

Bypassoperaties aan een kloppend hart

Eén van de opgaven bij een bypassoperatie is het lekvrij verbinden van de bloedvaten.

Daarvoor moet de chirurg over de handvaardigheid beschikken om op submillimeterschaal met naald en draad om te gaan. Onderzoekers van de Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften hebben samen met medici van het UniversitätsSpital Zürich een halfautomatisch naaigereedschap voor operaties met doorkloppend hart ontwikkeld. Dat fijnmechanische hoogstandje verbetert de kwaliteit van de verbinding en verkort de kritische tijd gedurende welke het hart van de patiënt slechts ten dele functioneert.

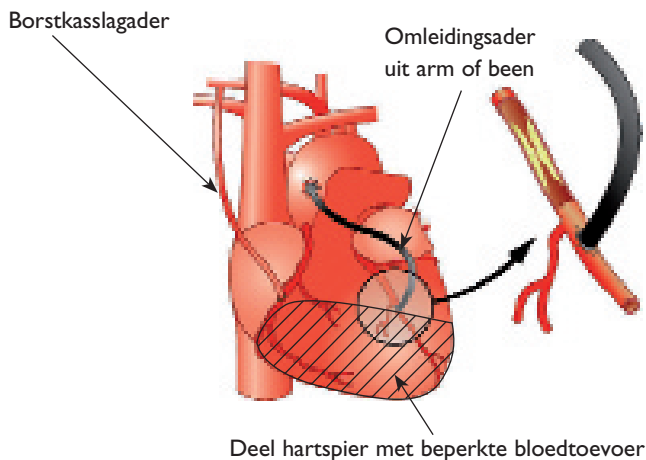
• ***Hans Wernher van de Venn en Frans Zuurveen (vertaling en bewerking)*** •

Arteriosclerose wordt meestal aderverkalking genoemd. Dat is niet geheel juist, want deze chronische vernauwing van bloedvaten is niet alleen te wijten aan de afzetting van kalk, maar ook aan die van vetten en bindweefsel. Als het gaat om de arteria coronaria, de kransslagaders die de hartspiers van bloed voorzien, kan die aandoening een hartinfarct veroorzaken. De werking van een hartspeer wordt dan verstoord, met alle gevolgen van dien. Als het bekende ‘dotteren’ geen soelaas meer biedt, kan een chirurg door middel van een bypassoperatie een of meer omleidingen aanbrengen.

Wereldwijd worden er per jaar ongeveer 700.000 bypassoperaties aan het hart uitgevoerd. In de meeste gevallen werkt de chirurg daarbij met de klassieke mediane sternotomie: het openen van de borstkas door het borstbeen in de lengterichting door te zagen. In sommige gevallen kan

worden volstaan met de minder belastende anterolaterale thoracotomie, waarbij de chirurg het hart zijdelings benadert via een opening tussen twee ribben. De klassieke werkwijze heeft echter het voordeel dat alle vertakkingen van de kransslagaders kunnen worden geobserveerd en waar nodig van een omleiding voorzien.

Als er niet meer dan één omleiding nodig is, kan de chirurg rechtstreeks de linker- of rechterborstbeenslagader – die zich aan de binnenzijde van de borstwand bevinden – aan de aangetaste kransslagader hechten op een punt voorbij de vernauwing. Er is dan maar één naaiverbinding nodig. Als er meerdere omleidingen nodig zijn, moet de chirurg gebruik maken van slagadergedeelten die hij tevoren uit een been of arm van de patiënt heeft verwijderd; zie Afbeelding 1.



Afbeelding 1. Schematische weergave van het hart met omleidingen voor het oplossen van arteriosclerose. Links een rechtstreekse verbinding met een borstslagader, rechts een omleiding van aorta naar kransslagader.

Taakstelling te ambitieus

Het project van de Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) en het UniversitätsSpital Zürich startte in 2001 met het doel een complete chirurgische operatieassistentrobot te ontwikkelen. Die zou in staat moeten zijn minimaal invasief – dat wil zeggen met zo gering mogelijke weefselpenetratie – een geautomatiseerde bypassoperatie uit te voeren. De moeilijkste opgave daarin is de zogeheten anastomose, het aan elkaar verbinden van bloedvaten. In het geval van een enkelvoudige bypassoperatie aan het hart gaat het om het loodrecht ten opzichte van elkaar positioneren van de binnenwanden van een borstslagader met een kransslagader, en het vervolgens lek-vrij aan elkaar naaien van de bloedvaten met een schroef-lijnvormige of eindloze naad.

Echter, deze taakstelling bleek dermate complex dat het oorspronkelijke idee van een minimaal-invasieve operatie-robot in de eerste instantie moest worden verlaten. Daarom werd de doelstelling beperkt tot het vereenvoudigen van het naaiproces voor de chirurg en het zo aanzienlijk bekorten van de duur van de medische ingreep, evenals het verbeteren van de kwaliteit van de verbinding.

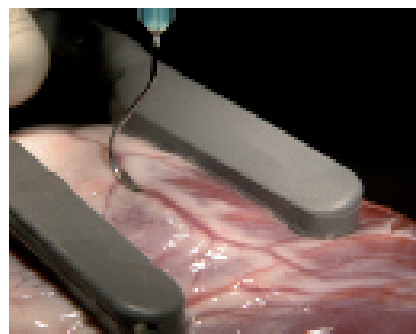
Geheugenmetaal

Hoewel er voor het bloedvatnaaiprobleem wel oplossingen zijn bedacht in de vorm van een soort nietjes, is de voorkeur gegeven aan een conventionele eindloze naad met één draad. Dat is de door chirurgen erkende, meest betrouwbare methode, in vakjargon ‘gouden standaard’ genoemd. De prototypen van de eerste generatie werkten met een snapmechanisme en twee rechte naaldeinden voor het vastzetten van de aders. Vanwege die bijzondere vorm werd dat mechaniek COBRA genoemd.

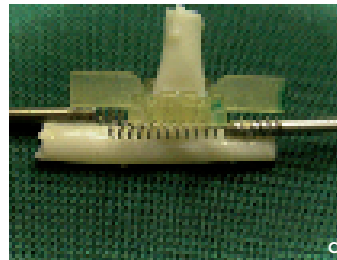
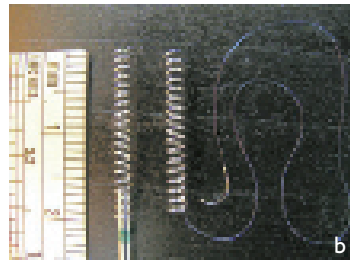
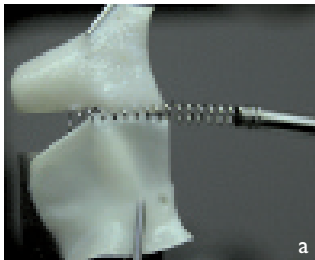
Ondertussen werd het mechanisme zo verder ontwikkeld dat het moeilijke proces van de fixatie op het kloppende hart kon worden opgelost. Want uit sensormetingen was gebleken dat de operatiepositie op de kransslagader door de blijvende beweging van de hartspier 300 tot 330 µm in xy-richting en 2 tot 2,6 mm in de z-richting beweegt. Dus moest er een constructie voor het vastzetten van het naai-mechanisme op de hartspier worden bedacht. Dat werd een mechanisme met uitschuifbare haken. Die haken zijn vervaardigd van superelastisch metaal, ook wel geheugenmetaal genoemd. Dat heeft de eigenschap dat het door fase-transformatie vanwege temperatuur- of spanningsverandering terugkeert naar zijn oorspronkelijke vervormings-toestand. Het materiaal, in dit geval een Ni-Ti-legering, heeft bovendien het voordeel dat het biocompatibel is, dus door het lichaam niet wordt afgestoten.



Afbeelding 2. Het fixeren van het naai-mechanisme op de hartspier door middel van haken van superelastisch metaal.



Afbeelding 3. Openen van de verstopte kransslagader met een speciaal snijgereedschap.



Afbeelding 4.
De helixnaald.

- (a) Werking.
- (b) Met draad.
- (c) Met positioneer-
mechanisme COBRA.

Van het superelastische metaal zijn dunne gekromde haken gemaakt die gestrekt werden opgesloten in rechte geleidingsbuisjes. Als vervolgens het gestrekte draadmateriaal uit die rechte buisjes wordt geschoven, neemt het de oorspronkelijke haakvorm weer aan zonder dat daarvoor een speciale actuator nodig is; zie Afbeelding 2. Afbeelding 3 laat zien hoe met een speciaal ontworpen snijgereedschap de verstopte kransslagader op de hartspier wordt geopend. De beide foto's zijn momentopnamen van proeven op geëxplanteerde dierenharten.

Geoctrooieerde helixnaald

Voor het maken van een eindloze naad heeft het Institut für Mechatronische Systeme (IMS) van de ZHAW, een helixnaald ontwikkeld en laten patenteren; zie Afbeelding 4. In tegenstelling tot een gewone naaimachine voor het aan elkaar verbinden van stof, die met een onder- en een bovendraad werkt, moet een chirurgisch aangebrachte weefselnaad met slechts één draad worden uitgevoerd. Dat heeft niet alleen te maken met de beperkte ruimte die bij het maken van een chirurgische naad beschikbaar is, maar ook met het feit dat dit type naad al meer dan twintig jaar door chirurgen wordt toegepast. Daardoor is er veel ervaring mee opgedaan en bestaat er redelijke zekerheid over de duurzaamheid. Dus wordt deze naad beschouwd als de – hiervoor al aangehaalde – gouden standaard.

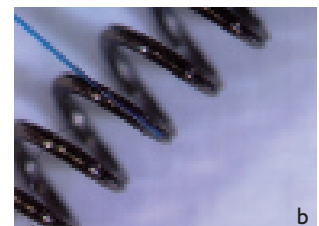
Een probleem van de helixnaald in vergelijking met een simpele chirurgische naald is echter de draadgeleiding. Bij het toepassen van een chirurgische naald wordt de draad steeds als één enkele steek door beide weefsels gestoken en over de volle lengte aangetrokken, net zoals met de hand een naad in stof wordt gemaakt. Daarentegen moet bij de helixnaald de draad, onverschillig of die aan het eind of aan het begin van de helixnaald is bevestigd, over de gehele lengte door alle steken in het weefsel worden getrokken. Daarbij wordt, analoog aan de zogeheten kabelwrijving in de werktuigbouw, extra hinder ondervonden van de wrij-

ving tussen helixnaald en draad. De wrijving kan zelfs zoveel invloed hebben dat na het maken van drie windingen de krachten zo groot worden, dat óf de naald ontoelaatbaar vervormt óf bij wat hogere naaldstijfheid het weefsel wordt beschadigd. Als die effecten optreden, is een kwalitatief hoogwaardige naad dus niet te garanderen.

Oplossing wrijvingsprobleem

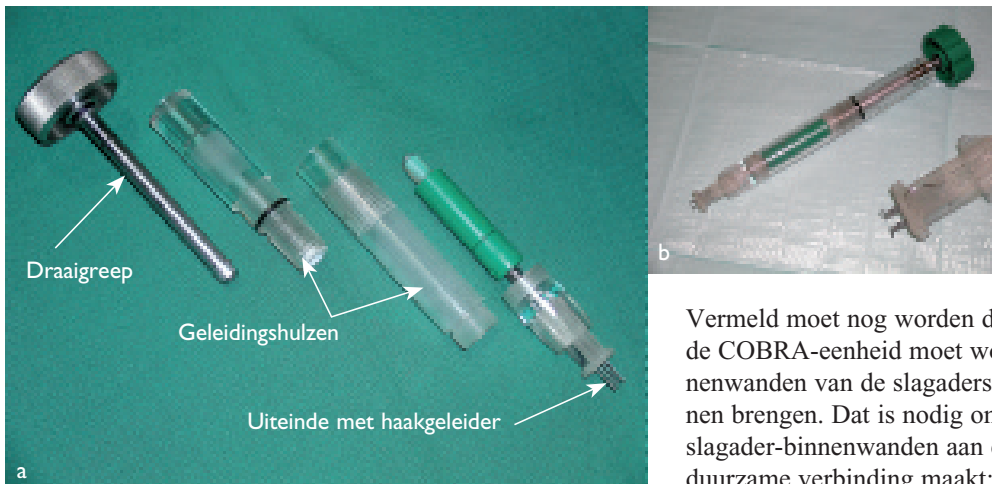
De eerste ideeën voor het oplossen van het wrijvingsprobleem behelsden de toepassing van een holle naald waarin de draad werd opgenomen. Maar helaas deed zich toen nog hetzelfde probleem voor. Door de wrijving was het nagenoeg onmogelijk de draad in de holle naald te leiden, ook niet als er op naald en draad een wrijvingsarme laag was aangebracht. Als de draad tevoren in de nog rechte holle naald was gestoken, bleek deze niet meer verwijderd te kunnen worden als de naald daarna in een schroeflijn was gewikkeld.

Pas een vrij ingewikkelde mechanische oplossing maakte het mogelijk het wrijvingsprobleem onder de knie te krijgen. De 0,3 mm dikke helixnaald werd aan de buitenzijde voorzien van een 80 µm brede en 80 µm diepe groef waarin de chirurgische draad werd geleid; zie de Afbeelding 5. Voor het maken van de groef werkten constructeurs van IMS nauw samen met een fabrikant van precisie-vonk-erodeermachines. Die samenwerking maakte het mogelijk



Afbeelding 5. De helixnaald met de oplossing voor het wrijvingsprobleem.

- (a) Vonkgeërodeerde groef met een breedte en diepte van 80 µm.
- (b) Met ingelegde chirurgische draad.



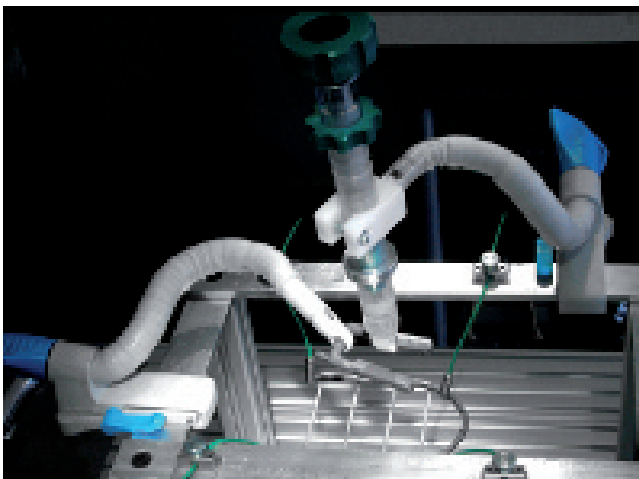
Afbeelding 6. Het semi-automatische bypassnaaiapparaat.
 (a) De onderdelen.
 (b) Gemonteerd zonder helixnaaldgeleider; rechts detail met uitgeschoven positioneerhaken.

de draad over de vereiste zes tot acht windingen door het weefsel van beide bloedvaten te transporteren en vervolgens draad en naald keurig van elkaar te scheiden.

Compleet systeem

De weefselfixeer- en positioneereenheid COBRA, de helixnaaldgeleiding, een handgreep en een bedieningseenheid zijn in een compleet naaiapparaat met een minimum aan onderdelen geïntegreerd. Dat geheel is tijdens een operatie door een chirurg relatief eenvoudig te bedienen; zie Afbeelding 6.

De bedieningselementen zijn de draaigreep waarmee de COBRA-eenheid op de kransslagader wordt gepositioneerd en een draaibare huls waarmee de fixeershaken in- en uitgeschoven kunnen worden. Om de bediening nog verder te vereenvoudigen, is bij een latere versie deze draaibare huls eveneens voorzien van een draaigreep, zie Afbeelding 7.



Afbeelding 7. Laboratoriumopstelling voor proeven met geëxplanterde dierlijke harten.



Vermeld moet nog worden dat de borstslagader tevoren in de COBRA-eenheid moet worden omgestulpt om de binnenwanden van de slagaders met elkaar in contact te kunnen brengen. Dat is nodig omdat alleen het weefsel van de slagader-binnenwanden aan elkaar kan groeien en zo een duurzame verbinding maakt; het weefsel van de buitenwand is in dat opzicht inert. Afbeelding 8 toont de opstelling van Afbeelding 7 in gebruik. Daarin is de geleider voor de helixnaald duidelijk zichtbaar.

Voor een complete verbinding van borst- en kransslagader is het nodig aan weerskanten van de borstslagader een naad te maken, waartoe de helixnaald aan twee kanten van de COBRA-eenheid in het weefsel kan worden geleid. Bij de huidige versie van het naaiapparaat moet de chirurg dan nog handmatig aan twee kanten een extra steek aanbrengen. In de toekomst zullen die twee extra steken niet meer nodig zijn.

Laboratoriumonderzoek

In het laboratorium van de ZHAW en in het Universitäts-Spital Zürich wordt op het ogenblik onderzoek aan geëxplanterde varkensharten en borstslagaders uitgevoerd. Het is de bedoeling dat het hiervoor beschreven instrumentarium daarmee verder wordt ontwikkeld en beproefd en waar nodig geoptimaliseerd. Afbeelding 7 toont de opstelling in het laboratorium voor biomechanica in de ZHAW.

Er loopt nu ook een programma voor de opleiding van chirurgen in het laboratorium van het Universitäts-Spital Zürich. In de nabije toekomst zullen er – als het onderzoek



Afbeelding 8. De opstelling van Afbeelding 7 in gebruik. Links van de COBRA-eenheid is de geleider voor de helixnaald zichtbaar.

aan geëxplanteerde varkenshart succesvol verloopt – ook dierproeven plaatsvinden onder streng toezicht van de ethische commissie van het ziekenhuis. Het resultaat daarvan is bepalend voor de verdere ontwikkeling van het operatie-instrumentarium en in het bijzonder voor de inzet ervan bij menselijke hartoperaties. Maar voordat het zover is, moeten er nog heel wat ontwikkelingsstappen worden doorlopen.

Auteursnoot

Prof. dr. ing. Hans Wernher van de Venn is leider van het Institut für Mechatronische Systeme, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

Frans Zuurveen is freelance tekstschrijver te Vlissingen.

Bron

Hans Wernher van de Venn, Mit Nadel und Faden am schlagenden Herzen, *Mechatronik F&M* 10/2007, Carl Hanser Verlag, München.

Informatie

www.ims.zhaw.ch
wernher.vandevonn@zhaw.ch

NVPT

Precisiebeurs 2008

mikrocentrum

Met ondersteuning van de NVPT organiseert het Mikrocentrum op 26 en 27 november de 8e editie van de Precisiebeurs.

Mikroniek

Op 14 november verschijnt dé officiële Beurscatalogus.

Reserveer uw (personeels) advertentie of uw bijdrage voor de productcatalogus uiterlijk 15 oktober

Sales & Services ■ Contactpersoon: Gerrit Kulsdom
Tel. 0223-211 211 ■ E-mail: sns@wxs.nl