

Hartkleprothesen (2)

Citation for published version (APA):

Steenhoven, van, A. A., & Verduin, M. (1986). Hartkleprothesen (2). *Ziekenhuistechniek*, 9(6), 127-128.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1986

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

HARTKLEPPROTHESSEN (2)

Dr. Ir. A.A. van Steenhoven, Ing. M. Verduin*

Mechanika van de aortaklep

Het doel van dit deelonderzoek was een beschrijving te geven van de samenhang tussen de drukbelasting op de klep en de daardoor veroorzaakte spanningen in het klepweefsel. Daartoe werden in eerste aanleg zowel de vorm, als de samenstelling van het klepweefsel nader onderzocht. Een van de belangrijke resultaten van het vormonderzoek was, dat in de nabijheid van de aortaklepring een sterke insnoering van het klepvlies aanwezig bleek, zie fig. 6a, die evenwijdig loopt aan de aortaklepring ter plaatse. Deze insnoering funktioneert in wezen als een elastisch scharnier, waardoor de vliezen zonder noemenswaardige buigspanningen kunnen openen en sluiten.

Het onderzoek naar de samenstelling van het weefsel leerde, dat de klepvliesen bestaan uit een elastische elastinelaag die gewapend is met relatief dikke collageenbundels (fig. 6b). Deze collageenbundels lopen loodrecht op de lengterichting van de aorta en zijn verankerd in de kraakbeenachtige aortaklepring. Door deze weefselsamenstelling paren de vliezen een grote beweeglijkheid aan een grote sterkte en stijfheid. Vervolgens werd een experimentele en theore-

tische analyse uitgevoerd van de mechanische eigenschappen van het klepweefsel. De belasting-vervormingskrommen van het klepweefsel vertonen drie fasen die karakteristiek zijn voor de meeste weke biologische weefsels (fig. 7): de elastinefase, waarin nagenoeg geen kracht nodig is voor de verlenging van het weefsel, de overgangsfase, waarin de collageenvezels hun in eerste aanleg gegolfde vorm geleidelijk verliezen, en tenslotte de collageen fase, waarin de vezels gestrekt zijn en nu de volledige belasting opvangen. Het zal duidelijk zijn, dat de stijfheid van het klepweefsel in de richting van de collageenbundels aanzienlijk groter is dan in de richting loodrecht daarop.

Op basis van de via het materiaalonderzoek verkregen resultaten heeft daarna modelvorming plaatsgevonden van het mechanisch gedrag van de gesloten klep onder drukbelasting. Bij de modelvorming, op basis van de eindige elementen methode, werd ervan uitgegaan dat een klep schematisch uit twee verschillende elementen kan worden opgebouwd: de bundels, voorgesteld als kabels, en de elastinelaag, gepresenteerd door membranen. Vervolgens werd de klep door gerekend met en zonder bundels.

Het effect van de bundels blijkt tweeledig: zij leiden de op de membraangedeelten werkende drukbelasting door naar

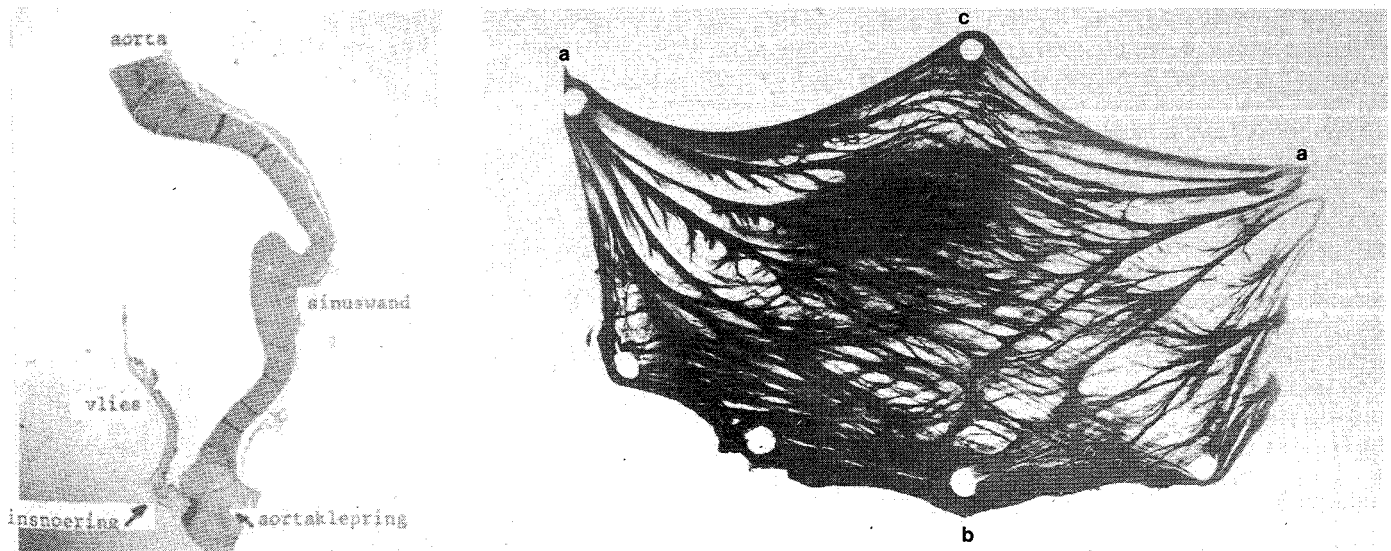
de aortawand en bewerkstelligen tevens een meer homogene spanningsverdeling in de membranen, zodanig dat de waarden van de maximale hoofdspansingen gereduceerd worden tot het niveau van de minimale hoofdspansingen. De waarden van de minimale hoofdspansingen blijken in de situaties met en zonder bundels vrijwel gelijk.

Ontwerp van vliesklepprothese

De drie tot nu toe beschreven deelonderzoeken gaven voldoende gegevens om over te gaan tot een eerste poging om te komen tot ontwerpspecificaties voor een vezelversterkte kunststofklep. Hoewel nog lang niet alle problemen waren opgelost, kon in elk geval worden gekonkludeerd dat op de volgende resultaten moest worden voortgebouwd:

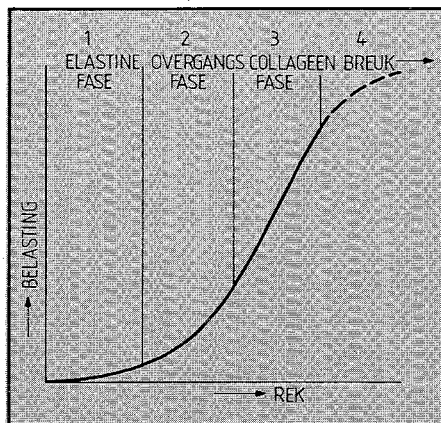
- de vroegtijdige klepsluiting tijdens de systole door toedoen van een holte achter het klepvlies;
- de reductie van vliesinstabiliteiten door de aanwezigheid van een gerichte vloeistofstroming in de sinus van Valsalva;
- de reductie van de vliesspanningen vlak na de klepsluiting ten gevolge van de grote sinuscompliantie;
- de verlaging van de mechanische spanningen in de vliezen door de beweging van de toppen van de aortaklepring;

* Afdeling der Werktuigbouwkunde Technische Hogeschool Eindhoven.



Figuur 6. a) Vergrote afbeelding van een histologische coupe ($7 \mu\text{m}$ dik), genomen in de richting b-c zoals aangegeven in b). Duidelijk is hierin de insnoering van het vlies in de nabijheid van de klepring te zien.

b) Eveneens grote afbeelding van een vlies afkomstig uit de aortaklep van een varken. Het vlies is langs de lijn a.b.a. losgeprepareerd van de aortaklep. Het netwerk van de collageenbundels is duidelijk herkenbaar.



Figuur 7. Karakteristiek verloop van de belastings-ervormingskromme van het klepweefsel.

- een optimale spanningsopvang en krachtdoorgeleiding in de klep tengevolge van de specifieke structuur en weefselamenstelling;
- de reductie van buigspanningen in de vliezen door de aanwezigheid van een scharnierpunt in het vlies.

Mede op basis van deze punten, is een numeriek model gemaakt voor de analyse van het mechanisch gedrag van een gesloten vlieskleprothese. Als uitgangspunt voor een numerieke analyse werd een bestaande Hancock bioprothese genomen, zie fig. 3. De hiermee verkregen resultaten werden experimenteel getoetst, waarbij bleek dat de resultaten in redelijke mate overeenstemden. Vervolgens werd het numerieke model gebruikt voor het ontwerpen van een nieuwe vlieskleprothese. De nieuwe klep is in principe opgebouwd uit drie dunne vliesjes, versterkt met evenwijdig lopen-

de vezels. De vliesjes zitten direct vast aan een frame. Een prototype van deze klep wordt inmiddels uit polyurethaan gemaakt en beproefd.

Het onderzoek in de komende jaren

Hoewel reeds veel werk is gedaan, rest toch nog een groot aantal problemen dat ruwweg te verdelen is in drie discipline-gerichte categorieën:

- Het onderzoek naar het mechanisch gedrag van de klep tijdens het openen en het sluiten, waarbij o.a. rekening moet worden gehouden met bezwijkverschijnselen en mogelijke kalkafzetting op de vliezen. Verder moet een praktisch optimum tot stand worden gebracht tussen de eisen gesteld aan de gesloten klep, en die aan de zich openende en sluitende klep.
- Het onderzoek naar de meest gewenste samenstelling van de vezelversterkte kunststofvliezen. Aan de materialen voor deze vliezen worden uitermate hoge eisen gesteld, zowel wat betreft sterkte en levensduur, als wat betreft toepasbaarheid in het menselijk lichaam. Ook de hechting tussen de vezels en het matrixmateriaal verdient nog uitgebreid aandacht.
- Een pré-klinische evaluatie van de klep is strikt noodzakelijk. Daarbij speelt een aantal zaken een belangrijke rol. In ieder geval moet een screeningonderzoek worden uitgevoerd naar de bloed-compatibiliteit van de te gebruiken materialen. Verder dient onderzocht te worden in hoeverre kalkafzetting plaatsvindt op de vliezen en de eventuele invloed daar-

van op de levensduur. Tenslotte moet ook een dierexperimentele evaluatie van de prototypen plaatsvinden.

De hierboven genoemde werkzaamheden zullen in interdisciplinair verband worden uitgevoerd, waarbij de volgende vakgroepen zijn betrokken:

- vakgroep Fundamentele Werktuigbouwkunde, TH Eindhoven,
- vakgroep Kunststoftechnologie, TH Eindhoven,
- vakgroep Thorax-Chirurgie, RU Leiden.

Tot slot moet nog worden opgemerkt, dat gedurende deze fase ook de mogelijkheden voor fabricage nader worden onderzocht, zo mogelijk in samenwerking met een industriële partner.

Verantwoording

Hoewel in het kader van het project Hartkleprothesen een groot aantal publicaties is verschenen, volstaan we hier met het vermelden van de vier dissertaties waarin de hoofdzaken van het onderzoek zijn vastgelegd:

- A.A. van Steenhoven - The closing behaviour of the aortic valve, dissertatie THE, 1979;
- A.A.H.J. Sauren - The mechanical behaviour of the aortic valve, dissertatie THE, 1981;
- R.J. van Renterghem - Aortic valve geometry during the cardiac cycle, dissertatie RL, 1983;
- E.P.M. Rousseau - Mechanical specifications for a closed leaflet valve prothesis, dissertatie THE, 1985.

Vervolg van pag. 124

Ten aanzien van de gevolgen van statische of wisselende magnetische velden is al veel onderzoek gedaan en er is geen enkele reden om aan te nemen dat deze nieuwe afbeeldingsmethode schadelijk voor de patiënt zou kunnen zijn. Uit veiligheidsoverwegingen gelden wel enkele normen die echter sterk aan veranderingen onderhevig zijn. Voorlopig wordt een maximale waarde van 2,5 T voor het statische veld aangehouden en een maximale waarde van de veldverandering van 20 T/s voor een tijdsduur groter dan 10 ms. De dissipatie als gevolg van geabsorbeerd RF vermogen mag niet meer zijn dan 70 W gemiddeld over het lichaam.

Konklusies

In grote lijnen is een algemeen overzicht gegeven van (supergeleidende) magneetsystemen voor NMR. In relatief korte tijd is de commerciële productie van deze systemen op gang gekomen en

vindt reeds op uitgebreide schaal plaats in ziekenhuizen. Het is inmiddels duidelijk dat supergeleidende magneetsystemen essentieel zijn om alle mogelijkheden van de NMR-technieken voor medische toepassingen ten volle te kunnen benutten. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van cryogene technieken vragen echter om een herbezinning op het ontwerp, waarbij vooral de toepassing van speciale koelmachines die alle cryogene functies bedienen, van groot belang is om tot een systeem te komen dat voor medische diagnostiek kan worden ingezet zonder dat daarbij cryogene expertise noodzakelijk is.

Referenties

1. R. Damadian, Tumor detection by NMR, Science 171:1151 (1971)
2. P.A. Bottomley, NMR imaging techniques and applications: A Review, Rev. Sci. Instrum. 53:1319 (1982)
3. M.A. Foster, Magnetic Resonance in Medicine and Biology, Pergamon Press, Oxford, UK

- (1984)
4. J.E.C. Williams, Superconducting magnets for MRI, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-31:994 (1984)
5. M.F. Wood, I.L. MacDougall, P.M. Winson, Superconducting magnets for NMR imaging and in-vivo spectroscopy in: "Proc. Tenth Intl. Cryo. Engr. Conf.", Butterworth, Guildford, UK (1984) p.44
6. R.C. Longworth, Interfacing small closed cycle refrigerators to liquid Helium cryostats, Cryogenics 24:175 (1984)
7. K. Pieterman and H. Postma, A 1.5 T superconducting magnet with closed cooling system for spin-imaging: An outline, Cryogenics 24:59 (1984)
8. G. Levy et al, Superconducting solenoids for nuclear physics at Orsay, Journal de Physique Colloque Cl, supplément au n°1, 45:Cl-821 (1984)
9. J. Holland, Cold-transfer systems, in: "Proc. Third Intl. Cryo. Engr. Conf.", Iliffe Science and Technology Publications Ltd, Guildford, UK (1970) p.255
10. H. Sixsmith and P. Giarratano, A miniature centrifugal pump, Rev. Sci. Instrum. 41:1570 (1970)
11. L.P. Ludwig and T.N. Strom, Mech. Eng. 12:45 (1969)
12. G.J.J v. Heijningen, private communication