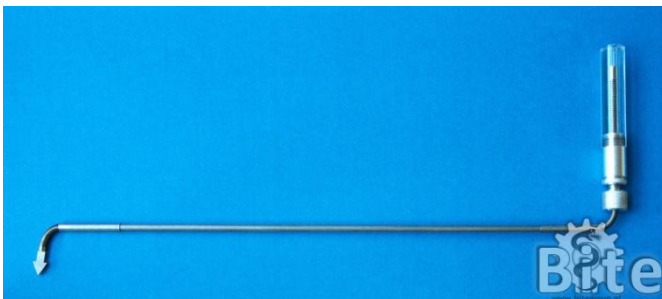


'Natuur is een inspiratiebron, niet iets om te imiteren'

Verslag NWG Wageningen-lezing 'Biologisch-geïnspireerde medische techniek' door werktuigbouwkundige Paul Breedveld, Antoni van Leeuwenhoek-hoogleraar en leider van de Bio-Inspired Technology-group van de TU Delft - dinsdag 1 november 2021, Forum, Wageningen Campus

- door Gert van Maanen

'Uit een plastic doos ontsnappen die maar één gat heeft, dat kan alleen als je geen botten hebt. Maar als je spieren hebt die alleen kunnen trekken, hoe kan je dan duwen?', vraagt Paul Breedveld na de vertoning van een YouTube-filmpje waarin een octopus dit kunstje heeft vertoond. 'Inderdaad via een constant volume', beaamt hij. In dit geval kwam de inspiratie over de werking van de tentakels van een inktvis van de Wageningse hoogleraar Experimentele Dierkunde Johan van Leeuwen. Die tentakels kunnen dankzij een unieke anatomie alle kanten uit bewegen. In eerste instantie is het werkingsprincipe van de inktvis door Breedveld technisch vertaald in een standaardveer, met vier kabeltjes en binnenin een tweede veer met een kleinere diameter, maar dan moeten er extra maatregelen worden genomen om die vier kabeltjes op hun plek te houden. 'Als mens wil je graag altijd zo min mogelijk onderdelen, maar de natuur lijkt daar niet echt naar te streven en de beschikbare ruimte vanuit een behoefte aan redundantie zoveel mogelijk vol te pakken met onderdelen. Zo kwamen we op het principe van een ring van kabels tussen twee veren', vertelt Breedveld. Hij beschrijft hiermee de totstandkoming van de **Endo-Periscope III**, een bestuurbaar instrument voor minimaal-invasieve chirurgie waarop zijn spin-off bedrijf DEAM (Delft-AMsterdam) inmiddels een wereldwijd patent heeft. 'Het stuurbare instrument van DEAM is commercieel beschikbaar voor 230 euro en eenmalig gebruik, maar is dus geïnspireerd op de inktvistentakel van Johan van Leeuwen'. Hij demonstreert de op een kabelring-mechanisme gebaseerde endo-periscoop met een diameter van 5 millimeter, die als een slang kan kronkelen in vrijwel elke richting.



Endo-Periscope III - Bron: www.bitegroup.nl

De lezing van Breedveld over biologisch-geïnspireerde medische techniek voert niet-chronologisch langs een reeks van stuurbare instrumenten die zijn onderzoeksgroep BITE heeft ontwikkeld (zie ook: www.bitegroup.nl/steerable-devices). Hierbij daagt hij steeds zijn publiek uit om mee te denken over de mogelijke mechanismen en demonstreert hij de uiteindelijke toepassing via filmpjes, animaties of live in de zaal. Breedveld is niet voor niets dit jaar door de techniekstudenten in Delft verkozen tot Beste Docent van 2022. In de pauze van de lezing dromt het publiek dan ook samen rond zijn demonstratietafel, wat een beeld oproept van *De anatomische les van Dr Nicolaes Tulp* van Rembrandt van Rijn.

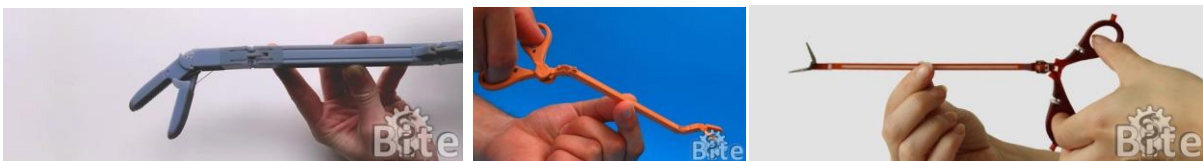
Breedveld begint zijn lezing met het verhaal over de ontwikkeling van een zelfstuurbare naald die is geïnspireerd op de legboor van een sluipwesp. 'Die legboor of ovipositor van een sluipwesp bestaat uit drie schuifbare delen, die op een ingenieuze manier langs elkaar heen en weer bewegen waardoor de wesp van buitenaf niet hoeft te duwen maar de boor zichzelf als het ware door hout heen trekt. Voor onze zelfstuurbare naald kwamen we uiteindelijk uit op zes dunne staafjes in een cirkel plus één in het midden.

Het basisidee komt uit de natuur, maar onze uitvoering is eigenlijk totaal anders. De natuur is een prachtige inspiratiebron, maar niet iets om te imiteren', vertelt Breedveld. 'Bio-inspiratie is beter dan bio-imitatie - als je basisprincipes uit de natuur combineert met slimme door de mensheid bedachte techniek dan kom je een stuk verder.' Het onderzoek heeft geleid tot de dunste stuurbare naalden ter wereld die onder meer bruikbaar zijn voor interventies in de prostaat: de **Ovipositor Needle II**, met een diameter van 1,2 tot 0,45 millimeter.



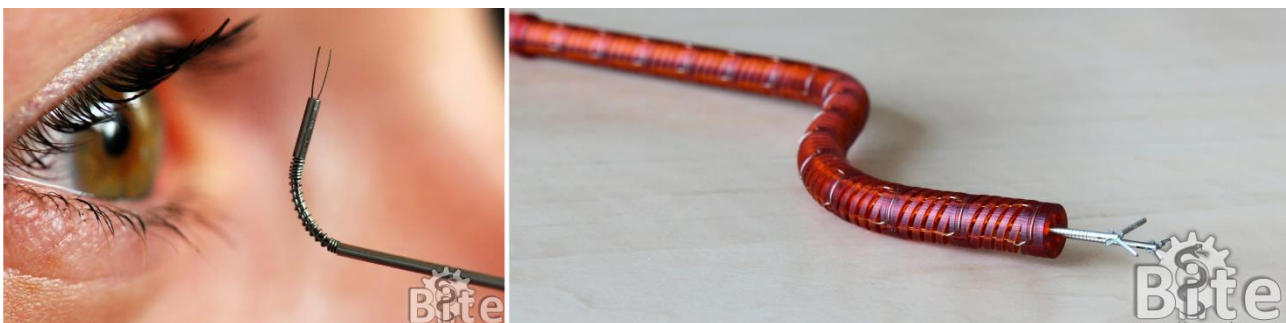
Ovipositor Needle II

'Een hiervan afgeleid idee was het om juist het omgekeerde te doen: weefseltransport dat stuur- en controleerbaar is. Monstersnemen van weefsels gaat nu vrijwel altijd met vacuüm, maar dan is er altijd het risico op verstoppingen', aldus Breedveld. Dat heeft geleid tot een prima werkende weefseltransporteur, als alternatief voor dat vacuüm. 'Verder hebben we op basis van het ovipositor-principe ook een darmrobot gemaakt als alternatief voor colonoscopie, die helaas nog niet helemaal volmaakt werkt.'



DragonFlex (links), **DragonFlex Micro** (midden) en **Volt** (rechts)

Een andere inspiratiebron is het *rolling-link*-mechanisme in menselijke gewrichten, waarbij veren en kruisbanden ervoor zorgen dat er geen sprake is van speling of wrijving en er dus geen smering nodig is. 'Dat heeft geleid tot de ontwikkeling van de **DragonFlex**, een stuurbaar tangetje met drie graden van vrijheid. 'Die maken we met 3D-printers en daarbij lopen we echt tot de grenzen van het maakbare aan. De **DragonFlex Micro** is nu 5 millimeter dik en kan in drie richtingen 90 graden draaien. Het tangetje is van plastic en uiterst fragiel en het is nog niet gelukt zo iets met hoge precisie van metaal te 3D-printen'. Een variant, een beweegbare tang die gebruikt wordt om bij laparoscopie bloedvaten dicht te branden, is de **Volt**.



I-Flex (links) en **HelicoFlex** (rechts)

Andere medische instrumenten die zijn ontwikkeld zijn de **I-Flex**, een in drie richtingen stuurbaar instrument voor oogoperaties, en de **HelixFlex**, een medische 'slang' van 5 millimeter diameter gebaseerd

op de inktvistentakels maar dan met zowel parallelle als helixgewijs gewonden kabeltjes. 'De HelixFlex was een drama om te assembleren, maar het is één van mijn promovendi gelukt om het in een maand werkend te krijgen'. Daarnaast is er een instrument ontwikkeld dat om organen heen kan kronkelen, de **MultiFlex**, een stuurbare **Sigma Catheter** die is uitgetest in een levend kloppend hart, en de zeer wendbare **HelicoFlex** die volledig 3D-geprint is. 'De HelicoFlex heeft een lang ontwerpproces doorgemaakt. Het is een slangachtig instrument met 15 segmenten die worden bestuurd met 30 kabeltjes. Die 15 segmenten vormen bij elkaar een vernuftig geïntegreerd 3D-geprint skelet dat uit slechts één onderdeel bestaat, waardoor zo'n complex instrument toch eigenlijk best eenvoudig wordt', vertelt Breedveld. Een ander voorbeeld van een bijna volledig 3D-geprint instrument met een hoge functionaliteit gerealiseerd door complex-gevormde geïntegreerde onderdelen is de recent ontwikkelde **3D-Grip** (slechts vijf onderdelen en drie kabeltjes) .



MemoSlide

Breedveld toont een video van een slangachtige robot, die zich spectaculair over land en door water beweegt. 'In Japan zit het crème-de-la-crème van de robotmakers, maar om daar miniatuurinstrumenten van te maken is nog veel te ingewikkeld', signaleert hij. 'Voor medische toepassing moeten we bijvoorbeeld de motoren buiten het lichaam houden en voor precisie-operaties in bijvoorbeeld de hersenen is het essentieel om heel nauwkeurig een complex ruimtelijk traject te doorlopen. Dan is het nodig om de vorm op ieder moment ook te onthouden, en dan het liefst zonder een computer en een enorme batterij aan elektromotoren waarmee de segmenten bestuurd moeten worden.' Het is nog 'werk in uitvoering' maar Breedveld laat zien dat zijn team als alternatief voor een batterij elektromotoren een mechanisch vormgeheugen heeft ontwikkeld, gebaseerd op de technologie in oude mechanische rekenmachines: de **MemoSlide**, die werkt volgens het principe 'volg in beweging precies het voorgaande segment'. 'De MemoSlide werkt prima maar bevat nog veel teveel losse onderdelen, dus er is nog wat te doen voordat het systeem geschikt is voor hersenoperaties'.

'Essentieel aan ons ontwikkelingsproces is dat we instrumentmakers vanaf het begin in het proces betrekken. We hebben ook veel handen en ideeën nodig; naast PhD's zetten we daarop ook slimme studenten in: de afdeling telt meer dan 300 Masterstudenten waarvan de meesten ontwerpen erg leuk vinden'. De BITE-groep slaagt er goed in om projecten te financieren, maar echte samenwerkingsprojecten met Wageningen zijn lastig te financieren omdat bio-geïnspireerde medische technologie een gebied is waar drie onderzoeksgebieden samenkomen, wat voor onderzoeksaanvragen een beetje té multidisciplinair is. De grootste bottleneck voor toepassing van bio-geïnspireerde medische technologie is volgens Breedveld de certificering. 'De eisen zijn zo hoog dat bedrijven soms wel 17 jaar nodig hebben om van een idee naar een commercieel product te gaan, en dan is er nog maar 3 jaar van het patent over.' Een belangrijke drive voor zijn werk is het werken in teams. 'Het maken van een instrument is geweldig, maar nog geweldiger zijn de lachende gezichten van de ontwerpers er achter', zegt Breedveld. 'Een idee krijgt vorm door er samen aan te gaan werken. Het heeft weinig zin om simulaties uit te voeren van totaal nieuwe technische oplossingen: daar gaat ontzettend veel tijd in zitten en je weet dan nog steeds niet zeker of het in werkelijkheid écht zal werken. Je moet het eigenlijk gewoon maken en zien of het werkt'.