

Journal für **Kardiologie**

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

Der Einfluß der Ausrichtung von Mitralklappenprothesen auf den linksventrikulären Fluß - eine experimentelle MR-Studie

Mächler H, Reiter G, Perthel M
Reiter U, Bergmann P, Zink M
Waltensdorfer A, Rienmüller R
Rigler B, Laas J

*Journal für Kardiologie - Austrian
Journal of Cardiology* 2007; 14
(7-8), 212-217

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Veranstungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Der Einfluß der Ausrichtung von Mitralkappenprothesen auf den linksventrikulären Fluß – eine experimentelle MR-Studie

H. Mächler¹, G. Reiter^{2,5}, M. Perthel³, U. Reiter², P. Bergmann¹, M. Zink⁴, A. Waltensdorfer⁴, R. Rienmüller², B. Rigler¹, J. Laas³

Kurzfassung: *Einleitung:* Die Bedeutung der Ausrichtung von Mitralkappenprothesen ist im Gegensatz zur Positionierung von Aortenklappenprothesen nicht bekannt.

Methode: Bei fünf Schafen wurde der linksventrikuläre Blutfluß präoperativ visualisiert. Dazu wurden die zeitabhängigen dreidimensionalen Blutflüsse und Geschwindigkeiten in einem 1,5 T-MR-Scanner (Magnetom Sonata, Siemens) als farbkodierte Vektoren dargestellt. Bei elf Tieren wurden entweder Medtronic-Hall-Kippscheibenprothesen oder Edwards-Mira-Doppelflügelprothesen sowohl anatomisch als auch antianatomisch unter Erhaltung des subvalvulären Klappenapparates implantiert.

Ergebnisse: Die präoperativen linksventrikulären Strömungsprofile zeigten vernachlässigbare individuelle Varianzen. Die Strömungen zeigten ohne räumliche Unterschiede homogene Flußgeschwindigkeiten. Im Fall der anatomischen Ausrichtung der Kippscheibenprothese strömte das Blut hauptsächlich durch die größere Öffnung, wobei die artifizielle Scheibe das native anteriore Segel imitierte, die apikale Helixbildung war der präoperativen ähnlich. Eine antianatomische Ausrichtung ließ das Blut mit hohen Geschwindigkeiten direkt auf das Septum prallen, im weiteren Verlauf kam es dadurch bis über die Aortenklappenebene zu

einem unphysiologischen Flußmuster. Im Fall der antianatomischen oder der antianatomischen Ausrichtung der Doppelflügelprothese kam deren intraventrikuläres Flußverhalten dem präoperativen Status deutlich näher als das einer um 45 Grad gegen den Uhrzeigersinn gedrehten Prothese.

Schlußfolgerungen: Um im Fall eines Mitralklappenersatzes optimierte hämodynamische Verhältnisse zu erzielen, muß die Ausrichtung von artifiziellen Klappensubstituten im Mitralkappenring wohlüberlegt sein. Die Zukunft wird klären, ob eine optimal ausgerichtete Kippscheibenprothese oder eine Doppelflügelprothese dem physiologischen Flußprofil näher kommt und ob suboptimal ausgerichtete Mitralklappenprothesen ein zusätzlicher Risikofaktor für ein vermindertes Langzeitergebnis sind.

Abstract: The Influence of Mitral Valve Prosthesis Orientation on Intraventricular Flow – an Experimental MRI Study. *Introduction:* Orientation-related mechanical valve flow and velocity studies in the downstream area are limited in mitral valve replacement studies.

Objective: In five sheep, ventricular blood flow was visualized prior to implantation of mitral Edwards Biocor Mechanical Valve and a Medtronic Hall tilting

valve prosthesis. Implant orientation was either anatomic or anti-anatomic. Sheep were positioned within a 1.5 T field-strength MR scanner (Magnetom Sonata, Siemens) to assess time-dependent three-dimensional blood-flow velocities displayed as color-encoded vectors.

Results: Preoperative ventricular velocity profiles presented negligible individual variances. Streamlines passed homogeneously without any spatial differences into the left ventricle. Starting from the anatomical position, areas with inhomogeneous and accelerated local blood velocities increased with both substitutes in comparison to the preoperative status. Rotating the prosthesis until it was in an anti-anatomical position caused a significant increase in turbulence immediately downstream, especially in the case of the tilting valve prosthesis; fluids stagnated longer at the apex. In all positions, but less so in the anatomical position, the flow pattern of the blood helix at the apex was disturbed. Intraventricular flow patterns between prostheses were significantly favourable with the anatomically implanted prostheses.

Conclusions: To achieve optimal hemodynamics, rotation of the mitral valve has to be considered carefully, as has long been known from aortic valve replacement studies. **J Kardiologie 2007; 14: 212–7.**

■ Einleitung

Mitralkappenrekonstruktionen haben den klassischen prothetischen Mitralklappenersatz weitgehend verdrängt. Obwohl im Fall des Mitralklappenersatzes die linksventrikuläre Funktion durch den seit 1993 üblichen Erhalt des subvalvulären mitralen Apparates verbessert werden konnte, bleibt die Ursache für die große Varianz in den Langzeitergebnissen bei Patienten mit Mitralklappenersatz [1–7].

Alle modernen Klappensubstitute können intraoperativ auch noch nach der Implantation in ihrem Ring gedreht werden, um eine mechanische Obstruktion zwischen den artifiziellen Okkludern und dem valvulären oder subvalvulären Apparat zu vermeiden. Der andere Gesichtspunkt ist, in welcher Position die Prothese innerhalb des Klappenringes ausgerichtet sein muß, um ein möglichst physiologisches Flußverhalten

zu erzielen. Im Gegensatz zu Aortenklappenprothesen, deren optimale Ausrichtung bezogen auf den Ausflußtrakt anerkannt ist [8–10], bleibt die optimale Orientierung einer Mitralkappenprothese im Mitralkappenring und deren Auswirkungen auf den linksventrikulären Flow unklar. Zwar ist die transvalvuläre Flowcharakteristik der gewöhnlich verwendeten mitralen Prothesen gut bekannt [11–15], dem intraventrikulären Flow abhängig von der Ausrichtung der Mitralkappenprothese wurde aber nicht dieselbe Beachtung wie im Fall des künstlichen Aortenklappenersatzes [8–10] geschenkt.

Um den Einfluß der Ausrichtung von Klappensubstituten auf die Strömungsprofile im distalen Flußbereich zu untersuchen, gibt es im Fall der aufsteigenden Aorta mehrere Methoden [8–10, 16], im Fall der Mitralklappe ist dies jedoch schwierig und Publikationen darüber sind rar [17, 18]. Die Magnetresonanztomographie wurde benutzt, um unter In-vitro-Bedingungen experimentell die Veränderungen des linksventrikulären Blutflusses, der Strömungsprofile und die Entstehung intraventrikulärer Turbulenzen unter Erhalt der anulo-ventrikulären Integrität zu untersuchen.

Es war das Ziel der Studie, die unterschiedlichen intraventrikulären Strömungsmuster nach Implantation von verschiedenen ausgerichteten Doppelflügel- als auch verschiedenen orientierten Kippscheibenprothesen darzustellen.

Eingelangt am 4. Januar 2007; angenommen nach Revision am 20. Februar 2007. Aus den Klinischen Abteilungen für ¹Herzchirurgie, ²Allgemeine Radiologie und ³Herz-Gefäßanästhesie und Intensivmedizin der Medizinischen Universität Graz, dem ⁴Herz-Kreislauf-Zentrum Bad Bevensen, Deutschland und von ⁵Siemens Medical Solutions, Graz

Korrespondenzadresse: Univ.-Prof. Dr. med. Heinrich Mächler, MSc, MBA, Klinische Abteilung für Herzchirurgie, Medizinische Universität Graz, A-8036 Graz, Auenbruggerplatz 29; E-Mail: heinrich.maechler@meduni-graz.at

Material und Methode

Die Studie wurde an 16 Schafen (35–40 kg) gemäß den Richtlinien der Tierversuchskommission durchgeführt. Bei fünf Schafen wurden der intraventrikuläre Blutfluß, das Strömungsprofil und auch die auftretenden Turbulenzen präoperativ dargestellt, um die individuelle Varianz zu evaluieren. Diese Tiere dienten auch als Blutspender. Die Tiere wurden in allgemeiner Intubationsnarkose sternotomiert. Während der normothermen extrakorporalen Zirkulation wurde über das linke Herzhorn die Mitralklappe unter Erhalt des subvalvulären Klappenapparates ersetzt. Bei sechs Tieren wurde eine 23 mm große Medtronic-Hall-Kippscheibenprothese (Medtronic, USA) entweder anatomisch ($n = 3$) (die Kippscheibe imitiert das anteriore Mitralsegel) oder antianatomisch ($n = 3$) (die Kippscheibe liegt dem anterioren Segel gegenüber) implantiert. Bei 5 Schafen wurde eine 23 mm große Doppelflügel-Prothese (Edwards Mira 9600, Edwards Lifescience, USA) entweder anatomisch ($n = 3$) (die Flügel liegen parallel zum anterioren und posterioren Segel), um 45 Grad gegen den Uhrzeigersinn rotiert ($n = 1$) oder antianatomisch ($n = 1$) (Ausrichtung des Scharniers von der Mitte der Aorta zur Mitte des posterioren Anulus) implantiert. Die Tiere wurden von Beginn der extrakorporalen Zirkulation an gewärmt. Nach einem Steady-State von 3 Stunden nach OP-Ende wurden die Schafe in lateraler Position in den MR-Scanner (Magnetom Sonata, Siemens, Erlangen, D) gelegt und mit dem Bair-Hugger-System gewärmt. Trotzdem verstarb ein Tier in der Phase der frühen Bildgebung an einer Hypothermie. Aufgrund der bei allen Tieren postoperativ auftretenden relativen Hypothermie (38°C) wurde die postoperative Hämodynamik trotz identer Herzfrequenz nicht verglichen. Die Gabe von inotropen Substanzen wurde vermieden.

Bei den anderen Tieren war die postoperative Dauer des bildgebenden Verfahrens im Mittel 2,6 Stunden (2–5,4 h) lang. Danach wurde bei allen Tieren ein Kreislaufstillstand medikamentös induziert. Um die zeitabhängigen, dreidimensionalen Geschwindigkeiten des Blutstroms zu bestimmen, wurden die Herzen mit zweidimensionalen Phasenkontrastsequenzen (Field-of-View 320×320 mm, Matrix 128×128 Linien, Schichtdicke 5 mm, Repetitionszeit 25 ms) überdeckt. Die Nachverarbeitung der Bilddaten erfolgte mittels dedizierter Software („4D-Flow“). Dabei werden die zeitabhängigen Strömungsfelder auf die entsprechenden anatomischen Strukturen derart projiziert, daß Länge und Farbe jedes Vektors den Geschwindigkeitsbetrag repräsentieren und die Richtung der Geschwindigkeit durch die des Vektors wiedergegeben wird.

Ergebnisse

Die präoperativ erhaltenen Strömungsprofile der Kontrollschafe zeigten vernachlässigbare individuelle Varianzen. In der frühen Diastole strömte das Blut homogen ohne räumliche Unterschiede in den linken Ventrikel ein (Abb. 1). Das vordere Mitralklappen-segel bewegte sich gegen das interventrikuläre Septum und definiert dadurch den asymmetrischen Einstromungsteil des Ventrikels. Das Blut gelangte nicht in den subaortalen Raum und floß auch nicht direkt auf den Apex zu, sondern beschrieb eine Helix, die von der posterioren Wand und dem posterior-apikalen Septum gegen den Apex verläuft,

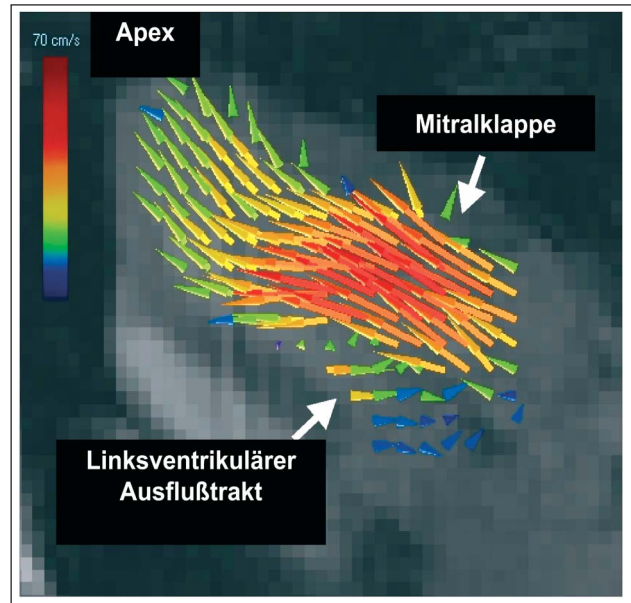


Abbildung 1: Präoperativ strömt das Blut sehr homogen in den linken Ventrikel ein. Im Bereich der Mitralklappen-ebene sind die Strömungsgeschwindigkeiten erhöht, es finden sich jedoch keine Turbulenzen.

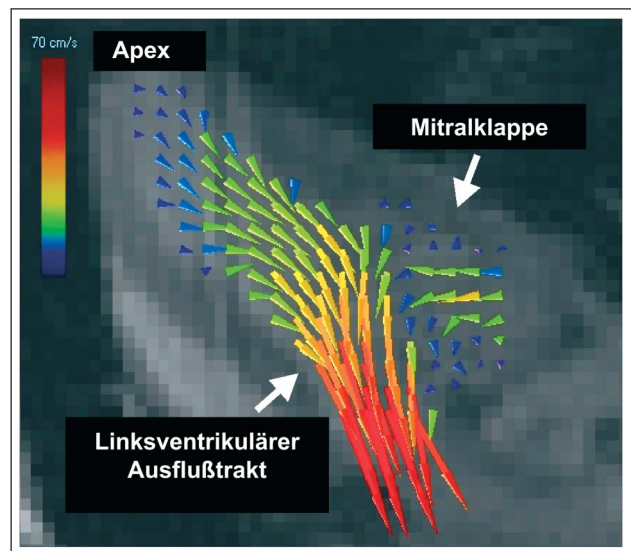


Abbildung 2: Endsystolisch ist der Hauptvektor nicht gegen die Mitralklappe gerichtet. Das Blut strömt mit einem homogenen Strömungsfeld aus dem Ausflußtrakt in die Aorta ascendens ein. Im Bereich der Aortenklappe kommt es zu einem turbulenzfreien Anstieg der Strömungsgeschwindigkeit.

um sich weiter gegen die anteriore und anterior-laterale Wand zu bewegen. In der Zwischenzeit bewegte sich das anteriore Mitralsegel vom Septum weg und definierte den Ausflußtrakt mit. Die inzwischen geschlossene Mitralklappe wurde von der Masse des Blutflusses nicht direkt angeströmt (Abb. 2). Das Blut passierte mit einem sehr homogenen Strömungsfeld die Aortenklappen-ebene, rechts-posterior war die Geschwindigkeit erhöht. Bei allen operierten Schafen wurden maximal 1,5 cm distal der Prothese Artefakte beobachtet. Im Fall der Implantation der Kippscheibenprothese kam es distal der Prothese zu einer keilförmigen Dispersion mit deutlich erhöhten Geschwindigkeitsvektoren im Gegensatz zum homogenen präoperativen Einstrom. Durch die kleinere Öffnung kam es zu einem stagnierenden Fluß. Die Strömungsrichtung war von der Orientierung der Prothese im Mitralklappenring abhängig

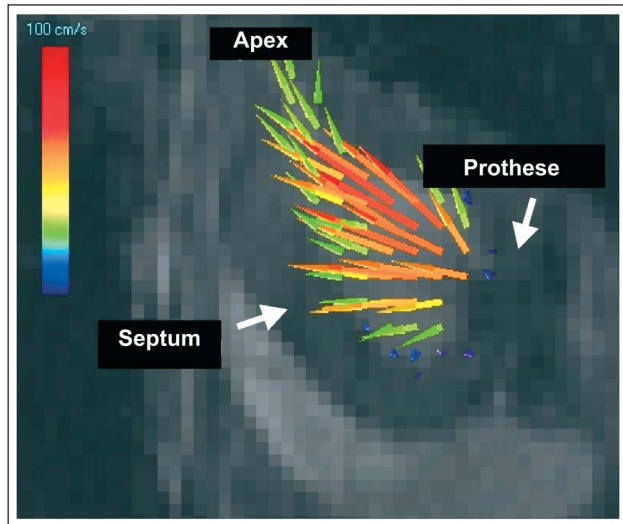


Abbildung 3: Im Fall der anatomisch ausgerichteten Kipp-scheibenprothese sind die transmitralen Strömungsgeschwindigkeiten im Vergleich zum nativen Zustand deutlich erhöht. Die artifizielle Scheibe verhindert das direkte Anströmen des Septums. Die homogenen Strömungsvektoren sind deutlich Richtung Apex gerichtet.

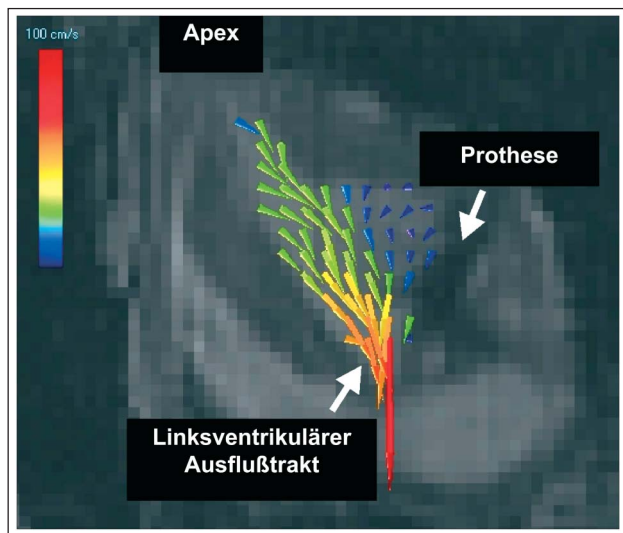


Abbildung 4: Der endsystolische Strömungscharakter ist im Fall der anatomisch implantierten Kipp-scheibenprothese dem nativen Zustand ähnlich. Das Strömungsfeld ist nicht gegen die Mitralklappe gerichtet. Turbulenzen kommen kaum zur Darstellung.

und wurde durch das erhaltene anteriore Segel mit beeinflusst. Beginnend mit der anatomischen Position verhinderte die artifizielle Scheibe, welche das anteriore Segel imitiert, daß das Blut gegen das Septum und gegen den Auslaßteil des Ventrikels anströmte (Abb. 3). Das Ausmaß des zuvor inhomogenen Feldes beschleunigter Blutstromgeschwindigkeiten nahm im Mittelteil des Ventrikels im Vergleich zum präoperativen Status nicht signifikant zu. Im Bereich des Apex konvertierte das Blut zu einer Helix, dem präoperativen Bild sehr ähnlich. Während der späten Systole strömte das Blut sehr homogen in den Ausflußtrakt ein und war nicht gegen die geschlossene Mitralklappenprothese gerichtet (Abb. 4). Die antianatomische Ausrichtung der Prothese verursachte im Vergleich zum präoperativen Bild eine signifikante Zunahme der Turbulenzen unmittelbar nach dem Passieren der Prothese, das Blut prallte mit hoher Geschwindigkeit direkt auf das Septum (Abb. 5), weiter Richtung Apex kam es zu heftigen Turbulenzen. In weiterer Folge kam es zwar zu einer deutlich ausgebil-

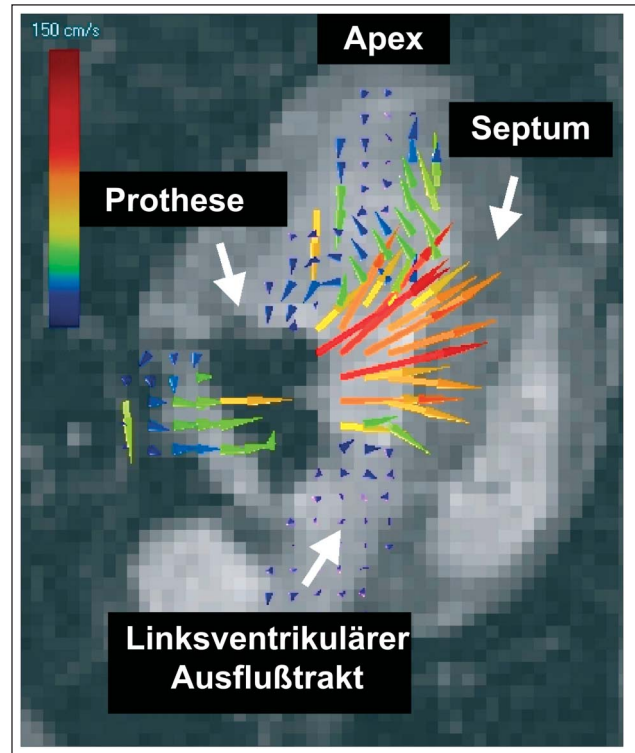


Abbildung 5: Im Fall der antianatomisch implantierten Kipp-scheibenprothese prallt das Blut unmittelbar nach dem Passieren der Mitralklappenebene mit hoher Geschwindigkeit direkt auf das Septum. Der apikal gerichtete Hauptvektor zeigt ein turbulentes Strömungsfeld (die Darstellung des Herzens ist rotiert, nicht lateral konvertiert).

deten Helix, jedoch war sie konträr im Vergleich zur physiologischen Helix gerichtet, sodaß sich das Blut S-förmig weiter direkt auf die mitrale Prothese zubewegte (Abb. 6). Im Ventrikel schien sich der ein- und ausströmende Flow zu kreuzen. Noch auf Aortenklappenebene waren unphysiologisch turbulente Strömungsfelder darstellbar.

Im Fall der Implantation der Doppelflügelprothese konnten Hochgeschwindigkeitsjets durch die drei Öffnungen der Prothese detektiert werden. Der zentrale Jet durch das Scharnier war dominierend. Im Fall der anatomisch rotierten Prothese verhinderte das parallel zu einem artifiziellen Flügel ausgerichtete erhaltene anteriore Segel eine Hauptstromrichtung gegen das Septum (Abb. 7). Im Vergleich zum präoperativen Status nahmen die Turbulenzen im Mittelteil des Ventrikels während des Einströmens zu. Eine Rotation der Prothese um 45 Grad führte zu einer signifikanten Zunahme der Turbulenzen. Apikal kam es zu einer Strömungsverlangsamung, sodaß das Blut apikal länger verblieb. In der 90-Grad-Position (antianatomisch) wurden die Strukturen der offenen Prothese zum Strömungshindernis. Im Vergleich zum präoperativen Status kam es zu einem signifikant unphysiologischen Strömungsprofil. Bei allen drei Positionen, am wenigsten ausgeprägt noch in der anatomischen, kam es apikal zu einem unphysiologischen Strömungsverhalten. Das Strömungsverhalten der um 45 Grad gedrehten Position war noch auf Aortenklappenebene unphysiologisch turbulent.

■ Diskussion

Auf dem Gebiet von Mitralklappenprothesen gibt es bezüglich des Erhalts des subvalvulären Apparates ausreichend

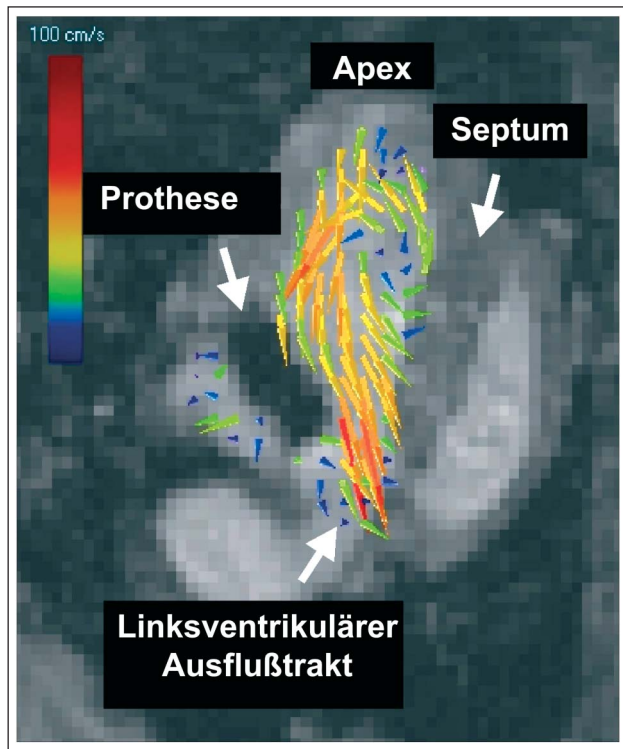


Abbildung 6: Endsystolisch kommt es zur einer deutlichen intraventrikulären Helixbildung. Jene ist jedoch der physiologischen Helix entgegengerichtet. Das Blut strömt S-förmig auf die sich schließende Mitralklappenprothese. Die ein- und ausströmenden Strömungsfelder scheinen sich zu kreuzen (die Darstellung des Herzens ist rotiert, nicht lateral konvertiert).

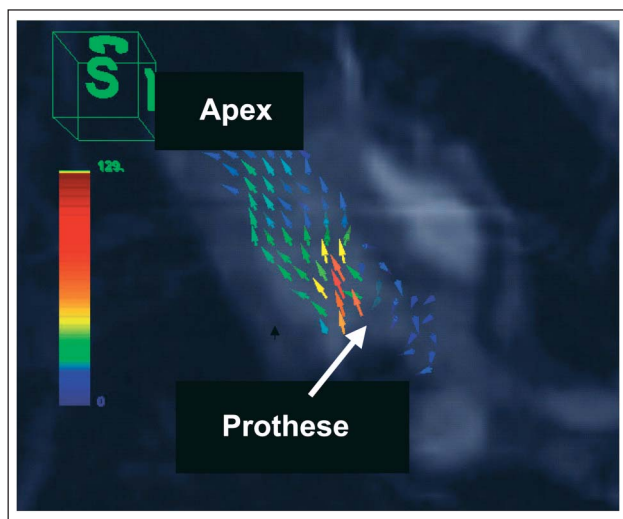


Abbildung 7: Im Fall der anatomisch implantierten Doppelflügelprothese ist das Strömungsfeld homogen und dem nativen Zustand ähnlich, wesentliche Turbulenzen bleiben aus. Das parallel zu den künstlichen Flügeln ausgerichtete native anteriore Segel verhindert das Anströmen des Hauptvektors auf das Septum.

publizierte Daten. Der Ausrichtung der Prothese im Mitralklappenring wurde aber bislang nicht dieselbe Aufmerksamkeit zuerkannt wie im Fall implantierter Aortenklappenprothesen. Mögliche hämodynamische Nachteile der suboptimalen Orientierung konnten jahrelang lediglich theoretisch diskutiert werden.

Den Arbeiten von Kleine [9], Laas [10] sowie anderen Publikationen zufolge, welche einen spiralförmigen Blutfluß im linken Ventrikel diskutierten, wurde klar, daß sich auf Aorten-

klappenebene die höchsten Strömungsgeschwindigkeiten an der rechtsseitig gelegenen Wand befinden. Vergleichende Studien zeigten, daß verschieden ausgerichteten Aortenklappenprothesen im distalen Strömungsgebiet verschiedene Strömungsprofile folgten. Im Fall des Mitralklappenersatzes sind solche Messungen jedoch mehr als rar [17, 18], da die herkömmlichen Meßmethoden technikbedingt nicht zur Anwendung kommen können.

Zu der anatomischen bzw. antianatomischen Orientierung von Kippscheibenprothesen gab es seit jeher zwei verschiedene Theorien [4, 5, 19–21]. Die Verfechter der antianatomischen Implantationsart meinten, daß das verbleibende anteriore Nativsegel gegenüber der künstlichen Scheibe positioniert werden sollte, um die Klappenöffnungsfläche durch die zwei offenen „Klappen“, die native und die künstliche, zu optimieren. Dies sei vor allem bei Prothesen mit einem Durchmesser von 27 mm oder kleiner wichtig. Andere favorisieren die physiologische Sichtweise, daß nämlich die künstliche Scheibe das native anteriore Segel imitieren sollte. Unsere Studie bestätigte die Richtigkeit letzterer Annahme.

Oft war jedoch die Diskussion einer optimalen Orientierung nur auf das Vermeiden einer Behinderung der Beweglichkeit von künstlichen Flügeln durch den subvalvulären Klappenapparat limitiert [5, 20, 21]. In der klinischen Routine wurden Prothesen daher oft leichtfertig zur Verhinderung von möglicherweise steckenbleibenden Flügeln gedreht, da man sich deren hämodynamischer Folgen auf den Blutfluß kaum bewußt war. Im Fall einer Bileaflet-Prothese wurde auch das „lazy leaflet“, der sich geringer öffnende Winkel des zweiten Flügels, im Fall einer anatomischen Ausrichtung diskutiert, Teilthrombosierungen von Prothesen wurden damit in Zusammenhang gebracht. Diese Überlegungen konnten bildhaft nicht dargestellt werden, da Artefakte bis 1,5 cm distal der Mitralklappenprothesen auftraten.

Um die Konsequenzen der Ausrichtung von mitralen Klappensubstituten zu klären, ist jedoch nicht nur das valvuläre und subvalvuläre Areal von Interesse. Bislang gab es aber weder eine experimentelle noch eine klinische Untersuchungsmethode, um diese Frage zu beantworten.

Besonders bei asymmetrisch konstruierten Klappen (sowohl natürlichen als auch künstlichen) ist in Anbetracht des spiralförmigen Flußmusters die Ausrichtung auf Klappenebene entscheidend. Zusätzlich könnten die Effekte der Ausrichtung mit ein unterschätzter Faktor betreffend die hohe Varianz des Outcomes und des Langzeitüberlebens der Patienten sein.

Die Magnetresonanztomographie erlaubt dreidimensionale Geschwindigkeitsmessungen über die Zeit und scheint das ideale Instrument zu sein, um linksventrikuläre Flußmuster zu untersuchen. In Anbetracht des schwerwiegenden Effekts einer antianatomisch implantierten Kippscheibenprothese, wo das Blut unter anderem massiv und direkt auf das Septum prallt (Abb. 5), müssen neben einer Reduktion der kinetischen Energie und den Auswirkungen einer konträren Helixbildung (Abb. 6) die Folgen des Anströmens des Blutes direkt auf die sich schließende Mitralklappenebene (anstelle auf die Aortenklappenebene) diskutiert werden. In Anbetracht der massiven

subvalvulären Turbulenzbildung im Fall einer um 45 Grad rotierten Bileaflet-Prothese oder bei der Darstellung des unphysiologischen linksventrikulären Flußmusters einer anatomisch implantierten Kippscheibenprothese wird klar, daß man aufgrund des asymmetrischen Flußverhaltens des Blutes über eine Mitralklappe in jener mehr als eine simples Ventil sehen muß, durch welches sich das Blut in den Ventrikel ergießt. Seit dem Jahr 2000 wird die intraventrikuläre Helixbildung diskutiert [22–24], jenes komplexe und homogene apikale Flußverhalten kann offenbar durch eine suboptimale Ausrichtung von mitralen Prothesen im Klappenring ge- bzw. zerstört werden.

Die Limitation der Studie besteht darin, daß die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Patienten dadurch angenommen wird, daß die präoperativen visuellen Befunde des intraventrikulären Blutflusses zwischen den Herzen von Schafen und Menschen sehr gut korrelieren. Die Korrelation im postoperativen Fall muß jedoch erst bewiesen werden. Die zweite Limitation ist die relativ niedrige Zahl der untersuchten Tiere, jedoch war sowohl bei den präoperativ untersuchten Tieren als auch bei den gesunden Menschenherzen die individuumspezifische Varianz des Flußverhaltens vernachlässigbar gering. Die dritte Limitation besteht darin, daß aufgrund der postoperativ aufgetretenen relativen Hypothermie das Flußmuster nicht mit der postoperativen Hämodynamik korreliert wurde. Damit können keine Auswirkungen von suboptimal orientierten Mitralkappenprothesen auf das humane Langzeitverhalten dargestellt werden.

Die asymmetrisch konstruierten Kippscheibenprothesen zeigen eine klare Tendenz zur besseren Performance, wenn sie anatomisch implantiert wurden, d. h. wenn das artifizielle Segel das native anteriore Segel imitierte. Im Fall der Verwendung einer mitralen Doppelflügelprothese sind die Unterschiede zwischen der anatomischen und der antianatomischen Implantation geringer, beide erreichen jedoch nie die physiologischen Verhältnisse. Die geringe Rotation um 45 Grad erzielt hier eindeutig die schlechtesten Verhältnisse.

Um im Fall eines Mitralklappenersatzes optimierte hämodynamische Verhältnisse zu erzielen, muß die Ausrichtung von artifiziellen Klappensubstituten im Mitralklappenring wohlüberlegt sein. In Zukunft muß auch die Korrelation zwischen suboptimal ausgerichteten Prothesen und einem verminderten Langzeitergebnis untersucht werden.

Literatur:

- Antunes MJ, Wessels A, Sadowski RG, Schutz JG, Vanderdonck KM, Oliveira JM, Fernandes LE. Medtronic Hall valve replacement in a third-world population group. A review of the performance of 1000 prostheses. *J Thoracic Card Vasc Surg* 1988; 95: 980–93.
- Buchart E, Hui-Hua L, Payne N, Buchan K, Grunkemeier GL. Twenty years' experience with the Medtronic Hall valve. *Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 121: 1090–100.
- Cen YY, Glower DD, Landolfo K, Lowe JE, Davis RD, Wolfe WG, Pieper C, Peterson B. Comparison of survival after mitral valve replacement with biologic and mechanical valves in 1139 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001; 122: 569–77.
- Fiore AC, Barner HB, Swartz MT, McBride LR, Labovitz AJ, Vaca KJ, Vrain JS, Grunkemeier GL, Kaiser GC. Mitral valve replacement: randomized trial of St. Jude and Medtronic Hall prostheses. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 707–13.
- Gudbjartsson T, Aranki S, Cohn LW. Mechanical mitral valve replacement. In: Cohn LH, Edmunds LH Jr (eds). *Cardiac Surgery in the Adult*. McGraw-Hill, New York, 2003; 958–61.
- Milo S, Rambod E, Gutfinger C, Gharib M. Mitral mechanical heart valves: in vitro studies of their closure, vortex and microbubble formation with possible medical implications. *Eur J Cardiothorac Surg* 2003; 24: 364–70.
- Rahimtoola SH. Choice of prosthetic heart valve for adult patients. *J Am Coll Cardiol* 2003; 19: 893–904.
- Kleine P, Hasenkam MJ, Nygaard H, Perthel W, Wesemeyer D, Laas J. Tilting disc versus bileaflet aortic valve substitutes: intraoperative and postoperative hemodynamic performance in humans. *J Heart Valve Dis* 2000; 9: 308–11.
- Kleine P, Perthel M, Nygaard H, Hansen SB, Paulsen PK, Riis C, Laas J. Medtronic Hall versus St. Jude Medical mechanical aortic valve: downstream turbulences with respect to rotation in pigs. *J Heart Valve Dis* 1998; 7: 548–55.
- Laas J, Kleine P, Hasenkam MJ, Nygaard H. Orientation of tilting disc and bileaflet aortic valve substitutes for optimal hemodynamics. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 1096–9.
- Baccani B, Domenichini F, Pedrizzetti G. Model and influence of mitral valve opening during the left ventricular filling. *J Biomech* 2003; 36: 355–61.
- Mouret F, Kadem L, Bertrand E, Dumesnil JG, Pibarot P, Rieu R. Mitral prosthesis opening and flow dynamics in a model of left ventricle: an in vitro study on a monoleaflet mechanical valve. *Cardiovasc Engineering* 2005; 5: 13–20.
- Rosenfeld M, Avrahami I, Einav S. Unsteady effects on the flow across tilting disk valves. *J Biomech Eng* 2002; 124: 21–9.
- Shipkowitz T, Ambrus J, Kurk J, Wickramasinghe K. Evaluation technique for bileaflet mechanical valves. *J Heart Valve Dis* 2002; 11: 275–82.
- Sung HW, Cape EG, Yoganathan AP. In vitro fluid dynamic evaluation of the Carbo-medics bileaflet heart valve prosthesis in the aortic and mitral positions. *J Heart Valve Dis* 1994; 3: 673–83.
- Kleine P, Perthel M, Hasenkam JM, Nygaard H, Hansen SB, Laas J. Downstream turbulence and high intensity transient signals (HITS) following aortic valve replacement with Medtronic Hall or St. Jude Medical substitutes. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000; 17: 20–4.
- Mächler H, Perthel M, Reiter G, Reiter U, Zink M, Bergmann P, Waltersdorfer A, Laas J. Influence of bileaflet prosthetic mitral valve orientation on left ventricular flow – an experimental in vivo magnetic resonance imaging study. *Eur J Card Thorac Surg* 2004; 26: 747–53.
- Van Rijk-Zwikker GL, Delemarre BJ, Huysmans HA. The orientation of the bileaflet CarboMedics valve in the mitral position determines left ventricular spatial flow patterns. *Eur J Cardiothorac Surg* 1996; 10: 513–20.
- Antunes MJ. Techniques of implantation of the Medtronic-Hall valve and other modern tilting-disc prostheses. *J Card Surg* 1990; 5: 86–92.
- Hall KV. Surgical considerations for avoiding disc interference. Ten years experience with the Medtronic Hall heart valve. *J Cardiothorac Surg* 1988; 3: 103–8.
- Pai GP, Ellison RG, Rubin JW, Moore HV, Kamath MV. Disc immobilization of Bjork-Shiley and Medtronic Hall valves during and immediately after valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1987; 44: 73–6.
- Coghlan C, Hoffman J. Leonardo da Vinci's flights of the mind must continue: cardiac architecture and the fundamental relation of form and function revisited. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006; 29 (Suppl 1): S4–S17.
- Fyrenius A, Wigstrom L, Ebbers T, Karlsson M, Engvall J, Bolger A. Three dimensional flow in the human left atrium. *Heart* 2001; 86: 448–55.
- Kilner PJ, Guang-Zhong Y, Wikles AJ, Mohladdin RH, Firmin DN, Yacoub MH. Asymmetric redirection of flow through the heart. *Nature* 2000; 404: 759–61.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)