

Precisiedraad meet temperatuur en druk in bloedvaten

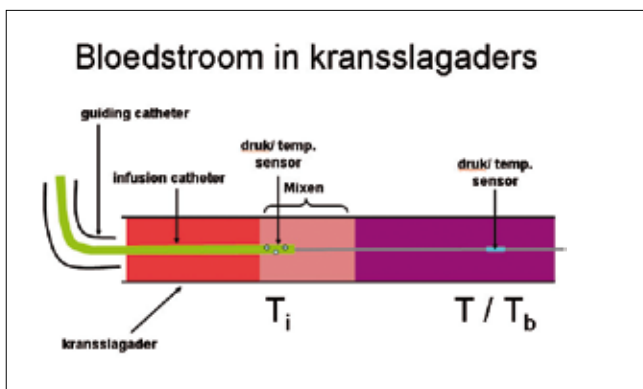
Medisch ingenieur Marcel van 't Veer promoveerde eind vorig jaar aan de TU Eindhoven op onderzoek naar het meten van de stroomsnelheid van bloed in kransslagaders. Dat is precisietechnologisch heel interessant, want er is een draadvormige catheter toegepast die binnen een diameter van iets meer dan 300 μm zowel druk als temperatuur meet. En die dan ook nog via de aorta een dun bloedvat kan worden ingestuurd.

• Frans Zuurveen •

Artherosclerose, ook wel ten onrechte ‘aderverkalking’ genoemd, is de meest voorkomende oorzaak van de degeneratie van bloedvaten. Als dat de kransslagaders betreft, kan het levensbedreigend zijn. De diagnose artherosclerose wordt meestal gesteld via anatomische kenmerken die zijn verkregen met een angiogram. Dat is een röntgenopname waarin bloedvaten duidelijk zichtbaar zijn dankzij een contrastvloeistof, die in dit geval in de kransslagaders wordt gespoten. Er kan echter meer informatie over de aandoening van de aders worden verkregen door zogeheten hemodynamische metingen, die informatie geven over de bloeddoorstroming door lokaal de bloeddruk en de volumestroom (flow) te bepalen. Daarvoor heeft Marcel van 't Veer een bijzondere methode toegepast: injecteren van een zoutoplossing (infusievloeistof) en meten van de temperatuur vóór en na de injectie. Uit die temperaturen en die van de zoutoplossing kan een waarde voor de flow worden afgeleid.



Afbeelding 1. Marcel van 't Veer (links) tijdens zijn onderzoek in het Eindhovense Catharina-ziekenhuis.
(Foto: Bart van Overbeeke)



Afbeelding 2. Schema van de bloedstroommeting. Via de infusiecatheter stroomt een zoutoplossing in de kransslagader. De sensor meet de temperatuur vóór (T_b) en tijdens (T) de instroming. De temperatuur T_i van de infusievloeistof wordt gemeten door de sensor tot in de infusiecatheter terug te trekken.

Meetprincipe

Afbeelding 2 toont schematisch het meetprincipe. Via een geleidingscatheter wordt de infusiecatheter in de kransslagader gebracht. De meetdraad wordt op zijn beurt via de infusiecatheter in het bloedvat geleid. Voordat de zoutoplossing op kamertemperatuur in de kransslagader stroomt, meet de sensor de temperatuur T_b van het bloed. Daarna wordt de stroming van de infusievloeistof op gang gebracht. Als een stationair stromingsbeeld is bereikt, meet de sensor de temperatuur T van het mengsel van infusievloeistof en bloed. Door de sensordraad zover terug te trekken dat de sensor zich in de infusiecatheter bevindt, wordt de temperatuur T_i van de infusievloeistof gemeten.

De temperaturdaling van het bloed na het injecteren van de zoutoplossing is een maat voor de volumestroom Q_{th} van het bloed in de kransslagader. Van 't Veer heeft een

formule afgeleid die het verband geeft tussen Q_{th} , de drie hierboven genoemde temperaturen en de soortelijke massa's en warmtes van bloed en infusievloeistof.

De sensor

De draad met druk- en temperatuursensor is een product van het Zweedse Radi Medical Systems, zie Afbeelding 3. Het bowdenkabel-achtige uiteinde met een lengte van circa 30 mm en een diameter van iets meer dan 0,3 mm is flexibel en heeft een zachte punt om beschadiging van de vaatwand te voorkomen. Het uiteinde kan in een min of meer vaste stand worden gebogen. Zo kan de cardioloog de draad enigszins sturen door de draad, die via de lies in de aorta (grote lichaamsslagader) is gevoerd, om zijn eigen as te verdraaien. Dat maakt het mogelijk de sensor in een kransslagader, die aftakt van de aorta, te brengen.

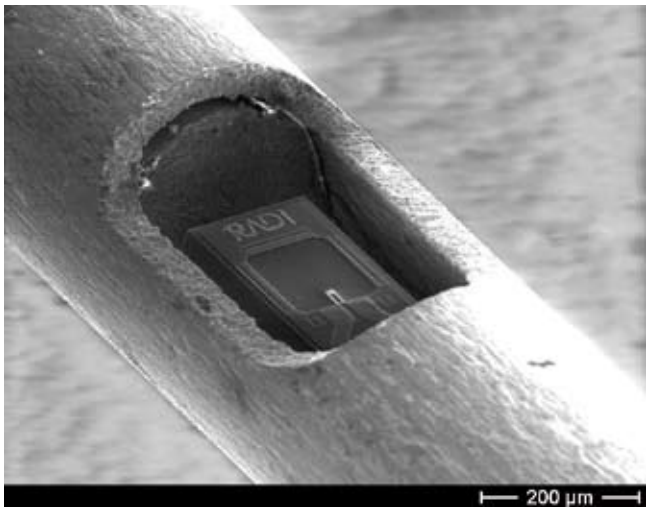
Afbeelding 4 laat een computeranimatie zien van de sensor in de catheterdraad. Links stelt het groene vlak een membraan voor waarop een piëzoresistief element van polykristallijn silicium (R_d) is aangebracht, het kleine rode vlakje. Dat materiaal heeft dus de eigenschap dat de Ohmse weerstand afhankelijk is van de mechanische spanningen in het materiaal. Rechts is eveneens een rood vlakje zichtbaar, dat een zelfde piëzoresistief element (R_p) voorstelt. Afbeelding 5 toont een scanning-elektronenmicroscopische (SEM) opname.



Afbeelding 3. De draadvormige catheter met druk- en temperaturopnemer van Radi Medical Systems.



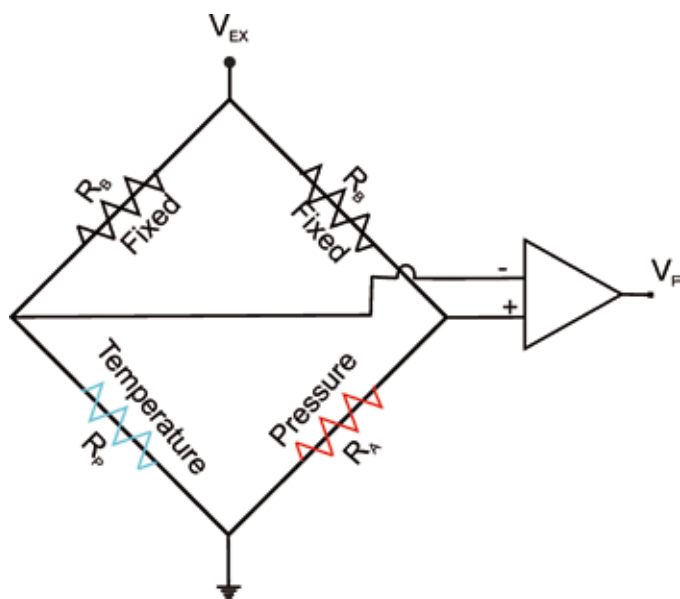
Afbeelding 4. Een computeranimatie van de sensor in de catheterdraad van Afbeelding 3.



Afbeelding 5. Een SEM-opname van de sensor.

Wheatstone helpt

Deformatie van het groene membraan van Afbeelding 4 veroorzaakt buigspanningen in R_A en daarmee een verandering van de waarde van de weerstand. Maar een probleem



Afbeelding 6. Wheatstone-schakeling met temperatuurgevoelige weerstand R_p en temperatuur- én drukgevoelige weerstand R_A .

is dat temperatuurverandering een nog grotere weerstandsverandering teweeg brengt. Dat probleem is opgelost door de twee weerstanden R_A en R_p , samen met twee vaste weerstanden, op te nemen in een brug van Wheatstone, zie Afbeelding 6.

Deze schakeling maakt het mogelijk zowel de temperatuur als de druk afzonderlijk te meten. De verandering van R_p is een maat voor de temperatuur, en het uit evenwicht raken van de brugschakeling – gekenmerkt door de uitgangsspanning V_p – een maat voor de druk. De temperatuurverandering alleen brengt de schakeling immers niet uit evenwicht omdat R_A en R_p met een zelfde factor veranderen. Voor het omzetten van de weerstandsveranderingen in getallen voor temperatuur en druk, en diagrammen die het verloop ervan weergeven, levert Radi Medical Systems een elektronische unit met display, de RadiAnalyzer Xpress.

Ten slotte

Indrukwekkend zijn de precisietechnologische prestaties van Radi Medical Systems, dat er in slaagde binnen een oppervlakte van zo'n 0,02 mm² een gevoelige sensor voor zowel temperatuur als druk te verwezenlijken. En natuurlijk moeten we bewondering opbrengen voor cardiologen die zo door het vaatstelsel kunnen manoeuvreren dat die sensor exact op de gewenste plaats in een kransslagader terecht komt.

Bron

Marcel van 't Veer, Hemodynamic measurements in coronary, valvular, and peripheral vascular disease. Proefschrift Technische Universiteit Eindhoven, 2008, ISBN 978-90-386-1439-7.

Auteursnoot

Frans Zuurveen is freelance tekstschrijver te Vlissingen.

Informatie

Cardiovascular Biomechanics, Materials Technology Institute, TU Eindhoven
www.mate.tue.nl