Z Herz- Thorax- Gefäßchir 2020 · 34:2–9
<https://doi.org/10.1007/s00398-019-00353-2>
Eingegangen: 30. Oktober 2019
Angenommen: 5. Dezember 2019
Online publiziert: 8. Januar 2020
© Der/die Autor(en) 2020

Ludwig Müller

Landeskrankenhaus Innsbruck – Universitätskliniken, Medizinische Universität Innsbruck und Tirol
Kliniken Ges.m.b.H., Innsbruck, Österreich

Chirurgie bei funktioneller Mitralklappeninsuffizienz

Stellenwert im Zeitalter der „Edge-to-edge“- Verfahren

Video online

Die Online-Version dieses Beitrags (<https://doi.org/10.1007/s00398-019-00353-2>) enthält ein Video „Papillarmuskelrelokation“. Beitrag und Zusatzmaterial stehen Ihnen auf www.springermedizin.de zur Verfügung. Bitte geben Sie dort den Beitragstitel in die Suche ein; das Zusatzmaterial finden Sie beim Beitrag unter „Ergänzende Inhalte“.

Hintergrund

Die funktionelle Mitralklappeninsuffizienz („functional mitral regurgitation“, FMR) wurde sehr lange Zeit nicht nur in ihrer Bedeutung unterschätzt, sondern wurde und wird auch nicht immer richtig erkannt und klassifiziert. Die korrekte Diagnose ist jedoch nicht nur für Therapieentscheidungen und für die Wahl der Rekonstruktionsstrategie Voraussetzung, sondern auch entscheidend für die Erstellung einer Prognose. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass es sich im Gegensatz zu den degenerativen Erkrankungen (einschließlich der entzündlichen Klappenerkrankungen sowie der angeborenen Klappenfehler und Bindegewbserkrankungen) nicht um eine Erkrankung der Mitralklappe per se handelt. Man sollte daher

besser von primärer und sekundärer Mitralklappeninsuffizienz (MI) sprechen. Die sekundäre MI wurde bisher vorwiegend als auf einer ventrikulären Erkrankung basierend gesehen, nämlich entweder auf einer ischämischen Kardiomyopathie („ischemic cardiomyopathy“, ICMP) oder einer dilatativen Kardiomyopathie („dilated cardiomyopathy“, DCM; [13]). In den letzten Jahren hat sich aber auch die Diagnose einer sekundären atrialen MI bei Dilatation des linken Vorhofs, meist im Rahmen von chronischem Vorhofflimmern, durchgesetzt [3].

Dies ist von ausschlaggebender Bedeutung, weil sich dadurch die häufig anzutreffende schwere MI trotz normaler Ventrikelfunktion und -geometrie sowie normaler Beweglichkeit der Klappen Segel pathophysiologisch richtig einordnen lässt. Entsprechend den Schwierigkeiten der ätiologischen Klassifizierung und pathogenetischen Zuordnung der unterschiedlichen sekundären MI-Typen blieb über lange Zeit auch die wissenschaftliche Bearbeitung der FMR unbefriedigend.

Datenlage

Die im Folgenden besprochenen randomisierten und nicht randomisierten Studien haben in den letzten Jahren entscheidend zum Verständnis der sekundären MI, ihrer Prognose und der Behandlungsmöglichkeiten beigetragen.

Cardiothoracic Surgery Network Trial.

In der randomisierten Studie des Cardiothoracic Surgery Network Trial (CTSNet Trial, [1, 5]) wurde bei Patienten mit schwerer ischämischer MI der Mitralklappenersatz mit der Mitralklappenrekonstruktion durch restriktive Anuloplastie verglichen. Es zeigte sich kein Unterschied in den klinischen Outcome-Parametern, jedoch fand sich eine signifikant höhere Rate von MI-Rezidiven nach restriktiver Anuloplastie. In der Studie nicht weiter diskutiert, aber aus den Grafiken klar abzuleiten, ist jedoch, dass in der Rekonstruktionsgruppe Patienten ohne MI-Rezidiv wesentlich seltener verstarben als in der Klappenersatzgruppe (Abb. 1).

Daraus könnte gefolgert werden, dass Patienten mit anhaltend gutem Rekonstruktionsergebnis eine deutlich bessere Prognose haben als Patienten mit schlechtem Rekonstruktionsergebnis oder nach Mitralklappenersatz. Dies würde für eine bessere Patientenselektion zu Rekonstruktion bzw. Klappenersatz sprechen. Da als Rekonstruktionstechnik nur die restriktive Anuloplastie Anwendung fand, erlaubt diese Studie keine Aussage über fortgeschrittenere Rekonstruktionstechniken (s. Abschn. „Fortgeschrittene chirurgische Rekonstruktionstechniken“). Rund 30 % der Patienten hatten bereits 30 Tage nach der Operation ein mindestens mittelgradiges MI-Rezidiv, sodass grundsätzlich die Frage nach der Qualität der Rekonstruktionen gestellt werden muss. Drei Viertel der Patienten erhielten eine simultane Bypass-Operation, sodass das

Abb. 1 ◀ Kumulatives Versagen von Mitralkappenrekonstruktion oder -ersatz. *FU* Follow-up, *MI* Mitralkappeninsuffizienz $\geq 2^\circ$, *MK* Mitralklappe. (Aus Goldstein et al. [5])

Abb. 2 ◀ MITRA-FR: Überleben nach perkutaner „Edge-to-edge“-Plastik oder optimaler medikamentöser Therapie. *PR* perkutane Rekonstruktion, *KT* konservative Therapie. (Aus Obadia et al. [12])

Gesamtergebnis auch von der Effizienz der Bypass-Versorgung abhing. Dazu gibt es in dieser Studie keine Angaben. Daher darf dieser CTSNet Trial nicht generell als Nachweis der Qualität beider Operationsmethoden bei der FMR herangezogen werden, sondern ausschließlich für das selektierte Patientengut, nämlich ischämische MI und mit simultan durchgeführter Bypass-Operation in 75 % der Fälle.

Multicentre Study of Percutaneous Mitral Valve Repair with the MitraClip® (Abbott Laboratories, Abbott Structural Heart, 3200 Lakeside Drive, Santa Clara, CA 95054) Device in Patients With Severe Secondary Mitral Regurgitation. Die Percutaneous Repair or Medical Treatment for Secondary Mitral Regurgitation Studie (MITRA FR, [12]) untersuchte in einem „randomized controlled trial“ (RCT) Patienten mit schwerer sekundärer MI ohne nä-

here Spezifizierung der Ätiologie, die nicht für eine chirurgische Mitralkappenrekonstruktion geeignet waren. Es wurde die optimale medikamentöse Therapie gegen die interventionelle Mitralkappenrekonstruktion mithilfe des Mitraclip® verglichen. In den klinischen Outcome-Parametern konnte kein Unterschied gefunden werden (Abb. 2).

Cardiovascular Outcomes Assessment of the MitraClip Percutaneous Therapy for Heart Failure Patients With Functional Mitral Regurgitation. Im Transcatheter Mitral-Valve Repair in Patients with Heart Failure Trial (COAPT, [14]) wurden 614 Patienten in einem ähnlichen Setting behandelt und untersucht. Auch in dieser Studie wurde keine Unterscheidung hinsichtlich der Ätiologie der sekundären MI getroffen. Die Ergebnisse zeigten im Gegensatz zu MITRA-FR einen signifikanten Unterschied in allen klinischen Outcome-Parametern zugunsten der Device Gruppe (■ Abb. 3).

Weitere Analysen. Zahlreiche Analysen der offensichtlich widersprüchlichen Ergebnisse beider Studien MITRA-FR und COAPT wurden inzwischen publiziert [2], deren Aufzählung und Metaanalyse nicht Aufgabe dieses Beitrags ist und sein kann. Dennoch sind wichtige Schlussfolgerungen zu ziehen: COAPT hat gezeigt, dass Maßnahmen zur Reduktion der sekundären MI geeignet sind, Rehospitalisationsrate und Überleben dieser Patienten zu verbessern. Das Stadium der Erkrankung ist entscheidend für das Behandlungsergebnis [6].

In einer Metaanalyse chirurgischer Studien zur Mitralklappenrekonstruktion bei FMR konnte gezeigt werden, dass die Ergänzung einer restriktiven Anuloplastie durch eine subvalvuläre Rekonstruktion mit deutlich besseren Ergebnissen hinsichtlich des Auftretens eines MI-Rezidivs verbunden ist (■ Abb. 4; [7]).

» Studienergebnisse belegen das bessere Outcome nach restriktiver Anuloplastie und subanulärer Rekonstruktion

Zuletzt wurde eine weitere wichtige chirurgische Studie publiziert [8]: In einer nichtrandomisierten Untersuchung wurde die Wirksamkeit einer die restriktive Anuloplastie ergänzenden subanulären Rekonstruktion in Form des „papillary muscle realignment“ im Vergleich zur alleinigen Anuloplastie untersucht. Beide Behandlungsgruppen waren gleich

Z Herz-Thorax-Gefäßchir 2020 · 34:2–9 <https://doi.org/10.1007/s00398-019-00353-2>
© Der/die Autor(en) 2020

L. Müller

Chirurgie bei funktioneller Mitralklappeninsuffizienz. Stellenwert im Zeitalter der „Edge-to-edge“-Verfahren

Zusammenfassung

Hintergrund. Neue Studien haben in den letzten Jahren wesentlich zum Verständnis der Behandlung der funktionellen Mitralklappeninsuffizienz (FMR) beigetragen. Dabei scheint vordergründig der interventionellen „Edge-to-edge“-Plastik die tragende Rolle zuzukommen.

Fragestellung. Welche Bedeutung hat die chirurgische Mitralklappenrekonstruktion bei FMR im Lichte der aktuellen Evidenz?

Material und Methoden. Die kritische Betrachtung aktueller Studien (CTSNet, MITRA-FR, COAPT), von Metaanalysen und neuer chirurgischer Studien zeigt Mängel der erstgenannten Studien sowie fehlendes Potenzial für Verallgemeinerungen und die Wertigkeit neuerer chirurgischer Ansätze auf.

Ergebnisse. Erstmals konnte in einer randomisierten Studie die Überlegenheit einer Klappenintervention gegenüber optimaler medikamentöser Therapie gezeigt werden. Neue chirurgische Techniken mit Einschluss subanulärer Rekonstruktionen in

minimalinvasiver Technik gehen mit einer deutlich besseren Prognose für den Patienten einher als die restriktive Anuloplastie allein und als interventionelle Rekonstruktionen durch Edge-to-edge-Plastik.

Schlussfolgerung. Diese Ergebnisse verdeutlichen die Vorteile der Mitralklappenrekonstruktion in der Behandlung der FMR. Ergänzende subanuläre Rekonstruktionen bergen das Potenzial für eine anhaltende Freiheit von Mitralklappeninsuffizienz Rezidiven und klinischen Ereignissen, das die isolierte Edge-to-edge-Plastik nicht erreicht. Allein durch interdisziplinäre Diskussion im Herz-Team kann die optimale individualisierte Therapiestrategie unter Einbeziehung aller Techniken gefunden werden.

Schlüsselwörter

Herzklappenerkrankungen · Mitralklappenanuloplastie · Ventrikuläres Remodeling · Rezidiv · Behandlungsergebnis

Surgery for functional mitral valve regurgitation. Importance in the era of edge-to-edge procedures

Abstract

Background. Recent studies have essentially contributed to a better understanding of the treatment of functional mitral regurgitation (FMR). The interventional edge-to-edge repair appears to play the dominant role in the treatment of this entity.

Objective. To elucidate the importance of surgical mitral valve repair in FMR on the basis of the current evidence.

Material and methods. A critical analysis of recent studies (CTSNet, MITRA-FR and COAPT) as well as meta-analyses and more recent surgical studies demonstrate shortcomings of these studies and a lack of potential for generalizability as well as the value of new surgical approaches.

Results. For the first time the superiority of a mitral valve intervention compared to optimal medical treatment (OMT) could be demonstrated in a randomized trial. New surgical techniques involving additional

subannular repair with minimally invasive techniques result in better outcomes than isolated restrictive annuloplasty or interventional edge-to-edge repair.

Conclusion. These results demonstrate the superiority of mitral valve repair in the treatment of FMR. Annuloplasty supplemented by subannular repair increases the potential of surgery for sustained freedom from recurrent MR as well as clinical endpoints that cannot be achieved by isolated edge-to-edge repair. The optimal individualized treatment strategy can only be found by interdisciplinary discussion in the heart team including all available techniques.

Keywords

Heart valve diseases · Mitral valve annuloplasty · Ventricular remodeling · Recurrence · Treatment outcome

Abb. 3 ▲ COAPT: Freiheit von Rehospitalisation (a), Freiheit von Device-bedingten Komplikationen (b), Rate aller Todesfälle nach perkutaner Edge-to-edge-Plastik oder optimaler medikamentöser Therapie (c). (Aus Stone et al. [14])

groß und unterschieden sich nicht signifikant in den Ausgangsparametern. Nach 24 Monaten zeigten sich signifikante Unterschiede in allen wichtigen klinischen Outcome-Parametern, einschließlich dem Überleben (Abb. 5 und 6).

Schlussfolgerungen. Nach Betrachtung dieser wenigen, aber sicherlich wichtigsten Studien zum Thema Behandlung der FMR ist zusammenfassend festzuhalten: Nur ausnahmsweise wird die Ätiologie der Erkrankung angegeben, d.h. die Patientenselektion erfolgte ohne Rücksichtnahme darauf, ob die MI sekundär zu einer ICMP, einer DCMP oder einer linksatrialen Dilatation bestand. Dementsprechend mussten begleitende Revaskularisationseingriffe in meist nicht näher an-

gegebener Häufigkeit erfolgen, und es ist auch wenig über begleitendes Vorhofflimmern bekannt.

Dennoch konnte mit COAPT in einer randomisierten Studie erstmals klar ein Vorteil für die Rekonstruktion der Mitralklappe bei Patienten mit Herzinsuffizienz nachgewiesen werden. Beim Vergleich der chirurgischen Rekonstruktion mit den interventionellen Studien finden sich nach der Operation bessere Ergebnisse hinsichtlich des Überlebens nach 12 und 24 Monaten als nach Intervention. Obwohl die Patienten in diesen Studien nicht sicher vergleichbar sein mögen, kann daraus zumindest abgeleitet werden, dass diese durch die Operation, die in den meisten Fällen minimalinvasiv totalendoskopisch durchgeführt wurde,

keinem erhöhten Risiko ausgesetzt waren.

Werden zur restriktiven Anuloplastie ergänzend subanuläre Rekonstruktionstechniken angewandt, steigt das Operationsrisiko nicht, und die Ergebnisse sprechen in allen Studien für eine besseres Outcome hinsichtlich Mortalität, MI-Rezidiv und Rehospitalisation.

Fortgeschrittene chirurgische Rekonstruktionstechniken

Aufgrund der Pathophysiologie sind folgende zwei Ansatzpunkte erforderlich:

Die generalisierte Ventrikeldilatation (DCMP) oder die lokalisierte Ventrikeldilatation (ICMP) führt zu einer Papillarmuskelverlagerung, die das „tethering“

Abb. 4 ◀ Metaanalyse chirurgischer Studien: isolierte restriktive Anuloplastie (Gruppe B) vs. Anuloplastie mit subanulärer Rekonstruktion (Gruppe A). Wiederauftreten von Mitralklappeninsuffizienz $\geq 2^\circ$ signifikant häufiger in Gruppe B („odds ratio“ 0,27; 95 %-Konfidenzintervall 0,19–0,38; $p = 0,0001$). (Aus Harmel et al. [7])

Abb. 5 ▲ Überleben nach isolierter Anuloplastie oder Anuloplastie plus subanulärer Rekonstruktion. (Aus Harmel et al. [8])

der Mitralklappensegel bewirkt: Die Mitralklappensegel werden nach apikal und posterior gezogen („to tether“: anbinden). Des Weiteren kommt es durch die Ventrikeldilatation und/oder die Vorhoferweiterung zu einer Mitralklappenanulodilatation.

Daher kann die ursprüngliche Anulusdimension mithilfe einer geeigneten Anuloplastie wiederhergestellt werden. Dies ist bei der atrialen sekundären MI

ausreichend. Besteht auch ein Tethering durch eine Ventrikeldilatation wird versucht, die Koaptation beider Mitralklappensegel mithilfe einer „undersized“ Anuloplastie wiederherzustellen. Wie sich gezeigt hat, ist dies nicht mit befriedigenden Langzeitergebnissen verbunden, da keine ausreichende Koaptationshöhe der Segel erreicht wird und der Dilatationsprozess des Ventrikels nicht immer aufgehalten werden

kann. Eine Möglichkeit, diese Situation zu verbessern, besteht in einer Patch-Augmentation des hinteren Segels, d. h., dass die Höhe des hinteren Segels über seine ganze Länge oder nur im postero-medialen Anteil vergrößert wird, sodass eine ausreichende Koaptationsfläche mit dem vorderen Segel entsteht [15]. Diese Methode hat sich in kleinen Studien sehr gut bewährt, ist jedoch aufwendig, da lange Nahtreihen anzulegen sind. Zudem haben Patienten mit FMR häufig sehr zarte Segel (es handelt sich ja nicht um eine valvuläre Erkrankung), sodass die Fixation des Patch im Segel nicht immer einfach bzw. sicher ist. Auch handelt es sich, wie bei der restriktiven Anuloplastie, um eine unphysiologische, palliative Maßnahme. Daher ist es sinnvoll, das Tethering durch die Papillarmuskeldislokation mit subvalvulären Techniken direkt zu behandeln. Einerseits existieren Papillarmuskel approximierende Techniken, andererseits die Papillarmuskelrelokation.

» Das einfache „papillary muscle realignment“ eignet sich für den endoskopischen Zugang

Zur Approximation der Papillarmuskeln ist die „Papillary muscle sling“-Technik geeignet [9]. Eine kleinkalibrige (5 mm) Polytetrafluorethylen (PTFE)-Gefäßprothese wird zwischen Ventrikelwand und

Abb. 6 ▲ Freiheit von Mitralklappeninsuffizienzrezidiv $>2^\circ$ nach isolierter Anuloplastie oder Anuloplastie plus subanulärer Rekonstruktion. (Aus Harmel et al. [8])

Abb. 7 ◀ Intraoperatives Bild einer Papillarmuskelrelokation. (Zusatzmaterial online: „Papillarmuskelrelokation“)

Papillarmuskeln um diese herumgeführt, zusammengezogen und in sich vernäht. Die Distanz der Papillarmuskel wird beliebig verkleinert und damit der Zug an den Mitralklappen-segeln vermindert. Bei der „Papillary muscle sandwich“-Technik [10] werden beide Papillarmuskel zwischen Teflonfilz-Patches aneinander-genäht. Auch diese Techniken sind relativ komplex und kaum in minimalinvasiver Ausführung möglich. Mithilfe eines „ring plus string“ werden die Papillarmuskeln über geeignete, an den Papillarmuskeln inserierte und durch den vorderen Mitralklappenanulus nach außen gestochene Nähte am gefüllten, schlagenden Herzen unter transösophagealer Echokardiographie(TEE)-Kontrolle anuluswärts gezogen und in dieser

Position fixiert [11]. Die Ringanuloplastie ist auch hier Basis dieser Technik.

Die von Girdauskas et al. publizierte Technik des „papillary muscle realignment“ [4] hat den großen Vorteil der Einfachheit, da die Nähte, mit denen die Papillarmuskeln anuluswärts gezogen werden, noch am kardioplegierten Herzen geknotet werden und zudem die Technik sehr gut für den endoskopischen Zugang geeignet ist (Zusatzmaterial online: „Papillarmuskelrelokation“). In **Abb. 7** ist das Vorgehen bei der Papillarmuskelrelokation gezeigt. Am hinteren und am vorderen Papillarmuskel wird jeweils ein mit Teflonfilz unterlegter 3-0-e-PTFE-Faden als U-Naht angebracht, ungeknüpft durch den hinteren Anulus und später durch den Anuloplastie-

tiering geführt. Nach Fixation des Rings wird der Ventrikel mit Kochsalzlösung gefüllt, die Relokationsnähte werden so weit angezogen, bis die Koaptationslinie beider Mitralklappen-segel deutlich atrialwärts verlagert ist und dann geknotet.

Resümee

Die Frage nach dem Stellenwert der Chirurgie bei FMR im Zeitalter der interventionellen Edge-to-edge-Verfahren ist also positiv zu beantworten. Voraussetzung für die erfolgreiche chirurgische Behandlung ist zunächst die präzise Diagnostik hinsichtlich pathologisch-anatomischer und pathophysiologischer Charakteristika der sekundären MI, die Hinweise auf die anzuwendende Technik und die Rezidivwahrscheinlichkeit bei alleiniger Anuloplastie gibt. Weitere Voraussetzung ist eine fortgeschrittene chirurgische Technik. Am besten sollte die Möglichkeit zur minimalinvasiven Operation mit endoskopischer Bildgebung gegeben sein. Diese Vorgaben machen die Behandlung der FMR in einem „heart valve center“ unabdingbar.

Allerdings existieren derzeit – und möglicherweise auch künftig – keine randomisierten Studien zu diesem Thema. Diese erfordern einen enormen organisatorischen und finanziellen Aufwand, der nur von der Industrie oder von staatlichen Institutionen getragen werden kann. Da ein finanzieller Gewinn durch die chirurgische Behandlung der FMR für die Industrie nur in geringem Maß zu erwarten ist, wird es wahrscheinlich schwierig werden, Sponsoren zu finden.

Fazit für die Praxis

- Es gibt keinen Grund zu chirurgischer Resignation. Die in den letzten Jahren publizierten chirurgischen und interventionellen Daten zeigen deutlich, dass es für jede infrage kommende Technik – chirurgisch und interventionell – gute Indikationen mit befriedigenden Erfolgsaussichten gibt.
- Das Konzept „one size fits all“ ist für die Behandlung der funktionellen Mitralklappeninsuffizienz (FMR) genauso

inakzeptabel wie für andere herzchirurgische/kardiologische Fragestellungen.

- Im Herz-Team, das ohne finanzielle oder sonstige Zwänge arbeitet, kann mit großer Wahrscheinlichkeit die für den individuellen Patienten optimale Therapie gefunden werden.

Korrespondenzadresse

Ao. Univ.-Prof. Dr. Ludwig Müller
Landeskrankenhaus Innsbruck – Universitätskliniken, Medizinische Universität Innsbruck und Tirol Kliniken Ges.m.b.H.
Anichstr. 35, 6020 Innsbruck, Österreich
ludwig.mueller@tirol-kliniken.at

Ao. Univ.-Prof. Dr. Ludwig Müller ist Leitender Oberarzt der Univ.-Klinik für Herzchirurgie Innsbruck. Er etablierte an dieser Klinik 1996 die Mitralklappenrekonstruktion, 2001 erfolgte der nächste Schritt durch Implementation der minimalinvasiven Technik mithilfe der Minithorakotomie, 2014 die vollendoskopische Operation mithilfe des „3D imaging“. Im Jahr 1997 wurde die partielle Sternotomie für den Aortenklappenersatz an dieser Klinik eingeführt, 2006 auch die Minithorakotomie (RAT) für den Aortenklappenersatz sowie viele weitere Innovationen in diesen Jahren. Von 1993 bis 2019 war er Leiter des Lungentransplantationsprogramms in Innsbruck. Im Jahr 2009 gründete Prof. Müller FOCUS Valve, einen seither jährlich an der Medizinischen Universität Innsbruck stattfindenden internationalen Trainingskurs für minimalinvasive Klappenchirurgie. Derzeit bereitet er die FOCUS Valve Training Days vor, ein mehrtägiges Programm zum Training der totalendoskopischen Mitralklappenoperation mithilfe des 3D imaging im Wetlab und mit Live-Demonstrationen im OP. Neben diesen Aktivitäten ist Prof. Müller in alle chirurgischen Routineaktivitäten involviert, mit dem Schwerpunkt auf der Ausbildung jüngerer Operateure zu fortgeschrittenen Chirurgen.

Funding. Open access funding provided by University of Innsbruck and Medical University of Innsbruck.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. L. Müller gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden vom Autor keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jegli-

chem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Acker MA, Parides MK, Perrault LP et al (2014) Mitral-valve repair versus replacement for severe ischemic mitral regurgitation. *N Engl J Med* 370:23–32
2. Arora G, Patel N, Arora P (2019) Futile MITRA-FR and a positive COAPT trial: where does the evidence leave the clinicians? *Int J Cardiol Heart Vasc*. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2018.11.003>
3. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ et al (2017) 2017 ESC/EACTS guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J* 38:2739–2791. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehx391>
4. Girdauskas E, Conradi L, Harmel EK et al (2017) Minimally invasive mitral valve annuloplasty with realignment of both papillary muscles for correction of type IIIb functional mitral regurgitation. *Innovations* 12:329–332
5. Goldstein D, Moskowitz AJ, Gelijns AC et al (2016) Two-year outcomes of surgical treatment of severe Ischemic mitral regurgitation. *N Engl J Med* 374(4):344–353. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1512913>
6. Grayburn PA, Sannino A, Packer M (2019) Proportionate and disproportionate functional mitral regurgitation: a new conceptual framework that reconciles the results of the MITRA-FR and COAPT trials. *JACC Cardiovasc Imaging* 12(2):353–362. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2018.11.006>
7. Harmel EK, Reichenspurner H, Girdauskas E (2018) Subannular reconstruction in secondary mitral regurgitation: a meta-analysis. *Heart* 104:1783–1790
8. Harmel EK, Pausch J, Gross T et al (2019) Standardized subannular repair improves outcomes in type IIIB functional mitral regurgitation. *Ann Thorac Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.athoracsur.2019.04.120>
9. Hvass U, Tapia M, Baron F et al (2003) Papillary muscle sling: a new functional approach to mitral repair in patients with ischemic left ventricular dysfunction and functional mitral regurgitation. *Ann Thorac Surg* 75:809–811
10. Ishikawa S, Ueda K, Kawasaki A et al (2008) Papillary muscle sandwich plasty for ischemic mitral regurgitation: a new simple technique. *J Thorac Cardiovasc Surg* 135(6):1384–1386. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2007.12>
11. Langer F, Schäfers H-J (2007) RING plus STRING: papillary muscle repositioning as an adjunctive repair technique for ischemic mitral regurgitation.

J Thorac Cardiovasc Surg 133(1):247–249.e2. <https://doi.org/10.1016/j.jtcvs.2006.04.059>

12. Obadia J-F, Messika-Zeitoun D, Leurent G et al (2018) Percutaneous repair or medical treatment for secondary mitral regurgitation. *N Engl J Med* 379:2297–2306. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1805374>
13. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO et al (2017) AHA/ACC focused update of the 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: a report of the American college of cardiology/American heart association task force on clinical practice guidelines. *Circulation* 135:e1159–e1195. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000503>
14. Stone GW, Lindenfeld JA, Abraham WT et al (2018) Transcatheter mitral-valve repair in patients with heart failure. *N Engl J Med* 379:2307–2318. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1806640>
15. de Varennes B, Chaturvedi R, Sidhu S et al (2019) Initial results of posterior leaflet extension for severe type IIIb Ischemic mitral regurgitation. *Circulation* 119:2837–2843

Hier steht eine Anzeige.