

Aus der Klinik für Herzchirurgie
der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf
Direktor/Leiter: Univ.-Prof. Dr. med. Artur Lichtenberg

**Minimalinvasive, isolierte Trikuspidalklappenchirurgie
mittels rechtslateraler Minithorakotomie**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

vorgelegt von
Meret Funke geb. Heimann
2020

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.:

Dekan: Prof. Dr. med. Nikolaj Klöcker

Erstgutachter: Prof. Dr. Udo Boeken

Zweitgutachter: Prof. Dr. Ragnar Huhn-Wientgen

Meiner Familie

Teile dieser Arbeit wurden veröffentlicht:

Isolated Tricuspid Valve Surgery: A Single Institutional Experience with the Technique of Minimally Invasive Surgery via Right Minithoracotomy. Minol J, Boeken U, Weinreich T, Heimann M, Gramsch-Zabel H, Akhyari P, Kamiya H, Lichtenberg A; The Thoracic and Cardiovascular Surgeon 2017. 65:606-611

Zusammenfassung

Hintergrund: Seit über 20 Jahren werden international mit zunehmender Frequenz minimalinvasive Herzklappenoperationen durchgeführt. Zu diesen zählen im relevanten Anteil die minimalinvasive Chirurgie der Atrioventrikularklappen, die Mitral- und die Trikuspidalklappe. Aufgrund des pathophysiologischen Kontextes und der ausgeprägten Vorerkrankungen der Patienten mit Erkrankungen an der Trikuspidalklappe, ist die Operation an eben dieser nach wie vor eine Herausforderung. Zur isolierten Trikuspidalklappenchirurgie gibt es auch aus diesem Grund bisher nur wenige Daten. Mit dieser Arbeit wird ein Beitrag zur weiteren Evaluierung geleistet.

Methodik: Wir betrachten 25 Patienten, welche im Zeitraum zwischen November 2009 und Juli 2013 isoliert an der Trikuspidalklappe über eine rechtsseitige Minithorakotomie operiert wurden. Von den 25 Patienten waren 13 Männer und 12 Frauen. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug $61,6 \pm 17,4$ Jahre. 72% der Patienten bekamen eine Rekonstruktion der Trikuspidalklappe. 7 Patienten bekamen einen Trikuspidalklappenersatz. Neun Patienten mussten aufgrund einer akuten Endokarditis operiert werden. Bei drei Patienten gab es bereits eine Voroperation. Es wurden prä-, peri- und postoperative Daten zu den Patienten erhoben mit Schwerpunkt auf dem postoperativem Verlauf sowie der Mortalität.

Ergebnisse: Nach der Operation verbrachten die Patienten im Mittel 2,3 Tage auf der Intensivstation und insgesamt im Durchschnitt 17,4 Tage im Krankenhaus. Der einzige Patient mit früher Mortalität (30- Tagesmortalität) erlitt einen Schlaganfall (4%). Es war bereits seine vierte Herzoperation. Das Follow-up ein Jahr postoperativ zeigte eine Mortalität von 20% (5 von 25 Patienten). Es konnte kein signifikanter Unterschied im intra- und postoperativem Verlauf zwischen den Patienten mit oder ohne Endokarditis festgestellt werden. 17 der 18 überlebenden Patienten (94,4%) wiesen ein Jahr später keine schwere Trikuspidalklappeninsuffizienz (\geq III Grades) auf. 72% der operierten Klappen konnten repariert werden.

Schlussfolgerung: Die minimalinvasive Trikuspidalklappenchirurgie über eine rechtsseitige Minithorakotomie kann mit guten Ergebnissen durchgeführt werden. Auch bei Patienten, die an einer akuten Endokarditis leiden, können hohe Rekonstruktionsraten erreicht werden. Bereits voroperierte Patienten und Patienten mit Hochrisiko- Profil aufgrund ihrer zahlreichen Begleiterkrankungen profitieren ebenfalls von dieser Operationsmethode.

Abstract

Background: For more than 20 years minimal invasive heart valve operations have been performed with increasing frequency. The minimally invasive operations of the atrioventricular valves, the mitral- and the tricuspid valve count to these in a relevant proportion. Due to the pathophysiological context and more distinctive premorbidity of patients with tricuspid valve disease, surgery of tricuspid valve is still a challenge. There are only a few reports on the use of right lateral mini-thoracotomy for isolated tricuspid valve procedures. This study makes a contribution to further evaluation.

Methods: We retrospectively reviewed 25 isolated tricuspid valve operations via right lateral mini-thoracotomy between november 2009 and juli 2013. From these 25 patients, there were 13 men and 12 women. The average age at the time of surgery was 61.6 ± 17.4 years. 72% of the patients had a reconstruction of the tricuspid valve. 7 patients had a replacement. Nine patients suffered from active endocarditis at admission. Three patients presented for a re-do-operation. We investigated prä-, peri- and postoperative data for the patients, with special regard to the postoperative course and the mortality.

Results: After operation the average length of intensive care unit stay was 2.3 days and 17.4 days hospital stay in general. The only patient with early mortality (30-day mortality) had an intracranial air embolism. The patient received the surgical procedure as fourth operation on the tricuspid valve. One- year mortality was 20% (5 of 25 patients) respectively. Endocarditis-caused surgery did not reveal any significant difference in the intra- or postoperative course compared to other indications. 17 out of 18 survived patients (94,4%) had no serious regurgitation of the tricuspid valve (\geq III grade) one year later. Repair- rate was 72%.

Conclusion: Minimally invasive tricuspid valve surgery via right lateral mini-thoracotomy achieves good results. Also in a cohort of patients suffering from active endocarditis, a high repair rate is possible. Patients with re-do-operations and patients with a high risk profile, caused by numerous trace-diseases, also benefit from this operation technique.

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	<i>analysis of variance</i> ; Varianzanalyse
ASS	Acetylsalicylsäure
BMI	Body mass index
Bzw.	beziehungsweise
COPD	<i>chronic obstructive pulmonary disease</i> ; chronisch obstruktive Lungenkrankheit
CPB	kardiopulmonaler Bypass
Dr.med.dent	doctor medicinae dentariae
EKG	Elektrokardiographie
ESC	<i>European Society of Cardiology</i>
et al.	et alii/aliae/alia
etc.	et cetera
EuroSCORE	<i>European System for Cardiac Outcome Risk Evaluation</i>
HI	Herzinsuffizienz
ICD	implantierbarer Kardioverter-Defibrillator
ICU	<i>intensive care unit</i> ; Intensivstation
IDDM	insulin pflichtiger Diabetes Mellitus
kg	Kilogramm
KHK	koronare Herzkrankheit
Kompl.	Komplikation
LVEF	<i>Left ventricular ejection fraction</i> ; linksventrikuläre Ejektionsfraktion
m²	Quadratmeter
min	Minuten
mm	Millimeter

mm Hg	Millimeter Quecksilbersäule
N	Größe der Grundgesamtheit
NYHA	<i>New York Heart Association Index</i>
Op	Operation
SD	<i>standart deviation</i> ; Standartabweichung
sog.	sogenannt
TR	Trikuspidalklappenregurgitation
u.a.	unter anderem
W	Watt
z.B.	zum Beispiel
%	Prozent

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: NYHA- Stadien der *New York Heart Association* **Seite 24**

Tabelle 2: Präoperativer Status der Patienten **Seite 28**

Tabelle 3: Intraoperativer Verlauf **Seite 30**

Tabelle 4: Postoperativer Verlauf **Seite 32**

Abbildung 1: Analyse der isolierten Trikuspidalklappenoperation bezogen auf die Operationsdauer, die kardiopulmonale Bypasszeit, die Dauer des Intensivstationaufenthaltes und die Gesamtdauer des Krankenhausaufenthaltes

Seite 33

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	
1.1	Einführung und Ziele der Arbeit.....	1
1.2	Vor- und Nachteile der minimalinvasiven Herzklappenoperation	3
1.3	Trikuspidalklappenpatienten: ein Hochrisiko- Patientenkollektiv.....	5
1.4	Morphologie und Physiologie der Trikuspidalklappe.....	8
1.5	Die Trikuspidalklappeninsuffizienz.....	8
1.5.1	Die primäre Trikuspidalklappeninsuffizienz	9
1.5.2	Die sekundäre Trikuspidalklappeninsuffizienz	10
1.5.3	Pathogenese	11
1.5.4	Diagnostik.....	12
1.6	Die Trikuspidalklappenstenose.....	13
1.7	Operationstechniken	14
1.7.1	Die rechtsseitige Minithorakotomie.....	14
1.7.2	Minimalinvasive Trikuspidalklappenrekonstruktion	15
1.7.3	Minimalinvasiver Trikuspidalklappenersatz.....	16
2.	Material und Methoden	
2.1	Patientenauswahl	17
2.2	Datenerhebung	17
2.2.1	Fragebogen.....	19
2.3	Standardisierung der erhobenen Daten	24
2.3.1	NYHA-Stadien.....	24
2.3.2	EuroScore.....	24
2.4	Statistik	25
3.	Ergebnisse	
3.1	Patientenkollektiv	26
3.1.1	Präoperativer kardialer Status.....	26
3.1.2	Begleiterkrankungen	27
3.2	Intraoperativer Verlauf	29
3.3	Postoperativer Verlauf	31
3.3.1	Krankenhausaufenthalt	31
3.3.2	Komplikationen	31
3.3.3	Echokardiographie bei Entlassung.....	31
3.4	Follow-up.....	34

4.	Diskussion	
4.1	Patientenklientel.....	35
4.2	Präoperative Risikofaktoren und Begleiterkrankungen	36
4.3	Rekonstruktionsrate	37
4.4	Postoperativer Verlauf	38
4.4.1	Postoperative Komplikationen.....	38
4.4.2	Krankenhausaufenthalt	39
4.4.3	Mortalität	40
4.4.3.1	30-tages Mortalität.....	40
4.4.3.2	1-Jahres Follow-up	41
4.5	Schlussfolgerung.....	42
4.6	Ausblick.....	44
4.7	Limitationen.....	46
5.	Literatur- und Quellenverzeichnis	47

1. Einleitung

1.1 Einführung und Ziele der Arbeit

Seit über 20 Jahren werden mit zunehmender Frequenz minimalinvasive Herzklappenoperationen durchgeführt (1–6). Die minimalinvasive Mitralklappenchirurgie über rechtsseitige Minithorakotomie ist schon länger eine etablierte Operationstechnik in der Herzchirurgie. Chitwood und sein Team beschrieben bereits 1997 zum ersten Mal die rechtsseitige Minithorakotomie und Aortenklammung mit der Chitwood-Klemme (7) zur Mitralklappenchirurgie. Die Durchführung und Erfolgsrate der Operation ist in der Literatur bereits umfangreich beschrieben (1–6).

Invasive Operationsmethoden werden immer mehr von minimalinvasiven Techniken in der Chirurgie abgelöst, so zum Beispiel bei der Appendix- und der Gallenblasenentfernung, in der Parodontalchirurgie und bei vielen anderen Eingriffen mehr (8, 9). In der Viszeralchirurgie, aber auch der Gynäkologie, sind laparoskopische und endoskopische Verfahren längst der Goldstandard (10). Dadurch haben sich Wünsche und Ansprüche der Patienten verändert. Sie informieren sich zunehmend über alternative und weniger belastende Therapieverfahren (11). Verglichen mit der minimalinvasiven Chirurgie, die bereits in den 1950er Jahren ihren Anfang nahm, ist die minimalinvasive Herzchirurgie mit ihren Anfängen Mitte der 1990er Jahren noch verhältnismäßig jung (11, 12). Mittlerweile sind die Durchführungsraten steigend und die Operationstechniken entwickeln sich stetig weiter.

Im Jahr 2018 wurden an den 78 deutschen Herzzentren insgesamt 174.902 Operationen am Herzen durchgeführt. Davon waren 34.915 Operationen isolierte Klappeneingriffe. Von 31.212 Operationen an nur einer Herzklappe entfielen jedoch nur 647 Eingriffe auf die Trikuspidalklappe. Von diesen 647 Eingriffen waren wiederum nur 129 Operationen minimalinvasiv. Bei 413 Operationen an der Trikuspidalklappe wurde die klassische Sternotomie genutzt. Die restlichen 105 Operationen an der Trikuspidalklappe wurden kathetergestützt durchgeführt. 1.550 Operationen an der Trikuspidalklappe waren kombinierte Eingriffe mit der Mitralklappe (13). Dies unterstreicht die geringe Inzidenz der Patienten, die singulär an der Trikuspidalklappe und zusätzlich minimalinvasiv operiert werden.

Zur minimalinvasiven isolierten Trikuspidalklappenchirurgie über eine rechtsseitige Minithorakotomie gibt es aus diesem Grund bisher nur wenige Daten (14 – 20). Hier hofft die vorliegende Studie einen Beitrag zur Evaluierung zu leisten. Da die Anzahl der klassischen Sternotomien noch recht hoch ist, scheint es trotz der etablierten minimalinvasiven Operationstechnik auch aufgrund der geringeren zeitlichen Erfahrung, noch zu dauern, bis sich die minimalinvasive Chirurgie für die Mehrheit der Patienten durchsetzt. Zudem sollten die Herzchirurgen der neuen technischen Herausforderung gewachsen sein. Das minimalinvasive Verfahren weist eine höhere Komplexität auf und bedarf erfahrener Operateure, um gute Ergebnisse zu erzielen (21).

Der demographische Wandel bedingt zudem ein immer älter werdendes Patienten Klientel. 2018 wurden 34,8% der Herzoperationen in Deutschland bei Patienten im Alter von 70-79 Jahren und sogar noch 17,6% der Operationen bei Patienten ab 80 Jahren und älter durchgeführt (13). Mit zunehmendem Alter steigt die Inzidenz an Klappenerkrankungen und der damit verbundenen Begleiterkrankungen, die bei Betreuung und Therapieplanung berücksichtigt werden müssen (22). Die genaue Untersuchung der verschiedenen Operationstechniken in der Herzchirurgie spielt somit eine immer entscheidendere Rolle in der Wahl der individuell richtigen, schonenden Therapie des größer werdenden Patienten Klientels.

1.2 Vor- und Nachteile der minimalinvasiven Herzklappenoperation

Die Vorteile der minimalinvasiven Herzklappenoperationen im Vergleich zu einer medianen Sternotomie, beispielsweise ein reduziertes Trauma und eine schnellere Erholung der Patienten, wurden bereits in der Literatur umfassend untersucht (23 – 25). Die Ergebnisse der Untersuchungen zeigen übereinstimmend, dass die Patienten mit minimalinvasiven Eingriffen zufriedener sind und schneller zu ihrem normalen Alltag zurückkehren können. Die Verweildauer im Krankenhaus verkürzt sich signifikant (12). Dies wird auch darauf zurückgeführt, dass aufgrund des geringeren Thoraxtraumas die Extubation schneller erfolgen kann, wodurch sich die Beatmungsdauer verringert und die respiratorische Funktion verbessert (26). Die Patienten leiden weniger an postoperativen Schmerzen, was auch an der kleineren Wundfläche liegen mag (11). Die deutlich kleinere Narbe ist zudem kosmetisch ein Vorteil. Auch im deutschen Herzbericht 2018 wird der Vorteil gerade bei den immer älter werdenden Patienten im Erhalt der knöchernen Struktur des Brustbeins und der damit einhergehenden schnelleren Belastbarkeit der Patienten gesehen (27). Cohn et al. und Grossi et al. berichten zudem von einem geringerem Blutverlust während der Operation (12, 28). Betrachtet man den wirtschaftlichen Faktor, sinken außerdem laut Cohn et al. die Kosten für den Eingriff um bis zu 20% (12).

Wang et al. beschreiben eine geringere Operationsdauer, kürzere Aufenthalte im Krankenhaus und ebenfalls weniger benötigte Bluttransfusionen bei minimalinvasiver Operationstechnik (29).

Speziell auf die meist schon voroperierten Trikuspidalklappenpatienten bezogen konnten Doenst et al. zeigen, dass die klassische Sternotomie sogar als unabhängiger Risikofaktor betrachtet werden kann. In ihrer Untersuchung wiesen sie nach, dass die Patienten eine deutlich höhere perioperative Sterblichkeitsrate bei der Sternotomie im Vergleich zur minimalinvasiven Operationstechnik hatten (11). Dies unterstreichen auch die Studien von Peng et al., Miura et al. und Hanedan et al., sowie Maimaiti et al., die allesamt Reoperationen an der Trikuspidalklappe über einen minimalinvasiven Zugang anstatt der erneuten medianen Sternotomie untersuchten. Das klinische Outcome war deutlich besser, die Mortalität geringer und der Blutverlust war ebenfalls geringer (30–33).

Bei bereits voroperierten Patienten bietet der minimalinvasive Zugang auch den Vorteil einer besseren Sicht. Es kann eine neue Sternotomie vermieden werden, wodurch die Gefahr der Verletzung des Herzens sinkt (34,35). Die chirurgische Flexibilität kann somit gesteigert werden. Durch die ausgezeichnete Sicht auf die Trikuspidalklappe und das subvalvuläre System beim minimalinvasiven Zugang kann eine hohe Rekonstruktionsrate erreicht werden (17).

Nachteilig muss die meist längere Operationszeit bei minimalinvasiven Eingriffen genannt werden (24). Auch die Aortenklammzeiten und kardiopulmonale Bypass-Zeiten sind in der Regel etwas länger als bei der klassischen Sternotomie. Außerdem wird aufgrund der Leistenkanülierung und der damit einhergehenden Flussumkehr in der Aorta descendens ein erhöhtes Schlaganfallrisiko diskutiert, welches Doenst et al. in ihrer Übersichtarbeit jedoch nicht bestätigen konnten (11). Ein signifikanter Unterschied im klinischen Outcome beider Operationstechniken konnte jedoch nicht festgestellt werden (36, 37). Die echokardiographischen Ergebnisse sowie die Erfolgsraten der Operationen der minimalinvasiven Zugänge ergaben bei Grossi et al. im 1-jahres Follow-up die gleichen dauerhaften Ergebnisse wie bei einer klassischen Sternotomie als Zugang zur Mitralklappe (23). Bei gleichen Ergebnissen postoperativ, aber dennoch wie oben beschrieben anderen deutlichen Vorteilen für den Patienten, sollte die minimalinvasive Operationstechnik erste Wahl bei der Mehrheit der Patienten sein. Auch wird sich der aufgeklärte Patient bei gleichen Erfolgsraten zunehmend für die weniger invasive Operationstechnik entscheiden.

Die meisten Analysen in diesem Zusammenhang wurden jedoch hinsichtlich der Mitralklappe durchgeführt. Die Trikuspidalklappe erscheint meist nur als Kombinationseingriff mit der Mitralklappe. In den Richtlinien der europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) wird eine Indikation zur Operation der Trikuspidalklappe früh gestellt, bei bereits leichter Insuffizienz der Klappe und zeitgleicher Ringdilatation, wenn sie im Zusammenhang mit einem linkskardialen Eingriff erfolgt (38). Isolierte Trikuspidalklappeneingriffe und entsprechende Empfehlungen sowie Indikationsstellungen sind jedoch rar (18).

Die Trikuspidalklappeninsuffizienz wurde lange als nicht klinisch relevant bewertet. Die Priorität lag bei der Behandlung der anderen Klappen. Die Trikuspidalklappe wird daher auch als die „vergessene Herzklappe“ bezeichnet (39). Das Operationsrisiko wird von

den Behandlern häufig als prohibitiv hoch eingeschätzt, weshalb eine konservative Behandlung bevorzugt wird (11). Diese sieht im Wesentlichen eine medikamentöse Behandlung mit Diuretika vor, welche zwar die Stauungssymptome mindert, die Mortalität jedoch nicht reduzieren kann (40).

Daher wird mittlerweile eine deutlich aggressivere Behandlung der Trikuspidalklappe empfohlen (18, 41). Eine signifikante Trikuspidalklappenerkrankung kann mit einer insgesamt starken klinischen Beeinträchtigung einhergehen und eine limitierte Lebenserwartung indizieren (42). Eine hochgradige Trikuspidalklappenregurgitation ist ein Prädiktor für eine höhere Mortalität. Die Gesamtprognose für die Patienten verschlechtert sich (39,43).

Die Trikuspidalklappenchirurgie gestaltet sich somit weiterhin als Herausforderung. Sie ist mit einem Hochrisiko-Patientenkollektiv assoziiert und geht mit einer hohen Mortalitätsrate einher (34, 44, 45). Jedoch liegt das Risiko weniger in der chirurgischen Komplikation als im postoperativen Verlauf, welcher stark abhängig ist vom vorherigen Allgemeinzustand der Patienten (46). Dies wird auf den kommenden Seiten umfassend beleuchtet.

1.3 Trikuspidalklappenpatienten: ein Hochrisiko- Patientenkollektiv

Patienten mit einer operationsbedürftigen Trikuspidalklappeninsuffizienz befinden sich meist bereits in einem Endstadium ihrer Herzerkrankung und weisen häufig schon Voroperationen am Herzen auf (34, 45). Mit zunehmendem Schweregrad führt die Trikuspidalklappeninsuffizienz zu einer reduzierten Lebenserwartung (43, 47). Eine lange bestehende Trikuspidalklappenerkrankung kann zu irreversiblen strukturellen und funktionellen Veränderungen des Klappenapparates und der rechten Herzkammer führen. Davon betroffen sind ebenfalls die Endorgane. Es entsteht ein erhöhter Druck in der rechten Herzkammer, wodurch sich der venöse Rückstrom zum Herzen verringert. Diese Rechtsherzinsuffizienz mit Rückstauung in den großen Kreislauf kann zu sichtbaren Venenstauungen, Gewichtszunahme und Ödemen, sowie Stauungsgastritis, Stauungsnieren und einer Stauungsleber führen. Eine pathologische Trikuspidalklappe geht somit oftmals mit einem rückwärtsgerichteten Multiorganversagen einher.

Bei rechtsventrikulärer Dilatation durch Druckerhöhung kann es außerdem zur Überdehnung des Klappenansatzringes kommen, wodurch wiederum eine funktionelle Trikuspidalklappeninsuffizienz entsteht.

Eine Trikuspidalklappeninsuffizienz, welche primär auf einem organischen, meist rheumatischen Defekt (14) der Segel beruht, ist selten. Meist kommt es zur Erkrankung dieser Klappe durch andere Faktoren. Diese sekundäre bzw. funktionelle Trikuspidalklappeninsuffizienz entsteht z. B. aufgrund einer Linksherzerkrankung oder auf der Basis einer pulmonalen Hypertonie ohne organische Erkrankung der Trikuspidalklappe selbst. Auch chronisches Vorhofflimmern oder eine Dysfunktion und Dilatation des rechten Herzens können ursächlich sein (14). Demnach ist die Trikuspidalklappeninsuffizienz oftmals das Ergebnis einer anderen Herzerkrankung, wie z.B. einer Mitralklappeninsuffizienz. Es ergeben sich hämodynamische Konsequenzen durch linksventrikuläre Insuffizienz, welche die Trikuspidalklappe in ihrer Funktion beeinträchtigen (14, 15). Bei Patienten mit einer operationsbedürftigen Mitralklappeninsuffizienz liegt die Inzidenz einer ebenso relevanten Trikuspidalklappeninsuffizienz bei 30 - 50% (15, 16, 48). In der Studie von Boyaci et al. wiesen mehr als ein Drittel der Patienten mit operierter Mitralklappenstenose mindestens eine mittelgradige Trikuspidalklappeninsuffizienz auf (49).

Die sekundäre Trikuspidalklappeninsuffizienz ist besonders in den westlichen Ländern die häufigste Form der Trikuspidalklappeninsuffizienz (35).

Nahezu 90% der Trikuspidalklappenerkrankungen sind sekundär bedingt und nur circa 10% sind primären Ursprungs (50). Auch aus diesem Grund gibt es nur wenige Berichte über die isolierte Trikuspidalklappenoperation. Dieses spezielle Patientenkontinuum ist sehr selten.

Patienten mit einer behandlungsbedürftigen Trikuspidalklappeninsuffizienz sind meist stark in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt. Bei hohem Schweregrad der Herzinsuffizienz treten Beschwerden schon bei geringer bis keiner Belastung mit Erschöpfung, Rhythmusstörungen und Luftnot auf. Diese Patienten befinden sich im Endstadium ihrer Herzerkrankung.

Bei Operation einer Trikuspidalklappenerkrankung muss daher immer berücksichtigt werden, dass es sich um multimorbide Patienten handelt. Sie weisen viele weitere zu

berücksichtigende Begleiterkrankungen auf, wobei die Trikuspidalklappeninsuffizienz selbst nur sekundär entstanden ist (51).

Bei bereits am Herzen voroperierten Patienten steigt das Risiko, postoperativ zeitnah an Herzversagen und zu niedriger Herzauswurfleistung zu versterben, stark an. Diese Patienten weisen meist sehr fortgeschrittene Dysfunktionen des rechten Ventrikels auf, die sich im Laufe der Zeit nach der ersten Operation entwickelt haben. Die minimalinvasive Operation nach einer vorangegangenen Sternotomie birgt ein höheres Risiko als die Operation eines bisher nicht am Herzen voroperierten Patienten, ist aber dennoch mit einem zufriedenstellendem Outcome durchführbar (52). Die Hauptfaktoren, die das Überleben beeinflussen, sind vor allem der präoperative Zustand des rechten Ventrikels sowie die Schädigung der Organe wie z.B. der Leber oder der Niere (34, 35, 45, 46, 53). Nath et al. stellten einen Zusammenhang zwischen steigendem Regurgitationsgrad der Trikuspidalklappe und damit einhergehender ebenfalls steigender Sterblichkeit der betroffenen Patienten fest (43). Auch Topilsky et al. raten zu einem operativen Vorgehen, bevor fortgeschrittene Herzinsuffizienz-Symptome auftreten, um die Überlebensrate der Patienten zu steigern (47).

1.4 Morphologie und Physiologie der Trikuspidalklappe

Die Trikuspidalklappe ist die Atrioventrikularklappe des rechten Herzens und liegt zwischen rechtem Vorhof und rechter Herzkammer. Ihre Aufgabe besteht darin, einen systolischen Rückfluss des Blutes von der Herzkammer in den rechten Vorhof zu verhindern. Die Trikuspidalklappe ist somit in der Auswurfsphase des Herzens, der Systole, geschlossen und dient als Abdichtung zum Vorhof, indem sich ihre Segel passiv aneinanderlegen. In der Diastole, der Entspannungs- und Füllungsphase, ist sie geöffnet. Ihre drei (= „tri“) bindegewebigen Segel werden nach ihrer Lage Cuspis (lateinisch für Spitze) septalis, Cuspis anterior und Cuspis posterior genannt. Das anteriore Segel ist das größte und kräftigste Segel. Das kleinste, septale Segel ist auch das unbeweglichste Segel. Es liegt mittig und so direkt am Kammerseptum des bindegewebigen Herzskeletts (Anulus fibrosus), mit welchem auch die anderen Segel fest verbunden sind. Dieser Trikuspidalklappenring ist hufeisenförmig und elliptisch. Während der Diastole öffnet und weitet sich der Ring und wird runder. Die Trennlinien der Segel werden Kommissuren genannt. Über die Sehnenfäden, die Chordae tendineae sind die Segel an ihren zur Kammer gelegenen zwei Papillarmuskeln befestigt. Die Papillarmuskeln kontrahieren sich synchron zur Herzkammer, sodass durch Zug an den Segeln ein Umschlagen derselben in den Vorhof verhindert wird. Die Befestigung der Segel über die Chordae an ihren Papillarmuskeln kann sehr unterschiedlich sein. (54)

1.5 Die Trikuspidalklappeninsuffizienz

Die Klappeninsuffizienz beschreibt eine Schlussunfähigkeit, welche im Verlauf einer akuten oder chronischen Erkrankung entstehen kann. Durch die Schlussunfähigkeit kommt es in der Systole zum Blutrückfluss vom rechten Ventrikel in den rechten Vorhof. Die Insuffizienz kann durch einen erworbenen organischen Klappenfehler entstehen, die sogenannte primäre Form, oder weit häufiger aufgrund einer Rechtsherzinsuffizienz unterschiedlicher Genese. Bei dieser sekundären (auch relativen oder funktionellen) Trikuspidalklappeninsuffizienz kommt es zur Überdehnung des Klappenansatzringes bei rechtsventrikulärer Dilatation. Findet sich keine Ursache, spricht man von einer idiopathischen Trikuspidalklappeninsuffizienz. In der Regel sind die Verläufe chronisch.

Akut entstandene Insuffizienzen sind meist durch Klappenperforationen nach Endokarditis oder Abriss eines Papillarmuskels bedingt.

Der Papillarmuskelabriss kann eine mechanische Frühkomplikation eines Myokardinfarkts sein. (55) Mit Hilfe der Farbduplexsonographie, ein bildgebendes Verfahren, welches die übliche Ultraschalldarstellung des Gewebes mit der farbcodierten Doppler- Sonographie zur Blutströmungsmessung kombiniert, kann man den Reflux darstellen und quantifizieren. (56) Die Trikuspidalklappenregurgitation wird so in drei Schweregrade unterteilt, leicht-, mittel- und hochgradige Trikuspidalklappeninsuffizienz (I - III). Um höchstgradige Stadien besser zu beschreiben, schlägt Hahn et al. vor die Graduierung um die Schweregrade „massiv“ und „torrential“ („reißend“) zu erweitern. (40, 57)

1.5.1 Die primäre Trikuspidalklappeninsuffizienz

Ursache für eine primäre Trikuspidalklappeninsuffizienz kann eine infektiöse Endokarditis sein, so z.B. bei intravenös Drogenabhängigen. Carozza et al. stellten einen Anstieg der Häufigkeit rechtsseitiger Endokarditiden in den letzten zwei Jahrzehnten fest (58). Es kann ebenso zu einem erworbenen Klappenfehler kommen durch Infektion nach Injektion einer Verweilkatheters oder Legen von Schrittmacher / ICD - Sonden, durch Einbringen eines Herzklappenersatzes und durch Endoprothesen. (56) Die Trikuspidalklappe ist die erste Herzklappe des Herzens und somit die Eingangspforte. Sie fängt dadurch am schnellsten systemisch zirkulierenden Bakterien ab. Transiente Bakteriämien kommen bei Infektionskrankheiten, bei kleineren Eingriffen wie zum Beispiel Tonsillektomien oder bei Zahnbehandlungen vor. Normalerweise werden die nur kurz im Blut zirkulierenden Bakterien schnell durch die Bakterizide des Serums unschädlich gemacht. An Läsionen des Endokards, beispielsweise bei Endothelalterung, kann es allerdings zu thrombotischen Anlagerungen kommen, welche ideale Absiedlungsorte für die Erreger bieten. So kommt es zur lokalen Destruktion der Klappen und einer Myokardschädigung.

Zudem kann die primäre Trikuspidalklappeninsuffizienz postinflammatorisch bei rheumatischem Fieber oder durch myxomatöse Degeneration mit Prolaps der Klappe

entstehen. Auch das Karzinoid-Syndrom kann ursächlich sein. Bei diesem Syndrom produziert ein Tumor vasoaktive Substanzen, wodurch es zu einer Fibrosierung der Trikuspidalklappe kommt. Durch diese Fibrosierung bleiben die Segel der Klappe in geöffneter Position fixiert.

Traumata oder kongenitale, also angeborene, Anomalien können ebenfalls eine Trikuspidalklappeninsuffizienz bedingen. Auch durch Schrittmacherkabel verursachte iatrogene Traumata an der Trikuspidalklappe, welche zur Insuffizienz führen, zählen zu den primären, degenerativen Trikuspidalklappeninsuffizienzen.

Ein bereits bestehender Defekt des Herzens, kongenital oder erworben, prädisponiert wiederum immer zu einer Endokarditis und somit wieder zu einer Trikuspidalklappeninsuffizienz. (40, 55)

1.5.2 Die sekundäre Trikuspidalklappeninsuffizienz

Die häufigere, sekundäre Trikuspidalklappeninsuffizienz kann durch eine pulmonale Hypertonie entstehen, eine Drucksteigerung im kleinen Kreislauf. Die pulmonale Hypertonie wiederum kann verursacht sein durch eine Linksherzerkrankung, wie eine systolische oder diastolische Dysfunktion oder durch eine Klappenerkrankung. Andere mögliche Gründe für die pulmonale Hypertonie sind etwa Lungenerkrankungen und Hypoxämie wie beispielsweise COPD (chronisch obstruktive Lungenerkrankung) oder schlafbezogenen Atemstörungen. Ebenso können organisierte Thromben nach einer Lungenembolie ursächlich sein für eine pulmonalen Hypertonie. Eine Pulmonalstenose führt zu einer Obstruktion des rechtsventrikulären Ausflusstraktes und somit zu einer Rechtsherzinsuffizienz. Dies kann eine Dilatation des rechten Herzens und der Trikuspidalklappe bedingen. Ein rechtsventrikulärer Myokardinfarkt oder eine rechtsventrikuläre Kardiomyopathie können in Folge der daraus entstandenen Rechtsherzinsuffizienz ebenfalls zu einer Trikuspidalklappeninsuffizienz führen. (55)

1.5.3 Pathogenese

Bedingt durch den insuffizienten Schluss der Trikuspidalklappe entwickelt sich ein Regurgitationsfluss, ein Pendelvolumen, welches zur Volumenbelastung des rechten Herzens führt. Die sekundäre Trikuspidalklappeninsuffizienz ist häufig Folge einer pulmonalen Hypertonie. Durch diese Drucksteigerung im kleinen Kreislauf kommt es zu einer Dilatation des rechten Ventrikels und somit auch zu einer Erweiterung des Trikuspidalklappenringes. Aufgrund dieser funktionellen Störung gelangt ein Teil des rechtsventrikulären Volumens in der Systole zurück in den Vorhof. Zu der bereits bestehenden Druckbelastung gesellt sich so eine zusätzliche Volumenbelastung. Durch den erhöhten Druck verringert sich der venöse Rückstrom zum Herzen. Eine venöse Rückstauung in den großen Kreislauf und insbesondere den Gastrointestinaltrakt kann zu Appetitlosigkeit, Erbrechen, Übelkeit und Aufstoßen führen. (55) Insbesondere die Leber wird in Mitleidenschaft gezogen.

Irreversible strukturelle und funktionelle Störungen sind die Folge dieses Rückwärtsversagen. Eine vergrößerte Stauungsleber, aber auch Stauungsniere und eine Stauungsgastritis können auftreten. Es kann zum Multiorganversagen kommen. Außerdem entstehen sichtbare Venenstauungen, der Patient nimmt an Gewicht zu und entwickelt Ödeme.

Neben dem Rückwärtsversagen tritt auch ein sogenanntes Vorwärtsversagen auf. Es kommt zu einer Verminderung des Herzzeitvolumens mit unzureichendem Blutdruck und peripherer Minderdurchblutung. Dies äußert sich mit Muskelschwäche, gesteigerter Müdigkeit, Schwächegefühl und Leistungsminderung. Besonders bei älteren Patienten kann es durch zerebrale Minderversorgung u.a. zu stärkerer Verwirrtheit kommen. (56)

Eine primäre Trikuspidalklappeninsuffizienz wird hingegen meist langfristig gut toleriert, da es in der Regel zu keiner Veränderung der Druckverhältnisse im kleinen Kreislauf kommt und eine reine Volumenbelastung des rechten Ventrikels resultiert (55).

1.5.4 Diagnostik

Bei der körperlichen Untersuchung fallen meist gestaute Halsvenen auf. Zudem zeigt sich bei Palpation der Leber eine systolische Pulsation. Subcostal und am linken Sternalrand gelegen findet sich häufig eine Pulsation des rechten Ventrikels. Eine Rechtsherzinsuffizienz äußert sich durch periphere Ödeme, Hepatomegalie, Aszites und Pleuraergüsse. Es werden die typischen Herzinsuffizienzzeichen erhoben, wie der Grad an Dyspnoe und die Abgeschlagenheit des Patienten, Schwindel und Leistungsminderung.

Bei der Auskultation findet sich oft ein leiser erster Herzton, eine lautere pulmonale Komponente des zweiten Herztones bei pulmonaler Hypertonie und gelegentlich ein rechtsventrikulärer dritter Herzton. Zudem hört man ein hauchendes, holosystolisches Geräusch, welches inspiratorisch an Intensität zunimmt.

Im Röntgen-Thorax zeigt sich eine Vergrößerung des rechten Vorhofes und Ventrikels.

Das EKG (Elektrokardiographie) gibt Informationen bezüglich des Herzrhythmus und zeichnet sich durch einen Rechtstyp und eine rechtsventrikuläre Hypertrophie aus. Häufig ist das EKG durch Zeichen anderer Erkrankungen des Herzens überlagert. Oftmals findet man ein Vorhofflimmern.

In der Farbdopplerechokardiographie kann der Schweregrad der Trikuspidalklappeninsuffizienz und der rechtsventrikuläre systolische Druck bestimmt werden.

Die Rechtsherzkatheteruntersuchung zeigt oft einen erhöhten enddiastolischen Druck. Außerdem kann eine V-Welle im rechten Vorhof nachgewiesen werden, welche der Kontraktion des rechten Ventrikels, die sich durch Insuffizienz in den Vorhof fortsetzt, entspricht. (40,55)

1.6 Die Trikuspidalklappenstenose

Die seltene Trikuspidalklappenstenose beschreibt eine Verengung im Klappenbereich, welche die normale Schwingungsfähigkeit der Klappe minimiert. Dadurch kommt es zur Behinderung des regelrechten Blutflusses vom rechten Vorhof in den rechten Ventrikel. Ursächlich sind meist Entzündungen mit folgenden degenerativen Prozessen und Narbenbildung mit Adhäsion und Schrumpfung, zum Beispiel nach einem rheumatischen Fieber. Die Trikuspidalklappenstenose ist fast immer Folge eines rheumatischen Fiebers. Bei Erkrankung der Klappe durch ein rheumatisches Fieber besteht immer auch eine rheumatische Mitralklappenerkrankung. Häufig besteht gleichzeitig eine Trikuspidalklappeninsuffizienz aufgrund der narbigen Verkürzung der Segel. Eine funktionelle Stenose kann von durch die Trikuspidalklappe prolabierenden Tumoren, Thromben oder anderen Vegetationen verursacht werden. Durch die Stenose steigt der zentralvenöse Druck, welcher zur Schädigung der Leber führen kann. Klinisch zeigen sich bei den betroffenen Patienten meist Halsvenenstauungen, Aszites und Ödeme. Bei einer infektiösen Endokarditis kann auch eine Kombination von Trikuspidalklappeninsuffizienz und Stenose auftreten. (55, 59, 60)

1.7 Operationstechniken

1.7.1 Die rechtsseitige Minithorakotomie

Die Erstbeschreibung der rechtsseitigen Minithorakotomie und Aortenklammung mit der Chitwood-Klemme wurde 1997 von dem Team um Chitwood publiziert (7). Bei allen 25 Patienten der Studie wurde die Herz-Lungen-Maschine über die rechte Leiste angeschlossen. Die arterielle Kanülierung wird über die Arteria femoralis hergestellt, die venöse Kanülierung über die Vena femoralis, wo die Kanüle unter transösophagealer Echokardiographie Kontrolle in den rechten Vorhof vorgeschoben wird. Zusätzlich wird bei Operation der Trikuspidalklappe eine zweite venöse Kanüle perkutan durch die Vena jugularis interna in der Vena cava superior platziert. Unter moderater Hypothermie (ca. 34° C) wird anschließend der cardiopulmonale Bypass (CPB) eingeleitet.

Die Eröffnung des Thorax erfolgt bei Rückenlage und leicht angehobener rechter Thoraxseite über den 4. Interkostalraum mit einem 5 – 6 cm langen Schnitt. Bei Männern befindet sich die Thorakotomie direkt seitlich und unterhalb der Brustwarze, bei Frauen unter der Brust. Parallel zum Nervus phrenicus wird das Perikard eröffnet. Über den 2. Interkostalraum wird eine Kamera eingebracht. Die Aortenklamme (transthoracic cross clamp nach Chitwood) wird über eine 5mm Inzision im 3. Interkostalraum an der aufsteigenden Aorta angebracht. (2, 7, 20, 61) Alle Herzklappen außer der Pulmonalklappe können über eine rechtsseitige Minithorakotomie operiert werden. Die Pulmonalklappe muss bei Erwachsenen jedoch nur selten chirurgisch behandelt werden.

1.7.2 Minimalinvasive Trikuspidalklappenrekonstruktion

Bei vorliegendem, höhergradigen Klappenvitium mit Auftreten von Symptomen oder fortschreitenden Dysfunktionen und Dilatation des rechten Ventrikels muss ein operatives Vorgehen erwogen werden (16, 62). Das Ziel bei der plastischen Rekonstruktion ist die Wiederherstellung der ursprünglichen Geometrie der Trikuspidalklappe, der Segelkontinuität und die Verkleinerung des Klappenrings.

Es kann eine Ringprothese, der sogenannte Anuloplastiering, eingesetzt werden. Durch die Implantation eines Anuloplastieringes kommt es zur Reduktion und somit Normalisierung des Klappendurchmessers. Es wird eine breitere Koaptationsfläche der Klappensegel und eine Verstärkung der Rekonstruktion erreicht (63).

Die Anuloraphie stellt eine Behandlung der Klappeninsuffizienz dar, bei welcher Nahttechniken zur Raffung der Klappe verwendet werden und der Anulus im Bereich des anterioren und posterioren Segels verkleinert wird.

Bei einer De-Vega-Plastik findet zum Beispiel eine Raffung der Klappe mit Hilfe zweier Teflonstücke jeweils am Anfang und Ende der Naht statt. Am Anulus des anterioren und posterioren Segels entlang werden zwei Nahtreihen gesetzt. Der Klappenring wird durch anziehen der Nähte zusammengerafft und so operativ verkleinert. Die De-Vega-Plastik ist die am häufigsten durchgeführte nahtbasierte Anuloplastie und erhält die Anatomie und Flexibilität der Klappe (64).

Bei der Bikuspidalisation wird eine Matratzennaht von der anteroposterioren Kommissur zur posteroseptalen Kommissur entlang des posterioren Ringanteiles der Klappe gelegt. So entsteht eine Trikuspidalklappe mit nur noch zwei Klappensegeln – ähnlich der Mitralklappe (63, 65).

Bei einer Kommissurotomie werden die verschmolzenen Kommissuren getrennt, sodass die Klappensegel wieder frei beweglich sind.

Sind Sehnenfäden elongiert oder abgerissen, wird ein Sehnenfadenersatz vorgenommen. Hierbei wird eine spezielle Naht durch den Papillarmuskelkopf bis zum entsprechenden, prolabierten Segel geführt.

1.7.3 Minimalinvasiver Trikuspidalklappenersatz

Primäres Ziel ist immer eine klappenerhaltende Korrektur. Sollte dies nicht möglich sein, zum Beispiel bei einer Kombination von Stenose und Insuffizienz der Klappe oder wenn die Herzklappenveränderungen eine Wiederherstellung nicht möglich machen, muss ein prothetischer Ersatz erwogen werden. Man unterscheidet mechanische und biologische Klappenprothesen. Mechanische Klappenprothesen haben den Vorteil der höheren Haltbarkeit, welche rein rechnerisch bei 250 Jahren liegt. Jedoch ist eine lebenslange Antikoagulation erforderlich aufgrund des hohen Thromboembolie Risikos. Bei biologischen Klappen muss lediglich drei Monate effektiv antikoaguliert werden, bis sich ein protektiver Endothelmantel gebildet hat. Dafür weisen diese Prothesen eine begrenzte Haltbarkeit auf.

Aus diesem Grund sind biologische Klappenprothesen tendenziell bei Patienten mit einem höheren Lebensalter indiziert. Ab 60 Jahren wird eine biologische Klappe bevorzugt. Aufgrund des steigenden Lebensalters der zu behandelnden Patienten und der sich dadurch meist deckenden, noch zu erwartenden Lebenserwartung mit der Haltbarkeit der biologischen Prothesen sind mechanische Klappen selten geworden. Je älter die Patienten, desto höher ist zudem das Risiko einer systemischen Antikoagulation, wie es bei einer mechanischen Klappe notwendig ist(27). Biologische Klappenprothesen sind aus tierischem Gewebe. In der Regel sind sie aus Rinder-Perikard oder vom Schwein. Zur besseren Haltbarkeit werden diese oftmals auf einen Nahtring montiert. Aufgrund der progredienten Verkalkung dieser biologischen Klappen kommt es nach einer gewissen Zeit zur Einschränkung der Klappenbeweglichkeit und Öffnungsfläche, wodurch die Haltbarkeit begrenzt wird.

2. Material und Methoden

2.1. Patientenauswahl

Im Rahmen der hier vorliegenden Studie wurden Patienten untersucht, die in der Heinrich-Heine- Universität in minimalinvasiver Technik an der Trikuspidalklappe und / oder Mitralklappe operiert wurden. Das Ethikvotum lag vor (Referenznummer: 3650). In dieser Dissertation betrachte ich die Patienten, die im Zeitraum zwischen November 2009 und Juli 2013 ausschließlich an der Trikuspidalklappe operiert wurden.

2.2 Datenerhebung

Mithilfe der Universitätsdatenbank MEDICO (Siemens, München, Deutschland) wurden prä-, peri- und postoperative Daten zu den Patienten erhoben. Folgende Präoperative Daten wurden insbesondere betrachtet:

- Geschlecht
- Alter
- Body Mass Index
- New York Heart Association Index (NYHA)
- European System for Cardiac Outcome Risk Evaluation (EuroSCORE II)
- Left ventricular ejection fraction (LVEF)
- Grad der Trikuspidalklappen Regurgitation
- Vorliegen von: Endocarditis, Vorhofflimmern, Bluthochdruck, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), pulmonale Hypertonie, insulin pflichtiger Diabetes Mellitus (IDDM), Voroperation

Intraoperativ legte ich mein Augenmerk insbesondere auf folgende Daten:

- Operationsdauer
- Dauer der Aortenklappen- Nutzung
- Dauer des kardiopulmonalen Bypass (CPB)
- Operation während schlagenden Herzens

Die Daten wurden mithilfe des Tabellenkalkulationsprogramms Microsoft Excel in der Version 2016 (Windows, Seattle, Washington, USA) zusammengefasst und dokumentiert.

Ein Jahr postoperativ wurden die Patienten telefonisch von mir kontaktiert. Gemeinsam mit den Patienten habe ich einen Fragebogen zu ihrem aktuellen Gesundheitszustand ausgefüllt. Der Fragebogen beinhaltete Angaben zu ihrer Belastungsfähigkeit und eventuell aufgetretenen Komplikationen. Um die postoperative klinische Situation der Patienten sowie deren funktionsdiagnostische Parameter zu bestimmen erfolgte eine obligate Einladung zur Verlaufskontrolle in der Ambulanz der Klinik für kardiovaskuläre Chirurgie. Bei dieser Nachuntersuchung wurden eine Echokardiographie und ein EKG angefertigt.

Folgende Daten wurden erhoben:

- 30-tages Mortalität
- 1-jahres Mortalität
- Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation
- Aufenthaltsdauer im Krankenhaus
- Wundinfektion
- Nachoperation wegen Nachblutung
- Neurologischer Zwischenfall
- Neu einsetzendes Vorhofflimmern
- Neu einsetzende Niereninsuffizienz mit Dialysepflicht

2.2.1 Fragebogen

Patientenfragebogen für die 1 Jahres Nachkontrolle nach minimalinvasiver Mitralklappen- oder Trikuspidalklappenoperation

1.) Wie würden Sie Ihre derzeitige körperliche Belastungsfähigkeit beschreiben?

- Beschwerdefreiheit, normale körperliche Belastbarkeit
- Beschwerden (Luftnot, Müdigkeit, Herzrasen, Schwindelgefühl etc.) bei stärkerer körperlicher Anstrengung (z.B. Treppensteigen über mehrere Etagen)
- Beschwerden schon bei leichter körperlicher Anstrengung (z. B. Treppensteigen über eine Etage)
- Beschwerden bereits in Ruhe

2.) Sind bei Ihnen Herzrhythmusstörungen bekannt oder verfügen Sie über einen Herzschrittmacher?

- Ja
- Vorhofflimmern
- Nein
- Herzschrittmacher
- Andere: _____

3.) Hatten Sie seit der Operation einen Schlaganfall bzw. leiden Sie unter neu aufgetretenen Lähmungen, Sehstörungen, Sprachstörungen oder Gefühlsstörungen?

- Ja
- Vorübergehende Störung
- Nein
- Bleibende Störung

Art und Beginn der Störung(en):

4.) Sind bei Ihnen seit der Operation Blutungen aufgetreten, die eine Krankenhauseinweisung oder eine Transfusion von Blutkonserven erforderlich machten?

- Ja
- Einmalig
- Mehrmalig
- Nein

Falls ja: In welcher Körperregion?

- Gehirn Auge Haut Nase
 - Magen- Darm- Andere
- Trakt

Quick-/ INR Wert zum Zeitpunkt der Blutung(en):

5.) Sind bei Ihnen seit der Operation Gefäßverschlüsse der Arme/ Beine (Thrombose, periphere arterielle Verschlusskrankheit etc.) oder entzündliche Gefäßerkrankungen festgestellt worden?

- Ja
- Nein

Art und Beginn der Störung(en):

6.) Wurde bei Ihnen seit der Operation eine Funktionsstörung der Herzklappen festgestellt?

- Ja
- Nein

Art und Beginn der Funktionsstörung:

7.) Sind Sie auf die Einnahme gerinnungshemmender Medikamente angewiesen?

(falls ja: Angabe der Tagesdosis)

- Ja
 - Marcumar ASS Clopidogrel Andere
- Nein

8.) Hatten Sie seit der Operation einen Herzinfarkt oder sind pektangöse Beschwerden aufgetreten?

- Ja
- Einmalig
- Mehrmalig
- Nein

Datum und behandelndes Krankenhaus:

9.) Wurde ein erneuter Eingriff an der operierten Herzklappe durchgeführt?

- Ja
- Einmalig
- Mehrmalig

- Nein

Art und Datum des Eingriffes:

10.) Hatten Sie bei Entlassung nach der Operation noch Schmerzen an den Rippen oder im Schulterbereich?

- Ja
 Nein

Falls ja: Haben Sie Schmerzmittel von Ihrem Hausarzt bekommen?

Welches Präparat und wie lange:

11.) Hatten Sie seit der Operation einen Pleuraerguss (Flüssigkeit in der Lunge) wenn ja, wie wurde dieser behandelt?

- Nein
 Ja
 Ja mehrmals
 Punktion
 sog. „Wassertabletten“

12.) Haben Sie in den letzten Jahren rheumatisches Fieber, Gelenkschmerzen oder Fieber ohne eine Erkältung gehabt?

- Ja
 Nein

Falls ja: Welche Symptome und wann traten sie erstmals und wann zuletzt auf?

13.) Sind Sie derzeit bei einem Rheumatologen in Behandlung?

Ja

Nein

14.) Wer ist ihr behandelnder Kardiologe?

2.3. Standardisierung der erhobenen Daten

2.3.1 NYHA- Stadien

Nach der Klassifikation der *New York Heart Association* wird die subjektive Leistungseinschränkung der Patienten beurteilt. Dazu erfolgt eine Einstufung von Symptomen und Belastbarkeit in vier Schweregraden wie in folgender Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Stadieneinteilung der Herzinsuffizienz (HI) nach subjektiven Beschwerden = NYHA- Stadien der New York Heart Association (56)

NYHA- Stadium	Befunde bei Herzinsuffizienz
	Keine Beschwerden, keine strukturellen Schäden, aber Risikofaktoren für HI, wie z. B. Hypertonie, KHK, toxische Medikamente
I	Beschwerdefreiheit (unter Therapie), normale körperliche Belastbarkeit
II	Beschwerden bei stärkerer körperlicher Belastung (ca. 2 Etagen Treppen steigen etwa > 1-1,5 W / kg)
III	Beschwerden schon bei leichter körperlicher Belastung (ca. 1 Etage Treppen steigen etwa 1 W / kg)
IV	Beschwerden in Ruhe oder bei geringen Tätigkeiten (Sprechen, Zähne putzen)

2.3.2 Euroscore

Mit Hilfe des Euroscores, dem *European System for Cardiac Outcome Risk Evaluation*, wird das Risikoprofil kardiochirurgischer Patienten bestimmt. Es wird die Mortalitätswahrscheinlichkeit nach erfolgter Operation berechnet. In dieser Studie wurde der Euroscore II, die 2011 aktualisierte Variante des Euroscores, benutzt. Die berücksichtigten Risikofaktoren werden in patienten-abhängige, kardiale und operations-abhängige Faktoren eingeteilt (66).

2.4. Statistik

Die statistischen Analysen wurden als Varianzanalysen (ANOVA) durchgeführt. Daraufhin folgte der parametrische Bonferroni Test für Werte welche eine Gaußsche Verteilung aufweisen. Für nicht-normalverteilte Werte folgte der nicht-parametrische Dunn Post-hoc-Test (mit InStat3, GraphPad Software, LA Jolla). Als statistisch signifikanter Wert wurde ein p-Wert kleiner 0,05 definiert.

Die Erstellung der statistischen Berechnungen einschließlich der graphischen Darstellung erfolgte unter Verwendung von Prism 5.0a (GraphPad Software, LA Jolla, California, United States) erstellt. Stetige Variablen werden als Mittel \pm Standardabweichung angegeben.

3. Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

Es wurden 527 Patienten untersucht, die im Zeitraum zwischen November 2009 und Juli 2013 in der Heinrich - Heine - Universität operiert wurden. Von diesen Patienten wurden 25 ausschließlich an der Trikuspidalklappe, über eine rechtsseitige Minithorakotomie, behandelt. Von den 25 Patienten, waren 13 Männer und 12 Frauen. Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug $61,6 \pm 17,4$ Jahre. 72% der Patienten bekamen eine Reparatur der Trikuspidalklappe (67). Die anderen Patienten bekamen einen Trikuspidalklappenersatz.

3.1.1 Präoperativer kardialer Status

Der Grad an Trikuspidalklappenregurgitation präoperativ lag im Durchschnitt bei $2,4 \pm 0,85$. Bei 10 Patienten war dies auf eine Ringdilatation zurückzuführen, bei vier Patienten auf eine Chordae Ruptur oder Elongation. Ein Patient wies eine Ebstein-Anomalie auf. Die Ebstein- Anomalie ist eine seltene, angeborene Herzfehlbildung, bei welcher das septale und posteriore Trikuspidalklappensegel missgestaltet und zur Herzspitze hin verlagert ist (68). Neun Patienten mussten operiert werden aufgrund einer akuten Endokarditis mit Infektion eines vorherig implantierten Schrittmachers oder Defibrillators. Bei zwei Patienten haftete der Defibrillator an der Trikuspidalklappe ohne zeitgleiche Endokarditis.

Bei drei Patienten gab es bereits eine Voroperation. Einer von Ihnen hatte eine Koronararterien-Bypass Operation, einer eine kombinierte Mitral- und Aortenklappenoperation und der letzte hatte wiederholt Operationen an der Aortenklappe.

Durchschnittlich befanden sich die Patienten präoperativ im Schweregrad II nach der NYHA-Klassifikation. 40% der Patienten befanden sich im Schweregrad III oder IV. Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion befand sich im Mittel bei 59,2 %. Der Euroscore

ergab 4,5 % im Durchschnitt. Vorhofflimmern hatten acht Patienten. (67) Das präoperative Profil ist in Tabelle 2 dargestellt.

3.1.2 Begleiterkrankungen

Bei den meisten Patienten lagen zusätzlich zur behandlungsbedürftigen Trikuspidalklappe noch weitere assoziierte Erkrankungen vor (siehe Tabelle 2). Die häufigste Begleiterkrankung stellte mit 68 % die arterielle Hypertonie dar. Mit 36 % folgte darauf die pulmonale Hypertonie (definiert als ein systolischer Druck in der Pulmonalarterie ≥ 60 mm Hg), 12 % litten an COPD. Ein Patient war insulinpflichtiger Diabetiker und ein Patient hatte Adipositas mit einem BMI > 30 kg / m². (67)

Tabelle 2: Präoperativer Status der Patienten

Präoperativer Status	n = 25	100 %
Weiblich	n = 12	44 %
Body mass index ≥ 30 kg/m ²	n = 1	4 %
Mittelwert NYHA \pm SD	2,0 \pm 0,98	
I	n = 11	44 %
II	n = 4	16 %
III	n = 9	36 %
IV	n = 1	4 %
Mittelwert Alter in Jahren \pm SD	61,6 \pm 17,4	(23 - 84)
Mittelwert EuroSCORE (%) \pm SD	4,5 \pm 4,4	(0,67 - 17,43)
Endokarditis	n = 9	36 %
Vorhofflimmern	n = 8	32 %
Arterielle Hypertonie	n = 17	68 %
COPD	n = 3	12 %
Pulmonare Hypertonie	n = 9	36 %
IDDM	n = 1	4 %
Mittelwert LVEF (%) \pm SD	59,2 \pm 13,3	(25 - 75)
TR Grad \pm SD	2,4 \pm 0,85	(0 – III°)
Vorherige, kardiale Operation	n = 3	12 %

SD: *standart deviation*, Standartabweichung; NYHA: *New-York-Heart-Association-Index*; EuroSCORE: *European System for Cardiac Outcome Risk Evaluation*; COPD: *chronic obstructive pulmonary disease*, chronisch, obstruktive Lungenkrankheit; IDDM: *insulin-dependent diabetes mellitus*, Insulin-abhängiger Diabetes mellitus; LVEF: *left ventricular ejection fraction*, linksventrikuläre Ejektionsfraktion (67)

3.2 Intraoperativer Verlauf

Im Durchschnitt dauerte die Operation 231 ± 89 Minuten, wovon die kardiopulmonale Bypass Zeit im Mittel 151 ± 59 Minuten betrug. Die Aortenklemmzeit lag bei 91 ± 33 Minuten. 16 Patienten wurden am schlagenden Herzen operiert. Zu diesen Aspekten konnte zwischen der gesamten Gruppe, der Patienten mit Endokarditis und den Patienten ohne Endokarditis, kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (siehe Tabelle 3) (67).

18 Patienten bekamen eine Trikuspidalklappenrekonstruktion und 7 Patienten einen Ersatz der Trikuspidalklappe. Ein Ersatz war bei drei Patienten (42,9 %) indiziert aufgrund einer fortgeschrittenen Destruktion bei einer aktiven Endokarditis entsprechend den neuen Duke Kriterien (69).

Ein Patient erhielt eine neue Trikuspidalklappe aufgrund von einer Ebstein Anomalie. Alle Patienten erhielten eine Bioprothese, welche im Mittel einen Durchmesser von $29 - 33$ mm und eine Größe von $31,3 \pm 1,7$ mm hatte. Bei sechs Patienten handelte es sich um eine Bioprothese vom Schwein, bei einem Patienten um eine Rinderperikard- Klappe.

Sechs der neun Patienten (66 %), die eine aktive Endokarditis hatten, konnten erfolgreich mithilfe einer Trikuspidalklappenrekonstruktion behandelt werden. Hierbei wurden das anteriore und/ oder das posteriore Segel resektiert und mithilfe eines Perikard Patches bikuspidalisiert. Hierdurch konnte ein Annuloplastierung vermieden werden.

Unter den Patienten ohne Endokarditis lag die Rekonstruktionsrate bei 75 % (12 von 16 Patienten). 11 dieser Patienten bekamen einen Annuloplastierung implantiert, welcher im Mittel $28,7 \pm 1,8$ mm groß war. Ein Patient erhielt eine De Vega Annuloplastie. Zusätzlich wurde bei drei Patienten ein Cleft-Verschluss und/oder ein Sehnenfadenersatz durchgeführt.

Zusätzlich zur Operation an der Trikuspidalklappe wurde bei einem Patienten ein Vorhofseptumdefekt geschlossen, bei einem Patienten ein Myxom entfernt und bei sieben Patienten wurden infizierte Segel infolge einer Endokarditis resektiert. Bei einem Patienten wurde außerdem der Schrittmacher ausgetauscht.

Es gab keine intraoperativen Komplikationen oder eine erforderliche Konversion zur Sternotomie. (67)

Tabelle 3: Intraoperativer Verlauf (67)

Intraoperativer Verlauf	n = 25	100 %
Op- Dauer (min) \pm SD	231 \pm 89	115-420
Aortenklemmzeit (min) \pm SD	91 \pm 33	32-147
Op am schlagenden Herzen	n = 16	64%
Kardiopulmonale Bypasszeit (min) \pm SD	151 \pm 59	63-271

3.3 Postoperativer Verlauf

3.3.1 Krankenhausaufenthalt

Nach der Operation verbrachten die Patienten 2.3 ± 2.5 Tage auf der Intensivstation und insgesamt im Durchschnitt 17.4 ± 13.1 Tage im Krankenhaus. Es konnte hierbei kein signifikanter Unterschied, auf die gesamte Patientengruppe, die Patienten mit oder ohne Endokarditis bezogen, festgestellt werden (siehe Abbildung 1). (67)

3.3.2 Komplikationen

Ein Patient musste noch am Tag der Operation aufgrund einer starken Perikardtamponade rethorakotomiert werden. Bei einem Patienten musste wegen Nachblutung revidiert werden. Eine Schrittmacher Implantation wurde erforderlich, da es zu einem neu eingesetzten atrioventrikulären Block kam. Der einzige Patient mit früher Mortalität (30 - Tagesmortalität) bekam einen Schlaganfall (4 %). In einem Fall kam es zu einer neu aufgetretenen Dialysepflichtigkeit (siehe Tabelle 4). (67)

3.3.3 Echokardiographie bei Entlassung

Bei Entlassung wiesen 21 Patienten (84 %) nur eine leichte Trikuspidalklappenregurgitation von Grad 0-I auf. Drei Patienten (12 %) hatten eine mittlere Insuffizienz von Grad II. Bei einem Patienten zeigte sich eine schwere Insuffizienz von Grad III, welche allerdings im Follow-up 1 Jahr später nur noch Grad II aufwies. Kein Patient musste erneut an der Trikuspidalklappe operiert werden. (67)

Tabelle 4: Postoperativer Verlauf (67)

Postoperativer Verlauf	n = 25	100 %
Postoperative, neurologische Kompl.	n = 1	4 %
Neues Vorhofflimmern	n = 1	4 %
Neue Niereninsuffizienz mit Dialysepflichtigkeit	n = 1	4 %
Wundinfektion	n = 0	0 %
Revision wegen Nachblutung	n = 2	8 %
30-tages Mortalität	n = 1	4 %
Dauer des Intensivstationaufenthalts (in Tagen) ± SD	2.3 ± 2.5	(1 - 13)
Dauer des Krankenhausaufenthalts (in Tagen) ± SD	17.4 ± 13.1	(3 - 70)
1-jahres Mortalität	n = 5	20 %

Abbildung 1:

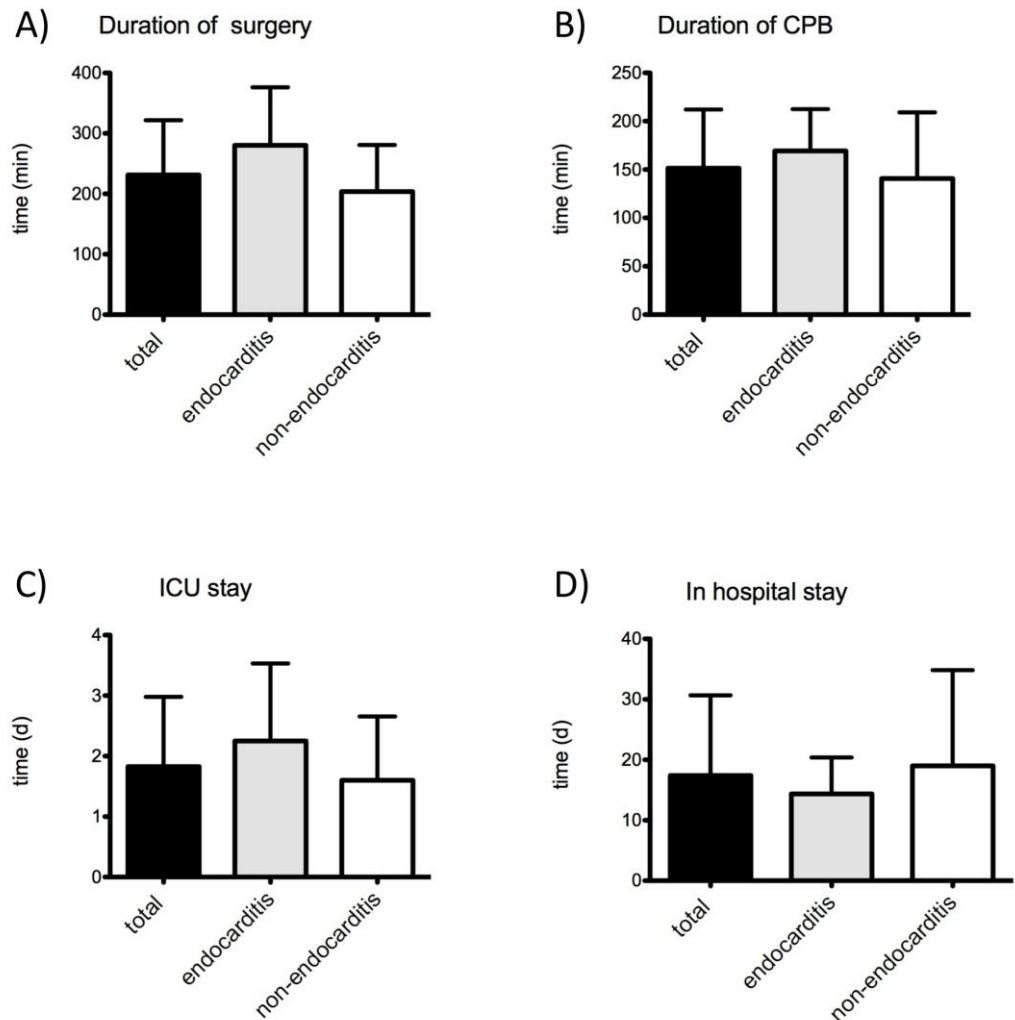


Abb.1: Analyse der isolierten Trikuspidalklappenoperation bezogen auf die Operationsdauer (A), die kardiopulmonale Bypasszeit (B), die Dauer des Intensivstationaufenthaltes (C) und die Gesamtdauer des Krankenhausaufenthaltes (D).

Darstellung des Mittelwertes \pm Standardabweichung. (67)

Es konnte bei keinem der untersuchten Aspekte ein signifikanter Unterschied zwischen der gesamten Patientengruppe, der Patienten mit Endokarditis und der Patienten ohne Endokarditis, festgestellt werden (67).

3.4 Follow-up

Das Follow-up ein Jahr postoperativ zeigte eine Mortalität von 20 % (5 von 25 Patienten). Bei 92% der untersuchten Patienten (23 Patienten) konnten ein vollständiges Follow-up erstellt werden. Die zwei fehlenden Patienten füllten den Fragebogen aus, kamen jedoch nicht zur Nachuntersuchung. Einer von ihnen hatte einen Trikuspidalklappenersatz aufgrund einer Endokarditis bekommen, der andere Patient war mittels einer Trikuspidalklappenrekonstruktion ohne Vorliegen einer Endokarditis versorgt worden.

Von den Patienten, die aufgrund einer aktiven Endokarditis operiert wurden, verstarb einer von neun (11,1 %) innerhalb eines Jahres. Demgegenüber verstarben vier von 16 (25 %) Patienten, bei denen keine Endokarditis vorlag. 17 der 18 überlebenden Patienten (94,4 %) wiesen keine schwere Trikuspidalklappenregurgitation (\geq III. Grades) auf. (67)

4. Diskussion

4.1 Patienten Klientel

Die vorliegende Arbeit betrachtet die isolierte Trikuspidalklappenchirurgie bei Patienten, die über eine rechtsseitige Minithorakotomie behandelt wurden, sowie das postoperative Outcome.

In dieser Studie waren nur 12% der Patienten bereits voroperiert, im Gegensatz zur Studie von Zhuang et al. und von Seeburger et al., wo es jeweils 57 % der Patienten sind (17,70). Bei Ricci et al. bestand das Patientenkollektiv zu 62,5 % (18) und bei Lee et al. zu 49 % aus voroperierten Patienten (19).

Das durchschnittliche Alter der Patienten in dieser Studie lag bei $61,6 \pm 17,4$ Jahren. Dies ist vergleichbar mit dem Alter der Patienten in den Studien von Ricci et al., Lee et al. und Seeburger et al., die ein durchschnittliches Alter von 63,2; 64 und 59,2 in ihrer Klientel angeben (17 – 19). Bei Zhuang et al. war das Alter etwas geringer mit $48,86 \pm 15,37$ Jahren (70).

Der Großteil an Patienten des untersuchten Klientels ist weiblich. Bei Ricci et al. sind es 70,3 %, bei Zhuang et al. 71,4 % und bei Lee et al. 68 % der Patienten (18,19,70). In dieser Studie ist der Anteil an Frauen unter den operierten Patienten mit nur 44 % deutlich geringer.

4.2 Präoperative Risikofaktoren und Begleiterkrankungen

Die präoperativen Risikofaktoren und Begleiterkrankungen waren im untersuchten Patientenkollektiv vergleichbar mit anderen Studien. Das untersuchte Patientenkollektiv wies 32 % Vorhofflimmern auf, passend zu den Ergebnissen von Zhuang et al. mit 33,3 %. In der Studie von Lee et al. ist die Inzidenz deutlich höher mit 57 % Vorhofflimmern, ebenso bei Ricci et al. mit 67,2 %.

Die Trikuspidalklappenregurgitation lag in dieser Studie bei durchschnittlich 2,4 und ist somit vergleichbar zu der Regurgitation, die Seeburger et al. und Ricci et al. mit durchschnittlich 3,3 festgestellt haben. Der Grad an präoperativer Trikuspidalklappenregurgitation ist laut Nath et al. wie bereits aufgeführt maßgeblich für die postoperative Mortalität. Je höher der Grad der Insuffizienz, desto höher die Sterblichkeit (43).

Die präoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion der Patienten dieser Studie lag durchschnittlich bei 59,2 %. Seeburger et al. haben dazu passend eine Ejektionsfraktion von durchschnittlich 57% untersucht, ebenso liegt die Studie von Ricci et al. mit 58,7 % im gleichen Bereich. Lee et al. stellten eine etwas niedrigere linksventrikuläre Ejektionsfraktion von durchschnittlich 50% fest.

Neun der in dieser Studie untersuchten Patienten (36 %) litten unter pulmonaler Hypertonie, bei Ricci et al. waren es mit 42,2 % der Patienten etwas mehr. 68 % unserer Patienten kamen mit arterieller Hypertonie, bei Ricci et al. waren es 65,6 %.

Die Analyse zeigte schon in den präoperativen Vorbedingungen eine Inzidenz der Patienten mit Endokarditis von 36 % und liegt somit deutlich höher als in vergleichbaren Studien von Lee et al., wo es nur 3 % waren und von Zhuang et al. mit einer Inzidenz von nur 4,8 %. Der mittlere EuroSCORE lag bei uns mit 4,5 % verglichen zur Studie von Ricci et al. mit 7,3 % etwas niedriger.

Außerdem wurde in dieser Studie noch eine NYHA Klassifikation präoperativ von III und schlechter bei 40 % der Patienten festgestellt. Zhuang et al. hatten mit 71,4 % deutlich mehr Patienten in diesem kritischen Bereich, wohingegen Ricci et al. mit 57,8 % der Patienten ähnliche Ergebnisse hatten. Lee et al. untersuchten die höchste Inzidenz mit 84 %. (17–19,70) Topilsky et al. fanden heraus, dass ein fortgeschrittenes NYHA Stadium

mit einer höheren Sterblichkeit nach der Operation assoziiert ist. Die Operation an der Trikuspidalklappe sollte demnach durchgeführt werden, bevor ausgeprägte, präoperative Herzleistungsstörungen auftreten. (43, 47)

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Klientel in dieser Studie präoperativ verglichen mit anderen Studien zwar weniger voroperierte Patienten aufweist, bei den Risikofaktoren und Begleiterkrankungen aber auf ähnliche und größtenteils gleiche Inzidenzen kommt. Auffallend ist die bei uns deutlich höhere Fallzahl an Patienten mit Endokarditis präoperativ im Vergleich zu den anderen untersuchten Studien. Außerdem ist der Anteil an Frauen im operierten Patientenklientel bei uns geringer gewesen.

Das zurzeit durchschnittliche Alter der operierten Patienten von Anfang 60 wird durch den demographischen Wandel erwartungsgemäß steigen und neue Evaluierungen der Behandlung erfordern. Ein höherer Grad an Herzinsuffizienz nach der NYHA Klassifikation von III und schlechter ist in dieser Studie insgesamt geringer vertreten als in vergleichbaren Studien. Nur 40 % der Patienten dieser Studie fallen in diesen Schweregrad, was die Überlebensrate nach Topilsy et al. begünstigt (47). Eine frühzeitige Operation konnte somit bei der überwiegenden Anzahl an Patienten ermöglicht werden.

4.3 Rekonstruktionsrate

In dieser Studie konnte die Mehrheit an Patienten (72 %) durch eine Trikuspidalklappenrekonstruktion erfolgreich behandelt werden. Auch 66 % (6 von 9) der Patienten, die unter einer Endokarditis litten, konnten durch eine Rekonstruktion versorgt werden. Bei der minimalinvasiven Trikuspidalklappenrekonstruktion erzielten auch Lee et. al sowie Ricci et. al vergleichbare Rekonstruktionsraten mit 61 % und 54,7 % (18, 19), Seeburger et. al erreichten 77 % (17) und ähnliche Werte von 75 % sind auch bei der klassischen Sternotomie zu finden (71). Guenther et. al beschreiben die Rekonstruktion als Mittel der Wahl bei einer funktionellen Erkrankung der Trikuspidalklappe, wohingegen der Klappenersatz bei organischer Klappenerkrankung herangezogen werde (71). In dieser Studie zeigt sich jedoch, dass hier die Mehrheit der Patienten mit Endokarditis (66 %) über den minimalinvasiven Zugang durch Rekonstruktion versorgt werden konnte.

Die in dieser Studie benötigten Bypass- und Aortenklammzeiten intraoperativ sind mit durchschnittlich 151 ± 59 Minuten Bypass Zeit und 91 ± 33 Minuten Aortenklammzeit im Wesentlichen deckungsgleich mit anderen Studienergebnissen. Bei Guenther et. al, bezogen auf die klassische Sternotomie ist die durchschnittliche Bypass Zeit 112 ± 45 Minuten und mit 72 ± 30 Minuten die Aortenklammzeit etwas kürzer (71). Seeburger et. al stellten bei minimalinvasivem Zugang Werte mit 115 ± 48 Minuten Bypass Zeit und 48 ± 18 Minuten Aortenklammzeit vor (17) und liegt so mit letzterem Wert deutlich unter der in dieser Studie benötigten Zeit. Hierzu muss jedoch berücksichtigt werden, dass 7 Patienten (28 %) dieser Studie zusätzlich an infizierten Schrittmachersonden operiert wurden.

4.4 Postoperativer Verlauf

4.4.1 Postoperative Komplikationen

Postoperative Komplikationen traten bei 8 % (2 von 25) in Form einer notwendig gewordenen Revision wegen Nachblutung auf. In anderen Studien zur minimalinvasiven Trikuspidalklappenoperation schwanken die Werte für Revisionen passend dazu zwischen 6 und 14 % (17–19). Bei klassischer Sternotomie lag die Revisionsrate bei Nachblutung in der Studie von Filsoufi et al. bei 18%, 4% erlitten einen Schlaganfall, 2 % eine Wundinfektion und 29 % litten unter verminderten Herzminutenvolumen (34). Bei Iscan et al. traten postoperative Komplikationen bei 59,5 % der Patienten auf (44).

In dieser Studie trat nur eine ernste und bleibende neurologische Komplikation am Patienten auf, und zwar ein Schlaganfall bei dem Patienten, der bereits am zweiten postoperativen Tag verstarb. Auch bei Lee et al. (19) trat nur in 2,8 % ein Schlaganfall auf. Dies unterstreicht die geringe Inzidenz dieser Erkrankungen im Zusammenhang mit der minimalinvasiven Trikuspidalklappenchirurgie (17, 18, 71). Ein erhöhtes Schlaganfallrisiko bei minimalinvasiven Operationen durch die Leistenkanülierung und der damit verbundenen Flussumkehr in der Aorta descendens wird immer wieder diskutiert (73). Doenst et al. konnten dies in ihrer Übersichtarbeit ebenso wie ich in dieser Studie nicht bestätigen (11). Postoperatives Vorhofflimmern trat bei nur einem Patienten auf (4 %), bei Ricci et al. betrafen es deutlich mehr mit 17,2 % (18).

Es lässt sich somit feststellen, dass die postoperative Komplikationsrate in dieser Studie vergleichbar gering ist.

4.4.2 Krankenhausaufenthalt

Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes betrug in dieser Studie $17,4 \pm 13,1$ Tage und ist somit deutlich höher als bei Ricci et al. mit 8 Tagen Aufenthalt und Lee et al. mit 10 ± 8 Tagen (18, 19). Von den durchschnittlich 17,4 Tagen im Krankenhaus befanden sich die Patienten dieser Studie $2,3 \pm 2,5$ Tage auf der Intensivstation, bei Ricci et al. war es nur 1 Tag (18).

Ursächlich für den längeren Krankenhausaufenthalt der Patienten dieser Studie könnte die hohe Zahl an weiteren, notwendigen Behandlungen in der gleichen Operation gewesen sein. Bei 10 der operierten Patienten wurden weitere Prozeduren zusätzlich zur Behandlung der Trikuspidalklappe notwendig. Es wurde ein Cleft-Verschluss und/oder ein Sehnenfadenersatz durchgeführt, ein Vorhofseptumdefekt geschlossen, ein Myxom entfernt und bei sieben Patienten wurden infizierte Segel infolge einer Endokarditis resektiert. Bei einem Patienten wurde außerdem der Schrittmacher ausgetauscht.

Bezüglich der Patienten mit Endokarditis konnte in dieser Studie hinsichtlich des Krankenhaus- und Intensivstationsaufenthaltes kein signifikanter Unterschied zu den operierten Patienten ohne Endokarditis festgestellt werden.

4.4.3 Mortalität

Vergleicht man die postoperativen Mortalitäts- und Morbiditätswerte der Minithorakotomie mit denen der klassischen Sternotomie bei Mitralklappenoperationen, so kommen ähnliche Prozentzahlen heraus (23, 36, 73). Dies bestätigt auch die Meta-Analyse von Cao et al von 2013 (36), welche keine signifikanten Unterschiede im klinischen Outcome der beiden Operationsverfahren feststellen konnte. Zhai et al., Goldstone und Tang et al. konnten beim Vergleich der Minithorakotomie mit der medianen Sternotomie bei Mitralklappenoperationen keinen signifikanten Unterschied in der Sterblichkeitsrate der Patienten feststellen (75–77).

Die isolierte Trikuspidalklappenchirurgie stellt nach wie vor eine Herausforderung dar. Trotz Verbesserungen im perioperativen Management (78) wird für dieses Patientenklientel bei klassischer Sternotomie von einer Mortalität während der Hospitalisationsphase von 13 – 26 % berichtet (34,44,45,71).

4.4.3.1 30-tages Mortalität

Die Daten zur 30-tages Mortalität bei minimalinvasiver Trikuspidalklappenchirurgie stellen sich ermutigend dar. In dieser Studie liegt sie bei 4 % und passt somit auch zu anderen Studien zur minimalinvasiven Trikuspidalklappenchirurgie welche in ähnlichen Bereichen liegen.

Ein Patient verstarb bereits am zweiten postoperativen Tag. Dieser Patient wurde bereits zum vierten Mal am Herzen operiert, wodurch, wie bereits anfangs erläutert, das perioperative Risiko stark erhöht war. Er bekam einen Trikuspidalklappenersatz. Trotz neurochirurgischer Behandlung verstarb er an einer intrakraniellen Luftembolie.

Ricci et al. beschreiben eine leicht höhere 30 - tages Mortalität von 7,8 % (18), 2 % sind es bei Lee et al. (19) und 5,7 % bei Seeburger et al. (17). Im Vergleich hierzu stellen sich die Werte bei der klassischen Sternotomie mit 19 % 30-tages Mortalität bei Guenther et al. deutlich schlechter dar (71), ebenso bei Zhuang et al., welche beide operativen Zugänge genutzt haben, mit 9,52 % im Krankenhaus verstorbenen Patienten (70).

Auch in den Studien von Filsoufi et al., Iscan et al. und Moraca et al. zeigen sich mit, wie bereits beschrieben, 13-26 % Mortalität in den ersten 30 Tagen deutlich höhere Werte (34, 44, 45). Die Mortalität bei Trikuspidalklappenoperationen scheint somit durch den minimalinvasiven Zugang reduziert werden zu können. Die Inzidenz der Patienten, die minimalinvasiv und zudem singular an der Trikuspidalklappe operiert werden ist jedoch aus den bereits vorgestellten Gründen nach wie vor gering. Hierbei muss zusätzlich berücksichtigt werden, dass sich durch steigende Frequenz dieser Behandlung nicht nur die Operationszugänge und Möglichkeiten verbessert haben, sondern auch das perioperative Management durch Fortschritte der Intensivmedizin optimiert wurde (78). Dies schränkt eine Vergleichbarkeit der Studien ein.

Patienten, die minimalinvasiv operiert wurden, müssen weniger häufig auf die Intensivstation zurücküberwiesen werden. Da die erneute Einweisung auf eine Intensivstation nach Operationen am Herzen mit einem schlechteren Outcome verbunden ist, führt dies ebenfalls zu einer verbesserten Prognose. (79)

4.4.3.2 1-Jahres Follow-up

Im 1- Jahres Follow-up lag die Mortalität des Patientenlientels dieser Studie bei 20 %. Dies passt zu den Ergebnissen der Studie von Moraca et al., welche 1 Jahr postoperativ eine Überlebensrate von 80 - 85 % beschreiben (45). Seeburger et al. stellten sogar ein 5 Jahres Überleben von 90 % fest (17), bei Ricci et al. sind es für den gleichen Zeitraum 81,3-94,1 % (18).

Sowohl Seeburger als auch Ricci hatten, wie auch diese Studie keine Patienten im untersuchten Zeitraum, die erneut an der Trikuspidalklappe operiert werden mussten (17, 18). Die isolierte Trikuspidalklappenchirurgie, unabhängig von dem gewählten Zugang, betrifft häufig ein bereits voroperiertes Patientenlientel mit ernsten Begleiterkrankungen (70), was ein Grund für die hohe Mortalität sein mag. In dieser Studie wurden vergleichbar weniger voroperierte Patienten behandelt, die präoperativen Risikofaktoren und Begleiterkrankungen waren dennoch größtenteils gleich. Dadurch lässt sich eine Vergleichbarkeit zu anderen Studien wiederherstellen.

Zudem wird wie bereits aufgeführt, zunehmend eine frühere Operation der Trikuspidalklappe empfohlen, bevor fortgeschrittene Herzleistungsstörungen aufgetreten sind. Der präoperative Gesundheitszustand der Patienten bestimmt maßgeblich die Sterblichkeit. (47)

4.5 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Arbeit wurde die isolierte Trikuspidalklappenchirurgie über eine rechtsseitige Minithorakotomie sowie deren postoperatives Outcome betrachtet. Die bisher nur geringe Datenlage zu ebendieser Operationstechnik für die Trikuspidalklappe war Anlass zu dieser Studie, um weitere Evaluationen zu ermöglichen.

In dieser Arbeit konnte ich zeigen, dass die minimalinvasive Trikuspidalklappenchirurgie bei einer Mortalität von nur 4 % innerhalb der ersten 30 Tage postoperativ mit sehr gutem Erfolg durchgeführt werden kann. Die Mortalität gegenüber der klassischen Sternotomie als Zugang kann deutlich reduziert werden.

Eine hochgradige Trikuspidalklappenregurgitation ist ein Prädiktor für eine höhere Mortalität und eine deutlich verschlechterte Prognose für den Patienten. Deshalb sollte bei Patienten mit ausgeprägten Herzleistungsstörungen frühzeitig eine operative Behandlung in Erwägung gezogen werden, um die Langzeitsterblichkeit zu reduzieren. In dieser Studie lag ein vergleichbar geringer präoperativer Grad an Herzinsuffizienz vor. Somit konnte bei den meisten Patienten eine frühzeitige Operation umgesetzt werden. Zudem musste keiner der Patienten 1 Jahr postoperativ erneut an der Trikuspidalklappe operiert werden.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bekräftigen die Vermutung, dass minimalinvasive Trikuspidalklappenoperationen viele Vorteile für das entsprechende Patientenkollektiv mit sich bringen. Die Patienten gehören zu einem Hochrisiko-Patientenkollektiv und weisen meist sehr fortgeschrittene Herzinsuffizienzen und umfangreiche Begleiterkrankungen auf. Dennoch sind die Ergebnisse sehr zufriedenstellend.

Die Operation kann ebenfalls gut bei bereits voroperierten Patienten angewendet werden, da die verbesserte Sicht eine höhere chirurgische Flexibilität bedingt. Die Patienten können sich schneller erholen, haben ein reduziertes Trauma und weniger postoperative Komplikationen. Es können hohe Rekonstruktionsraten von über 70 % an der Trikuspidalklappe erreicht werden bei einer vergleichbar geringen postoperativen Komplikationsrate. Zusätzlich konnte ich durch diese Studie erneut bestätigen, dass durch die Leistenkanülierung bei minimalinvasiven Operationen kein erhöhtes Schlaganfallrisiko entsteht.

Es kann außerdem aus den Ergebnissen dieser Studie abgeleitet werden, dass auch bei Patienten mit aktiver Endokarditis durch die gute Sicht bei der Operation eine zu den Patienten ohne Endokarditis vergleichbar hohe Rekonstruktionsrate erreicht werden kann. Bei organischer Klappenerkrankung sollte somit nicht automatisch an einen Klappenersatz gedacht werden, sondern die minimalinvasive Operationstechnik in Erwägung gezogen werden.

4.6 Ausblick

Aufgrund der steigenden Nachfrage des aufgeklärten Patienten nach weniger invasiven Operationstechniken ist in Zukunft ein weiterer Anstieg der Inzidenz minimalinvasiver Herzklappenoperationen zu erwarten. Somit wird auch die isolierte Trikuspidalklappenoperation vermehrt durchgeführt und die Datenlage umfangreicher werden. Die steigende Frequenz der Behandlung und die damit verbundene verbesserte Technik und Erfahrung der Operateure vermag in Zukunft noch bessere Ergebnisse zu erzielen. Der Wandel der Intensivmedizin und die Optimierung im perioperativen Management werden die Mortalität sowie das Outcome ebenfalls positiv beeinflussen (79). Weitere Studien zur besseren Vergleichbarkeit der Operationstechniken und Erfolgsraten sind somit unabdingbar. Mit zunehmender Sicherheit und eindeutigerer Datenlage wird auch die empfohlene aggressivere Behandlung der Trikuspidalklappe mehr Verbreitung finden.

Eine Herausforderung stellt das durch den demographischen Wandel immer älter werdende Patienten Klientel dar. Die bei der Betreuung und Therapieplanung zu berücksichtigenden Begleiterkrankungen und Komorbiditäten nehmen zu. Daraus resultieren, wie in dieser Studie beschrieben, höhere Operationsrisiken, die die Wichtigkeit der richtigen Wahl der individuell besten Operationsmethode verstärken. Eine präoperative, multidisziplinäre Bewertung der Patientensituation zur Abschätzung des individuellen Risikos wird zunehmend wichtiger. Standardisierte und objektivierbare Darstellungen durch numerische Indizes wie den EuroSCORE II u.a. müssen weiter aktualisiert und untersucht werden (80).

In dieser Studie konnte ich zeigen, dass die minimalinvasive Trikuspidalklappenoperation mit sehr guten Ergebnissen durchgeführt werden kann. Weitere Untersuchungen bezüglich der Zusammenhänge des steigenden Patientenalters mit dem Outcome minimalinvasiver Operationen bezogen auf die Trikuspidalklappe sind erstrebenswert. Für die minimalinvasive Mitralklappenoperation und Kombinationseingriffe mit der Trikuspidalklappe konnten an unserem Institut bei Patienten von 80 Jahren und älter bereits sehr zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden (6).

Erste kathetergestützte Operationen an der Trikuspidalklappe wurden untersucht und sind in der Entwicklung. In Zukunft ist zu erwarten, dass auch diese Technik eine weitere,

relevante Behandlungsoption ergibt, welche ausreichend evaluiert und mit den bisher gängigen Methoden verglichen werden muss. (40) Diese interventionelle Behandlung der Trikuspidalklappe umfasst bisher im Wesentlichen drei Verfahren. Es kann eine Ventrikularisierung des rechten Vorhofs durch Setzen stentbasierter Klappen in die Venae cavae erfolgen (81). Eine weitere Möglichkeit, die Insuffizienz zu reduzieren, ist das Einsetzen von Anuloplastiesystemen zur Reduktion der Anulusgröße sowie das Einbringen direkter Systeme zur Verbesserung der Segelkoaptation. Ähnlich der Mitralklappenbehandlung können z.B. zwei Segel miteinander verbunden werden, um so im direkten Verfahren die Insuffizienz zu reduzieren (MitraClip- Verfahren). Langzeitergebnisse stehen noch aus. (82–84)

4.7 Limitationen

Die Ergebnisse dieser Studie mögen aufgrund der geringen Patientenzahl und der heterogenen Gruppe mit weniger Voroperationen etwas eingeschränkt sein. Eine längere Follow-Up Zeit, die Ausweitung und weitere Differenzierung des Patientenkontexts und der Patientenzahl ist erstrebenswert. Durch die unizentrische Analyse der Daten ausschließlich von Patienten der Kardiovaskulären Chirurgie des Universitätsklinikums Düsseldorf bleibt eine einseitige Sicht. Multizentrische Langzeitstudien für eine bessere Einordnung der Ergebnisse und Übersicht der Arbeit wären wünschenswert.

5. Literatur- und Quellenverzeichnis

1. Mohr FW, Falk V, Diegeler A, Walther T, van Son J a. M, Autschbach R, u. a. Minimally Invasive Port-Access Mitral Valve Surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1. März 1998;115(3):567–76.
2. Mohr FW, Onnasch JF, Falk V, Walther T, Diegeler A, Krakor R, u. a. The evolution of minimally invasive mitral valve surgery – 2 year experience. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1. März 1999;15(3):233–9.
3. Grossi EA, Galloway AC, LaPietra A, Ribakove GH, Ursomanno P, Delianides J, u. a. Minimally invasive mitral valve surgery: a 6-year experience with 714 patients. *Ann Thorac Surg.* September 2002;74(3):660-663; discussion 663-664.
4. Casselman FP, Slycke SV, Wellens F, Geest RD, Degrieck I, Praet FV, u. a. Mitral Valve Surgery Can Now Routinely Be Performed Endoscopically. *Circulation.* 9. September 2003;108(10 suppl 1):II-48-II-54.
5. Glauber M, Miceli A, Canarutto D, Lio A, Murzi M, Gilmanov D, u. a. Early and long-term outcomes of minimally invasive mitral valve surgery through right minithoracotomy: a 10-year experience in 1604 patients. *J Cardiothorac Surg [Internet].* 7. Dezember 2015 [zitiert 11. Januar 2016];10. Verfügbar unter: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4672482/>
6. Minol J-P, Akhyari P, Boeken U, Kamiya H, Weinreich T, Sixt S, u. a. Single-centre experience of mitral valve surgery via right lateral mini-thoracotomy in octogenarians. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 29. November 2015;ivv323.
7. Chitwood WR, Wixon CL, Elbeery JR, Moran JF, Chapman WHH, Lust RM. Video-assisted minimally invasive mitral valve surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* November 1997;114(5):773–82.
8. Wölnerhanssen BK, Ackermann C, Guenin MO, Kern B, Tondelli P, von Flüe M, u. a. Zwölf Jahre laparoskopische Cholezystektomie. *Chir.* 1. März 2005;76(3):263–9.
9. Jockel-Schneider Yvonne, Pretzl Bernadette, Ehmke B, Schlagenhaut Ulrich, Sälzer Sonja, Abou-Ayash Samir, u. a. Adjuvante systemische Antibiotikagabe bei subgingivaler Instrumentierung im Rahmen der systematischen Parodontitistherapie (S3). *DGZMK;* 2018.
10. Antoniou SA, Antoniou GA, Antoniou AI, Granderath F-A. Past, Present, and Future of Minimally Invasive Abdominal Surgery. *JSLs [Internet].* 2015;19(3). Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4589904/>
11. Torsten Doenst, Mahmoud Diab, Christoph Sponholz, Michael Bauer, Gloria Färber. Möglichkeiten und Grenzen der minimalinvasiven Herzchirurgie. *Deutsches Ärzteblatt.* 2017;46.
12. Cohn LH, Adams DH, Couper GS, Bichell DP, Rosborough DM, Sears SP, u. a. Minimally invasive cardiac valve surgery improves patient satisfaction while reducing costs of cardiac valve replacement and repair. *Ann Surg.* Oktober 1997;226(4):421–8.

13. Beckmann A, Meyer R, Lewandowski J, Markewitz A, Harringer W. German Heart Surgery Report 2018: The Annual Updated Registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg.* August 2019;67(5):331–44.
14. Shiran A, Sagie A. Tricuspid Regurgitation in Mitral Valve Disease: Incidence, Prognostic Implications, Mechanism, and Management. *J Am Coll Cardiol.* 3. Februar 2009;53(5):401–8.
15. Navia JL, Elgharably H, Javadikasgari H, Ibrahim A, Koprivanac M, Lowry AM, u. a. Tricuspid Regurgitation Associated With Ischemic Mitral Regurgitation: Characterization, Evolution After Mitral Surgery, and Value of Tricuspid Repair. *Ann Thorac Surg.* 1. August 2017;104(2):501–9.
16. Dreyfus GD, Corbi PJ, Chan KMJ, Bahrami T. Secondary Tricuspid Regurgitation or Dilatation: Which Should Be the Criteria for Surgical Repair? *Ann Thorac Surg.* 1. Januar 2005;79(1):127–32.
17. Seeburger J, Borger MA, Passage J, Misfeld M, Holzhey D, Noack T, u. a. Minimally invasive isolated tricuspid valve surgery. *J Heart Valve Dis.* März 2010;19(2):189–192; discussion 193.
18. Ricci D, Boffini M, Barbero C, El Qarra S, Marchetto G, Rinaldi M. Minimally invasive tricuspid valve surgery in patients at high risk. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1. März 2014;147(3):996–1001.
19. Lee TC, Desai B, Glower DD. Results of 141 consecutive minimally invasive tricuspid valve operations: an 11-year experience. *Ann Thorac Surg.* Dezember 2009;88(6):1845–50.
20. Salinas GEG, Ramchandani M. Tricuspid valve replacement on a beating heart via a right minithoracotomy. *Multimed Man Cardio-Thorac Surg.* 1. Januar 2013;2013:mmt006.
21. Holzhey David M., Seeburger Joerg, Misfeld Martin, Borger Michael A., Mohr Friedrich W. Learning Minimally Invasive Mitral Valve Surgery. *Circulation.* 30. Juli 2013;128(5):483–91.
22. Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, Gottdiener JS, Scott CG, Enriquez-Sarano M. Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *The Lancet.* 16. September 2006;368(9540):1005–11.
23. Grossi EA, LaPietra A, Ribakove GH, Delianides J, Esposito R, Culliford AT, u. a. Minimally invasive versus sternotomy approaches for mitral reconstruction: Comparison of intermediate-term results. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1. April 2001;121(4):708–13.
24. Iribarne A, Russo MJ, Easterwood R, Hong KN, Yang J, Cheema FH, u. a. Minimally invasive versus sternotomy approach for mitral valve surgery: a propensity analysis. *Ann Thorac Surg.* November 2010;90(5):1471-1477; discussion 1477-1478.
25. Iribarne A, Easterwood R, Russo MJ, Chan EY, Smith CR, Argenziano M. Comparative effectiveness of minimally invasive versus traditional sternotomy mitral valve surgery in elderly patients. *J Thorac Cardiovasc Surg.* April 2012;143(4 Suppl):S86-90.
26. Miceli A, Murzi M, Gilmanov D, Fugà R, Ferrarini M, Solinas M, u. a. Minimally invasive aortic valve replacement using right minithoracotomy is associated with better outcomes than ministernotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1. Juli 2014;148(1):133–7.

27. Deutscher Herzbericht 2018. Deutsche Herzstiftung; 2018.
28. Grossi EA, Galloway AC, Ribakove GH, Zakow PK, Derivaux CC, Baumann FG, u. a. Impact of minimally invasive valvular heart surgery: a case-control study. *Ann Thorac Surg.* 1. März 2001;71(3):807–10.
29. Wang Q, Xue X, Yang J, Yang Q, Wang P, Wang L, u. a. Right mini-thoracotomy approach reduces hospital stay and transfusion of mitral or tricuspid valve reoperation with non-inferior efficacy: evidence from propensity-matched study. *J Thorac Dis.* August 2018;10(8):4789–800.
30. Peng R, Shi H, Ba J, Wang C. Single Femoral Venous Drainage Versus Both Vena Cava Drainage in Isolated Repeat Tricuspid Valve Surgery. *Int Heart J.* 31. Mai 2018;59(3):518–22.
31. Miura T, Tanigawa K, Matsukuma S, Matsumaru I, Hisatomi K, Hazama S, u. a. A right thoracotomy approach for mitral and tricuspid valve surgery in patients with previous standard sternotomy: comparison with a re-sternotomy approach. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* Juni 2016;64(6):315–24.
32. Hanedan MO, Çiçekçioğlu F, Aksöyek A, Diken Aİ, Ünal EU, Parlar Aİ, u. a. Tricuspid Valve Replacement Through Right Thoracotomy has Better Outcomes in Redo Cases. *Heart Lung Circ.* 1. Januar 2017;26(1):88–93.
33. Maimaiti A, Wei L, Yang Y, Liu H, Wang C. Benefits of a right anterolateral minithoracotomy rather than a median sternotomy in isolated tricuspid redo procedures. *J Thorac Dis.* Mai 2017;9(5):1281–8.
34. Filsoufi F, Anyanwu AC, Salzberg SP, Frankel T, Cohn LH, Adams DH. Long-Term Outcomes of Tricuspid Valve Replacement in the Current Era. *Ann Thorac Surg.* 1. September 2005;80(3):845–50.
35. De Bonis M, Taramasso M, Lapenna E, Alfieri O. Management of tricuspid regurgitation. *F1000prime Rep.* 2014;6:58.
36. Cao C, Gupta S, Chandrakumar D, Nienaber TA, Indraratna P, Ang SC, u. a. A meta-analysis of minimally invasive versus conventional mitral valve repair for patients with degenerative mitral disease. *Ann Cardiothorac Surg.* November 2013;2(6):693–703.
37. Holzhey DM, Shi W, Borger MA, Seeburger J, Garbade J, Pfanmüller B, u. a. Minimally invasive versus sternotomy approach for mitral valve surgery in patients greater than 70 years old: a propensity-matched comparison. *Ann Thorac Surg.* Februar 2011;91(2):401–5.
38. Baumgartner H, Falk V, Bax JJ, De Bonis M, Hamm C, Holm PJ, u. a. 2017 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease. *Eur Heart J.* 21. September 2017;38(36):2739–91.
39. Oliveira DC, Oliveira CGC. The Forgotten, Not Studied or Not Valorized Tricuspid Valve: The Transcatheter Revolution Is Coming. *Cardiol Res.* August 2019;10(4):199–206.
40. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie. Positionspapier Interventionelle Therapie AV Klappen 2018.

41. Bonow RO, Carabello BA, Chatterjee K, de Leon AC, Faxon DP, Freed MD, u. a. 2008 Focused Update Incorporated Into the ACC/AHA 2006 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 1998 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease) Endorsed by the Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society of Thoracic Surgeons. *J Am Coll Cardiol.* 23. September 2008;52(13):e1–142.
42. Yilmaz O, Suri RM, Dearani JA, Sundt TM, Daly RC, Burkhart HM, u. a. Functional tricuspid regurgitation at the time of mitral valve repair for degenerative leaflet prolapse: The case for a selective approach. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1. September 2011;142(3):608–13.
43. Nath J, Foster E, Heidenreich PA. Impact of tricuspid regurgitation on long-term survival. *J Am Coll Cardiol.* 4. Februar 2004;43(3):405–9.
44. Iscan ZH, Vural KM, Bahar I, Mavioglu L, Saritas A. What to expect after tricuspid valve replacement? Long-term results. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1. August 2007;32(2):296–300.
45. Moraca RJ, Moon MR, Lawton JS, Guthrie TJ, Aubuchon KA, Moazami N, u. a. Outcomes of Tricuspid Valve Repair and Replacement: A Propensity Analysis. *Ann Thorac Surg.* 1. Januar 2009;87(1):83–9.
46. McCarthy PM, Bhudia SK, Rajeswaran J, Hoercher KJ, Lytle BW, Cosgrove DM, u. a. Tricuspid valve repair: durability and risk factors for failure. *J Thorac Cardiovasc Surg.* März 2004;127(3):674–85.
47. Topilsky Yan, Khanna Amber D., Oh Jae K., Nishimura Rick A., Enriquez-Sarano Maurice, Jeon Yang B., u. a. Preoperative Factors Associated With Adverse Outcome After Tricuspid Valve Replacement. *Circulation.* 10. Mai 2011;123(18):1929–39.
48. De Bonis M, Lapenna E, Sorrentino F, La Canna G, Grimaldi A, Maisano F, u. a. Evolution of tricuspid regurgitation after mitral valve repair for functional mitral regurgitation in dilated cardiomyopathy. *Eur J Cardiothorac Surg.* 1. April 2008;33(4):600–6.
49. Boyaci A, Gokce V, Topaloglu S, Korkmaz S, Goksel S. Outcome of Significant Functional Tricuspid Regurgitation Late After Mitral Valve Replacement for Predominant Rheumatic Mitral Stenosis. *Angiology.* 1. Juni 2007;58(3):336–42.
50. Irwin RB, Luckie M, Khattar RS. Tricuspid regurgitation: contemporary management of a neglected valvular lesion. *Postgrad Med J.* 1. November 2010;86(1021):648–55.
51. Ratnatunga CP, Edwards MB, Dore CJ, Taylor KM. Tricuspid valve replacement: UK Heart Valve Registry mid-term results comparing mechanical and biological prostheses. *Ann Thorac Surg.* Dezember 1998;66(6):1940–7.
52. Minol J-P, Akhyari P, Boeken U, Albert A, Rellecke P, Dimitrova V, u. a. Previous Sternotomy as a Risk Factor in Minimally Invasive Mitral Valve Surgery. *Front Surg* [Internet]. 9. Februar 2018;5. Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5811546/>

53. King RM, Schaff HV, Danielson GK, Gersh BJ, Orszulak TA, Piehler JM, u. a. Surgery for tricuspid regurgitation late after mitral valve replacement. *Circulation*. September 1984;70(3 Pt 2):1193-197.
54. Shah S, Jenkins T, Markowitz A, Gilkeson R, Rajiah P. Multimodal imaging of the tricuspid valve: normal appearance and pathological entities. *Insights Imaging*. 9. Juni 2016;7(5):649–67.
55. Arastéh K, Baenkler H-W, Bieber C, Brandt R, Chatterjee TT. *Duale Reihe Innere Medizin*. 3., überarbeitete. Stuttgart: Thieme; 2012. 1520 S.
56. Herold G. *Innere Medizin 2017*. Herold, Gerd; 2016. 1000 S.
57. Hahn RT, Zamorano JL. The need for a new tricuspid regurgitation grading scheme. *Eur Heart J - Cardiovasc Imaging*. 1. Dezember 2017;18(12):1342–3.
58. Carozza A, Renzulli A, De Feo M, Ismeno G, Corte AD, Dialetto G, u. a. Tricuspid Repair for Infective Endocarditis. *Tex Heart Inst J*. 2001;28(2):96–101.
59. Alsoufi B, Rao V, Borger MA, Maganti M, Armstrong S, Feindel CM, u. a. Short- and Long-Term Results of Triple Valve Surgery in the Modern Era. *Ann Thorac Surg*. 1. Juni 2006;81(6):2172–8.
60. Deutsche Gesellschaft für Kardiologie. *Pocket Leitlinien Klappenvitien im Erwachsenenalter*. 2007.
61. Seeburger J, Borger MA, Falk V, Kuntze T, Czesla M, Walther T, u. a. Minimal invasive mitral valve repair for mitral regurgitation: results of 1339 consecutive patients. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg*. Oktober 2008;34(4):760–5.
62. Robert O. Bonow, Robert O. Bonow, Blase A. Carabello, Kanu Chatterjee, Antonio C. de Leon, David P. Faxon, u. a. ACC/AHA 2006 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Revise the 1998 Guidelines for the Management of Patients With Valvular Heart Disease): Developed in Collaboration With the Society of Cardiovascular Anesthesiologists: Endorsed by the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions and the Society of Thoracic Surgeons. *Circulation*. 1. August 2006;114(5):e84-231.
63. Rogers JH, Bolling SF. The tricuspid valve: current perspective and evolving management of tricuspid regurgitation. *Circulation*. 26. Mai 2009;119(20):2718–25.
64. Parolari A, Barili F, Pillozzi A, Pacini D. Ring or Suture Annuloplasty for Tricuspid Regurgitation? A Meta-Analysis Review. *Ann Thorac Surg*. 1. Dezember 2014;98(6):2255–63.
65. Kay JH, Maselli-Campagna G, Tsuji HK. Surgical Treatment of Tricuspid Insufficiency. *Ann Surg*. Juli 1965;162(1):53–8.
66. Nashef SAM, Roques F, Sharples LD, Nilsson J, Smith C, Goldstone AR, u. a. EuroSCORE II. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1. April 2012;41(4):734–45.

67. Minol J, Boeken U, Weinreich T, Heimann M, Gramsch-Zabel H, Akhyari P, u. a. Isolated Tricuspid Valve Surgery: A Single Institutional Experience with the Technique of Minimally Invasive Surgery via Right Minithoracotomy. *Thorac Cardiovasc Surg* [Internet]. 5. März 2015 [zitiert 11. Januar 2016]; Verfügbar unter: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0035-1546428>
68. Paranon S, Acar P. Ebstein's anomaly of the tricuspid valve: from fetus to adult. *Heart*. 1. Februar 2008;94(2):237–43.
69. Li JS, Sexton DJ, Mick N, Nettles R, Fowler VG, Ryan T, u. a. Proposed modifications to the Duke criteria for the diagnosis of infective endocarditis. *Clin Infect Dis Off Publ Infect Dis Soc Am*. April 2000;30(4):633–8.
70. Zhuang Y, Zhou J, Xiao M, Yuan Z, Lu C, Yu M, u. a. Clinical results of tricuspid valve replacement – a 21-case report. *J Biomed Res*. Januar 2010;24(1):73–6.
71. Guenther T, Noebauer C, Mazzitelli D, Busch R, Tassani-Prell P, Lange R. Tricuspid valve surgery: a thirty-year assessment of early and late outcome. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1. August 2008;34(2):402–9.
72. Pfanmüller B, Moz M, Misfeld M, Borger MA, Funkat A-K, Garbade J, u. a. Isolated tricuspid valve surgery in patients with previous cardiac surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1. Oktober 2013;146(4):841–7.
73. Murzi M, Cerillo AG, Miceli A, Bevilacqua S, Kallushi E, Farneti P, u. a. Antegrade and retrograde arterial perfusion strategy in minimally invasive mitral-valve surgery: a propensity score analysis on 1280 patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1. Juni 2013;43(6):e167–72.
74. Chiu KM, Chen RJ, Lin TY, Chen JS, Huang JH, Huang CY, u. a. Right miniparasternotomy may be a good minimally invasive alternative to full sternotomy for cardiac valve operations: a propensity-adjusted analysis. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. Februar 2016;57(1):111–20.
75. Zhai J, Wei L, Huang B, Wang C, Zhang H, Yin K. Minimally invasive mitral valve replacement is a safe and effective surgery for patients with rheumatic valve disease. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 16. Juni 2017;96(24). Verfügbar unter: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5478347/>
76. Goldstone AB, Atluri P, Szeto WY, Trubelja A, Howard JL, MacArthur JW, u. a. Minimally invasive approach provides at least equivalent results for surgical correction of mitral regurgitation: A propensity-matched comparison. *J Thorac Cardiovasc Surg*. März 2013;145(3):748–56.
77. Tang P, Onaitis M, Gaca JG, Milano CA, Stafford-Smith M, Glower D. Right Minithoracotomy Versus Median Sternotomy for Mitral Valve Surgery: A Propensity Matched Study. *Ann Thorac Surg*. 1. August 2015;100(2):575–81.
78. Stocker CF, Shekerdemian LS. Recent developments in the perioperative management of the paediatric cardiac patient. *Curr Opin Anaesthesiol*. August 2006;19(4):375–81.

79. Boeken U, Minol JP, Assmann A, Mehdiani A, Akhyari P, Lichtenberg A. Readmission to the intensive care unit in times of minimally invasive cardiac surgery: does size matter? *Heart Surg Forum*. Dezember 2014;17(6):E296-301.
80. Minol J-P, Dimitrova V, Petrov G, Langner R, Boeken U, Rellecke P, u. a. The age-adjusted Charlson comorbidity index in minimally invasive mitral valve surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1. Dezember 2019;56(6):1124–30.
81. Lauten Alexander, Doenst Torsten, Hamadanchi Ali, Franz Marcus, Figulla Hans R. Percutaneous Bicaval Valve Implantation for Transcatheter Treatment of Tricuspid Regurgitation. *Circ Cardiovasc Interv*. 1. April 2014;7(2):268–72.
82. Kapadia Samir, Krishnaswamy Amar, Tuzcu E. Murat. Percutaneous Therapy for Tricuspid Regurgitation. *Circulation*. 9. Mai 2017;135(19):1815–8.
83. Nickenig G, Weber M, Lurz P, Bardeleben RS von, Sitges M, Sorajja P, u. a. Transcatheter edge-to-edge repair for reduction of tricuspid regurgitation: 6-month outcomes of the TRILUMINATE single-arm study. *The Lancet*. 30. November 2019;394(10213):2002–11.
84. Nickenig Georg, Kowalski Marek, Hausleiter Jörg, Braun Daniel, Schofer Joachim, Yzeiraj Ermela, u. a. Transcatheter Treatment of Severe Tricuspid Regurgitation With the Edge-to-Edge MitraClip Technique. *Circulation*. 9. Mai 2017;135(19):1802–14.

„Lächle und die Welt verändert sich“

-Buddha-

