn tanden in te bijten, aangezien het zowel een technische als medische kant had. Het blijft geweldig om samen met kundige mensen te werken aan een nieuwe medische methode. Er lopen genoeg kundige mensen rond op de BME-afdeling, daar wil ik er dan ook een paar van bedanken. Allereerst wil ik Bart Verkerke en Tjar Koiter bedanken voor de supervisie. Met hen noem ik ook prof. dr. Werker, vanwege zijn supervisie vanuit de plastische chirurgie en zijn aandeel in sommige vergaderingen. Ward en Ed wil ik bedanken voor het meedenken tijdens het ontwerpen en tijdens de tests, maar ook voor de interessante en soms uitdagende gesprekken tijdens de lunch of op de afdeling. De rest van de afdeling, in het bijzonder Esther daar zij me als enige zowat een jaar vergezeld heeft, dank ik voor de gezelligheid, de gesprekken en de verslavende spelletjes tijdens de pauzes.

Als laatste wil ik Ellen Meerman heel erg bedanken. Ze heeft me ontzettend geholpen met de testopzet, de test zelf en de verwerking ervan. De samenwerking was gezellig en inspirerend, één van de dingen waardoor ik mijn motivatie terugkreeg. Ik hoop in de toekomst nog vaker samen te werken in verband met dit onderzoek, in welke vorm of op welke manier dan ook. De uitkomst van dit onderzoek schreeuwt om een vervolg, wat dat betreft is het zonde dat het er voor mij op zit voor nu. Ik zou graag op te hoogte blijven van de vooruitgangen en wanneer dat nodig is ben ik bereid om een nieuwe student(e) te helpen bij het onderzoek.

Dit alles gezegd hebbende stop ik dan toch eindelijk met typen, want hoewel mondeling woorden vormen me prima afgaat heb ik een hekel aan de schriftelijke versie daarvan.

Met vriendelijke groet,

Jan-Willem