

Aus der Klinik und Poliklinik für Herz-Thorax-Chirurgie

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. R. G. Leyh

Wundheilungsstörung nach Bypass-Operationen des Herzens

Vergleich SIMA vs. BIMA

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Philipp Robert Müller-Bechstein

aus Frankfurt am Main

Würzburg, Juli 2019

Referent: Prof. Dr. med. Rainer G. Leyh

Ko-Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Hendrik Jansen

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 11.05.2020

Der Promovend ist Arzt

Gewidmet meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Studienhypothese	3
2. Patienten und Methodik	4
2.1 Patienten	4
2.1.1 Studiendesign	4
2.1.2 Einschlusskriterien	5
2.1.3 Ausschlusskriterien	5
2.2 Methodik	6
2.2.1 Datenerhebung	6
2.2.2 Erhebungsbogen.....	6
2.2.3 Definition einzelner Parameter (in alphabetischer Reihenfolge).....	7
2.3 Statistik	10
2.4 Anatomie	12
2.4.1 Mediastinum.....	12
2.4.2 Blutversorgung der Thoraxwand.....	13
2.5 Definitionen	14
2.5.1 Myokardrevaskularisation	14
2.5.1.1 Nichtoperative Myokardrevaskularisation	14
2.5.1.2 Operative Myokardrevaskularisation.....	14
2.5.2 Vergleich operativer Verfahren	15
2.5.3 Operatives Vorgehen	16
2.5.4 Pro und Kontra.....	16
2.5.5 Definition Wundheilungsstörungen	17
2.5.5.1 Postoperative oberflächliche Wundinfektion (A1)	17
2.5.5.2 Postoperative tiefe Wundinfektion (A2).....	18
2.5.5.3 Infektion von Organen und Körperhöhlen im Operationsgebiet (A3)	18
2.5.5.4 Mediastinitis	20
2.5.6 Inzidenz und Mortalität.....	22
2.5.7 Risikofaktoren für die Ausbildung einer Wundheilungsstörung.....	23
2.5.8 Keimspektrum	23
2.5.9 Symptome.....	24
2.5.10 Diagnostik	24

2.5.11 Therapie.....	25
2.5.12 Prognose.....	26
2.5.13 Medizinökonomische Aspekte	26
3. Ergebnisse.....	27
3.1 Auswertung der Gesamtergebnisse	27
3.2 Auswertung einzelner Parameter	30
3.2.1 Epidemiologische Parameter	30
3.2.2 Präoperative Parameter.....	32
3.2.2.1 Laborwerte	32
3.2.2.2 Risikofaktoren und Vorerkrankungen.....	34
3.2.3 Intraoperativer Status.....	36
3.2.4 Perioperativer Status	37
3.2.5 Postoperativer Status.....	38
3.2.6 Zusammenfassung	39
3.3 Subgruppenanalyse - DSWI	39
3.4 Vergleich isolierter Koronararterienoperationen.....	41
3.4.1 Auswertung der Gesamtergebnisse.....	41
3.4.2 Laborwerte, Risikofaktoren, Vorerkrankungen.....	44
3.4.3 Subgruppenanalyse - DSWI	45
4. Diskussion.....	47
4.1 Einleitung.....	47
4.2 Gruppenvergleichbarkeit / Signifikante Gruppenunterschiede.....	51
4.3 Eigene Ergebnisse	56
4.3.1 Gesamtergebnisse	56
4.3.2 Prädiktive Faktoren	59
4.3.3 DSWI und Mediastinitis.....	60
4.3.4 Isolierte Koronararterienchirurgie.....	63
4.3.5 Nichtsignifikante Ergebnisse	66
5. Fazit und Kritik	70
6. Zusammenfassung	71
7. Literaturverzeichnis.....	75
8. Anhang	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildungen

Abb. 1	Entscheidungsbaum metrische Daten
Abb. 2	Sternum mit Querfraktur und mediastinal beginnendem Granulationsrasen
Abb. 3	Mediastinitis mit Osteomyelitis
Abb. 4	Klinischer Befund einer DSWI vor erster Revision
Abb. 5	Wundrevision einer tiefen Wundinfektion

Die intraoperativen Abbildungen (Abb.2 bis 5) wurden mit Einwilligung durch Prof. Dr. med. C. Schimmer zur Verfügung gestellt.

Anlagen:

Anl. 1	Studiendesign
Anl. 2	Erhebungsbogen

Tabellen:

Tab. 1	Gesamtergebnisse aller Gruppen
Tab. 2	Gesamtergebnisse (ohne Gruppe III n=152)
Tab. 3	Epidemiologische Daten
Tab. 4	Laborwerte
Tab. 5	Risikofaktoren und Vorerkrankungen
Tab. 6	Intraoperativer Status
Tab. 7	Perioperativer Status
Tab. 8	Postoperativer Status
Tab. 9	Gruppenunterschiede DSWI
Tab. 10	Gesamtergebnisse Koronararterienchirurgie
Tab. 11	Gruppenunterschiede Koronararterienchirurgie
Tab. 12	12 Gruppenunterschiede DSWI Koronararterienchirurgie

Diagramme:

Diagramm 1	Gesamtanzahl aller Operationen
Diagramm 2	Gesamtergebnisse aller Gruppen
Diagramm 3	Durchschnittliches Patientenalter
Diagramm 4	Kreatinin-Konzentration
Diagramm 5	Harnstoff-Konzentration
Diagramm 6	Glomeruläre Filtrationsrate
Diagramm 7	Diabetes mellitus
Diagramm 8	Perioperative Transfusion
Diagramm 9	Gesamtanzahl aller Koronararterienoperationen
Diagramm 10	Gesamtergebnis WHS bei Koronararterienoperationen
Diagramm 11	Gesamtanzahl WHS SIMA bei Koronararterienoperationen
Diagramm 12	Gesamtanzahl WHS BIMA bei Koronararterienoperationen

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arterie
Aa.	Arteriae (plural)
Abb.	Abbildung
ACVB	Koronararterienbypass
Anl.	Anlage
Art.	Arteriell
ASA-Klassifikation	Risikoeinschätzung der American Society of Anesthesiologists
BIMA	Bilaterale Arteria mammaria interna
BMI	Body Mass Index
CABG	Coronary Artery Bypass Graft
CDC	Center for Disease Control and Prevention
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CRP	C-Reaktives Protein
DSWI	Deep sternal wound infection
EF	Ejektionsfraktion
EK	Erythrozytenkonzentrat
FFP	Fresh Frozen Plasma
GFR nach MDRD	Glomeruläre Filtrationsrate nach MDRD-Studie (Modification of Diet in Renal Disease)
HLM	Herz-Lungen-Maschine
IMA	Internal mammary artery = A. thoracica interna
LIMA	Linke Arteria mammaria interna
LVEF	Linksventrikuläre Ejektionsfraktion
N.	Nervus
Nn.	Nervi (plural)
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PCI	Perkutane koronare Intervention
PTCA	Perkutane transluminale Koronarangioplastie
R.	Ramus
Rr.	Rami (plural)
RIMA	Rechte Arteria mammaria interna

SIMA	Singuläre Arteria mammaria interna
SPECT	Single Photon Emissions Computertomografie
SSWI	Superficial sternal wound infection
Tab.	Tabelle
TK	Thrombozytenkonzentrat
V.	Vene
Vv.	Venen (plural)
WHS	Wundheilungsstörung

1. Einleitung

Der Wandel in Medizin und Forschung ist rasant. Meilensteine der Herzchirurgie sind die Erfindung der Herz-Lungen-Maschine durch Maximilian von Frey, 1885 [1], die erste extrakorporale Zirkulation am Menschen durch John Heysham Gibbon Jr., 1953 [2], die Anlage des ersten aortokoronaren Bypasses durch Robert H. Goetz, 1960 [3] und die erste Herztransplantation durch Christiaan Neethling Barnard am 3. Dezember 1967 [4]. Was damals außergewöhnlich war, ist heute sichere Routine an großen Kliniken und Zentren.

Laut Gesundheitsberichterstattung des Bundes, sind die Sterbezahlen bezogen auf Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems seit 2000 rückläufig. Herz-Kreislauf Erkrankungen nehmen jedoch noch immer den ersten Platz unter den Todesursachen in Deutschland ein. Der steigenden Anzahl konservativer Interventionsmöglichkeiten mittels Herzkatheter und Stent-Implantation steht weiterhin die Operation am offenen Herzen gegenüber. Die Koronararterienchirurgie stellt eine renommierte und täglich verwendete Möglichkeit der Intervention dar. Besonders in akut kritischen Situationen wird sie als Ultima Ratio einer koronaren Stenose gesehen. Die tägliche Aufgabe das herzchirurgische Handwerk zu optimieren gelingt zu großen Teilen. Die Themen Hygiene und Infektion stellen jedoch weiterhin Hauptprobleme dar. Chirurgie und Herzchirurgie sehen sich mit einer wachsenden Zahl an multiresistenten Erregern konfrontiert. Wundheilungsstörungen stellen in vielen Bereichen schwerste Komplikationen dar, die durch steigende Hygienestandards, Aufklärung und Prävention verringert werden konnten. Ursachen von Wundheilungsstörungen sind komplex und multifaktoriell. Es muss zwischen beeinflussbaren Risikofaktoren wie Diabetes mellitus, Adipositas, COPD, Niereninsuffizienz und unbeeinflussbaren Risikofaktoren wie Alter, Geschlecht und kardialer Vorschädigung unterschieden werden. Hinzu kommen die unterschiedlichen Operationsverfahren, die als mögliche Fehlerquelle und somit als Verursacher von Wundheilungsstörungen ermittelt wurden. Die Unterscheidung der Operationstechniken liegt einerseits in der Verwendung unterschiedlicher Spendergefäße, andererseits in der Vorgehensweise der Gefäßpräparation.

Außer bei minimalinvasiven Eingriffen wird bei allen Operationsmethoden die mediane Sternotomie als Standardzugang verwendet. Trotz aller Vorteile birgt sie schwerwiegende Komplikationen. In der Herzchirurgie stellen tiefe Wundheilungsstörungen in Verbindung mit Mediastinitis eine besonders gefürchtete und schwer zu beherrschende Komplikation dar. Die Häufigkeit für das Auftreten von Wundheilungsstörungen wird in Studien zwischen 0,2% und >10% bei Patienten mit signifikanten Risikofaktoren beziffert [5]. Die Mortalität nach Koronarchirurgie wird durch multiple Faktoren beeinflusst. Bei der Wahl der Operationsmethode muss eine zeitliche Unterscheidung berücksichtigt werden. Liegen die meisten Methoden bei der Krankenhaussterblichkeit noch dicht beieinander, zeigen sich gerade bei der Langzeitmortalität signifikante Unterschiede [6].

Die Verwendung der Arteria mammaria interna zur Anlage eines koronaren Bypasses wird in der Literatur weiterhin sehr kontrovers diskutiert. Studien belegen, dass die Durchtrennung von Sternum mit anschließender Verwendung der Brustwandarterien als Bypass-Grafts zu einer arteriellen Unterversorgung von Sternum und umliegendem Weichteilgewebe führen kann. Hierdurch sind oberflächliche und tiefe Wundheilungsstörungen mit anschließender Osteitis, Osteomyelitis und Mediastinitis begünstigt. Dementgegen stehen Studien, bei denen weder vermehrte Infektionsraten, noch vermehrte Sterblichkeit nachgewiesen wurden. In diesen Studien trägt vor allem die Präparation des Spendergefäßes, das Know-How des Chirurgen und der präoperative Zustand des Patienten zum positiven Ausgang der Therapie bei. Es bleibt festzuhalten, dass sich besonders die mehrfachen Folgeeingriffe von Wundheilungsstörungen belastend auf die Patienten auswirken. Hieraus resultieren verlängerte Liegedauer und erhöhte Letalität. Auf betriebswirtschaftlicher Ebene zeigen sich massive finanzielle Folgen für Krankenhäuser und Gesundheitssystem. Verlängerte Liegedauer, Sekundäreingriffe und bleibende Schäden mit Folgebehandlungen steigern die Kosten [7].

1.1 Studienhypothese

Die kontroverse Diskussion über verschiedene Entnahmetechniken der Arteria mammaria interna ist weiterhin Gegenstand aktueller Forschungslage. Als Studienhypothese der vorliegenden Arbeit wurde formuliert, dass die Entnahme beider Arteriae mammaria internae zu keiner Erhöhung von sternalen Wundheilungsstörungen und Mediastinitis führt. Ziel dieser Dissertation ist es zu klären, welchen Stellenwert die Wahl der Entnahmetechnik an der Entstehung von Wundheilungsstörungen hat.

2. Patienten und Methodik

2.1 Patienten

Im Zeitraum zwischen 01.01.2008 und 31.12.2011 wurden in der Klinik für Thorax-, Herz- und Thorakale Gefäßchirurgie der Universität Würzburg insgesamt 3932 Operationen unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine durchgeführt. Aus dieser Gesamtzahl wurden nach Betrachtung der Ein- und Ausschlusskriterien die Operationen herausgefiltert, bei denen es im Anschluss an ihre Bypass-Operation zu Komplikationen in Form einer Wundheilungsstörung kam.

2.1.1 Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive Studie bei der prä-, intra-, peri- und postoperativer Verlauf der Patienten anhand eines evaluierten Fragebogens ausgewertet wurden. Alle Patienten wurden nach den gleichen geltenden Standards versorgt (siehe Anlage 1).

Die Patienten wurden anhand unterschiedlicher Operationsmethoden in 3 Gruppen eingeteilt.

- Gruppe I: SIMA
- Gruppe II: BIMA
- Gruppe III: Vene

Die beiden Kerngruppen dieser Arbeit sind Gruppe I und II. Gruppe III wurde als Kontrollgruppe deklariert. Bei den analysierten Patienten kam es zu Wundinfektionen unterschiedlicher Art. Diese wurden anhand der CDC - Kriterien eingeteilt [8].

Jeder Patient wurde ausschließlich einer Gruppe zugeordnet. Bei Exazerbation einer oberflächlichen sternalen Wundheilungsstörung in eine tiefe sternale Wundheilungsstörung, wurde diese/r Patient/in lediglich in der Gruppe der tiefen sternalen Wundheilungsstörung geführt.

2.1.2 Einschlusskriterien

- Alle Patienten waren am Tag der Operation älter als 18 Jahre alt
- Notfalleingriffe wurden einbezogen
- Alle Patienten erhielten eine mediane Sternotomie
- Kombinierte Eingriffe von Bypass und Klappenersatz wurden betrachtet

2.1.3 Ausschlusskriterien

- Patienten die perioperativ durch eine kardiale Komplikation verstarben
- Transkatheter-Aortenklappen-Implantation
- Isolierte Klappenoperationen wurden ausgeschlossen
- Nicht kardiale Operationen am Thorax wurden ausgeschlossen

2.2 Methodik

2.2.1 Datenerhebung

Nach Vorauswahl der Patienten wurde deren elektronische Patientenakte im Klinik-SAP-System eingesehen und anhand eines Erhebungsbogens dokumentiert. Die Patientenakte konnte über die Dringlichkeit des Eingriffes im Sinne einer Notfalloperation oder eines Elektiveingriffes Auskunft geben. Bei jedem Patienten wurden Vorerkrankungen ermittelt. Das präoperative Labor wurde erfasst. Die intraoperative Überwachung ergab sich durch das archivierte Anästhesie-Protokoll, der postoperative Verlauf anhand der Kurvendokumentation der hauseigenen Intensivstation.

Es bedurfte keines Ethikvotums.

2.2.2 Erhebungsbogen

Wichtig für die vorliegende Arbeit war die Erhebung von objektiven und vergleichbaren Daten. Dies konnte anhand eines, für diese Arbeit erstellten Erhebungsbogens erfolgen (Anlage 2).

Er gliederte sich in vier Abschnitte:

Präoperativer Status

- Alter, Geschlecht, BMI, Operationsdatum, ASA-Klassifikation
- Operationsverfahren, IMA-Verwendung
- Laborwerte: Leukozytenzahl, C-Reaktives Protein, Kreatinin, Harnstoff, GFR nach MDRD, HbA1c
- Risikofaktoren: COPD, Diabetes mellitus, Ejektionsfraktion <30%, Niereninsuffizienz, Fettstoffwechselstörung, arterielle Hypertonie, pAVK, Kortisontherapie, Myokardinfarkt, kardiogener Schock

Intraoperativer Status

- Notfalloperation
- OP-Zeit
- Intraoperative Transfusionen (EK)
- Anzahl Drahtcerclage

Perioperativer Status

- Beatmungszeit
- Perioperative Transfusionen (EK)
- Postoperatives Delir
- Blutmenge bei Drainageentfernung

Postoperativer Verlauf zum Zeitpunkt der Entlassung von Intensivstation

- Oberflächliche sternale Wundheilungsstörung
- Tiefe sternale Wundheilungsstörung
- Mediastinitis
- Osteomyelitis

2.2.3 Definition einzelner Parameter (in alphabetischer Reihenfolge)

Anzahl Drahtcerclagen: Anzahl der Drahtschlingen, die intraoperativ zum Sternumverschluss genutzt wurden.

ASA-Klassifikation: Eine präoperativ erhobene Risikoeinschätzung der Patienten nach der American Society of Anesthesiologists. Sie orientiert sich am körperlichen Zustand des Patienten.

Beatmungszeit: Zeitraum zwischen präoperativer Intubation und Extubation auf der Intensivstation. Bei Patienten, die präklinisch intubiert wurden, wurde die Ankunftszeit auf der Intensivstation, bis zur Extubation auf der Intensivstation gewertet.

Blutmenge bei Drainageentfernung: Die Gesamtmenge Blut, seit intraoperativer Anlage der Drainagen, bis zur Entfernung. Die Menge wurde der Kurvendokumentation der Intensivstation entnommen. Erfasst wurden folgende Drainagen: Herzdrainage, Bülau-Drainagen und Redon-Drainagen.

Body Mass Index (BMI): Definiert als die Relation von Körpermasse zu Körpergröße $[\text{kg}/\text{m}^2]$. Dieser wurde anhand des Anästhesie-Protokolls errechnet.

COPD: Berücksichtigt wurden alle 4 Stadien der COPD (nach COPD-Leitlinie der deutschen Atemwegsliga). Eine Differenzierung erfolgte nicht.

Diabetes mellitus: Einbezogen wurden Typ-I und auch Typ-II Diabetiker. Es wurde kein Unterschied zwischen den Therapieformen gemacht.

Durchgangssyndrom / Delir: Patienten, die nach der Operation desorientiert waren und / oder bei denen eine Fixierung vorgenommen werden musste, wurden als delirant eingestuft.

EF <30%: Eine präoperative linksventrikuläre Ejektionsfraktion von <30%. Die Einstufung erfolgte anhand präoperativer Echokardiographie.

Gefäß: Es wurde vermerkt auf welche/s Gefäß/e der Bypass genäht wurde.

IMA-Verwendung: Benennung, welche Arteria mammaria interna zur Anlage des koronaren Bypasses verwendet wurde.

Kardiogener Schock: Definiert als systolischer Blutdruck <90mmHg, tachykarde Herzfrequenz >100/min und Schockzeichen zum Zeitpunkt der Operation.

Kombinationsoperation: Die Anlage eines koronaren Bypasses, wurde in gleicher Sitzung mit dem Ersatz einer Herzklappe kombiniert.

Kortisontherapie: Hatte der Patient präoperativ eine Kortisontherapie erhalten, die einen Einfluss auf intra- oder postoperativen Verlauf haben könnte?

Laborwerte: Die Laborwerte wurden einheitlich bei Aufnahme des Patienten abgenommen und im Labor der Universitätsklinik Würzburg ausgewertet. Bei Notfalloperationen wurde lediglich das Notfall-Labor abgenommen.

Mediastinitis: Definiert anhand der CDC - Kriterien [8].

Myokardinfarkt: Bei jedem Patienten wurde geprüft, ob in den letzten 6 Monaten vor Operation ein Myokardinfarkt diagnostiziert wurde.

Niereninsuffizienz: Ein Patient wurde als niereninsuffizient eingestuft, wenn die glomeruläre Filtrationsrate ≤ 60 (ml/min/1,73m²) betrug.

Notfalloperation: Operationen mit dringlicher Operationsindikation. Die Operation fand ≤ 24 Stunden nach Einlieferung des Patienten statt.

Operationsverfahren: Die Patienten wurden anhand des durchgeführten Operationsverfahrens in drei Gruppen eingeteilt:

1. SIMA: Verwendung einer A. mammaria interna (A. thoracica interna).
2. BIMA: Verwendung beider Aa. mammariae internae (Aa. thoracicae internae).
3. Vene: Verwendung einer peripheren Vene als Bypass-Graft.

Operationszeit: Sie wurde dem elektronisch hinterlegten Operationsprotokoll entnommen und als „Schnitt-Naht-Zeit“ definiert.

Osteomyelitis: Definiert anhand der CDC - Kriterien [8].

pAVK: Berücksichtigt wurden alle Stadien der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit nach Fontaine. Eine Differenzierung erfolgte nicht.

Sternale Wundheilungsstörung: Eingeteilt in oberflächliche und tiefe Wundheilungsstörung. Definiert anhand der CDC - Kriterien [8].

Transfusionen: Hier wurden alle Transfusionen festgehalten, die intra- oder postoperativ verabreicht wurden.

2.3 Statistik

Nach Vorauswahl der Patienten fand die Datenerhebung anhand elektronischer Patientenakten im elektronischen Klinik-Programm (SAP) statt. Die Patientendaten wurden anonymisiert, mittels Erhebungsbogen akquiriert und dokumentiert. Im nächsten Schritt wurden die Rohdaten kategorisiert und unter Zuhilfenahme von Windows-Excel tabellarisch erfasst. Die Daten der Excel-Tabelle wurden numerisch, logisch und auf Plausibilität geprüft sowie, wo notwendig korrigiert. Anschließend wurden sie in das Statistik- und Analyseprogramm IBM SPSS® Version 20 importiert.

Mit Hilfe des Statistikers, Herrn Christian Schumacher, freiberuflich, wohnhaft in Hamburg, konnten die statistischen Tests durchgeführt und interpretiert werden.

Es sollte nach statistisch signifikanten Unterschieden zwischen den Operationsverfahren gesucht werden und wenn möglich Effekte, Odds Ratios und Korrelations-Koeffizienten zur Prognose von Risiken gefunden werden.

Wegen der großen Datenmenge, die manuell auszuwerten und zu erfassen war, beschränkte sich die Studie auf die Patienten, die an einer oberflächlichen Wundinfektion, einer tiefen Wundheilungsstörung, oder an einer Infektion von Organen und Körperhöhlen im Operationsgebiet erkrankten (CDC - Kriterien A1 - A3) [8]. Todesraten wurden berechnet.

Die Ergebnisse wurden wie folgt interpretiert:

- ab einem p-Wert von $\leq 0,05$ statistisch signifikant.
- ab einem p-Wert von $\leq 0,01$ statistisch sehr signifikant.
- ab einem p-Wert von $\leq 0,001$ statistisch hoch signifikant.

Kategoriale Variablen wurden in Kreuztabellen eingetragen und geprüft. Im Anschluss erfolgte die Berechnung der Variablen anhand des Chi²-Tests. In Fällen bei denen eine Zellenbesetzung von <5 Fällen zu verzeichnen war, wurde mit dem exakten Test nach Fisher gearbeitet, um signifikante Ergebnisse zu erhalten. Zum Teil war dies bei Zellbesetzung = 0 nicht möglich, sodass keine Signifikanz berechnet werden konnte. Im Anschluss wurde ein, dem Korrelationskoeffizienten vergleichbares Maß Phi bzw. Cramer-V bestimmt, um

die Effektstärke zu beurteilen. Bei 2x2 Tabellen wurde mit Phi, bei größeren Tabellen mit dem Cramer-V gearbeitet.

Eine Risikoberechnung wurde anhand von Odds Ratios vorgenommen. Durch die Betrachtung der unterschiedlichen Gruppen wurde ein Prognosewert ausgegeben.

Bei metrischen Variablen wurden Mittelwerte mit Standardabweichungen ermittelt. In einem ersten Schritt wurden die Stichproben auf Verbundenheit geprüft, in einem zweiten Schritt auf Normalverteilung und Gleichheit der Varianzen getestet. Bei unverbundenen, nicht normalverteilten Variablen wurde der „Mann-Whitney-U-Test“ angewendet. Unverbundene, normalverteilte Stichproben wurden durch den „Levene Test“ auf gleiche Varianzen getestet. Bei ungleichen Varianzen wurde der „Welch-Test“ verwendet, bei gleichen Varianzen der „t-Test“. Die Werte wurden als Mittelwerte \pm Standardabweichung dargestellt.

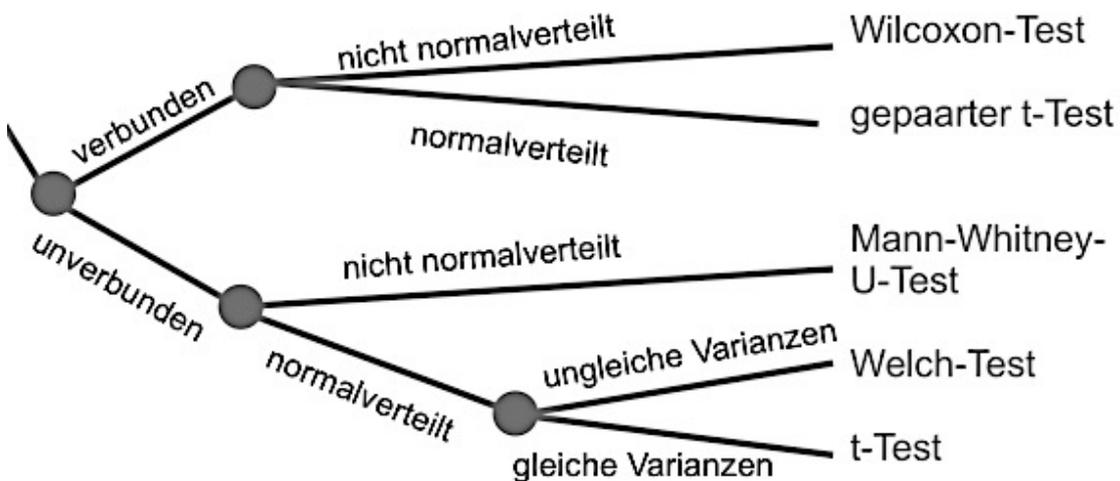


Abb. 1 Entscheidungsbaum metrische Daten

Die Wundheilungsstörung ist ein seltenes Ereignis. Dies führte bei der Untersuchung von Subgruppen und der einzelnen Parameter zu sehr kleinen Stichproben. Durch zu geringe Zellenbesetzung des Chi² Tests durfte in vielen Fällen der p-Wert nicht verwendet und somit keine Aussage über die Signifikanz der Werte getroffen werden. Der in diesen Fällen zusätzlich

ermittelte Fisher-Test ergab keine anderen Ergebnisse, bestätigte aber immer die Aussage des Chi²-Tests.

An dieser Stelle ist kritisch anzumerken, dass eine Risikoberechnung aufgrund der Datenlage nicht möglich war. Die fehlende Erfassung der Daten für die Gruppe der gesunden Patienten ohne Wundheilungsstörung schränkt deshalb das Ergebnis der Studie ein. Diese sollten in einer weiterführenden Studie noch einmal betrachtet werden. Für die Parameter konnte deshalb nur ein Vergleich der Gruppen SIMA, BIMA, Vene mit Wundheilungsstörung in Form von Gruppenunterschieden durchgeführt werden.

Bei der Gesamtbetrachtung konnten die Daten der gesunden Patienten dagegen ermittelt werden. Hier wurde eine Risikoberechnung aufgrund des Chi²-Tests durchgeführt.

Die Kontrollgruppe ist für statistische Tests als Vergleichs- oder Kontrollgruppe ungeeignet, da sie zu klein ist und in den meisten Fällen keine ausreichende Zellenbesetzung des Chi²-Tests erreicht wurde.

2.4 Anatomie

2.4.1 Mediastinum

Mediastinum bezeichnet den mittleren Raum der Brusthöhle zwischen beiden Brustfellhöhlen. Abgegrenzt wird es ventral durch Sternum und Brustwandfaszie, dorsal durch Wirbelkörper und Brustwand und seitlich durch die Pars mediastinalis der Pleura parietalis. Von kaudal grenzt das Zwerchfell an. Nach kranial ist der Übergang zu Faszien und Muskeln des Halses fließend. Das Mediastinum enthält lediglich zwei eigenständige Organe, das Herz und den Thymus. Es wird jedoch von diversen lebenswichtigen Strukturen durchzogen, was erklärt, warum in diesem Gebiet mit größter Sorgfalt und anatomischer Kenntnis gearbeitet werden muss [9].

Das unpaare Mediastinum ist vertikal in zwei Abschnitte gegliedert, Mediastinum superius und inferius. Das Mediastinum superius, der kleinere Teil, schließt sich an die obere Thoraxapertur an. Hier liegen unter anderem

Thymus, Trachea, Ösophagus, Aortenbogen, V. cava superior, Truncus brachiocephalicus, N. vagus und N. phrenicus. Das Mediastinum inferius, der größere Abschnitt, teilt sich in drei weitere Abschnitte auf. Im Mediastinum anterius befinden sich kleinere Blutgefäße, die Herzbeutelvorderseite und die Sternumrückseite. Im Mediastinum medium liegen Herz, Aorta ascendens, Truncus pulmonalis, V. cava superior, V. azygos, sowie die Nn. phrenici. Das Mediastinum posterius beherbergt Ösophagus, Aorta thoracica, Ductus thoracicus und Nn. vagi [9].

2.4.2 Blutversorgung der Thoraxwand

Die vordere Rumpfwand wird hauptsächlich durch zwei Stromgebiete versorgt. Einerseits aus der A. subclavia, andererseits aus der A. iliaca externa. Zusätzlich kommen kleine Arterien aus der A. axillaris [9]. An den Innenseiten des Thorax verlaufen beidseits die Aa. thoracicae internae. Sie werden auch als Aa. mammae internae, oder aus dem englischen internal mammary artery (IMA) bezeichnet. Pro Seite ist eine Arterie angelegt. Die IMA findet ihren Ursprung in der A. subclavia und zieht von kranial an die Thoraxwand. Ihre Aufgabe ist die Versorgung der vorderen Rumpfwand, des Zwerchfells, der Brustdrüse und der Bauchwand. Etwa in der Mitte des Thorax teilt sie sich in die A. musculophrenica und A. epigastrica superior auf. Mit ihren Abgängen versorgen die Aa. mammae internae die angrenzenden Strukturen des Mediastinums.

Diese sind chronologisch von kranial nach kaudal:

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| • Rr. sternales | Versorgung des Sternums |
| • Aa. intercostales anteriores | Versorgung der vorderen Rumpfwand |
| • Rr. mammarii mediales | Versorgung der Brust und deren Haut |
| • A. musculophrenica | Versorgung des Diaphragmas |
| • A. epigastrica superior | Versorgung der Bauchwand |

Von kaudal zieht die A. epigastrica inferior aus der A. iliaca externa nach oben. Sie versorgt die Bauchwand und anastomosiert mit der A. epigastrica superior.

2.5 Definitionen

2.5.1 Myokardrevaskularisation

2.5.1.1 Nichtoperative Myokardrevaskularisation

Neben der operativen Versorgung einer Koronarstenose stehen dem Patienten konservative und medikamentöse Verfahren zur Verfügung. Besonders die Zahl der Herzkatheteruntersuchungen mit perkutaner transluminaler Koronarangioplastie (PTCA) und Stentimplantation ist in den letzten Jahren deutlich angestiegen. Sie ermöglicht eine Beseitigung hochgradiger Koronarstenosen mit weitaus weniger invasiver Vorgehensweise. Da die Anwendungsgebiete des Herzkatheters weiterhin begrenzt sind, liegt die Versorgung von Patienten mit hochgradigen Koronarstenosen, oder von Patienten mit koronarer Dreifäßerkrankung weiterhin in der Hand der Herzchirurgie. Die Syntax-I Studie beschäftigte sich mit dem Unterschied koronare Bypasschirurgie versus PTCA und konnte zeigen, dass Patienten mit hohem Syntax-Score deutlich von einer Operation profitieren. [10]. Da die stetige Weiterentwicklung der perkutanen koronaren Intervention (PCI) voranschreitet, zeigte die Nachfolgerstudie Syntax-II mit einem an die Anatomie angepassten neuen Bewertungssystem eine Verbesserung zur Syntax-I Strategie. Dennoch bleibt die Koronarchirurgie weiterhin Goldstandard bei schweren Herzerkrankungen [11] [12].

2.5.1.2 Operative Myokardrevaskularisation

Besonders die Wahl des geeigneten Spendergefäßes kann das postoperative Outcome beeinflussen. Welches Gefäß als Coronary Artery Bypass Graft (CABG) genutzt wird, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Ausschlaggebend sind die aktuelle Gesundheitssituation des Patienten, Laborwerte, Allgemeinzustand, Gefäßstatus und bereits bestehende Vorerkrankungen oder Voroperationen. Neben dieser präoperativen Ausgangssituation des Patienten wird die anatomische Nähe des Spendergefäßes zum ischämischen Myokardareal evaluiert. Bis heute zählt die Bypass-Operation am Herzen als Goldstandard der schweren koronaren Dreifäßerkrankung [11] [10] [12]. Hierfür ist die Verwendung von arteriellen

Gefäßen der Brustwand prädestiniert. In den meisten Fällen wird die A. mammaria interna (IMA) genutzt, welche unilateral als SIMA- oder bilateral als BIMA-Bypass verwendet werden kann.

2.5.2 Vergleich operativer Verfahren

Randomisierte Studien konnten Unterschiede in der Verwendung von Arterien und Venen aufzeigen. Bezogen auf das kardiale Outcome konnten sie belegen, dass die Verwendung arterieller Gefäße einen erheblichen gesundheitlichen Langzeitvorteil für den Patienten hat. Besonders die anatomische Beschaffenheit arterieller Gefäße, die höheren, herznahen Blutdrücken standhalten kann, bringt Langzeitvorteile. Hierdurch ist eine erhöhte Druckbelastung über einen deutlich längeren Zeitraum gegeben. Im Vergleich zu arteriellen Spendergefäßen weisen venöse Bypässe ein deutlich erhöhtes Risiko einer Rezidivstenose mit erneutem Handlungsbedarf im Sinne einer Operation, Gefäßdilataion oder Stent-Implantation auf [13] [14]. Die Offenheitsrate eines venösen Herzbypasses wird in der Literatur unterschiedlich hoch beschrieben. Werte zwischen 30% und 50% Offenheit nach zehn Jahren sind zu erwarten. Im Vergleich hierzu schneidet ein arterieller IMA-Bypass mit 90% bis 95% Offenheitsrate langfristig deutlich stabiler ab [15]. Loop et al. konnten bereits im Jahr 1986 veröffentlichen, dass ein deutlicher Vorteil zugunsten arterieller Gefäße bestand. So zeigten sie, dass die 10-Jahres-Überlebensrate arterieller Bypassgefäße signifikant höher war, als bei venösen Gefäßen. Ebenso konnte gezeigt werden, dass Todesrisiko, Risiko eines Reinfarktes, Risiko für eine Reoperation und Risiken für kardiale Spätfolgen bei arteriellen Gefäßen signifikant geringer waren [16]. Je nach unterversorgtem Herzareal muss bei Verwendung einer A. mammaria interna nur eine Anastomose auf das zu versorgende Gefäß genäht werden. Dies beugt Insuffizienzen und vermehrten Blutungen vor und sorgt somit ebenfalls für eine stabilere postoperative Situation. Das bessere operative Outcome von arteriellen Bypässen ist somit hinlänglich bewiesen.

Als Alternative zur Arteria mammaria interna können ebenfalls periphere Arterien zur Anlage eines Bypasses erwogen werden. Hier eignet sich besonders die A. radialis.

2.5.3 Operatives Vorgehen

Nach Desinfektion und sterilem Abdecken gelangt der Operateur durch Inzision von Oberhaut und subkutanem Fettgewebe auf das Sternum. Durch die totale mediane Sternotomie mittels oszillierender Säge erlangt er Zugang zum Mediastinum mit Organen, Gefäßen, Nerven und umliegendem Gewebe. Nach Plegie des Herzens und Kanülierung, kommt es zum Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Dies ermöglicht optimale Voraussetzungen zur Anlage eines Bypasses am nicht-schlagenden Herzen. Neue Operationsverfahren ermöglichen eine Operation am schlagenden Herzen ohne Einsatz der Herz-Lungen-Maschine. Bei beiden Operationsverfahren ist der Entnahme des Spendergefäßes eine bedeutende Rolle zuzuschreiben. Einigen Autoren zufolge ist das Skelettieren der Arterie maßgeblich für den postoperativen Verlauf verantwortlich. Hierbei werden Begleitvenen und umliegendes Gewebe des Operationsgebietes geschont. Postoperativ werden bedeutend weniger Wundheilungsstörungen beobachtet [17] [18] [19] [20]. Die Brustwandarterien können in situ belassen und auf die ischämischen Myokardanteile genäht werden. Nach der Anlage eines oder mehrerer Bypässe werden Drainagen eingebracht, das Perikard vernäht und das Sternum mit Hilfe von Drahtcerclagen stabilisiert. Bei normaler Rekonvaleszenz und früher physiotherapeutischer Betreuung folgt im Anschluss an den Krankenhausaufenthalt eine Anschlussheilbehandlung.

2.5.4 Pro und Kontra

Die Prognose der schweren koronaren Herzkrankheit und des akuten Koronarsyndroms darf ohne Therapie als infaust beschrieben werden. Auch mit therapeutischer Intervention, sei diese konservativ, oder operativ, ist der Gesundheitszustand des Patienten von verschiedenen Faktoren abhängig. Lokalisation der Stenose, Anzahl der betroffenen Gefäße und das Ausmaß der Myokardischämie sind von entscheidender Rolle. Auch der Funktionszustand des linken Ventrikels und das Ausmaß individueller kardiovaskulärer Risikofaktoren sind mitbestimmend für die Prognose des Patienten [15].

Bei Patienten mit koronarer Dreifäßerkrankung und linker Hauptstammstenose konnte der Vorteil eines operativen Vorgehens belegt

werden [11] [12]. Den positiven operativen Ergebnissen stehen Risiken und schwerwiegende Komplikationen gegenüber. Narkoserisiko, Gewebe-/ oder Nervenverletzungen, Blutungen und erhöhte Raten an Re-Operationen sind nur einige wenige Komplikationen. Neben den genannten Risiken nimmt die Gruppe der Wundheilungsstörungen eine bedeutende Rolle ein.

2.5.5 Definition Wundheilungsstörungen

Die am häufigsten genutzte Einteilung für Wundheilungsstörungen ist die Einteilung des amerikanischen Center for Disease Control and Prevention (CDC). Diese Arbeit orientiert sich an den genannten Einteilungen.

2.5.5.1 Postoperative oberflächliche Wundinfektion (A1)

Definiert anhand der Kriterien des Center for Disease Control and Prevention (CDC) [8]

- Infektion an der Inzisionsstelle innerhalb von 30 Tagen nach der Operation, die nur Haut oder subkutanes Gewebe mit einbezieht
- **Und** eines der folgenden Kriterien trifft zu:
 - Eitrige Sekretion aus der oberflächlichen Inzision
 - Kultureller Nachweis von Erregern aus einem aseptisch entnommenen Wundsekret oder Gewebe von der oberflächlichen Inzision
 - Eines der folgenden Anzeichen: Schmerz oder Berührungsempfindlichkeit, lokalisierte Schwellung, Rötung oder Überwärmung **und** Chirurg öffnet die oberflächliche Inzision bewusst. Dieses Kriterium gilt jedoch nicht bei Vorliegen einer negativen mikrobiologischen Kultur von der oberflächlichen Inzision
- Die Diagnose wird durch den behandelnden Arzt gestellt

2.5.5.2 Postoperative tiefe Wundinfektion (A2)

Definiert anhand der Kriterien des Center for Disease Control and Prevention (CDC) [8]

- Infektion innerhalb von 30 Tagen nach der Operation (innerhalb von 1 Jahr, wenn Implantat in situ belassen)
- **Und** Infektion scheint mit der Operation in Verbindung zu stehen
- **Und** erfasst Faszienschichten und Muskelgewebe
- **Und** eines der folgenden Kriterien trifft zu:
 - Eitrige Sekretion aus der Tiefe der Inzision, aber nicht aus dem operierten Organ bzw. der Körperhöhle, da solche Infektionen dann zur Kategorie A3 gehören würden
 - Spontan oder vom Chirurgen bewusst geöffnet, wenn der Patient mindestens eines der nachfolgenden Symptome hat: Fieber ($>38^{\circ}\text{C}$), lokalisierter Schmerz, oder Berührungsempfindlichkeit. Dieses Kriterium gilt jedoch nicht bei Vorliegen einer negativen mikrobiologischen Kultur aus der Tiefe der Inzision
 - Abszess oder sonstige Zeichen der Infektion, die tieferen Schichten betreffend, sind bei der klinischen Untersuchung, während der erneuten Operation, bei der histopathologischen Untersuchung oder bei radiologischen Untersuchungen ersichtlich
- Diagnose des behandelnden Arztes

2.5.5.3 Infektion von Organen und Körperhöhlen im Operationsgebiet (A3)

Definiert anhand der Kriterien des Center for Disease Control and Prevention (CDC) [8]

- Infektion innerhalb von 30 Tagen nach der Operation (innerhalb von 1 Jahr, wenn Implantat in situ belassen)
- **Und** Infektion scheint mit der Operation in Verbindung zu stehen
- **Und** erfasst Organe oder Körperhöhlen, die während der Operation geöffnet wurden oder an denen manipuliert wurde
- **Und** eines der folgenden Kriterien trifft zu:

- Eitrige Sekretion aus einer Drainage, die Zugang zu dem Organ bzw. Körperhöhle im Operationsgebiet hat
- Kultureller Nachweis von Erregern aus einem aseptisch entnommenen Wundsekret oder Gewebe aus einem Organ bzw. der Körperhöhle im Operationsgebiet
- Abszess oder sonstige Zeichen der Infektion des Organs bzw. der Körperhöhle im Operationsgebiet ist bei klinischer Untersuchung, während der erneuten Operation, bei der histopathologischen Untersuchung oder bei radiologischen Untersuchungen ersichtlich
- Diagnose des behandelnden Arztes.

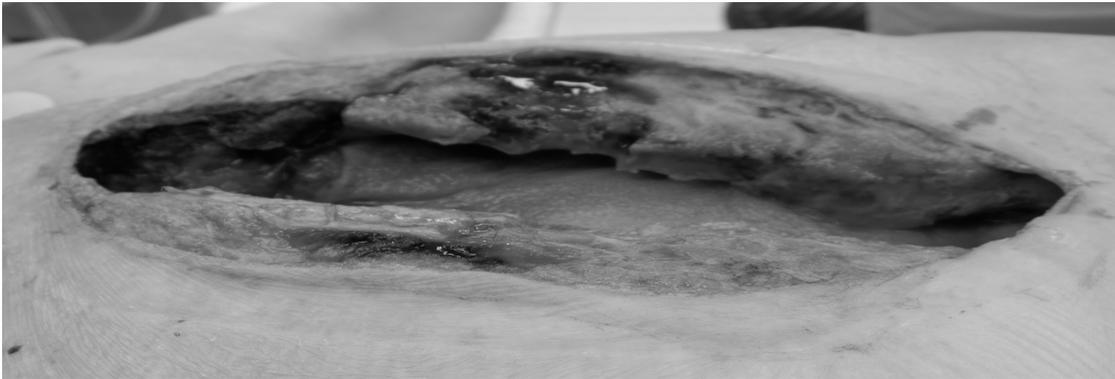


Abb. 2 Sternum mit Querfraktur und mediastinal beginnendem Granulationsrasen

© Prof. Dr. med. C. Schimmer

2.5.5.4 Mediastinitis

Für die Diagnosestellung der Mediastinitis existieren mehrere Definitionen. Die drei Wichtigsten werden nachfolgend vorgestellt.

Entsprechend der Leitlinie des Center of Disease Control (CDC), wird die Mediastinitis als A3-Infektion definiert.

I. Center of Disease Control (CDC) [8]

- Mediastinitis muss einem der folgenden Kriterien entsprechen:
 - Kultureller Nachweis von Erregern im Mediastinalgewebe oder aus mediastinaler Flüssigkeit, die während einer Operation oder einer Punktion gewonnen wurde
 - Während einer Operation oder durch histopathologische Untersuchung nachgewiesene Mediastinitis
 - Eines der folgenden Anzeichen ohne andere erkennbare Ursache:
 - Fieber ($>38^{\circ}\text{C}$), Schmerzen im Brustkorb, instabiles Sternum
 - **Und** mindestens eines der folgenden Kriterien:
 - Eitrige Sekretion aus dem mediastinalen Bereich
 - Kultureller Nachweis von Erregern im Blut oder aus dem Sekret des mediastinalen Bereichs
 - Bei radiologischer Untersuchung festgestellte Erweiterung des Mediastinum

II. El Oakley und Wright im Jahre 1998 [21]

Zunächst wurden zwei wichtige Begriffe und Unterschiede definiert:

- Sternale Dehiszenz
 - Das Vorliegen einer Wundheilungsstörung nach medianer Sternotomie ohne Nachweis einer klinischen oder mikrobiologischen Infektion
- Sternale Wundinfektion
 - Das Vorliegen einer Infektion des Sternums mit klinischem oder mikrobiologischem Nachweis

Bei Vorliegen einer sternalen Wundinfektion werden zwei Typen unterschieden:

- Oberflächliche sternale Wundinfektion mit Befall von Kutis und Subkutis
- Tiefe sternale Wundinfektion mit sternaler Osteomyelitis, die mit oder ohne Infektion des retrosternalen Raumes assoziiert sein kann.

Die tiefe sternale Wundinfektion (Mediastinitis) wird nun weiter in fünf Subtypen eingeteilt. Die Klassifikation erfolgt nach dem Zeitpunkt der Infektion, den vorbestehenden Risikofaktoren des Patienten und einer bereits begonnenen Therapie.

- Typ I: Mediastinitis innerhalb von 2 Wochen nach Operation. Keine bekannten Risikofaktoren des Patienten
- Typ II: Mediastinitis 2 bis 6 Wochen nach Operation. Keine bekannten Risikofaktoren des Patienten
- Typ III a: Mediastinitis Typ I mit einem oder mehreren Risikofaktoren des Patienten
- Typ III b: Mediastinitis Typ II mit einem oder mehreren Risikofaktoren des Patienten
- Typ IV a: Mediastinitis Typ I, II, III nach einer fehlgeschlagenen chirurgischen Intervention
- Typ IV b: Mediastinitis Typ I, II, III nach mehr als einer fehlgeschlagenen, chirurgischen Intervention
- Typ V: Mediastinitis manifestiert sich nach mehr als 6 Wochen postoperativ

III: Robiscek im Jahre 2000 [22]

Definiert wird hier nach akutem oder chronischem Verlauf der Mediastinitis.

Es lassen sich weiterhin 3 Typen unterscheiden:

- I. Tritt 3 bis 5 Tage nach Sternotomie auf und zeigt ein nichtpurulentes, serös-blutiges Exsudat. Die Diagnose einer Osteomyelitis fehlt
- II. Tritt später, meist 1 bis 3 Wochen nach der Operation auf. Es handelt sich um einen fulminanten infektiösen Prozess
- III. Tritt verzögert, meist zwischen 1 Monat bis 1 Jahr nach einem herzchirurgischen Eingriff auf



Abb. 3 Mediastinitis mit Osteomyelitis

© Prof. Dr. med. C. Schimmer

2.5.6 Inzidenz und Mortalität

Die Inzidenz der Mediastinitis wird in der Literatur unterschiedlich hoch beziffert. Fowler et al. untersuchten, in ihrer im Jahr 2005 erschienen Studie, 331429 Patienten retrospektiv. Im Untersuchungszeitraum von 2 Jahren wurden Risikofaktoren für tiefe Wundinfektionen erarbeitet und eine Risikobewertung durchgeführt. Sie generierten zwei Modelle. Im ersten Modell wurden die bereits präoperativ bestehenden Risikofaktoren und Vorerkrankungen der Patienten bewertet. Im zweiten Modell wurden diese mit intraoperativen Risiken verbunden. Durch Punktevergabe konnte präoperativ, anhand des subjektiven Risikoprofils jedes einzelnen Patienten, eine Aussage über das Infektionsrisiko getroffen werden. Tiefe Wundheilungsstörungen traten mit einer Inzidenz von

3,5% auf. Circa 25% dieser Patienten erkrankten an einer Mediastinitis [23]. Eine Metaanalyse aus dem Jahr 2007 von Toumpoulis et al. beschreibt Werte zwischen 0,2% bis 4,7% bei low-risk Patienten [5]. Bei Patienten mit Risikofaktoren wie schwerer Adipositas oder Diabetes mellitus steigt die Erkrankungsrate vor allem in Kombination der Vorerkrankungen auf über 10% an [5]. Auch neuere Studien bekräftigen diese Zahlen. So zeigten Meszaros et al. im Jahr 2015 eine Inzidenz von 2,3% [24] und Gatti et al. im Jahr 2016 eine Inzidenz von 4,4% der Mediastinitis [25].

Die Mortalität der Mediastinitis ist trotz modernster medizinischer Behandlungsmöglichkeiten und interdisziplinären Therapiekonzepten weiterhin hoch. Zeigen ältere Studien sehr hohe Mortalitätsraten von über 40% [26], liegen neuere Studien mit Werten zwischen 1,8% und 1,9% weitaus darunter [24] [25]. Auch hier konnten Fowler et al. Daten liefern. Sie detektierten eine Mortalität von 17% bei Patienten mit tiefer Wundheilungsstörung [23].

2.5.7 Risikofaktoren für die Ausbildung einer Wundheilungsstörung

Multifaktoriellen Wundheilungsstörungen liegen neben prädisponierenden Faktoren häufig verschiedene perioperative Faktoren zugrunde. Randomisierte Studien konnten allgemein akzeptierte Risikofaktoren aufzeigen. Beispielsweise zeigen Alter, Geschlecht, BMI >30, COPD, Diabetes mellitus, verringerte Ejektionsfraktion <30%, Niereninsuffizienz, oder postoperatives Delir einen signifikanten Zusammenhang zwischen Risikofaktor und Wundheilungsstörung. Besonders die Kombinationen von Vorerkrankungen sind dabei mit Vorsicht zu betrachten. Neben diesen patienteneigenen Risikofaktoren scheinen auch perioperative Kriterien zu Problemen bei der Wundheilung zu führen. Auch hier seien nur einige wenige genannt: prolongierte Operationsdauer, vermehrter Einsatz von Blutprodukten, Reoperationen nach Blutungen oder Anlage eines IMA-Bypasses [26] [27] [28] [29] [30] [31].

2.5.8 Keimspektrum

Das Keimspektrum nach herzchirurgischen Eingriffen umfasst vor allem Staphylokokken. Besonders Staphylococcus aureus ist vermehrt vertreten. Eine

Besiedlung der Nasenflora mit *Staphylococcus aureus* konnte dabei als prädisponierender Faktor festgestellt werden. Weitere dominierende Keime sind *Enterobacter* spp., *Enterococcus* spp. und *Pseudomonas aeruginosa* [28] [32] [33].

2.5.9 Symptome

Die Symptome einer Wundheilungsstörung sind vielseitig und verstärken sich je nach betroffener Wundfläche, Schweregrad und Tiefe der Infektion. Beginnend mit den klassischen Entzündungszeichen *rubor*, *calor*, *dolor*, *tumor*, *functio laesa*, schreitet die Infektion voran. Sie zeigt seröse, serös-blutige oder eitrige Sekretion. Abszess, Thoraxschmerz und Sternuminstabilität folgen. Weiterhin sind hämatologische Entzündungszeichen zu erkennen. Fieber und Schüttelfrost sind Hinweise für ein deutliches systemisches Voranschreiten der Entzündung [8]. Schwere Verläufe führen über Bakteriämie, Sepsis und Multiorganversagen zum Tod.

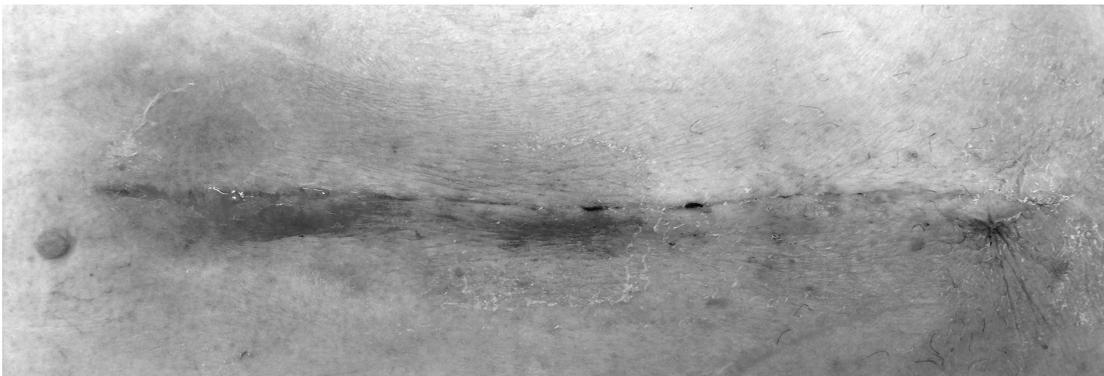


Abb. 4 Klinischer Befund einer DSWI vor erster Revision

© Prof. Dr. med. C. Schimmer

2.5.10 Diagnostik

Neben den subjektiven Beschwerden des Patienten werden die klinischen Befunde durch apparative und laborchemische Diagnostik erweitert. Zur Standarduntersuchung zählt neben der Blutentnahme mit kulturellem Nachweis die radiologische Betrachtung mit Hinweisen für eine Infektion. Abschließend erfolgt die Diagnosesicherung durch chirurgische Probeentnahme. Diese richtet

sich nach den oben genannten Kriterien des Center for Disease Control and Prevention [8].

2.5.11 Therapie

Hier soll lediglich ein Einblick in die Akuttherapie des Wundinfektes gegeben werden. Komplexe Behandlungsdetails und multidisziplinäre Therapiekonzepte würden den Rahmen dieser Arbeit überschreiten. Wichtig ist das schnelle und bedingungslose therapeutische Vorgehen. Die kalkulierte antibiotische Therapie muss bei ersten Anzeichen einer Infektion des Sternums umgehend erfolgen. Nach Antibiotogramm wird sie dem Keimspektrum im Verlauf angepasst. Ein radikales chirurgisches Wunddebridement mit Anlage einer Unterdrucktherapie mit regelmäßigen Verbandwechseln ist unerlässlich [21] [34]. Auch das Einbringen von Antibiotikaszwämmen in die Wunde konnte in Studien zur Verbesserung der Wundheilung beitragen [35] [36]. Nachdem die Infektion eingedämmt ist, kann der sekundäre Wundverschluss erfolgen. Bei stark pathologisch veränderten Wunden, muss eine plastische Deckung erfolgen.

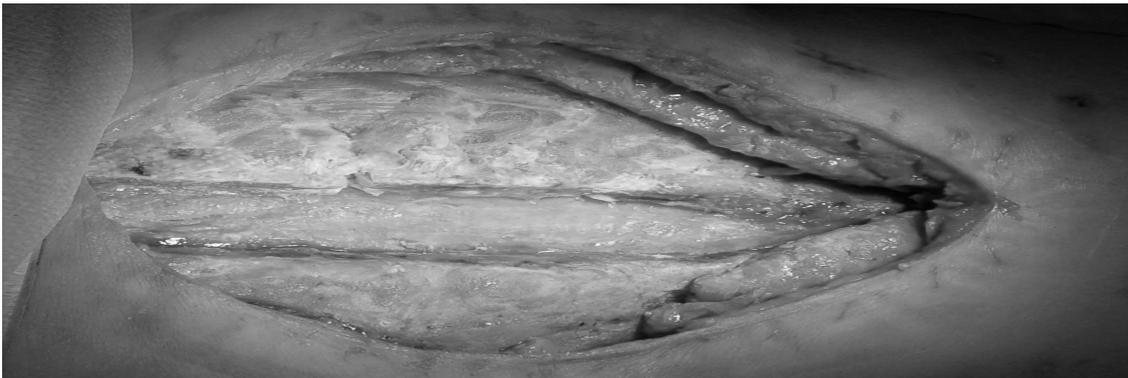


Abb. 5 Wundrevision einer tiefen Wundinfektion

© Prof. Dr. med. C. Schimmer

2.5.12 Prognose

Eine Prognose von tiefen sternalen Wundheilungsstörungen lässt sich nur schwer objektivieren. Einflussfaktoren für das Outcome sind Ausmaß und Tiefe der Wundfläche, Immunkompetenz, Alter und präoperativer Gesundheitszustand des Patienten. Auch die pathologische Besiedlung der Wunde oder eine eventuell bestehende antibiotische Resistenz des Erregers spielen eine entscheidende Rolle. Neben den genannten Faktoren spielen bereits erwähnte Kriterien wie Geschlecht, BMI, und Vorerkrankungen eine übergeordnete Rolle für die Genesung der Patienten.

2.5.13 Medizinökonomische Aspekte

Neben der psychischen und physischen Belastung für Patienten und deren Angehörige, sowie der erhöhten Morbidität und Mortalität, sind die wirtschaftlichen Aspekte einer Wundheilungsstörung immens. In diesem Kapitel sollen lediglich am Rande die ökonomischen Aspekte von Infektionen und Wundheilungsstörungen angeschnitten werden. Behandlungsaufwand und Kosten steigen durch verlängerte Hospitalisationsdauer, Reoperationen, Aufenthalte auf Intensivstationen, kostenintensive chirurgische Verfahren und teure antibiotische Therapien. Graf et al. konnten im Jahr 2011 signifikante Kostenunterschiede bei Herzbypass-Operationen feststellen. Bei Patienten mit Wundheilungsstörungen mussten annähernd dreifach höhere Kosten durch ausgedehnte therapeutische Ansätze aufgebracht werden [37]. Diese Ergebnisse zeigte bereits eine Studie von Loop et al. aus dem Jahr 1990 [38]. Auch hier beobachteten die Autoren circa dreifach höhere Kosten bei Patienten mit Wundheilungsstörungen. Hollenbeak et al. stellten im Jahr 2000 fest, dass Patienten mit Wundheilungsstörung eine verlängerte Liegedauer von durchschnittlich 20 Tagen mit einem Kostenmehraufwand von etwa 20000 US Dollar hatten [39]. Diese Beispiele sollen in keiner Weise die Notwendigkeit der bestmöglichen Therapie in Frage stellen, sondern lediglich das komplette Ausmaß von Wundheilungsstörungen beleuchten.

3. Ergebnisse

Im beobachteten Zeitraum zwischen dem 01.01.2008 und dem 31.12.2011 wurden in der Klinik für Thorax-, Herz- und Thorakale Gefäßchirurgie der Universität Würzburg insgesamt 3932 Operationen unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine durchgeführt. Nach Betrachtung der in Kapitel 2.1.2 und 2.1.3 genannten Ein- und Ausschlusskriterien wurden 1514 Operationen ausgeschlossen. Eine zu betrachtende Gesamtmenge von 2418 Operationen wurde in die Studie einbezogen.

3.1 Auswertung der Gesamtergebnisse

Aus der Gesamtmenge von 2418 Operationen konnten 128 Patienten (5,29%) für die vorliegende Studie herangezogen werden. Bei ihnen traten im Verlauf Wundheilungsstörungen (WHS) unterschiedlichen Typs auf. Sie wurden durch den Erhebungsbogen analysiert und in Gruppen eingeteilt. In der ersten Hauptgruppe SIMA (Singuläre A. mammaria interna) wurden Patienten zusammengefasst, die entweder einen LIMA-Bypass (Nutzung der linken A. mammaria interna) oder RIMA-Bypass (Nutzung der rechten A. mammaria interna) erhielten. Ob hierbei in gleicher Sitzung ein Venen-Bypass angelegt wurde, spielte in der Betrachtung lediglich eine Nebenrolle. In Gruppe BIMA (Bilaterale A. mammaria interna), der zweiten Hauptgruppe, fanden sich alle Patienten die Bypässe unter der Verwendung beider Aa. mammariae internae bekamen. Auch hier spielte die Anlage eines venösen Bypasses eine untergeordnete Rolle. Gruppe Vene, die dritte Gruppe dieser Arbeit wurde lediglich als Vergleichsgruppe herangezogen. Gruppenübergreifend kam es bei 2418 Operationen zu insgesamt 128 Wundheilungsstörungen (5,29%). 47/2418 Patienten (1,94%) mit oberflächlichen Wundheilungsstörung (SSWI). 81/2418 Patienten (3,35%) mit tiefen Wundheilungsstörung (DSWI) im Sinne einer Mediastinitis.

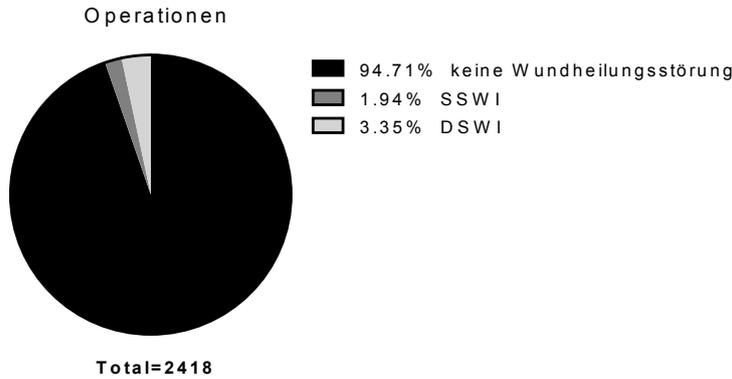


Diagramm 1: Gesamtanzahl aller Operationen

Gruppe I (SIMA) bildete die größte Gruppe (n=1656 Operationen). Die Gesamtanzahl an Wundheilungsstörungen belief sich auf 79/1656 Patienten (4,77%). 27/1656 Patienten (1,63%) mit SSWI und 52/1656 Patienten (3,14%) mit DSWI. Gruppe II (BIMA) bildete die zweitstärkste Gruppe (n=610 Operationen). Die Gesamtzahl an Wundheilungsstörungen belief sich hier auf 43/610 Patienten (7,05%). 19/610 Patienten (3,11%) mit SSWI und 24/610 Patienten (3,93%) mit DSWI. Gruppe III (Vene) war die kleinste Gruppe. Die Gesamtzahl an Wundheilungsstörungen belief sich auf 6/152 Patienten (3,95%). 1/152 Patienten (0,66%) mit SSWI und 5/152 Patienten (3,29%) mit DSWI.

Die Gruppen wurden nun auf das vermehrte Auftreten einer Wundheilungsstörung (SSWI oder DSWI) geprüft. Es zeigte kein signifikanter Zusammenhang zwischen Operationsmethode und Wundheilungsstörung (p=0,074).

Tab. 1 Gesamtergebnisse aller Gruppen

	SIMA	BIMA	Vene	Gesamt	p-Wert
WHS	79/1656 (4,77%)	43/610 (7,05%)	6/152 (3,95%)	128/2418 (5,29%)	0,074

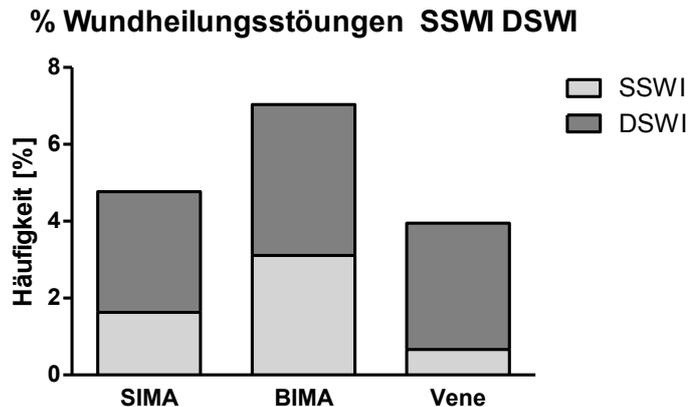


Diagramm 2: Gesamtergebnisse aller Gruppen

Im nächsten Schritt wurde die Kontrollgruppe ausgeschlossen.

Beim Vergleich der beiden Hauptgruppen SIMA und BIMA zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Operationsmethode und Wundheilungsstörung ($p=0,033$). Die Auswertung der Effektstärke durch Phi zeigte einen sehr schwachen Zusammenhang von $-0,04$. Per Odds Ratio konnte ein Risikoverhältnis ermittelt werden.

In Gruppe BIMA bestand ein höheres Risiko für sternale WHS. Es ergab sich ein signifikanter Zusammenhang ($p=0,026$) zwischen oberflächlicher Wundheilungsstörung und Operationsmethode. Die Effektstärke Phi zeigte einen sehr schwachen Zusammenhang von $-0,05$, das Odds Ratio ein 2-fach höheres Risiko bei BIMA für das Auftreten von SSWI.

Bei den tiefen sternalen Wundheilungsstörungen zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang. Weder in Gruppe I noch in Gruppe II bestand ein Zusammenhang zwischen DSWI und Operationsmethode ($p=0,352$).

Von 122 Erkrankten verstarben 7 Patienten (5,74%) an den Folgen tiefer sternaler Wundheilungsstörungen mit nachfolgender Mediastinitis.

Die Geschlechterverteilung war gruppenübergreifend 3/7 Patienten männlich vs. 4/7 Patientinnen weiblich. ($p=0,253$). In Gruppe SIMA verstarben 6 der 7 Patienten an den Folgen einer Mediastinitis, in Gruppe BIMA war es lediglich ein Patient. Der Fisher-Test ergab mit $p=0,419$ keinen signifikanten Zusammenhang.

3.2 Auswertung einzelner Parameter

Anhand des Erhebungsbogens wurden Daten von 128 Patienten gesammelt. Diese wurden gruppenübergreifend verglichen, um Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Eine Risikoberechnung war aufgrund der Datenlage nicht möglich.

Kontrollgruppe III wies eine zu geringe Gesamtanzahl von n=6 erkrankte Patienten auf. Aufgrund dessen war die Zellenbesetzung beim Chi²-Test häufig zu schwach, um signifikante Ergebnisse zu erzielen. Auch der exakte Test nach Fisher ergab in den meisten Fällen kein Ergebnis. Aus diesem Grund wurde Gruppe III aus den Berechnungen ausgeschlossen.

Tab. 2 Gesamtergebnisse (ohne Gruppe III n=152)

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
WHS	79/1656 (4,77%)	43/610 (7,05%)	122/2266 (5,38%)	0,033
SSWI	27/1656 (1,63%)	19/619 (3,11%)	46/2266 (2,03%)	0,026
DSWI	52/1656 (3,14%)	24/610 (3,93%)	76/2266 (3,35%)	0,253

3.2.1 Epidemiologische Parameter

Die Patienten waren im Durchschnitt 69,22 ($\pm 8,089$) Jahre alt. In Gruppe I lag das Durchschnittsalter bei 71,56 ($\pm 6,502$) mit einer Spannweite von 52 bis 85 Jahren. In Gruppe II lag das Durchschnittsalter bei 64,60 ($\pm 9,233$) mit einer Spannweite von 43 bis 83 Jahren. Im Vergleich der Gruppen zeigte sich ein hoch signifikantes Ergebnis zwischen Gruppe I und Gruppe II mit einem p-Wert von $p=0,000$. Eine Effektstärke nach Cohen zeigte mit $-0,946$ einen großen Effekt. Die Patienten in Gruppe SIMA waren 11% älter als in Gruppe BIMA.

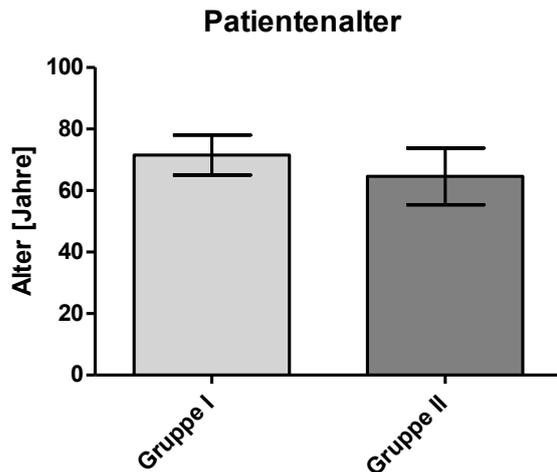


Diagramm 3: Durchschnittliches Patientenalter

Bei der Geschlechterverteilung zeigten sich gruppenübergreifend 77/122 männliche Patienten (63,12%) und 45/122 weibliche Patienten (36,89%). In Gruppe I waren 49/79 Patienten männlich (62,03%), 30/79 Patienten weiblich (37,98%). Gruppe II stellte sich aus 28/43 männlichen Patienten (65,12%) und 15/43 weiblichen Patienten (34,89%) zusammen. Ein p-Wert von 0,735 zeigte keinen signifikanten Unterschied.

Der durchschnittliche Body-Mass-Index aller Patienten betrug 29,02 ($\pm 4,602$). In Gruppe I betrug der BMI 29,20 ($\pm 4,505$) mit einer Spannweite von 20 bis 39. In Gruppe II zeigte sich ein BMI von 29,19 ($\pm 4,650$) mit einer Spannweite von 22 bis 44. Auch hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,987$).

Tab. 3 Epidemiologische Daten

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
Alter	71,56 ($\pm 6,502$)	64,60 ($\pm 9,233$)	69,22 ($\pm 8,089$)	0,000
♂	49/79 (62,03%)	28/43 (65,12%)	77/122 (63,12%)	0,735
BMI	29,20 ($\pm 4,505$)	29,19 ($\pm 4,650$)	29,02 ($\pm 4,602$)	0,987

3.2.2 Präoperative Parameter

3.2.2.1 Laborwerte

Drei Laborwerte zeigten signifikante Gruppenunterschiede.

Die durchschnittliche Kreatinin-Konzentration im Blut lag insgesamt bei 1,19 ($\pm 0,843$) mg/dl, mit einer Spannweite von 0 bis 7 mg/dl. In Gruppe I zeigte sich eine Konzentration von 1,28 ($\pm 1,018$) mg/dl, Gruppe II eine Konzentration von 0,95 ($\pm 0,205$) mg/dl. Mit einem p-Wert von 0,006 bestand ein sehr signifikanter Gruppenunterschied. Die Effektstärke war nach Cohen -0,406 und damit klein. Die durchschnittliche Kreatinin-Konzentration im Blut war in Gruppe SIMA 36% höher als in Gruppe BIMA.

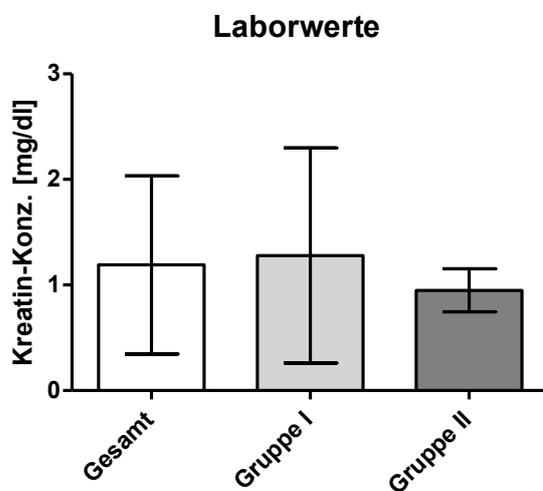


Diagramm 4: Kreatinin-Konzentration

Die Harnstoff-Konzentration im Blut lag durchschnittlich bei 44,06 ($\pm 22,840$) mg/dl mit einer Spannweite von 12 bis 159 mg/dl. In Gruppe I betrug die Konzentration 48,02 ($\pm 25,822$) mg/dl, in Gruppe II 37,73 ($\pm 15,540$) mg/dl. Mit $p=0,019$ war dieser Unterschied als signifikant zu werten. Die Effektstärke nach Cohen war mit -0,453 mittel. Die mittlere Harnstoff-Konzentration im Blut war in Gruppe SIMA 27% höher als in Gruppe BIMA.

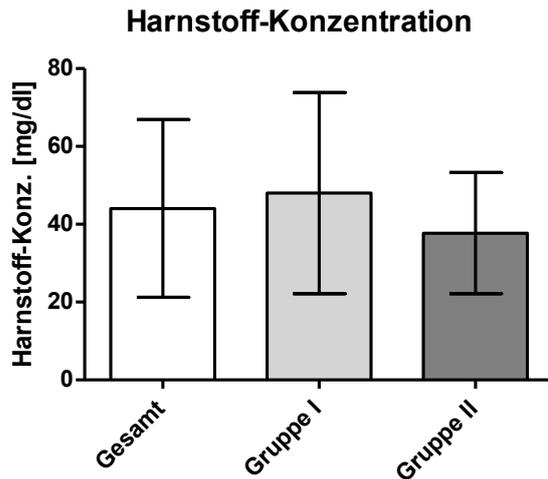


Diagramm 5: Harnstoff-Konzentration

Die durchschnittliche glomeruläre Filtrationsrate nach MDRD (Modifikation of Diet in Renal Disease) lag bei $73,60 (\pm 25,275)$ ml/min/1,73m². Mit einer Spannweite von 8 bis 144 ml/min/1,73m². In Gruppe I lag die GFR bei $68,67 (\pm 24,741)$ ml/min/1,73m², in Gruppe II bei $82,47 (\pm 24,770)$ ml/min/1,73m². Auch dieser gruppenspezifische Unterschied war sehr signifikant ($p=0,004$). Die Effektstärke Cohen war mittel (0,558). In Gruppe SIMA war die GFR durchschnittlich 17% niedriger als in Gruppe BIMA.

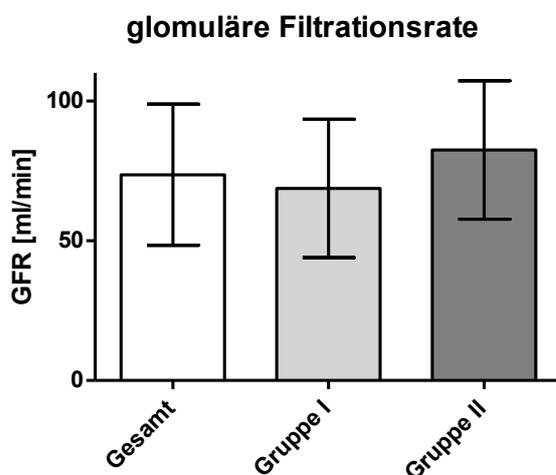


Diagramm 6 Glomeruläre Filtrationsrate

Bei Leukozyten, CRP und HbA1c konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Hauptgruppen nachgewiesen werden. Die Leukozyten-Konzentration lag im Durchschnitt bei $8,33 (\pm 3,923)$ n*1000/μl, mit einer

Spannweite von 3 bis 38 n*1000/ μ l. In Gruppe I lag die Konzentration bei 8,70 (\pm 4,460) n*1000/ μ l, in Gruppe II bei 7,75 (\pm 2,950) n*1000/ μ l ($p=0,220$). Der Durchschnittliche CRP-Wert lag insgesamt bei 1,35 (\pm 2,433) mg/dl, mit einer Spannweite von 0 bis 16 mg/dl. In Gruppe I lag die Konzentration bei 1,75 (\pm 2,854) mg/dl, in Gruppe II bei 0,99 (\pm 1,218) mg/dl ($p=0,108$). Im Durchschnitt betrug der HbA1c 6,77% (\pm 1,352) mit einer Spannweite von 5 bis 11%. In Gruppe I betrug er 6,95% (\pm 1,470), in Gruppe II betrug er 6,46% (\pm 1,201). $p=0,125$ war ebenfalls nicht signifikant.

Tab. 4 Laborwerte

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
Leukozyten	8,70 (\pm 4,460)	7,75 (\pm 2,950)	8,33 (\pm 3,923)	0,220
CRP	1,75 (\pm 2,854)	0,99 (\pm 1,218)	1,35 (\pm 2,433)	0,108
Kreatinin	1,28 (\pm 1,018)	0,95 (\pm 0,205)	1,19 (\pm 0,843)	0,006
Harnstoff	48,02 (\pm 25,822)	37,73 (\pm 15,540)	44,06 (\pm 22,840)	0,019
GFR	68,67 (\pm 24,74)	82,47 (\pm 24,77)	73,60 (\pm 25,275)	0,004
HbA1c	6,95 (\pm 1,470)	6,46 (\pm 1,201)	6,77 (\pm 1,352)	0,125

3.2.2.2 Risikofaktoren und Vorerkrankungen

Bei Risikofaktoren und Vorerkrankungen ergab sich lediglich ein signifikanter Gruppenunterschied. Insgesamt waren 65/122 Patienten (53,28%) an Diabetes mellitus erkrankt. In Gruppe I zeigten 49/79 Patienten (62,03%) eine Erkrankung, in Gruppe II 16/43 Patienten (37,21%). Diabetes mellitus trat signifikant häufiger in Gruppe SIMA auf ($p=0,009$). Phi zeigte eine schwache Effektstärke von 0,24. Der Gruppenunterschied betrug 25%.

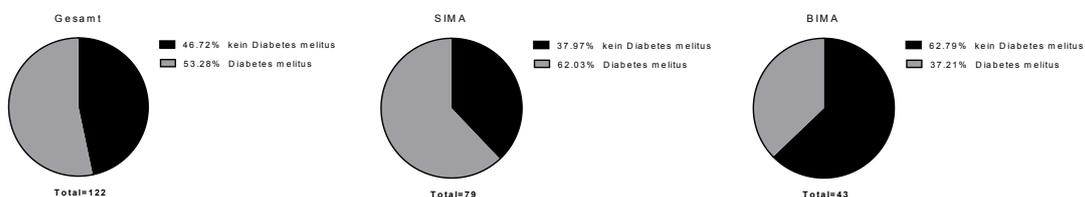


Diagramm 7: Diabetes mellitus

Bei allen anderen Parametern ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

Bei der präoperativen Beurteilung der Patienten nach der American Society of Anesthesiologists [40] waren 3/120 Patienten (2,50%) als Grad II, 77/120 Patienten (64,17%) als Grad III und 40/120 Patienten (33,33%) als Grad IV einzustufen. Die meisten Patienten waren demnach präoperativ als Grad III klassifiziert. In Gruppe I waren es 45/79 Patienten (56,96%), in Gruppe II 32/43 Patienten (74,42%). Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,187$). Insgesamt waren 32/122 Patienten (26,23%) an einer chronisch obstruktiven Bronchitis erkrankt. In Gruppe I waren es 17/79 Patienten (21,52%), in Gruppe II 15/43 Patienten (34,88%). Ein p-Wert von 0,109 zeigte keinen signifikanten Unterschied in den Gruppen. 113/122 Patienten (92,62%) waren an einem arteriellen Hypertonus erkrankt. In Gruppe I waren es 73/79 Patienten (92,41%), in Gruppe II betraf dies 40/43 Patienten (93,02%). Dies war kein signifikanter Unterschied ($p=0,901$). Insgesamt 10/122 Patienten (8,20%) zeigten eine veränderte kardiale Auswurfleistung in Form einer EF <30%. In Gruppe I waren es 4/79 Patienten (5,06%), in Gruppe II waren es 6/43 Patienten (13,95%). $p=0,087$ und somit kein signifikanter Unterschied. Bei 94/122 Patienten (77,05%) konnte präoperativ eine veränderte Nierenfunktion detektiert werden. In Gruppe I traf dies bei 64/79 Patienten (81,01%) zu, in Gruppe II bei 30/43 Patienten (69,77%). $p=0,158$ und somit nicht signifikant. Insgesamt fielen 94/122 Patienten (77,05%) laborchemisch mit einem veränderten Fettstoffwechsel auf. Gruppenspezifisch konnten die Patienten wie folgt eingeteilt werden. Gruppe I: 62/79 Patienten (78,48%), Gruppe II: 32/43 Patienten (74,42%). Ein p-Wert von 0,610 zeigte keinen signifikanten Unterschied. 23/122 Patienten (18,85%) litten an einer pAVK. In Gruppe I waren es 14/79 Patienten (17,72%), in Gruppe II erkrankten 9/43 Patienten (20,93%). Der p-Wert ($p=0,665$) war nicht signifikant. Die Anzahl der Patienten, die vor oder während der Operation eine Kortisontherapie erhielten war mit 2/122 Patienten (1,64%) verschwindend gering. Je 1 Patienten in Gruppe I (1,27%) und Gruppe II (2,33%). Der durchgeführte Fisher-Test ($p=1,000$) ergab keinen signifikanten Unterschied. Es wurde geprüft, ob die Patienten in den letzten 6 Monaten vor Operation einen Myokardinfarkt erlitten hatten. Die Gesamtzahl betrug 50/122 Patienten

(40,98%). In den Gruppen zeigte sich die Verteilung wie folgt: Gruppe I: 36/79 Patienten (45,57%), Gruppe II: 14/43 Patienten (32,56%) Ein p-Wert von 0,163 war nicht signifikant. Insgesamt wurden 5/122 Patienten (4,10%) im kardiogenen Schock eingeliefert. In Gruppe I waren es 4/79 Patienten (5,06%), in Gruppe II war es 1/43 Patienten (2,33%). Der Fisher Test ($p=0,655$) ergab keinen signifikanten Unterschied.

Tab. 5 Risikofaktoren und Vorerkrankungen

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
COPD	17/79 (21,52%)	15/43 (34,88%)	32/122 (26,23%)	0,109
Diabetes mellitus	49/79 (62,03%)	16/43 (37,21%)	65/122 (53,28%)	0,009
art. Hypertonus	73/79 (92,41%)	40/43 (93,02%)	113/122 (92,62%)	0,901
EF <30%	4/79 (5,06%)	6/43 (13,95%)	10/122 (8,20%)	0,087
Niereninsuffizienz	64/79 (81,01%)	30/43 (69,77%)	94/122 (77,05%)	0,158
Hyperlipidämie	62/79 (78,48%)	32/43 (74,42%)	94/122 (77,05%)	0,610
pAVK	14/79 (17,72%)	9/43 (20,93%)	23/122 (18,85%)	0,665
Kortisontherapie	1/79 (1,27%)	1/43 (2,33%)	2/122 (1,64%)	1,000
Myokardinfarkt	36/79 (45,57%)	14/43 (32,56%)	50/122 (40,98%)	0,163
Kard. Schock	4/79 (5,06%)	1/43 (2,33%)	5/122 (4,10%)	0,655

3.2.3 Intraoperativer Status

In diesem Unterkapitel wurden keine signifikanten Gruppenunterschiede festgestellt. Lediglich 16/122 Operationen (13,12%) waren so dringend, dass sie als Notfall deklariert werden mussten. In Gruppe I waren es 10/79 Patienten (12,66%), in Gruppe II waren es 6/43 Patienten (13,95%). Dies ergab keinen signifikanten Unterschied ($p=0,840$). Die durchschnittliche Operationsdauer lag bei 266,12 ($\pm 71,138$) Minuten. In Gruppe I lag der Durchschnitt bei 259,77 ($\pm 76,557$) mit einer Spannweite von 112 bis 658 Minuten. In Gruppe II waren es 274,16 ($\pm 57,511$) mit einer Spannweite 152 bis 428 Minuten. Ein p-Wert von 0,253 zeigte kein signifikant unterschiedliches Gruppenergebnis.

Die Anzahl der in Gruppe I transfundierten Erythrozytenkonzentrate lag bei 0,76 ($\pm 1,397$), in Gruppe II bei 0,55 ($\pm 1,152$). Ein p-Wert von 0,678 zeigte keinen signifikanten Unterschied.

Tab. 6 Intraoperativer Status

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
Notfalloperation	10/79 (12,66%)	6/43 (13,95%)	16/122 (13,12%)	0,840
Operationsdauer	259,77 ($\pm 76,557$)	274,16 ($\pm 57,511$)	266,12 ($\pm 71,138$)	0,253
Transfusionen I	0,76 ($\pm 1,397$)	0,55 ($\pm 1,152$)		0,678

3.2.4 Perioperativer Status

Auch auf der Intensivstation ergab sich die perioperative Notwendigkeit zur Transfusion. In Gruppe I wurden durchschnittlich 2,82 ($\pm 2,836$) Erythrozytenkonzentrate verabreicht, in Gruppe II im Durchschnitt 1,79 ($\pm 1,753$). Dieser Gruppenunterschied war mit p-Wert 0,016 als signifikant zu werten. Die Effektstärke nach Cohen war klein (-0,412). Die Anzahl der perioperativen Bluttransfusionen war in Gruppe SIMA 57% höher als in Gruppe BIMA.

perioperative Notwendigkeit Transfuion

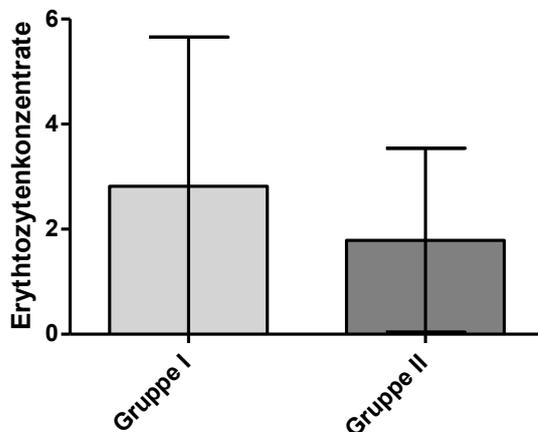


Diagramm 8: Perioperative Transfusion

Alle Patienten wurden intubiert beatmet auf die Intensivstation übernommen. Die durchschnittliche Beatmungszeit lag bei 1151,36 ($\pm 1425,049$) Minuten. In Gruppe I lag sie bei 1133,85 ($\pm 1313,673$), in Gruppe II bei 1107,44 ($\pm 1483,664$). Ein p-Wert von 0,491 zeigte keinen signifikanten Unterschied. Bei 20/122 Patienten (16,39%) musste die Diagnose eines postoperativen Delirs gestellt werden. Die Verteilung innerhalb der Gruppen erschien homogen. Gruppe I: 12/79 Patienten (15,19%). Gruppe II: 8/43 Patienten (18,61%). Es bestand kein signifikanter Unterschied ($p=0,626$). Intraoperativ mussten bei allen Patienten Drainagen in das Operationsgebiet eingelegt werden. Die Mengen aller Drainagen wurden addiert. Im Durchschnitt förderten die Drainagen 1347,83 ($\pm 1092,564$) ml Flüssigkeit. Innerhalb der Gruppen zeigt sich die Verteilung wie folgt: Gruppe I: 1335,92 ($\pm 1070,191$) ml mit einer Spannweite von 260 bis 6790 ml. Gruppe II: 1415,00 ($\pm 1190,543$) ml mit einer Spannweite von 320 bis 6440 ml. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,724$).

Tab. 7 Perioperativer Status

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
Beatmungszeit	1133,85 ($\pm 1313,673$)	1107,44 ($\pm 1483,664$)	1151,36 ($\pm 1425,049$)	0,491
Transfusionen II	2,82 ($\pm 2,836$)	1,79 ($\pm 1,753$)		0,016
postop. Delir	12/79 (15,19%)	8/43 (18,61%)	20/122 (16,39%)	0,626
Drainagemenge	1335,92 ($\pm 1070,191$)	1415,00 ($\pm 1190,543$)	1347,83 ($\pm 1092,564$)	0,724

3.2.5 Postoperativer Status

Von den insgesamt 122 ausgewerteten Patienten entwickelten 52/122 (42,62%) eine Sternumosteomyelitis. Gruppe I: 37/79 Patienten (46,84%). Gruppe II: 15/43 Patienten (34,88%). Ein p-Wert von 0,202 bestätigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Hauptgruppen.

Tab. 8 Postoperativer Status

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
Sternumosteomyelitis	37/79 (46,84%)	15/43 (34,88%)	52/122 (42,62%)	0,202

3.2.6 Zusammenfassung

Es konnten Gruppenunterschiede festgestellt werden. Diese fanden sich im epidemiologischen Faktor Alter, den drei Laborwerten Kreatininkonzentration im Blut, Harnstoffkonzentration im Blut und der glomerulären Filtrationsrate, dem Risikofaktor Diabetes mellitus und der Anzahl an perioperativ transfundierten Blutprodukten.

3.3 Subgruppenanalyse - DSWI

Oberflächliche Wundinfektionen sind belastend für Patienten und mit weiteren therapeutischen Maßnahmen verbunden. Im vorliegenden Patientenkollektiv konnten die Folgen dieser oberflächlichen Wundinfektionen jedoch schnell und verhältnismäßig problemlos behandelt werden. Folgeoperationen und aufwändige Wundtherapien waren nur in wenigen Fällen notwendig. Aufenthalte auf Intensivstationen oder stark verlängerte Liegedauer wurden nicht beobachtet. Unter regelmäßiger Nachkontrolle konnten die Patienten zeitnah entlassen werden. Kein Patient verstarb an den Folgen eines DSWI. Alle statistischen Auswertungen zeigten keine signifikanten Gruppenunterschiede.

Bei den weitaus gravierenderen tiefen sternalen Wundinfektionen (DSWI) wurden gruppenübergreifend 76/2418 erkrankte Patienten (3,14%) beobachtet. In dieser Subgruppe konnten Gruppenunterschiede festgestellt werden. Es bestand ein hoch signifikanter Unterschied zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht bei den beiden Operations-Methoden mit DSWI ($p=0,000$). Eine mittlere Effektstärke von 0,45 wurde errechnet. Der Gruppenunterschied betrug 48% zu Gunsten männlichen Geschlechts. Als zweiter Parameter konnte die Vorerkrankung Diabetes mellitus detektiert werden. Ein hoch signifikanter Unterschied ($p=0,005$) zwischen den Operationsverfahren konnte festgestellt werden. Eine mittlere Effektstärke von

0,32 wurde ermittelt. Der Gruppenunterschied betrug 30% zu Gunsten SIMA. Der dritte Unterschied zwischen den Operationsmethoden, der ermittelt werden konnte, war eine verringerte kardiale Ejektionsfraktion. Trotz geringer Zellenanzahl konnte durch den exakten Test nach Fisher ein p-Wert von 0,029 berechnet werden. Es ergab sich eine sehr schwache Effektstärke von -0,27. Der Gruppenunterschied betrug 17% zu Gunsten BIMA. Alle anderen Parameter zeigten keine signifikanten Gruppenunterschiede.

Tab. 9 Gruppenunterschiede DSWI

	SIMA	BIMA	Gesamt	p-Wert
♂	38/52 (73,08%)	6/24 (25,00%)	44/76 (57,89%)	0,000
♀	14/52 (26,92%)	18/24 (75,00%)	32/76 (42,10%)	
Diabetes mellitus	35/52 (67,31%)	8/24 (37,21%)	43/76 (56,58%)	0,005
EF <30%	2/52 (3,85%)	5/24 (20,83%)	7/76 (9,21%)	0,029

3.4 Vergleich isolierter Koronararterienoperationen

Unter die Gesamtzahl der bisher analysierten Operationen fielen neben isolierten Bypass-Operationen auch kombinierte Operationen. Diese Kombinationsoperationen beinhalteten den Ersatz einer defekten Herzklappe. Welche Herzklappe operiert wurde spielte in der Betrachtung keine Rolle. Es erfolgte nun eine weitere Selektion, um eine Betrachtung der Patienten zu erreichen, die ausschließlich eine Bypassoperation ohne Kombination erhielten.

3.4.1 Auswertung der Gesamtergebnisse

23/128 Patienten (17,97%) erhielten neben einem oder mehreren Koronarbybässe in gleicher Sitzung auch einen Klappenersatz. 105/128 Patienten (82,03%) erhielten isolierte Koronararterienchirurgie.

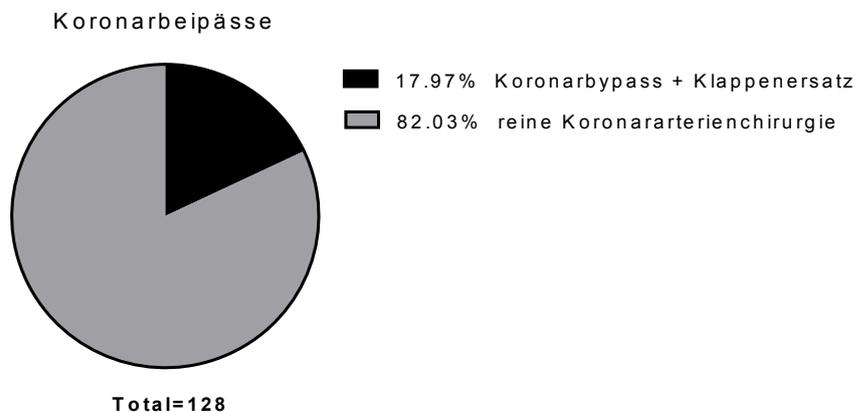


Diagramm 9: Gesamtanzahl aller Koronararterienoperationen

Es wurde eine Neuberechnung der Gesamtmenge vorgenommen. Aus den 2418 Operationen entwickelten 105 Patienten (4,34%) eine Wundheilungsstörung. 42/2418 Patienten (1,74%) mit SSWI und 63/2418 Patienten (2,61%) mit DSWI.

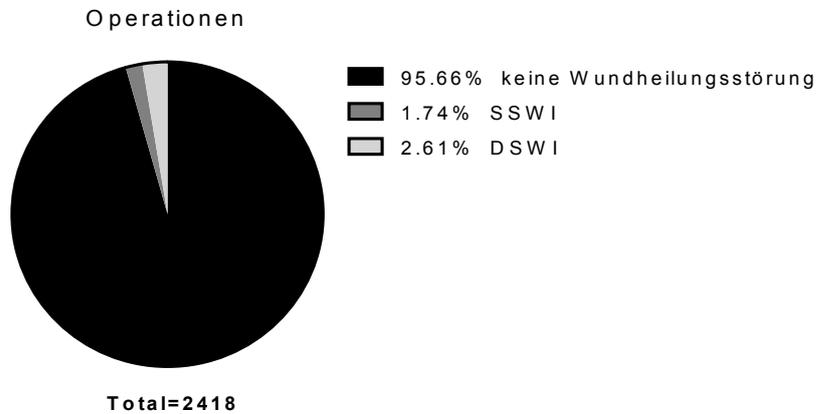


Diagramm 10: Gesamtergebnis WHS bei Koronararterienoperationen

Gruppe I (SIMA) bildete die größte Gruppe (n=1656 Operationen). Die Gesamtanzahl an Wundheilungsstörungen belief sich auf 62/1656 Patienten (3,74%). 23/1656 Patienten (1,39%) mit SSWI und 39/1656 Patienten (2,36%) mit DSWI.

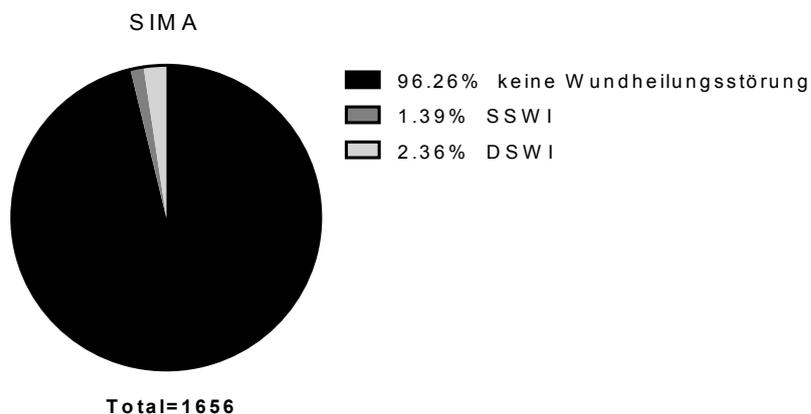


Diagramm 11: Gesamtanzahl WHS SIMA bei Koronararterienoperationen

Gruppe II (BIMA) bildete die zweitstärkste Gruppe (n= 610 Operationen). Die Gesamtzahl an Wundheilungsstörungen belief sich auf 40/610 Patienten (6,56%). 19/610 Patienten (3,12%) mit SSWI und 21/610 Patienten (3,44%) mit DSWI.

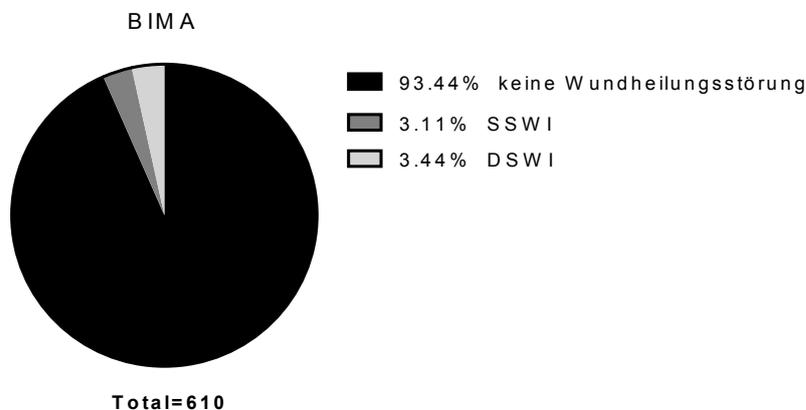


Diagramm 12: Gesamtanzahl WHS BIMA bei Koronararterienoperationen

In der Gruppe der isolierten Bypasschirurgie verstarben 6/105 Patienten (5,71%) an den Folgen einer Mediastinitis. 5/6 Patienten (83,33%) in Gruppe SIMA. Lediglich ein Patient (16,67%) in Gruppe BIMA. Der Fisher-Test ergab mit $p=0,399$ keinen signifikanten Zusammenhang.

Auch in diesen Berechnungen wurde Gruppe III aufgrund zu geringer Zellenanzahl (n=3 Patienten DSWI) herausgenommen. Signifikanzniveaus in Form von p-Werten konnten nicht errechnet werden.

Tab. 10 Gesamtergebnisse Koronararterienchirurgie

	SIMA	BIMA	Vene	Gesamt
WHS	62/1656 (3,74%)	40/610 (6,56%)	3/152 (1,97%)	105/2418 (4,34%)
SSWI	23/1656 (1,39%)	19/610 (3,12%)	0/152 (0,00%)	42/2418 (1,74%)
DSWI	39/1656 (2,36%)	21/610 (3,44%)	3/152 (1,97%)	63/2418 (2,61%)

3.4.2 Laborwerte, Risikofaktoren, Vorerkrankungen

Auch hier folgte im nächsten Schritt der Vergleich der beiden Hauptgruppen um eventuelle Unterschiede aufzuzeigen.

Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Gruppe I und II.

Beim Faktor Alter lag das Durchschnittsalter in Gruppe I bei 71,36 ($\pm 6,681$), in Gruppe II hingegen bei 65,613 ($\pm 8,777$). Ein p-Wert von $p=0,000$ zeigte hohe Signifikanz, die Effektstärke nach Cohen war mit $-0,822$ groß. Patienten der Gruppe SIMA waren 10% älter als in Gruppe BIMA. Als nächster Gruppenunterschied konnte die durchschnittliche Kreatinin-Konzentration im Blut detektiert werden. Gruppe I zeigte eine Konzentration von 1,29 ($\pm 1,083$) mg/dl, Gruppe II eine Konzentration von 0,94 ($\pm 0,205$) mg/dl. Mit einem p-Wert von 0,015 bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen mit kleiner Effektstärke nach Cohen ($-0,414$). Die durchschnittliche Kreatinin-Konzentration im Blut war in Gruppe SIMA 38% höher als in Gruppe BIMA. Ein weiterer Unterschied bestand in der Harnstoffkonzentration im Blut. In Gruppe I betrug die Konzentration 48,38 ($\pm 28,627$) mg/dl, in Gruppe II 35,99 ($\pm 14,246$) mg/dl. Auch dieser Unterschied war mit $p=0,005$ als sehr signifikant zu werten. Die Effektstärke nach Cohen war mittel ($-0,516$). In Gruppe SIMA betrug die mittlere Harnstoff-Konzentration im Blut 34% mehr als in Gruppe BIMA. Die durchschnittliche glomeruläre Filtrationsrate nach MDRD (Modifikation of Diet in Renal Disease) lag in Gruppe I bei 68,74 ($\pm 25,653$) ml/min/1,73m², in Gruppe II bei 83,90 ($\pm 25,083$) ml/min/1,73m². Dieser gruppenspezifische Unterschied war sehr signifikant ($p=0,004$). Die Effektstärke nach Cohen war als mittelwertig einzuschätzen (0,596). In Gruppe SIMA war die GFR durchschnittlich 18% niedriger als in Gruppe BIMA. Insgesamt waren 55/102 Patienten (53,92%) an Diabetes mellitus erkrankt. In Gruppe I zeigten 40/62 Patienten (64,52%) eine Erkrankung, in Gruppe II 15/40 Patienten (37,50%). Bei diesem Parameter zeigte sich ebenfalls ein sehr signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,008$). Es konnte durch Phi lediglich eine schwache Effektstärke von 0,26 nachgewiesen werden. Der Gruppenunterschied betrug 27%. In der Gruppe Myokardinfarkt wurde geprüft, ob die Patienten in den letzten 6 Monaten vor Operation einen Myokardinfarkt erlitten hatten. Die Gesamtzahl betrug 47/102 Patienten (46,08%). In den Gruppen zeigte sich die Verteilung wie folgt:

Gruppe I: 34/62 Patienten (54,84%), Gruppe II: 13/40 Patienten (32,50%). Dies war ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p=0,027$). Phi zeigte lediglich einen schwachen Zusammenhang (0,22). Der Gruppenunterschied betrug 22%. Als letzter Gruppenunterschied konnte die mittlere Operationsdauer ermittelt werden. In Gruppe I lag diese bei 241,23 ($\pm 56,777$) Minuten, in Gruppe II bei 267,90 ($\pm 53,211$). Auch dies war signifikant ($p=0,020$). Der Gruppenunterschied betrug 10%.

Tab. 11 Gruppenunterschiede Koronararterienchirurgie

	SIMA	BIMA	p-Wert
Alter	71,36 ($\pm 6,681$)	65,613 ($\pm 8,777$)	0,000
Kreatinin	1,29 ($\pm 1,083$)	0,94 ($\pm 0,205$)	0,015
Harnstoff	48,38 ($\pm 28,627$)	35,99 ($\pm 14,246$)	0,005
GFR	68,74 ($\pm 25,653$)	83,90 ($\pm 25,083$)	0,004
Diabetes mellitus	40/62 (64,52%)	15/40 (37,50%)	0,008
Myokardinfarkt	34/62 (54,84%)	13/40 (32,50%)	0,027
Operationsdauer	241,23 ($\pm 56,777$)	267,90 ($\pm 53,211$)	0,020

3.4.3 Subgruppenanalyse - DSWI

Wie auch in der Gesamtpopulation wurden insbesondere Patienten mit tiefen sternalen Wundheilungsstörungen im Sinne einer Mediastinitis betrachtet. Gruppenübergreifend erkrankten 60 Patienten (2,48%), Unterschiede konnten ermittelt werden. Als erster Unterschied zwischen SIMA und BIMA, bezogen auf tiefe Wundheilungsstörungen, zeigte sich auch hier die Vorerkrankung Diabetes mellitus. Insgesamt waren 34/60 Patienten (56,67%) an Diabetes mellitus erkrankt. In Gruppe I zeigten 27/39 Patienten (69,23%) eine Erkrankung, in Gruppe II 7/21 Patienten (33,33%). Bei diesem Parameter zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,007$). Durch Phi wurde eine mittlere Effektstärke von 0,35 nachgewiesen. Der Gruppenunterschied betrug 36%. Der zweite Unterschied bestand in der Gruppe EF <30. Insgesamt zeigten nur 6/60 Patienten (10,00%) eine veränderte kardiale Auswurfleistung.

In Gruppe I war es 1/39 Patienten (2,56%), in Gruppe II waren es 5/21 Patienten (23,81%). Trotz geringer Zellenbesetzung bestätigt der Fisher-Test die Signifikanz ($p=0,017$). Durch Phi konnte eine mittlere Effektstärke von 0,34 nachgewiesen werden. Der Gruppenunterschied betrug 21%.

Tab. 12 Gruppenunterschiede DSWI Koronararterienchirurgie

	SIMA	BIMA	p-Wert
Diabetes mellitus	27/39 (69,23%)	7/21 (33,33%)	0,007
EF <30%	1/39 (2,56%)	5/21 (23,81%)	0,017

4. Diskussion

4.1 Einleitung

Die koronare Bypass-Operation ist seit mehr als einem halben Jahrhundert eine der meist durchgeführten Operationen des Herzens. Ihre tägliche Notwendigkeit macht sie mittlerweile zu einer Standardoperation. Ob mit oder ohne Einsatz der Herz-Lungen-Maschine, als Notfalloperation oder längerfristig geplante Intervention. Es stehen verschiedene Möglichkeiten zur Reperfusion von minderversorgten Herzmuskelregionen zur Verfügung. Deren Verwendung wird in Literatur und Forschung weiterhin sehr kontrovers diskutiert.

Bereits früh konnten Loop et al. zeigen, dass die Verwendung von arteriellen Spendergefäßen, im Vergleich zu venösen Gefäßen deutlich bessere Langzeitergebnisse für Patienten brachten. Bereits im Jahr 1986 konnten sie nachweisen, dass die 10-Jahres-Überlebensrate der Patienten bei arteriellen Bypässen signifikant höher war, als bei venösen. Todesrisiko, Risiko eines Reinfarktes, Risiko für eine Re-Operation und Risiken für kardiale Spätfolgen hingegen waren bei arteriellen Gefäßen signifikant geringer [16].

Nachdem die Überlegenheit arterieller Bypässe über mehrere Jahre bekannt war, wurde in randomisierten Studien [6] [41] [42] [43] [44] [45] und Metaanalysen [46] [47] [48] die Art und Weise der Verwendung (SIMA vs. BIMA) und auch die Verwendung in potentiellen Risikogruppen verglichen und beleuchtet.

Hier zeigte sich, dass gerade junge Patienten ≤ 65 . Lebensjahr mit einer biologischen postoperativen Lebenserwartung von mehr als 10 Jahren von einem BIMA-Bypass profitieren. Aber auch bei älteren und kränkeren Menschen, vor allem bei Diabetikern scheint sich ein Umdenken anzubahnen. Auch in diesen Hochrisikogruppen zeichnet sich in Bezug auf Langzeit-Überlebensrate, Anzahl der Re-Operationen oder Notwendigkeit Perkutaner Angioplastien eine Tendenz zum BIMA-Bypass ab [44] [49]. Im Jahr 2015 konnten Kurlansky et al. durch ihre Langzeitergebnisse nachweisen, dass auch ältere Patienten von einem BIMA-Bypass profitieren. Die Autoren bildeten zwei

Gruppen (Patienten ≥ 65 Jahre und Patienten ≥ 70 Jahre), welche nach SIMA und BIMA sortiert und anschließend verglichen wurden. Im Follow-Up nach 12- und 24 Jahren zeigten sich bessere Langzeitüberlebensraten in Gruppe BIMA [50].

Die weltweite Anzahl an BIMA-Operationen ist mit ca. 5% - 10% und europaweit mit ca. 12% weiterhin sehr gering, obwohl Langzeitstudien ein besseres postoperatives Outcome belegen können [44]. Der geringe Prozentsatz an Operationen mag Ausdruck dafür sein, dass viele Operateure ein vermeintlich höheres Risiko in der Verwendung beider Brustwandarterien sehen. So konnten Taggart et al. im 5 Jahres Follow-Up des ART-Trail bisher keine Vorteile eines Bypasses mit beiden Brustwandarterien darstellen. Mortalität, Reinfarkt und Schlaganfallsrate zeigten in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Bei der Komplikationsrate in Form von Wundheilungsstörungen schnitt Gruppe BIMA jedoch deutlich schlechter ab. Es wurden annähernd doppelt so viele WHS (3,5% vs. 1,9% $p=0,005$) festgestellt. Auch wenn die 10-Jahresergebnisse noch ausstehen, scheint sich hier kein Vorteil des BIMA-Bypasses abzuzeichnen, die Komplikationsrate erscheint höher [51].

Die Entscheidung über das Operationsverfahren obliegt dem Operateur, der nach bestem Wissen zum Patientenwohl beiträgt. Erfahrung, Geschick, Routine und Knowhow des Operateurs sind entscheidend für das Wohl des Patienten und das operative Ergebnis. Schimmer et al. konnten im Jahr 2008 nachweisen, dass es bei Verschlussstechniken des Sternums darauf ankam, wer diese durchführte. Wurde der Sternumverschluss von einem Arzt in Weiterbildung durchgeführt, mussten signifikant mehr Wundheilungsstörungen in Kauf genommen werden, als bei Verschluss durch einen erfahrenen Oberarzt [52].

Baskett et al. kamen zu der Erkenntnis, dass es Risikofaktoren gab, die nicht beeinflussbar waren. Somit rückte eine gewissenhafte Operationstechnik mit Beachtung von Asepsis und Hämostase in den Vordergrund [53]. Einen Schritt weiter gingen Meszaros et al., die zu dem Schluss kamen, dass subjektive Risikofaktoren der Patienten bei geplanten Eingriffen weitestgehend austherapiert sein sollen [24].

Neben den operativen Fähigkeiten müssen bauliche und medizinisch-fachliche Mindeststandards für eine optimale Versorgung der Patienten gegeben sein. Bereits im Jahre 1986 fanden Ferrazzi et al. heraus, dass bauliche Maßnahmen, antiseptische Protokolle, sowie die Schulung und Sensibilisierung von Mitarbeitern eine signifikante Reduzierung von Infektionen bei Herzoperationen zur Folge hatte. In ihrer klinischen Studie konnten sie in drei Phasen Verbesserungen erzielen. In Phase I wurden damalige Standard-Operationssäle genutzt und bis dahin bekannte Antisepsis betrieben. In Phase II wurden bauliche und strukturelle Gegebenheiten verändert, bevor in Phase III Patientenwaschungen, vor allem aber die Schulung und Sensibilisierung der Mitarbeiter im Vordergrund stand. Von Phase I bis Phase III konnten die Infektionsraten von 7,3% auf 0,8% gesenkt werden. Es wurden Reduktionen in allen Infektionstypen (SSWI, Mediastinitis, Endokarditis und Sepsis) beobachtet [54].

Neben der sorgfältigen und keimarmen Operation, nehmen Entnahme und Verwendung des Spendergefäßes eine wichtige Rolle ein. Die Skelettierung des Spendergefäßes unter Schonung von Kollateralen, Venen und umliegendem Bindegewebe ist für einen optimalen postoperativen Verlauf unabdingbar. Sie bringt ausreichende Gefäßlänge und schont die Versorgung von Sternum, sowie umliegenden Strukturen. Die richtige Präparation ist seit Jahren ein wichtiger Baustein in der Verhinderung von Wundheilungsstörungen. Studien konnten zeigen, dass eine Unterversorgung mit nachfolgendem ischämischem Untergang und Infektion von Brustbein und Mittelfellraum durch die richtige Präparation vermindert werden. De Paulis et al. veröffentlichten im Jahr 2005 ihre Ergebnisse, in denen sie klar feststellten, dass das Risiko einer sternalen Wundheilungsstörung bei Verwendung beider Brustwandarterien deutlich erhöht war. Bei sorgfältiger, skelettierter Vorgehensweise konnten sie jedoch keine Unterschiede in der Inzidenz von Wundheilungsstörungen zwischen SIMA und BIMA feststellen. Sie postulierten, dass auch Diabetikern ein BIMA-Bypass bei entsprechend routinierter Skelettierung angeboten werden kann [55]. Bereits 2003 hatten Peterson et al. entsprechende Ergebnisse liefern können. Auch bei ihrer diabetischen Patientengruppe zeigte die Skelettierung der IMA eine Verringerung der Erkrankungsraten im Vergleich zur bisherigen

Präparationsmethode [17]. Technisch nachgewiesen wurden diese Ergebnisse im Jahr 1999 von Cohen et al. Sie nutzten die Single-Photon-Emissions-Computertomografie (SPECT) um die sternale Durchblutung zu vergleichen. Alle 24 Patienten dieser Studie bekamen Technetium⁹⁹ angereichertes Methylen, das sich im Knochen anreicherte. Es wurden zwei Gruppen gebildet und prä-, sowie postoperativ ein Scan durchgeführt. In einer Gruppe wurde die linke A. mammaria interna skelettiert, in der Anderen nicht. Es zeigten sich signifikante Unterschiede direkt postoperativ in der sternalen Durchblutung. Die Studie konnte zeigen, dass die Durchblutung nach Skelettierung signifikant besser war [20]. Zu diesem Ergebnis kamen auch Kamiya et al. im Jahr 2008. In der Studie wurde durch differenzierte Flowmessung die sternale Mikrozirkulation gemessen. Auch hier zeigte sich in der Gruppe der skelettierten IMA ein deutlich reduziertes Gewebetrauma mit besserer Mikrozirkulation. Dies besonders in den mittleren und unteren Sternumanteilen [19]. In einer im Jahr 2005 vorgelegten Metaanalyse kamen Raja und Dreyfus zu wichtigen Ergebnissen. Nach ihrer Meinung sei die IMA das verlässlichste Bypass-Gefäß mit den besten Langzeitergebnissen. Viel wichtiger aber war die Aussage, dass Skelettieren mehr Länge, sowie einen bessern freien Flow brachte und sich die Inzidenz von pulmonalen und sternalen Komplikationen durch diese Technik reduzieren ließ [56]. Eine aktuelle Studie aus dem Jahr 2018 von Demertzis beschäftigte sich erneut mit der Frage der chirurgischen Entnahmetechnik. Er kam zu dem Ergebnis, dass die Entnahme als Pedikel mit Mitnahme von Nerven, Lymphgefäßen, Begleitvenen, Muskel- und Faszienanteilen die deutlich einfachere und schnellere Entnahmetechnik mit einer steileren Lernkurve war. Das Skelettieren der IMA hingegen brachte mehr Länge und Beweglichkeit wodurch eine distalere Anastomose möglich war. Ebenfalls von Vorteil war der Erhalt der Seitenäste wodurch eine bessere sternale Blutversorgung mit weniger Wundheilungsstörungen beobachtet wurde. Gerade bei Verwendung beider Arterien war dies ein wichtiger prognostischer Faktor. Laut seiner Studie geht die Tendenz auch bei Risikopatienten und anspruchsvollen T-Grafts in Richtung Skelettieren [57]. Auch Franke sprach sich in seinem Kommentar aus 2018 für das Skelettieren der BIMA aus. Auch er sah den besonderen Vorteil der IMA in der Langzeitoffenheitsrate des Gefäßes. Patienten mit Mehrgefäßerkrankung sollten daher immer einen BIMA-Bypass

erhalten. Gerade bei der Verwendung beider Arterien kam der Präparation größte Bedeutung zu. Durch das sorgfältige Skelettieren wurde eine unnötige Traumatisierung und somit eine Verminderung der vorderen Brustwanddurchblutung vermieden. Bei Patienten mit chronisch entzündlichen Erkrankungen oder nach kardiopulmonaler Reanimation empfahl er das sekundäre Skelettieren, um eine ausreichende Länge des Spendergefäßes zu erreichen [58].

Deutlich kontroverser sprach sich eine Studie aus dem Jahr 2016 von Benedetto et al. aus. Sie setzten sich mit den Ergebnissen des Arterial Revascularization Trial auseinander. Sie verglichen die verschiedenen Möglichkeiten der Entnahme (Pedikel vs. Skelettieren) bei SIMA oder BIMA. Die höchste Inzidenz an Wundheilungsstörungen trat bei Patienten auf, die einen BIMA-Bypass in Pedikel-Entnahmetechnik erhielten. Bei der Verwendung lediglich einer A. mammaria interna konnten überraschender Weise auch bei Hochrisikopatienten keine Vorteile einer Skelettierung im Vergleich zum Pedikel gezeigt werden. Das hohe Verletzungspotential der IMA beim Skelettieren und der höhere Zeitaufwand sprachen beim SIMA-Bypass somit für den Pedikel. Nicht jedoch beim BIMA-Bypass [59].

4.2 Gruppenvergleichbarkeit / Signifikante Gruppenunterschiede

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurde die Gesamtzahl von 128 Patienten untersucht. Es wurden drei Gruppen gebildet. Gruppe III galt als Vergleichsgruppe, da hier lediglich 6 Patienten an einer Wundheilungsstörung erkrankten und sich bei Parametern eine geringe Zellenbesetzung ergab. Abzüglich Gruppe III reduzierte sich die Gesamtzahl auf n=122 Patienten.

Prädiktive Faktoren für das Auftreten von Wundheilungsstörungen (SSWI / DSWI) sind hinlänglich bekannt.

- Alter [41] [45]
- Männliches Geschlecht [23] [31] [60]
- Body Mass Index [23] [28] [30] [31] [33] [52]
- Chronisch obstruktive Bronchitis [29] [31] [53]
- Diabetes mellitus [23] [26] [27] [28] [31]

- Ejektionsfraktion < 30% [61]
- Niereninsuffizienz [39] [45] [53] [61]
- Periphere arterielle Verschlusskrankheit [27] [33] [52]

Die beiden Hauptgruppen wurden miteinander verglichen, um Unterschiede aufzuweisen und um auf Signifikanz zu prüfen. Nicht in allen oben genannten Risikofaktoren und in lediglich 6 von 29 analysierten Parametern unterschieden sich die Gruppen.

Das gruppenübergreifende Durchschnittsalter lag bei 69,22 ($\pm 8,089$) Jahren. In Gruppe I bei 71,56 ($\pm 6,502$) vs. Gruppe II bei 64,60 ($\pm 9,233$) Jahren. Die Patienten in Gruppe I waren im Durchschnitt 7 Jahre älter als die Patienten in Gruppe II. Dies war als hoch signifikanter Unterschied ($p=0,000$) zwischen beiden Gruppen zu werten. Saraiva et al. kamen zu dem Ergebnis, dass junge Patienten wenig Mortalität und gute Langzeitergebnisse im Vergleich mit Älteren Patienten hatten. Dadurch, dass bei ihnen seltener Reinfarkte zu beobachten waren, war auch die Notwendigkeit von Revaskularisierungen geringer [62]. Sie sahen junge Patienten klar im Vorteil. Gansera et al. untersuchten im Jahr 2017, dass ein BIMA-Bypass jüngeren Patienten ein deutlich besseres Outcome beschert. In ihrer retrospektiven Studie wurden Diabetiker, jünger als 65 Jahre alt, betrachtet. Die Ergebnisse zeigten, dass auch in dieser Risikogruppe weniger Wundheilungsstörungen bei BIMA zu verzeichnen waren. SIMA schloss, wenn auch nicht signifikant, schlechter ab. Die Langzeitergebnisse waren in beiden untersuchten Gruppen ähnlich [44]. Es zeigte sich, dass besonders gesunde junge Patienten mit einer hohen postoperativen Überlebenserwartung und wenigen Vorerkrankungen von einem BIMA-Bypass profitieren. Jedoch scheint gerade diese Patientengruppe angesichts der geringen BIMA-Raten unterrepräsentiert.

Weitere Studien ergaben, dass auch ältere Patienten ≥ 65 und ≥ 75 Jahre von einem BIMA-Bypass profitieren. So konnten Kurlansky et al. im Jahr 2015 durch entsprechende Gruppenbildung belegen, dass beim Vergleich SIMA vs. BIMA auch ältere Patienten profitieren. Über beide Altersgruppen (≥ 65 und ≥ 75 Jahre) zeigten sich bei SIMA und BIMA vergleichbare Morbidität und Mortalität. Im

Follow-up nach 12- und 24 Jahren zeigten sich bessere Langzeitüberlebensraten in Gruppe BIMA [50].

Im vorliegenden Patientengut besteht eine ungleiche Altersverteilung innerhalb der Gruppen. Es ist kritisch anzumerken, dass ein höheres Patientenalter meist mit vermehrter Komorbidität, schlechterem operativem Outcome und vermehrtem postoperativem Delir einhergeht. Durch die vermehrte und vor allem unkoordinierte Bewegung des deliranten Patienten können die instabilen Wundverhältnisse nur unzureichend ausheilen. Es kann zum Ausriss der Drahtschlaufen und damit zur Sternuminstabilität kommen.

Insgesamt waren über die Hälfte der in diese Studie einbezogene Patienten (53,28%) an Diabetes mellitus erkrankt. Waren in Gruppe I 62,03% der Patienten erkrankt, zeigte Gruppe II lediglich eine Rate von 37,21% Erkrankter. Bei diesem Parameter ergab sich mit $p=0,009$ ein sehr signifikanter Unterschied zwischen den zwei Hauptgruppengruppen. Diabetes mellitus konnte in Studien als signifikanter Risikofaktor für das Auftreten von Wundheilungsstörungen ermittelt werden. Sowohl in älteren Veröffentlichungen [23] [26] [28] als auch neuen Studien ist ein Zusammenhang zu Komplikationen der Wundheilung nachgewiesen [27] [31] [61]. Bei Diabetikern scheint die bestehende Mikrozirkulationsstörung die Heilungstendenz zu verändern. Diese Pathogenese war lange Zeit der Grund, Operationsmethoden mit dem erhöhten Risiko einer Wundheilungsstörung zu vermeiden. So war die bisherige Meinung, bei Diabetikern BIMA-Bypässe zu nutzen, sehr umstritten. Wenngleich Risikofaktor, so konnten Studien zeigen, dass auch Diabetiker von unterschiedlichen Operationsmethoden profitieren können. Gansera et al. konnten diesbezüglich interessante Ergebnisse liefern. Sie stellten fest, dass auch bei Diabetikern ein BIMA-Bypass ohne vermehrtes Risiko einer Wundheilungsproblematik operiert werden konnte. Die BIMA-Gruppe zeigte in Bezug auf Wundheilungsstörungen weniger Ereignisse, wenn auch nicht signifikant. Langzeitergebnisse waren in beiden Gruppen vergleichbar [44]. Gerade bei diesem Patienten Klientel kommt der Gewinnung des Spendergefäßes eine bedeutende Rolle zu [17]. Somit ist auch in diesem Risikofaktor eine ungleiche Verteilung zur Kenntnis zu nehmen.

Auch die Niereninsuffizienz wurde in der Literatur bereits als Risikofaktor für Wundheilungsstörungen identifiziert. In der vorliegenden Studie konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen SIMA und BIMA in Bezug auf Niereninsuffizienz festgestellt werden ($p=0,158$). Unterschiede ergaben sich jedoch in Laborwerten, die im klinischen Alltag als wichtige Parameter zur Einschätzung der Nierenfunktion genutzt werden. Erhöhte Werte von Kreatinin, Harnstoff und eine verminderte glomeruläre Filtrationsrate müssen als Hinweis auf eine Nierenfunktionsstörung gedeutet werden.

Die Kreatinin-Konzentration im Blut zeigte im Vergleich der beiden Gruppen mit $p=0,005$ einen sehr signifikanten Unterschied. Die Patienten in Gruppe I hatten einen deutlich erhöhten Kreatininwert ($1,32 \pm 1,04$ mg/dl) im Gegensatz zu Gruppe II ($0,98 \pm 0,15$ mg/dl). Die Kreatinin-Konzentration im Blut kann ein Hinweis auf eine akute oder chronische Nierenerkrankung sein. Es handelt sich hierbei jedoch um einen unspezifischen Parameter, da vermehrte Muskelmasse oder Exsikkose ebenfalls zu einer Veränderung des Kreatininspiegels führen können. Bei der Harnstoff-Konzentration im Blut zeigte sich mit $p=0,006$ ebenfalls ein sehr signifikanter Unterschied. Auch hier stellte sich bei Patienten der Gruppe I ein deutlich höherer Blutspiegel als bei Patienten in Gruppe II heraus ($48,01 \pm 25,84$ mg/dl vs. $37,67$ mg/dl $\pm 15,50$ mg/dl). Harnstoff ist wie Kreatinin auch, ein Nierenretentionsparameter. Auch Harnstoff wird in der Diagnostik von Nierenerkrankungen eingesetzt. Der Blutspiegel steigt erst ab einer GFR $<75\%$, was einem Stadium II der chronischen Niereninsuffizienz entspricht. Da Harnstoff als Abbauprodukt von Ammoniak gilt, kann ein erhöhter Blutspiegel eine toxische Wirkung auf das zentrale Nervensystem haben. Eine Anreicherung im Blut muss somit vermieden, oder zumindest durch regelmäßige Laboruntersuchungen kontrolliert und eventuell eliminiert werden. Als dritten laborchemischen Unterschied fiel die glomeruläre Filtrationsrate (GFR) auf. In Gruppe I hatten die Patienten eine durchschnittliche GFR von $68,67 (\pm 24,74)$ ml/min/1,73m², während die Patienten in Gruppe II eine GFR von $82,47 (\pm 24,77)$ ml/min/1,73m² aufwiesen. Im Vergleich der Gruppen war der Unterschied sehr signifikant ($p=0,004$). Eine höhere tubuläre Filtrationsrate deutet auf eine bessere Nierenfunktion hin. Patienten beider Gruppen befanden sich nach Einschätzung durch GFR durchschnittlich im Stadium II einer chronischen Niereninsuffizienz. Patienten der Gruppe BIMA zeigten eine

bessere Nierenfunktion. Da die GFR im Alter sinkt und das Alter von Gruppe I signifikant höher war als das Alter von Gruppe II, kann dies ein Erklärungsansatz sein.

In der Literatur lässt sich nur wenig über einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Laborwerten und dem Auftreten einer Wundheilungsstörung finden. Die berechneten Werte sind also am ehesten im Zusammenhang mit einer schlechteren Nierenfunktion zu sehen. Demnach ist von einer schlechteren Nierenfunktion der Patienten in Gruppe I auszugehen.

Ein weiterer gruppenspezifischer Unterschied zeigte sich in der Menge transfundierter Erythrozytenkonzentrate. In Gruppe SIMA wurde durchschnittlich 57% mehr transfundiert als in Gruppe BIMA. Dass Bluttransfusionen ein Risikofaktor für die Ausbildung von DSWI sein können, äußerten Zacharias et al. bereits im Jahr 1996. In ihrer Studie zeigten sie neben diversen Risikofaktoren, dass besonders die präoperative Transfusion mit einer Immunsuppression durch Leukozytenaktivitätsminderung einherging. Die Annahme war, dass eine Infektion auf Grund der Aktivitätsminderung des Immunsystems zu Stande kam. Als weitere Risikofaktoren für DSWI nannten sie die sternale Blutung und die Notwendigkeit zur Re-Operation. Beide genannten Faktoren machen eine Transfusion meist unumgänglich [26]. Neben Zacharias et al. kamen auch Loop et al. und Risnes et al. zu dem Ergebnis, dass die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten ein Risikofaktor für Mediastinitis sein kann. Auch diese Studien argumentieren mit einer Immunsuppression nach allogener Transfusion [38] [31].

Weitere Gruppenunterschiede konnten nicht festgestellt werden. Die Patienten wurden aufgrund ihrer gesundheitlichen Situation präoperativ individuell eingestuft und nach bestem Wissensstand behandelt. Obwohl sich die Gruppen in einigen wenigen Parametern signifikant unterschieden, war die Möglichkeit einer Datenverarbeitung und eines statistischen Vergleiches weiterhin gegeben.

4.3 Eigene Ergebnisse

4.3.1 Gesamtergebnisse

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass im direkten Vergleich von Operationsmethoden kein signifikanter Unterschied in der Entstehung von tiefen sternalen Wundheilungsstörungen (DSWI) zu detektieren war.

Es konnte ein Zusammenhang zwischen der Verwendung beider Brustwandarterien und dem Auftreten oberflächlicher sternaler Wundheilungsstörungen (SSWI) hergestellt werden.

Beide Gruppen unterschieden sich nicht in der Morbidität. Betrachtete man die Mortalität bestand eine Tendenz in Richtung Gruppe I.

Die Gesamtinzidenz an Wundheilungsstörungen lag bei 5,29%. Bei alleiniger Betrachtung der beiden Hauptgruppen lag sie bei 5,38%. Beide Werte sind im Vergleich mit anderen Studien durchschnittlich. Diese beziffern ein Auftreten von Wundheilungsstörungen zwischen 3,8% [24] und 9,7% [27].

Oberflächliche sternale WHS traten gruppenübergreifend bei 1,94% der Patienten auf. Für tiefe sternale WHS lag die gruppenübergreifende Erkrankungsrate bei 3,35% ($p=0,052$). Dies war statistisch knapp nicht signifikant, zeigte jedoch eine Tendenz zu DSWI in beiden Gruppen.

Beim Vergleich der beiden Hauptgruppen wurde deutlich, dass die Anzahl an Wundheilungsstörungen (7,05% BIMA vs. 4,77% SIMA $p=0,033$) in Gruppe BIMA deutlich höher war. Der Unterschied war als statistisch signifikant zu werten. Er spiegelt wieder, was in der Literatur beschrieben wird. Es gibt Tendenzen, dass BIMA eine erhöhte Rate an WHS nach sich zieht. In manchen Studien gilt BIMA sogar als Risikofaktor für die Entwicklung von Wundheilungsstörungen und Mediastinitis. Toumpoulis et al. zeigten im Jahr 2007, dass BIMA ein 2,5-, bis 5-fach höheres Risiko für Mediastinitis hatte. In der gleichen Analyse wurde jedoch auch auf die Gewinnung des Spendergefäßes hingewiesen und durch Skelettierung eine deutliche Verminderung des Erkrankungsrisikos nachgewiesen [5]. Auch Diez et al. und Gummert et al. sahen die Verwendung beider Brustwandarterien in ihren Studien als Risikofaktor für die Entstehung von Wundheilungsstörungen [29]

[33]. Dementgegen stehen die besseren Langzeitergebnisse eines BIMA-Bypasses.

Vor dem Hintergrund der vermehrten Rate an WHS ist es wichtig die subjektiven Risikofaktoren der Patienten zu interpretieren, um für jeden Patienten die individuell richtige Therapieentscheidung zu beschließen. Abgesehen davon, dass Studien belegen konnten, dass unterschiedliche Risikofaktoren für unterschiedliche Wundheilungsbeschwerden prädisponieren (entweder SSWI oder DSWI), ist es von großer Bedeutung erlernte Standards einzuhalten. Jahrelang erlernte operative Expertise in Verbindung mit einer Behandlung nach neuster Studienlage.

Beim Blick auf die gruppenspezifische Aufteilung ließ sich darlegen, dass DSWI in beiden Hauptgruppen mit 3,14% SIMA vs. 3,93% BIMA ähnlich verteilt waren ($p=0,352$). Dieses Ergebnis war für die vorliegende Studie von herausragender Bedeutung. Bei diesem wichtigen Endpunkt konnte gezeigt werden, dass die besonders belastenden Probleme durch DSWI in beiden Gruppen annähernd gleich, wenn auch vergleichsweise hoch vertreten waren. Gatti et al. verzeichneten im Jahr 2016 in ihrer Studie über ein neues Scoring-System ebenfalls eine relativ hohe Erkrankungsrate von 4,4% [25]. Loop et al. kamen bereits 1990 zu der Erkenntnis, dass sich beide Operationsmethoden nicht signifikant voneinander unterschieden. Nach seinen Ergebnissen schloss, wie auch in der vorliegenden Arbeit, Gruppe SIMA besser ab (0,9% vs. 1,7%) [38]. Neuere Ergebnisse bestätigen diese Erkenntnisse [44] [49].

Eine Reduktion der Erkrankungsrate kann ggf. durch eine bessere Selektion des Patientengutes erreicht werden. Je mehr über Risikofaktoren bekannt ist, desto besser kann eine individuelle Therapieentscheidung für den Patienten getroffen werden. Eine Selektion der Patienten wurde in der vorliegenden Studie nicht durchgeführt. Die Therapieentscheidung wurde für jeden Patienten nach aktuellem Wissensstand getroffen.

Wie eingangs dargelegt wird das Thema Wundheilungsstörung nach Bypass Operationen bzw. nach medianer Sternotomie in der Literatur sehr kontrovers

diskutiert. In der Vielzahl der Artikel können Gemeinsamkeiten herausgearbeitet und Tendenzen erkannt werden. Auch die bereits erwähnten Risikofaktoren spielen in den meisten Publikationen eine Rolle, obwohl sie sich von Studie zu Studie unterscheiden.

Bezogen auf oberflächliche Wundheilungsstörungen zeigte sich in Gruppe BIMA mit 3,11% eine fast doppelt so stark ausgeprägte Verteilung im Gegensatz zu Gruppe SIMA mit 1,63% ($p=0,026$). Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Operationsmethode BIMA und oberflächlichen Wundheilungsstörungen hergestellt werden. Die Hintergründe hierfür scheinen nicht sicher belegt. Stimmt man der Grundhypothese zu, dass der sternale Blutfluss nach BIMA verändert oder unterbrochen ist, so kann dies ein Erklärungsansatz sein, hinterlässt jedoch die Frage, warum diese Unterversorgung lediglich im oberflächlichen und nicht auch im tiefen Gewebe besteht. Eine Studie von Kamiya et al. die dieses Thema behandelte, beschäftigte sich hauptsächlich mit dem Unterschied der Gefäßentnahme. Sie konnten zeigen, dass Skelettierung der Gefäße bei LIMA-Bypässen eine signifikant bessere postoperative Gewebeoxygenierung ergab. Dieser Effekt wurde besonders retrosternal beobachtet [19]. Da die Arterien in der vorliegenden Studie in beiden Gruppen skelettiert entnommen wurden und es bei oberflächlichen Wundheilungsstörungen zu einer schlechteren prä-, nicht retrosternalen Versorgung kam, kann dies kein Erklärungsansatz sein.

Eine Sterberate aller Patienten von 5,74% liegt im Durchschnitt anderer Studien. Sogar bei niedrigerer Inzidenz der Mediastinitis mussten Baskett et al. im Jahr 1999 eine Mortalität von 8,3% hinnehmen [53]. Und auch Loop et al., die eine Erkrankungsrate von lediglich 1,7% beobachteten, mussten eine Mortalität von 14% verzeichnen [38]. In der vorliegenden Studie verstarben alle 7/128 Patienten an den Folgen einer Mediastinitis. Patienten, die an anderen Ursachen verstarben, wurden bereits vor den Berechnungen als Ausschlusskriterium definiert und nicht in die Berechnung einbezogen. Die Geschlechterverteilung der Verstorbenen war 3/7 Patienten (42,86%) männlich vs. 4/7 Patientinnen (57,14%) weiblich. In Gruppe SIMA verstarben 6/7 Patienten an den Folgen einer Mediastinitis, in Gruppe BIMA war es lediglich

ein Patient. Der Fisher-Test ergab mit $p=0,419$ keinen signifikanten Zusammenhang.

Langzeitergebnisse konnten die vorliegenden Daten nicht liefern. Morbidität und Mortalität beziehen sich ausschließlich auf die Dauer des Krankenhausaufenthaltes.

Es war wichtig hervorzuheben, dass die Vorgehensweisen in der Klinik für Thorax-, Herz- und Thorakale Gefäßchirurgie der Universität Würzburg über Jahre erarbeitet wurden und geltenden hohen Standards entsprechen. Dies zeigt sich in den durchweg vergleichbaren Ergebnissen der vorliegenden Studie mit anderen. Sie spiegeln neuste Studienergebnisse wider und stimmen mit großen Metaanalysen überein, zeigen aber auch Unterschiede in gewissen Teilaspekten.

4.3.2 Prädiktive Faktoren

Es war aufgrund der Datenlage nicht möglich prädiktive Faktoren für das Auftreten von Wundheilungsstörung auszuloten. Zu Beginn der Datenanalyse war die Hoffnung der Autoren ein Scoring-System zu erschaffen, das anhand des Erkrankungsmusters, bereits präoperativ eine Vorhersage über Operabilität und zu erwartende Risiken für Patienten hätte berechnen können. Hierdurch wäre eine bessere operative Versorgung mit weniger Wundheilungsstörungen möglich gewesen. Bestehende Verfahren zur Risikoermittlung gibt es seit Jahrzehnten. Bereits 2005 konnten Fowler et al. Risikofaktoren für tiefe Wundinfektionen erarbeiten und eine Risikobewertung durchführen. Sie generierten ein Risikomodell, welches durch Punktevergabe bereits präoperativ anhand des subjektiven Risikoprofils jedes einzelnen Patienten eine Aussage über das Infektionsrisiko bestimmen konnte [23]. Eine internistisch-chirurgische Einschätzung gibt der EURO-Score und die evaluierte Version EURO-Score II. Seit Jahren sind jedoch auch chirurgische Komplikations-Scores bekannt. Im Vergleich mit diesen Verfahren zur Risikoermittlung gelang es Gatti et al. im Jahr 2015 ein sensibleres System (Gatti-Score) zu kreieren, das auf DSWI nach BIMA zugeschnitten ist [25].

4.3.3 DSWI und Mediastinitis

Ein wichtiges Zwischenergebnis konnte bereits früh dokumentiert werden: weder SIMA noch BIMA standen im Zusammenhang mit der Entwicklung tiefer sternaler Wundheilungsstörungen.

In der Literatur wurden bekannte Risikofaktoren bereits hinlänglich beschrieben. In der vorliegenden Studie konnten weder Risikoverhältnisse berechnet, noch Zusammenhänge dargestellt werden. Im folgenden Abschnitt werden die Gruppenunterschiede zwischen SIMA und BIMA bezogen auf DSWI (Ergebnisse aus Kapitel 3.3) mit dem aktuellen Forschungsstand verglichen.

Es bestand ein hoch signifikanter Unterschied zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht bei den beiden OP-Methoden mit DSWI ($p=0,000$). Männliches Geschlecht als Risikofaktor für tiefe Wundheilungsstörungen und Mediastinitis konnten Risnes et al. im Jahr 2010 feststellen. In ihrer Studie mit über 18000 Patienten und einem Follow-up von 10 Jahren deuteten die Verfasser an, dass anatomische Geschlechterunterschiede hierfür verantwortlich gemacht werden können. Besonders die vermehrten Haarfollikel im Wundgebiet nach medianer Sternotomie wurden als Ursache für eine vermehrte Keimbesiedlung mit bakteriellem Wachstum und anschließender Infektion gewertet. Limitierend ist hier jedoch hinzuzufügen, dass auch sie nicht sicher um den Hintergrund dieses Risikofaktors wussten. Auch sie beschrieben die Ursachen dieses Risikofaktors als unbekannt und spekulativ [31]. Jahre zuvor hatten Borger et al. in ihren Ergebnissen den gleichen Risikofaktor gesehen und auch sie hatten Probleme bei der Interpretation [60]. An dieser Datenlage hat sich in den letzten Jahren wenig verändert. Enkker et al. argumentierten im Jahr 2009, dass vor allem die Größe, nicht aber das Geschlecht mit dem Auftreten von WHS einhergeht. In dieser Studie bestand die Tendenz, dass geringere Körperlänge ein Problem sein kann, weniger das Geschlecht [63]. Traditionell scheint weibliches Geschlecht in der Herzchirurgie mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität assoziiert. Aufgrund der unsicheren Datenlage können hier jedoch keine fundierten Antworten zu diesem Risikofaktor gegeben werden. Es bedarf weiterer Studien, die diesen Faktor betrachten.

Als weiterer Parameter zeigte sich auch hier die Vorerkrankung Diabetes mellitus. Ein hoch signifikanter Unterschied ($p=0,005$) zwischen den Operationsverfahren konnte festgestellt werden. Aufgrund der generalisierten Mikroangiopathie scheint die Zirkulation bei Patienten mit Diabetes mellitus häufig stark vorgeschädigt. Kommt es nun zur Verwendung einer oder beider Brustwandarterien scheint eine Unterversorgung des Sternums mit nachfolgender Wundproblematik unumgänglich. Zu gleichen Ergebnissen kamen Zaccharias et al. Sie konnten 1998 einen Zusammenhang zwischen Diabetes mellitus und vermehrten Wundheilungsstörungen herstellen, wie es auch Loop et al. bereits 1990 berichteten [38]. Wurde lange Zeit davon ausgegangen, dass bei diabetischen Patienten die Verwendung lediglich einer A. mammaria interna zu besseren Langzeitergebnissen und weniger Wundheilungsstörungen führe, so konnten dies neuere Studien nicht bestätigen. Gerade die Anlage eines BIMA-Bypasses scheint bessere Langzeitergebnisse und ähnlich geringe Wundheilungsstörungen nach sich zu ziehen. Auch hier scheint die korrekte chirurgische Präparation und vorsichtige Entnahme des Spendergefäßes von großer Bedeutung. Die Skelettierung der IMA ist besonders in Risikogruppen, seien es Diabetiker, adipöse Patienten oder Patienten mit COPD enorm wichtig. Peterson et al. sprachen in dem Fazit ihrer Studie aus dem Jahr 2003 davon, dass das Risiko einer Wundinfektion bei richtiger Gewinnung der Arterie auch bei Diabetikern verringert wäre. Diabetes sei nicht länger Kontraindikation für BIMA [17]. Gansera et al. betrachteten ausschließlich Patienten der Risikogruppe Diabetes mellitus und kamen zu dem Schluss, dass BIMA-Bypässe mit weniger Wundheilungsstörungen und besserem Langzeitüberleben assoziiert waren [44]. Es ist mittlerweile hinlänglich bewiesen, dass Risikogruppen für einen IMA-Bypass in Frage kommen. Wie eingangs beschrieben, wird in der Literatur aktuell nicht mehr über die Frage diskutiert ob Patienten mit Risikofaktoren einen IMA-Bypass erhalten sollen, Studien beschäftigen sich mit der Thematik ob eine oder beide Arterien genutzt werden können. Die aktuelle Tendenz geht in Richtung BIMA-Bypass, da die Langzeitergebnisse für die Verwendung beider Arterien sprechen.

Der letzte Unterschied zwischen den OP-Methoden war eine verringerte kardiale Ejektionsfraktion ($p=0,029$). Über das Zusammenspiel einer verringerten Auswurfleistung und dem Auftreten von DSWI ist in der Literatur wenig beschrieben. Braxton et al. konnten im Jahr 2000 einen Zusammenhang zwischen einer verminderten präoperativen Herzleistung und der Ausbildung einer Mediastinitis herstellen, gehen jedoch nicht auf die Hintergründe dieser Tatsache ein [61]. Popovic et al. verglichen in ihrer 2017 erschienenen Studie Patienten mit verringerter LVEF und das Outcome nach SIMA- oder BIMA-Bypässen. Die EF unterschied sich nicht signifikant in den beiden Gruppen. Im 1-Jahres-Follow-up konnte eine Steigerung der EF in beiden Gruppen beschrieben werden. Eine geringe EF als Risikofaktor konnten sie jedoch auch nicht beschreiben [64]. Es kann vermutet werden, dass eine beeinträchtigte Herzleistung zu einer stärkeren Minderversorgung des Wundgebietes führt. Auch scheint bei herzkranken Patienten eine generalisierte Zirkulationsstörung durch verminderten Auswurf und vermehrte Arteriosklerose zu bestehen. Kollateralen erscheinen nicht so wirksam wie bei Patienten mit besserer Herzleistung. Diese Faktoren scheinen am ehesten für das Auftreten von Wundheilungsstörungen verantwortlich zu sein. Gansera et al. konnten in ihrer retrospektiven Studie aus dem Jahr 2017 zwar keinen Zusammenhang zwischen einer Wundheilungsstörung und einer verringerten kardialen Leistung herstellen, sahen diese jedoch als Risikofaktor für geringeres Langzeitüberleben [44].

Die Zusammenhänge Alter, Diabetes mellitus, GFR, Kreatinin- und Harnstoffkonzentration im Blut, perioperative Transfusion, wurden in Kapitel 5.2 bereits ausführlich besprochen.

4.3.4 Isolierte Koronararterienchirurgie

Die gruppenspezifische Auswertung isolierter Bypass-Operationen stellte eine wichtige Gruppe dar, um zu verstehen ob die Kombination zweier Operationen in einer Sitzung andere Risikofaktoren hervorbrachten.

Im Jahr 2009 versuchten Filsoufi et al. allgemeine Vorhersagemerkmale und Inzidenzen für DSWI herauszuarbeiten. 5798 Patienten wurden retrospektiv untersucht. Die Patienten wurden in Gruppen eingeteilt und separat voneinander betrachtet. Die Gruppe der isolierten Bypasschirurgie wurde mit isolierten Herzklappenoperationen, kombinierten Eingriffen von Bypass und Klappe und mit Eingriffen an der Aorta verglichen. Die Forschungsgruppe konnte zeigen, dass unterschiedliche Operationsverfahren unterschiedliche Risikofaktoren hatten. Sie unterschieden zwischen patienteneigenen Risikofaktoren und operationsverwandten Risiken. Weiterhin konnten sie zeigen, dass isolierte Bypass-Operationen im Vergleich mit Kombinationseingriffen weniger Wundheilungsstörungen nach sich zogen (1,8% vs. 2,4%) [65].

Meszaros et al. waren im Jahr 2016 zu ähnlichen Ergebnissen gekommen. Auch hier zeigten sich Unterschiede zwischen Operationsverfahren und Gesamtmenge erkrankter Patienten. Sie verglichen isolierte CABG mit isolierten Herzklappenoperationen und kombinierten Eingriffen des Herzens. Sie verzeichneten eine Gesamtinzidenz von 3,8%. Isolierte Operationen der Herzklappe waren am wenigstens mit sternalen Wundheilungsstörungen assoziiert (2,4%). Isolierte Bypässe und Kombinationseingriffe schnitten dahingehend schlechter ab (4,0% vs. 4,9%). Auch sie konnten verschiedenen Operationstypen unterschiedliche Risikofaktoren zuordnen [24].

In dieser Arbeit wurde in einem ersten Schritt erneut die Gruppenvergleichbarkeit betrachtet. Es zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen Gruppe I und II. Wie auch in der Gesamtpopulation waren bei den Parametern Alter und Diabetes mellitus, den Laborwerten Kreatinin-Konzentration im Blut, Harnstoff-Konzentration im Blut und der glomerulären Filtrationsrate mehr Patienten der Gruppe SIMA betroffen.

Als weiterer Unterschied zeigte sich, dass in Gruppe I signifikant mehr Patienten in den vergangenen 6 Monaten vor Operation einen Herzinfarkt erlitten hatten. Filsoufi et al. beschrieben einen kürzlich erlittenen Myokardinfarkt als Risikofaktor für die Entstehung von DSWI [65]. In ihrer Arbeit gehen sie nicht näher auf die Pathogenese dieses Parameters ein. Am ehesten steht dieser Unterschied mit der präoperativen Gesamtsituation des Patienten in Zusammenhang. Betrachtet man die multifaktorielle Genese einer Wundheilungsstörung muss davon ausgegangen werden, dass der präoperative Status eines Patienten für das postoperative Outcome von hoher Bedeutung ist. Patienten mit einem Herzinfarkt hatten somit eine bedeutend schlechtere Ausgangssituation. Nimmt man als Grunderkrankung eine Arteriosklerose an, sind hiervon auch die Sternum versorgenden Gefäße betroffen. Eine Unterversorgung des Areal mit anschließendem Wundinfekt erscheint gegeben.

Der letzte Gruppenunterschied war die Operationszeit. Sie war in Gruppe SIMA durchschnittlich 10% kürzer war als in Gruppe BIMA. Bitkover et al beschrieben 1998 eine verlängerte Operationsdauer als Risikofaktor für Mediastinitis. Als Ursachen dafür sahen auch sie den multifaktoriellen Ursprung der Mediastinitis. Sie spekulierten, dass technische Probleme während der Operation ein Grund für eine verlängerte Operationszeit sein könnte. Durch diese ist der Patient einer längeren Gewebeischämie und einer längeren möglichen bakteriellen Kontamination ausgesetzt [28]. Gummert et al. und Meszaros et al. sprechen in ihren Studien bei einer Operationsdauer von >180 und >300 Minuten von einem Risikofaktor [33] [24]. Abgesehen von den in der Literatur beschriebenen Argumenten bleibt zu sagen, dass bei einem BIMA-Bypass eine längere Präparationszeit in Kauf genommen werden muss, da die zweite IMA ebenfalls skelettiert und anastomosiert werden muss. Allein dies begründet den zeitlichen Aufwand.

Im nächsten Schritt wurden auch hier die Gesamtinzidenzen abgebildet. Auch in diesen Berechnungen wurde Gruppe III aufgrund zu geringer Zellenanzahl (n=3 Patienten mit DSWI) herausgenommen.

Die Gesamtinzidenz an Wundheilungsstörungen lag bei 4,34%. Damit liegen auch die Werte dieser Subgruppe im Durchschnitt von bereits veröffentlichten Publikationen [24] [27]. Der gruppenübergreifende Vergleich SSWI vs. DSWI (1,74% vs. 2,61%) erschien nicht signifikant ($p=0,297$). Beim Blick auf die gruppenspezifische Aufteilung ließ sich darlegen, dass DSWI in beiden Hauptgruppen mit 2,36% SIMA vs. 3,44% BIMA ähnlich verteilt waren ($p=0,297$).

In der Gruppe der isolierten Bypasschirurgie verstarben 6/105 Patienten (5,71%) an den Folgen einer Mediastinitis. 5/6 Patienten (83,33%) in Gruppe SIMA, lediglich ein Patient (16,67%) in Gruppe BIMA. Der Fisher-Test ($p=0,399$) zeigte keinen signifikanten Unterschied.

Auch in der Subgruppe konnten aufgrund der Datenlage keine Risikofaktoren für die Ausbildung von DSWI berechnet werden. Gruppenunterschiede zwischen SIMA und BIMA in Bezug auf DSWI (Ergebnisse aus Kapitel 3.4.3) konnten erfasst werden.

Als erster Unterscheid zeigte sich auch hier die Vorerkrankung Diabetes mellitus. Insgesamt waren 34/60 Patienten (56,67%) an Diabetes mellitus erkrankt. In Gruppe I zeigten 27/39 Patienten (69,23%) eine Erkrankung, in Gruppe II 7/21 Patienten (33,33%). Bei diesem Parameter zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,007$). Durch Phi wurde eine mittlere Effektstärke von 0,35 nachgewiesen. Der Gruppenunterschied betrug 36%.

Der zweite Unterschied bestand, wie auch in der Gesamtpopulation, in einer verringerten EF. Insgesamt zeigten nur 6/60 Patienten (10,00%) eine veränderte kardiale Auswurfleistung. In Gruppe I war es 1/39 Patienten (2,56%), in Gruppe II waren es 5/21 Patienten (23,81%). Trotz geringer Zellenbesetzung bestätigt der Fisher-Test die Signifikanz ($p=0,017$). Durch Phi konnte eine mittlere Effektstärke von 0,34 nachgewiesen werden. Der Gruppenunterschied betrug 21%.

Die ausführliche Betrachtung und Interpretation dieser Gruppenunterschiede und auch der Vergleich mit dem aktuellen Forschungsstand wurde in Kapitel 4.3.3. ausführlich besprochen.

4.3.5 Nichtsignifikante Ergebnisse

Die meisten Ergebnissen aus Gruppe III boten aufgrund der geringen Gruppenstärke Probleme in der Vergleichbarkeit. Die Zellenbesetzung vieler Parameter war so schwach, dass die angewendeten statistischen Tests keine aussagekräftigen Ergebnisse liefern konnten. Trotzdem wurden aufgrund der prozentualen Verteilung Tendenzen erkannt und Fragen aufgeworfen, die im folgenden Teil diskutiert werden.

Mit großer Spannung war, mit Blick auf die eingangs formulierten Fragenstellungen, das Gesamtergebnis von Gruppe III zu sehen. Wird die Verwendung einer oder beider Brustwandarterien in der Literatur als starker Risikofaktor für das Auftreten von Wundheilungsstörungen verantwortlich gemacht, so kann daraus geschlussfolgert werden, dass ein rein venöser Bypass ohne Verwendung einer A. mammaria interna weniger Wundheilungsstörungen zur Folge haben müsste. Die Analyse von Gruppe III zeigte eine Gesamtinzidenz für das Auftreten einer Wundheilungsstörung von 3,95%. Die Gesamtinzidenz der tiefen sternalen Wundheilungsstörung passt mit 3,29% zur Verteilung der beiden anderen Gruppen SIMA und BIMA (3,11% vs. 3,93%). Gruppenintern überwiegen wie auch in den beiden Hauptgruppen die DSWI. Hier jedoch mit bedeutend höherer Anzahl von 83,33%. Bei Betrachtung der isolierten Koronarchirurgie, fällt das Ergebnis von Gruppe III mit 100% DSWI noch imposanter aus. Dass in Gruppe III trotz Nichtverwendung der Brustwandarterien DSWI zu verzeichnen waren, zeigt die kontroverse Diskussion über die Verwendung dieser Spendergefäße. Das vorliegende Ergebnis muss als Anhalt für die multifaktorielle Genese der Wundheilungsstörungen gesehen werden. Es zeigt, dass nicht nur die Verwendung der arteriellen Brustwandgefäße für eine Wundheilungsstörung verantwortlich ist. Auch unter Schonung der arteriellen Versorgung traten DSWI auf.

Vorerkrankungen, aber auch bedrohliche Begleitumstände wie z.B. die Einlieferung des Patienten im kardiogenen Schock, waren in Gruppe III vermehrt zu verzeichnen. Waren insgesamt 18,85% der Patienten an einer peripher arteriellen Verschlusskrankheit erkrankt, so zeigte sich in Gruppe III ein überdurchschnittliches Auftreten von 33,33%. Auch pAVK wird in der Literatur als Risikofaktor diskutiert [27] [33] [52]. Im Gesamtkollektiv hatten 40,98% der Patienten einen Myokardinfarkt in den vergangenen sechs Monaten vor Operation erlitten. In Gruppe III waren dies 50,00% aller Patienten mit Wundheilungsstörung. Noch deutlicher wurden die Unterschiede bei Patienten die im kardiogenen Schock eingeliefert wurden. Waren es im gesamten Patientenkollektiv 4,10%, so waren es in Gruppe III 33,33% der Patienten. Auch der Anteil der Patienten die als Notfall operiert wurden war mit 13,12% vs. 50,00% bedeutend höher. Dass eine Notfalloperation ein Risikofaktor für Wundheilungsstörungen sein kann, fanden He et al. bereits im Jahr 1994 [66] heraus und konnte von Braxton et al. im Jahr 2000 erneut bestätigt werden [61]. Diese Werte sind Ausdruck dafür, dass Patienten, die im kardiogenen Schock eingeliefert und somit als Notfall in <24h nach Einlieferung operiert wurden, meist einen venösen Bypass erhielten. In diesen Notfallsituationen bietet es sich an, zeitgleich an unterschiedlichen Punkten zu arbeiten. Während der Operateur bereits mit der Sternotomie beginnt, nimmt der Assistent die Präparation einer peripheren Vene vor. So kann in hochkritischen Situationen effektiv und vor allem zeitsparend gehandelt werden. Alle Patienten, die entweder als Notfall operiert oder im kardiogenen Schock eingeliefert wurden, waren männlich, hatten einen BMI <30 und ein individuelles Risikoprofil an Vorerkrankungen.

Alle Patienten aus Gruppe III entwickelten eine tiefe sternale Wundheilungsstörung, es verstarb jedoch kein Patient an den Folgen einer DSWI.

Auch in Gruppe SIMA wurden mehr Patienten im kardiogenen Schock operiert, der Unterschied zu BIMA war jedoch nicht signifikant. Zu dieser Thematik konnten Gatti et al. im Jahr 2017 interessante Ergebnisse liefern. Sie zeigten in ihrer retrospektiven Arbeit, dass auch im Notfall ein IMA-Bypass eine

Alternative sein kann. Sie verglichen die Ergebnisse aus 16 Jahren Bypasschirurgie. Eingeteilt in die gleichen Gruppen (SIMA / BIMA / Vene) konnten sie in Bezug auf Krankenhausmortalität keine signifikanten Unterschiede aufzeigen. Trotz vermehrter Blutungsneigung in der BIMA-Gruppe kamen sie zu dem Ergebnis, dass das Risiko gerechtfertigt war und auch Notfallpatienten von einem BIMA-Bypass profitierten. Besonders die Langzeitergebnisse sprachen für die Verwendung beider Brustwandarterien [67].

Beim Vergleich der Operationsdauer zeigten sich in Gruppe III leicht erhöhte Werte im Vergleich zum Gesamtkollektiv. Die durchschnittliche Operationszeit lag bei 266,12 ($\pm 71,138$), die eines rein venösen Bypasses bei 296,00 ($\pm 89,401$) Minuten. Hier kann ein Erklärungsansatz sein, dass sich die Patienten präoperativ häufiger im kardiogenen Schock befanden. Bei ihnen kann die Entwöhnung von der Herz-Lungen-Maschine prolongiert verlaufen. Die verlängerte Operationszeit ist mit dem Auftreten von Wundheilungsstörungen in Verbindung zu bringen. Kamen Gummert et al. [33] bereits im Jahr 2002 zu dem Ergebnis, dass eine Operationszeit ≥ 180 Minuten ein Risiko sei, bezifferten Meszaros et al. diese mit ≥ 300 Minuten [24].

Als wichtiger Risikofaktor wurde Übergewicht gewertet. In diversen Studien konnte nachgewiesen werden, dass Patienten mit einem BMI > 30 ein signifikant höheres Risiko hatten eine Wundheilungsstörung zu entwickeln [28] [30] [31] [33] [52]. In der vorliegenden Studie lag der BMI mit 29,02 ($\pm 4,602$) gruppenübergreifend unter dem kritischen Niveau. Es zeigte sich in der Gruppenverteilung kein Unterschied ($p=0,777$). Ein Erklärungsansatz könnte sein, dass das hier untersuchte Patientenkollektiv im Durchschnitt zwar als übergewichtig, nicht aber als adipös anzusehen ist. Die meisten Studien untersuchten gezielt Patienten mit Adipositas Grad I und Grad II bei denen ein BMI > 30 eindeutig als Risikofaktor für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung zu sehen ist. Auch dies ist Ausdruck der multifaktoriellen Genese von Wundheilungsstörungen. Es ist anzunehmen, dass die präoperative Gesundheitssituation der Patienten einen entscheidenden Einfluss auf das postoperative Outcome hat. Auch wenn die Verwendung der IMA als

Risikofaktor zu sehen ist, ist sie nicht allein entscheidend für den Ausgang einer Operation oder eines postoperativen stationären Verlaufs.

Fowler et al. lieferten im Jahr 2005 einen interessanten Interpretationsansatz zu Übergewicht und Wundinfektionen. Auch sie kamen zu dem Ergebnis, dass ein BMI >40 eine deutliche Risikoerhöhung für tiefe Wundinfektionen zur Folge hatte. Sie sahen die Ursache der Infektion einerseits in einem eventuell zu geringen Antibiotikaspiegel bei erhöhtem Körpergewicht. Andererseits postulierten sie, dass es bei einem vergrößerten Körpervolumen zu einer fehlerhaften Desinfektion kommen kann.

5. Fazit und Kritik

In der vorliegenden Arbeit konnte eine Risikobetrachtung für Wundheilungsstörungen für die Gesamtpopulation ermittelt werden. Eine detaillierte Risikobetrachtung der einzelnen Parameter war aufgrund der Datenlage nicht möglich, da die Daten und Variablen der gesunden Patienten (n=2290) nicht erfasst wurden. Bei 128, an einer Wundheilungsstörung erkrankten Patienten, konnte der Gruppenunterschied zwischen SIMA und BIMA in einzelnen Parametern auf Signifikanz getestet, jedoch keine Risikobewertung gemessen werden. Somit konnte nicht ermittelt werden, ob die signifikanten Unterschiede als Risiko für Wundheilungsstörungen zu werten sind. Dies könnte erst ermittelt werden, wenn auch die Daten aller Patienten vorliegen, die keine Wundheilungsstörung nach Bypass-Operation entwickelt haben.

Dort, wo mit ausreichenden Fallzahlen gerechnet werden konnte, zeigten sich folgende Ergebnisse: Bezogen auf tiefe sternale Wundheilungsstörungen konnte aus dem vorliegenden Datenmaterial kein signifikanter Unterschied zwischen SIMA und BIMA ermittelt werden. Die Risikobetrachtung aller Stichproben hingegen zeigte bei der Gesamtinzidenz für Wundheilungsstörungen jeglichen Typs ein 1,5-fach höheres Risiko bei BIMA. Bei genauer Betrachtung konnte bei den oberflächlichen Wundheilungsstörungen ein höheres Risiko bei BIMA beobachtet werden. Somit zeigte sich hier ein Vorteil für SIMA im Vergleich zu BIMA.

Die Aufnahme der Gruppe „Vene“ in die Auswertungen verschlechterte das Signifikanzniveau. Sie war zu klein und damit als Vergleichs- oder Kontrollgruppe ungeeignet. Sie wurde in die Auswertung nur teilweise einbezogen.

6. Zusammenfassung

Wundheilungsstörungen nach Bypass-Operationen sind multifaktoriell bedingte Erkrankungen. Bis heute wird ihre Entstehung kontrovers diskutiert. Für den Patienten bedeuten sie eine Verlängerung der persönlichen Leidensgeschichte. Oberflächliche, besonders aber tiefe sternale Wundheilungsstörungen, sind gefürchtete Komplikationen, die es unter allen Umständen zu vermeiden gilt. Diese Arbeit soll einen Beitrag dazu leisten, die Entstehung nachzuvollziehen und Risikofaktoren zu beleuchten.

Im beobachteten Zeitraum zwischen dem 01.01.2008 und dem 31.12.2011 wurden in der Klinik für Thorax-, Herz- und Thorakale Gefäßchirurgie der Universität Würzburg insgesamt 3932 Operationen unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine durchgeführt. Nach Betrachtung der Ein- und Ausschlusskriterien wurde eine Gesamtmenge von 2418 Operationen in die Studie einbezogen. Aus dieser Gesamtmenge konnten 128 Patienten mit Wundheilungsstörungen unterschiedlichen Typs analysiert und in Gruppen eingeteilt werden. Die beiden Hauptgruppen bildeten Gruppe SIMA (Verwendung einer Brustwandarterie) und Gruppe BIMA (Verwendung beider Brustwandarterien). Die Kontrollgruppe bestand aus rein venösen Bypässen.

Die Gesamtinzidenz an Wundheilungsstörungen lag bei 5,29%. Nach Ausschluss von Gruppe Vene und alleiniger Betrachtung der beiden Hauptgruppen bei 5,38%. Oberflächliche sternale Wundheilungsstörungen (SSWI) traten gruppenübergreifend bei 1,94% der Patienten auf. Tiefe sternale Wundheilungsstörungen (DSWI) gruppenübergreifend bei 3,35%.

Beim Vergleich der beiden Hauptgruppen wurde deutlich, dass die Anzahl an WHS in Gruppe BIMA signifikant höher war (4,77% SIMA vs 7,05% BIMA; $p=0,033$). Es zeigte sich ein 1,5-fach höheres Risiko bei BIMA für das Auftreten sternaler WHS im Vergleich zu SIMA. Im nächsten Schritt wurde geprüft welche Art der Wundheilungsstörung häufiger auftrat (DSWI oder SSWI). DSWI waren in beiden Hauptgruppen ähnlich verteilt (3,14% SIMA vs. 3,93% BIMA;

$p=0,352$). Dieses Ergebnis war für die vorliegende Studie von herausragender Bedeutung: Beide Verfahren zeigten keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf tiefe sternale Wundheilungsstörungen.

SSWI zeigten in Gruppe BIMA eine fast doppelt so starke Ausprägung im Gegensatz zu Gruppe SIMA (1,63% vs. 3,16% $p=0,026$). Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Operationsmethode BIMA und oberflächlichen Wundheilungsstörungen wurde hergestellt. Durch das Odds Ratio konnte ein 2-fach höheres Risiko bei BIMA für das Auftreten einer SSWI im Vergleich zu SIMA gezeigt werden.

Eine Sterberate von 5,74% lag im Durchschnitt anderer Studien. Die Geschlechterverteilung war 3/7 Patienten männlich vs. 4/7 Patientinnen weiblich ($p=0,253$). In Gruppe SIMA verstarben 6/7 Patienten an den Folgen einer Mediastinitis, in Gruppe BIMA war es lediglich ein Patient. Der Fisher-Test ergab mit $p=0,419$ keinen signifikanten Zusammenhang. Eine Tendenz zu ungleich verteilter Mortalität ist deutlich zu erkennen.

Zu hinlänglich bekannten Risikofaktoren für die Ausbildung von DSWI konnten in der vorliegenden Studie keine Zusammenhänge hergestellt werden. Es konnten jedoch Gruppenunterschiede zwischen SIMA und BIMA in Bezug auf tiefe sternale Wundheilungsstörungen erfasst werden. Es bestand ein hoch signifikanter Unterschied zwischen männlichem und weiblichem Geschlecht bei den beiden OP-Methoden mit DSWI ($p=0,000$). Eine mittlere Effektstärke von 0,45 wurde errechnet. Der Gruppenunterschied betrug 48% zu Gunsten männlichen Geschlechts. Als zweiter signifikanter Parameter zeigte sich die Vorerkrankung Diabetes mellitus. Ein hoch signifikanter Unterschied ($p=0,005$) zwischen den Operationsverfahren konnte festgestellt werden. Eine mittlere Effektstärke von 0,32 wurde ermittelt. Der Gruppenunterschied betrug 30% zu Gunsten SIMA. Der nächste Unterschied zwischen den OP-Methoden, der ermittelt werden konnte, war eine verringerte kardiale Ejektionsfraktion. Trotz geringer Zellenanzahl konnte durch den exakten Test nach Fisher ein p-Wert von 0,029 berechnet werden. Es ergab sich eine sehr schwache Effektstärke von -0,27. Der Gruppenunterschied betrug 17% zu Gunsten BIMA.

Alle anderen Parameter zeigten keine signifikanten Gruppenunterschiede.

In der Gesamtzahl aller Operationen waren Kombinationseingriffe enthalten. Darunter zählten Eingriffe, die neben einem koronaren Bypass in gleicher Sitzung einen Herzklappenersatz erhielten. Diese Patienten (n=23) wurden ausgeschlossen. Die Subgruppe der isolierten Koronararterienchirurgie (n=105) wurde neu berechnet und nach dem gleichen Schema betrachtet.

Aus den 2418 Operationen entwickelten 105 Patienten (4,34%) eine Wundheilungsstörung (1,74% SSWI vs. 2,61% DSWI). DSWI waren in beiden Hauptgruppen ähnlich verteilt (2,36% SIMA vs. 3,44% BIMA). SSWI zeigten in Gruppe BIMA eine fast doppelt so starke Ausprägung im Gegensatz zur Gruppe SIMA (3,12% vs. 1,39%).

In der Subgruppe verstarben 6/105 Patienten (5,71%) an den Folgen einer Mediastinitis. 5/6 Patienten (83,33%) in Gruppe SIMA. Lediglich ein Patient (16,7%) in Gruppe BIMA. Der Fisher-Test ergab mit $p=0,399$ keinen signifikanten Zusammenhang.

Auch in der Subgruppe konnten aufgrund der Datenlage keine Risikofaktoren für die Ausbildung von DSWI bestätigt werden. Gruppenunterschiede zwischen SIMA und BIMA in Bezug auf DSWI konnten erfasst werden. Als erster Unterscheid zeigte sich auch hier die Vorerkrankung Diabetes mellitus. Insgesamt waren 34/60 Patienten (56,67%) an Diabetes mellitus erkrankt. In Gruppe I zeigten 27/39 Patienten (69,23%) eine Erkrankung, in Gruppe II 7/21 Patienten (33,33%). Bei diesem Parameter zeigte sich ein sehr signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p=0,007$). Durch Phi wurde eine mittlere Effektstärke von 0,35 nachgewiesen. Der Gruppenunterschied betrug 36%. Der zweite Unterschied bestand in der Gruppe EF <30. Insgesamt zeigten nur 6/60 Patienten (10,00%) eine veränderte kardiale Auswurfleistung. In Gruppe I war es 1/39 Patienten (2,56%), in Gruppe II waren es 5/21 Patienten (23,81%). Trotz geringer Zellenbesetzung bestätigt der Fisher-Test die Signifikanz ($p=0,017$). Durch Phi konnte eine mittlere Effektstärke von 0,34 nachgewiesen werden. Der Gruppenunterschied betrug 21%.

Abschließend muss sich die Studie mit kritischen Fragen zur Datenerhebung auseinandersetzen. So war es aufgrund fehlender Daten aller gesunden Patienten (n=2290) nicht möglich eine Risikoberechnung vorzunehmen. Die Parameter des Erhebungsbogens auf alle 2418 Patienten auszuweiten, hätte den Rahmen dieser Arbeit überschritten.

Die vorliegende Arbeit soll ein Grundstein für die Sicherung der operativen Qualität sein. Es war möglich, fundiert darzustellen, dass keine der durchgeführten operativen Maßnahmen eine signifikant schlechtere Patientenversorgung darstellte. Unter Einhaltung geltender Standards und Berücksichtigung bekannter Risikofaktoren war eine optimale Versorgung der Patienten möglich.

7. Literaturverzeichnis

- 1 Zimmer H-G. The heart-lung machine was invented twice--the first time by Max von Frey. *Clin Cardiol* 2003;**26**:443–5.
- 2 Cohn LH. Fifty Years of Open-Heart Surgery. *Circulation* 2003;**107**:2168–70. doi:10.1161/01.CIR.0000071746.50876.E2
- 3 Konstantinov IE. Robert H. Goetz: the surgeon who performed the first successful clinical coronary artery bypass operation. *Ann Thorac Surg* 2000;**69**:1966–72. doi:10.1016/S0003-4975(00)01264-9
- 4 Barnard CN. The operation. A human cardiac transplant: an interim report of a successful operation performed at Groote Schuur Hospital, Cape Town. *South Afr Med J Suid-Afr Tydskr Vir Geneeskde* 1967;**41**:1271–4.
- 5 Toumpoulis IK, Theakos N, Dunning J. Does bilateral internal thoracic artery harvest increase the risk of mediastinitis? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*;6:787–91.
- 6 Endo M, Nishida H, Tomizawa Y, *et al.* Benefit of Bilateral Over Single Internal Mammary Artery Grafts for Multiple Coronary Artery Bypass Grafting. *Circulation* 2001;**104**:2164–70. doi:10.1161/hc4301.098283
- 7 Graf K, Ott E, Vonberg R-P, *et al.* Economic aspects of deep sternal wound infections. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg* 2010;**37**:893–6. doi:10.1016/j.ejcts.2009.10.005
- 8 Mangram AJ, Horan TC, Pearson ML, *et al.* Guideline for Prevention of Surgical Site Infection, 1999. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Hospital Infection Control Practices Advisory Committee. *Am J Infect Control* 1999;**27**:97–132; quiz 133–4; discussion 96.
- 9 Prof. Dr. med Dr. phil. Lippert H. *Lehrbuch Anatomie*. 8. Auflage. München: : Elsevier GmbH 2011.
- 10 Mohr FW, Morice M-C, Kappetein AP, *et al.* Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention in patients with three-vessel disease and left main coronary disease: 5-year follow-up of the randomised, clinical SYNTAX trial. *Lancet Lond Engl* 2013;**381**:629–38. doi:10.1016/S0140-6736(13)60141-5

- 11 Abdallah MS, Wang K, Magnuson EA, *et al.* Quality of Life After Surgery or DES in Patients With 3-Vessel or Left Main Disease. *J Am Coll Cardiol* 2017;**69**:2039–50. doi:10.1016/j.jacc.2017.02.031
- 12 Escaned J, Collet C, Ryan N, *et al.* Clinical outcomes of state-of-the-art percutaneous coronary revascularization in patients with de novo three vessel disease: 1-year results of the SYNTAX II study. *Eur Heart J* 2017;**38**:3124–34. doi:10.1093/eurheartj/ehx512
- 13 Desai ND, Cohen EA, Naylor CD, *et al.* A randomized comparison of radial-artery and saphenous-vein coronary bypass grafts. *N Engl J Med* 2004;**351**:2302–9. doi:10.1056/NEJMoa040982
- 14 Fan T, Feng Y, Feng F, *et al.* A comparison of postoperative morphometric and hemodynamic changes between saphenous vein and left internal mammary artery grafts. *Physiol Rep* 2017;**5**:e13487. doi:10.14814/phy2.13487
- 15 Herold G. *Innere Medizin*. Herold, Gerd 2011.
- 16 Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, *et al.* Influence of the internal-mammary-artery graft on 10-year survival and other cardiac events. *N Engl J Med* 1986;**314**:1–6. doi:10.1056/NEJM198601023140101
- 17 Peterson MD, Borger MA, Rao V, *et al.* Skeletonization of bilateral internal thoracic artery grafts lowers the risk of sternal infection in patients with diabetes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;**126**:1314–9. doi:10.1016/S0022-5223(03)00808-0
- 18 Boodhwani M, Lam BK, Nathan HJ, *et al.* Skeletonized internal thoracic artery harvest reduces pain and dysesthesia and improves sternal perfusion after coronary artery bypass surgery: a randomized, double-blind, within-patient comparison. *Circulation* 2006;**114**:766–73. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.106.615427
- 19 Kamiya H, Akhyari P, Martens A, *et al.* Sternal microcirculation after skeletonized versus pedicled harvesting of the internal thoracic artery: A randomized study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;**135**:32–7. doi:10.1016/j.jtcvs.2007.09.004
- 20 Cohen AJ, Lockman J, Lorberboym M, *et al.* Assessment of sternal vascularity with single photon emission computed tomography after harvesting of the internal thoracic artery. *J Thorac Cardiovasc Surg*

- 1999;**118**:496–502.
- 21 El Oakley RM, Wright JE. Postoperative mediastinitis: classification and management. *Ann Thorac Surg* 1996;**61**:1030–6. doi:10.1016/0003-4975(95)01035-1
- 22 Robicsek F. Postoperative sterno-mediastinitis. *Am Surg* 2000;**66**:184–92.
- 23 Fowler Vance G., O'Brien Sean M., Muhlbaier Lawrence H., *et al.* Clinical Predictors of Major Infections After Cardiac Surgery. *Circulation* 2005;**112**:I–358. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.104.525790
- 24 Meszaros K, Fuehrer U, Grogg S, *et al.* Risk Factors for Sternal Wound Infection After Open Heart Operations Vary According to Type of Operation. *Ann Thorac Surg* 2016;**101**:1418–25. doi:10.1016/j.athoracsur.2015.09.010
- 25 Gatti G, Dell'Angela L, Barbati G, *et al.* A predictive scoring system for deep sternal wound infection after bilateral internal thoracic artery grafting. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg* 2016;**49**:910–7. doi:10.1093/ejcts/ezv208
- 26 Zacharias A, Habib RH. Factors predisposing to median sternotomy complications. Deep vs superficial infection. *Chest* 1996;**110**:1173–8.
- 27 Ridderstolpe L, Gill H, Granfeldt H, *et al.* Superficial and deep sternal wound complications: incidence, risk factors and mortality. *Eur J Cardio-Thorac Surg Off J Eur Assoc Cardio-Thorac Surg* 2001;**20**:1168–75.
- 28 Bitkover CY, Gårdlund B. Mediastinitis After Cardiovascular Operations: A Case-Control Study of Risk Factors. *Ann Thorac Surg* 1998;**65**:36–40. doi:10.1016/S0003-4975(97)01003-5
- 29 Diez C, Koch D, Kuss O, *et al.* Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery – a retrospective analysis of 1700 patients. *J Cardiothorac Surg* 2007;**2**:23. doi:10.1186/1749-8090-2-23
- 30 Eklund AM, Lyytikäinen O, Klemets P, *et al.* Mediastinitis After More Than 10,000 Cardiac Surgical Procedures. *Ann Thorac Surg* 2006;**82**:1784–9. doi:10.1016/j.athoracsur.2006.05.097
- 31 Risnes I, Abdelnoor M, Almdahl SM, *et al.* Mediastinitis After Coronary Artery Bypass Grafting Risk Factors and Long-Term Survival. *Ann Thorac Surg* 2010;**89**:1502–9. doi:10.1016/j.athoracsur.2010.02.038

- 32 Abboud CS, Wey SB, Baltar VT. Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2004;**77**:676–83. doi:10.1016/S0003-4975(03)01523-6
- 33 Gummert JF, Barten MJ, Hans C, *et al.* Mediastinitis and cardiac surgery--an updated risk factor analysis in 10,373 consecutive adult patients. *Thorac Cardiovasc Surg* 2002;**50**:87–91. doi:10.1055/s-2002-26691
- 34 Merrill WH, Akhter SA, Wolf RK, *et al.* Simplified treatment of postoperative mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 2004;**78**:608–12; discussion 608-612. doi:10.1016/j.athoracsur.2004.02.089
- 35 Friberg O, Svedjeholm R, Söderquist B, *et al.* Local gentamicin reduces sternal wound infections after cardiac surgery: a randomized controlled trial. *Ann Thorac Surg* 2005;**79**:153–61; discussion 161-162. doi:10.1016/j.athoracsur.2004.06.043
- 36 Leyh RG, Bartels C, Sievers H-H. Adjuvant treatment of deep sternal wound infection with collagenous gentamycin. *Ann Thorac Surg* 1999;**68**:1648–51. doi:10.1016/S0003-4975(99)00836-X
- 37 Graf K, Ott E, Vonberg R-P, *et al.* Surgical site infections--economic consequences for the health care system. *Langenbecks Arch Surg* 2011;**396**:453–9. doi:10.1007/s00423-011-0772-0
- 38 Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, *et al.* J. Maxwell Chamberlain memorial paper. Sternal wound complications after isolated coronary artery bypass grafting: early and late mortality, morbidity, and cost of care. *Ann Thorac Surg* 1990;**49**:179–86; discussion 186-187.
- 39 Hollenbeak CS, Murphy DM, Koenig S, *et al.* The clinical and economic impact of deep chest surgical site infections following coronary artery bypass graft surgery. *Chest* 2000;**118**:397–402.
- 40 Saklad M. GRADING OF PATIENTS FOR SURGICAL PROCEDURES. *Anesthesiol J Am Soc Anesthesiol* 1941;**2**:281–4.
- 41 Pick AW, Orszulak TA, Anderson BJ, *et al.* Single Versus Bilateral Internal Mammary Artery Grafts: 10-Year Outcome Analysis. *Ann Thorac Surg* 1997;**64**:599–605. doi:10.1016/S0003-4975(97)00620-6
- 42 Galbut DL, Traad EA, Dorman MJ, *et al.* Seventeen-year experience with bilateral internal mammary artery grafts. *Ann Thorac Surg* 1990;**49**:195–201. doi:10.1016/0003-4975(90)90138-V

- 43 Lytle BW, Blackstone EH, Sabik JF, *et al.* The effect of bilateral internal thoracic artery grafting on survival during 20 postoperative years. *Ann Thorac Surg* 2004;**78**:2005–12; discussion 2012-2014. doi:10.1016/j.athoracsur.2004.05.070
- 44 Gansera B, Delalic A, Eszlari E, *et al.* 14-Year Results of Bilateral versus Single Internal Thoracic Artery Grafts for Left-Sided Myocardial Revascularization in Young Diabetic Patients. *Thorac Cardiovasc Surg* 2017;**65**:272–7. doi:10.1055/s-0036-1593864
- 45 Popovic B, Voillot D, Maureira P, *et al.* Bilateral internal mammary artery bypass grafting: long-term clinical benefits in a series of 1000 patients. *Heart Br Card Soc* 2013;**99**:854–9. doi:10.1136/heartjnl-2012-303466
- 46 Tabata M, Grab JD, Khalpey Z, *et al.* Prevalence and Variability of Internal Mammary Artery Graft Use in Contemporary Multivessel Coronary Artery Bypass Graft Surgery: Analysis of the Society of Thoracic Surgeons National Cardiac Database. *Circulation* 2009;**120**:935–40. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.832444
- 47 Yi G, Shine B, Rehman SM, *et al.* Effect of bilateral internal mammary artery grafts on long-term survival: a meta-analysis approach. *Circulation* 2014;**130**:539–45. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.113.004255
- 48 Weiss AJ, Zhao S, Tian DH, *et al.* A meta-analysis comparing bilateral internal mammary artery with left internal mammary artery for coronary artery bypass grafting. *Ann Cardiothorac Surg* 2013;**2**:390–400. doi:10.3978/j.issn.2225-319X.2013.07.16
- 49 Dorman MJ, Kurlansky PA, Traad EA, *et al.* Bilateral internal mammary artery grafting enhances survival in diabetic patients: a 30-year follow-up of propensity score-matched cohorts. *Circulation* 2012;**126**:2935–42. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.112.117606
- 50 Kurlansky PA, Traad EA, Dorman MJ, *et al.* Bilateral Versus Single Internal Mammary Artery Grafting in the Elderly: Long-Term Survival Benefit. *Ann Thorac Surg* 2015;**100**:1374–81; discussion 1381-1382. doi:10.1016/j.athoracsur.2015.04.019
- 51 Taggart DP, Altman DG, Gray AM, *et al.* Randomized Trial of Bilateral versus Single Internal-Thoracic-Artery Grafts. *N Engl J Med* 2016;**375**:2540–9. doi:10.1056/NEJMoa1610021

- 52 Schimmer C, Reents W, Berneder S, *et al.* Prevention of sternal dehiscence and infection in high-risk patients: a prospective randomized multicenter trial. *Ann Thorac Surg* 2008;**86**:1897–904.
doi:10.1016/j.athoracsur.2008.08.071
- 53 Baskett RJ, MacDougall CE, Ross DB. Is mediastinitis a preventable complication? A 10-year review. *Ann Thorac Surg* 1999;**67**:462–5.
- 54 Ferrazzi P, Allen R, Crupi G, *et al.* Reduction of Infection after Cardiac Surgery: A Clinical Trial. *Ann Thorac Surg* 1986;**42**:321–5.
doi:10.1016/S0003-4975(10)62744-0
- 55 De Paulis R, de Notaris S, Scaffa R, *et al.* The effect of bilateral internal thoracic artery harvesting on superficial and deep sternal infection: The role of skeletonization. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2005;**129**:536–43.
doi:10.1016/j.jtcvs.2004.07.059
- 56 Raja SG, Dreyfus GD. Internal thoracic artery: to skeletonize or not to skeletonize? *Ann Thorac Surg* 2005;**79**:1805–11.
doi:10.1016/j.athoracsur.2004.05.053
- 57 Demertzis S. Chirurgische Entnahmetechnik der A. thoracica interna. *Z Für Herz-Thorax- Gefäßchirurgie* 2018;**32**:168–74. doi:10.1007/s00398-018-0209-y
- 58 Franke UFW. Skeletierte BIMA. *Z Für Herz-Thorax- Gefäßchirurgie* 2018;**32**:175–6. doi:10.1007/s00398-018-0213-2
- 59 Benedetto U, Altman DG, Gerry S, *et al.* Pedicled and skeletonized single and bilateral internal thoracic artery grafts and the incidence of sternal wound complications: Insights from the Arterial Revascularization Trial. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;**152**:270–6.
doi:10.1016/j.jtcvs.2016.03.056
- 60 Borger MA, Rao V, Weisel RD, *et al.* Deep sternal wound infection: risk factors and outcomes. *Ann Thorac Surg* 1998;**65**:1050–6.
- 61 Braxton JH, Marrin CAS, McGrath PD, *et al.* Mediastinitis and long-term survival after coronary artery bypass graft surgery. *Ann Thorac Surg* 2000;**70**:2004–7. doi:10.1016/S0003-4975(00)01814-2
- 62 Saraiva J, Antunes PE, Antunes MJ. Coronary artery bypass surgery in young adults: excellent perioperative results and long-term survival. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2017;**24**:691–5.

- doi:10.1093/icvts/ivw407
- 63 Ennker IC, Albert A, Pietrowski D, *et al.* Impact of Gender on Outcome after Coronary Artery Bypass Surgery. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2009;**17**:253–8. doi:10.1177/0218492309104746
- 64 Popovic B, Maureira P, Juilliere Y, *et al.* Bilateral vs unilateral internal mammary revascularization in patients with left ventricular dysfunction. *World J Cardiol* 2017;**9**:339–46. doi:10.4330/wjc.v9.i4.339
- 65 Filsoufi F, Castillo JG, Rahmanian PB, *et al.* Epidemiology of deep sternal wound infection in cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2009;**23**:488–94. doi:10.1053/j.jvca.2009.02.007
- 66 He GW, Ryan WH, Acuff TE, *et al.* Risk factors for operative mortality and sternal wound infection in bilateral internal mammary artery grafting. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1994;**107**:196–202.
- 67 Gatti G, Maschietto L, Benussi B, *et al.* Urgent Coronary Revascularization with Bilateral Internal Thoracic Artery Grafting: Is the Risk Justified? *Thorac Cardiovasc Surg* 2017;**65**:256–64. doi:10.1055/s-0036-1584082

8. Anhang

Erhebungsbogen

Fall Nr.:

Alter:	BMI:	OP-Datum:	Geschlecht:
--------	------	-----------	-------------

OP-Verfahren:	SIMA	BIMA	ACVB	Kombination
IMA-Verwendung:				
Gefäß:				

1. Präoperativer Status:					
Leukozytenzahl:	CRP:		ASA-Klassifikation		
COPD	ja	nein	pAVK	ja	nein
Diabetes Mellitus	ja	nein	Cortisontherapie	ja	nein
art. Hypertonie	ja	nein	MI im letzten ½ Jahr	ja	nein
EF < 30%	ja	nein	Kardiogener Schock	ja	nein
Niereninsuffizienz	ja	nein	Krea:	Harnstoff:	
Fettstoffwechselstörung	ja	nein	MDRD:	HbA1c:	

2. Intraoperativer Befunde:					
Notfall	ja	nein			
OP-Zeit:					
Tranfusion:	nein	wenn ja:	Anzahl EK:		
Anzahl Drähte:					

3. Perioperative Befunde (ITS):					
Beatmungszeit:					
Tranfusion:	nein	wenn ja:	Anzahl EK:		
Postoperative Revision:					
Durchgangssyndrom / Delir:	ja	nein			
Blutmenge gesamt bei Drainage ex:				ml	

4. Postoperativer Verlauf (Zeitpunkt der Entlassung):					
Sternum stabil:	ja	nein			
Oberflächliche sternale Wundheilungsstörung:					
Tiefer sternal Wundinfekt / Mediastinitis					
Osteomyelitis					

Danksagung

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Rainer Leyh für die Möglichkeit diese Arbeit zu schreiben.

Besonders danke ich meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr. med. Christoph Schimmer, für sein offenes Ohr, für seine geduldige und freundliche Unterstützung in der Erarbeitung und Korrektur dieser Dissertation.

Ebenfalls besonders danke ich Herrn Christian Schumacher für seine Einsatzbereitschaft und ständige Hilfe bei der statistischen Auswertung der Daten.

Abschließend möchte ich mich herzlichst bei meiner Familie bedanken. Durch ihre tatkräftige Motivation, Unterstützung, Geduld und Zeit war es mir möglich mein Studium zu beenden und diese Arbeit zu schreiben.

Danke, dass ihr mir den Rücken frei gehalten und mich immer unterstützt habt.