Aus der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie

(Direktor: Prof. Dr. Jochen Cremer)

im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel

an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Wundheilungsstörungen und Outcome nach Re-Sternotomie – Ergebnisse nach kardialen Re-Eingriffen

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Cara Luise Justine Harms

aus Hamburg

Kiel 2021

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Assad Haneya, Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie

2. Berichterstatterin/Berichterstatter: Prof. Dr. Matthias Grünewald, Klinik für Anästhesiologie und Operative Intensivmedizin

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Mai 2022

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 09. Februar 2022

gez.: Priv.-Doz. Dr. Christina Grothusen

(Vorsitzende der Prüfungskommission)

Meinen lieben Eltern

In Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis

Glossar

1. Einleitung ... 1

1.1. Inzidenz und Mortalität ... 1
1.2. Definition ... 1
1.3. Anatomie ... 3
1.4. Therapieverfahren ... 4
1.5. Re-Sternotomie ... 5
1.6. Risikofaktoren ... 5
1.6.1. Präoperative Risikofaktoren ... 5
1.6.2. Perioperative Risikofaktoren ... 11
1.6.3. Postoperative Risikofaktoren ... 14
1.7. Hypothese ... 15

2. Material und Methoden ... 16

2.1. Patientenkollektiv ... 16
2.2. Variablen ... 16
2.3. Durchführung ... 26
2.4. Statistische Auswertung ... 26

3. Ergebnisse ... 28

3.1. Häufigkeitsverteilung der ursprünglichen Eingriffsformen ... 28
3.2. Häufigkeitsverteilung der Eingriffsformen bei Re-Sternotomie ... 29
3.3. Präoperative Variablen assoziiert mit sternaler WHST ... 30
3.4. Geschlechterverteilung in Bezug auf das Alter ... 32
3.5. BMI als eigenständiger präoperativer Risikofaktor ... 33
3.6. Diabetes mellitus als eigenständiger präoperativer Risikofaktor ... 34
3.7. EuroSCORE zur Risikoabschätzung einer sternalen WHST ... 35
3.8. Perioperative Variablen assoziiert mit sternaler WHST ... 36
3.9. Postoperative Variablen assoziiert mit sternaler WHST ... 37
3.10. Sternale WHST und ihre Häufigkeit nach Eingriffsform ... 38

3.11. Therapieformen bei sternaler WHST 39
3.12. Outcome nach Re-Sternotomie 40

4. Diskussion 41

4.1. Patientenkollektiv 41
4.2. Ergebnisse 42
4.2.1. Präoperative Variablen 42
4.2.2. Perioperative Variablen 49
4.2.3. Postoperative Variablen 52
4.3. Häufigkeit der sternalen WHST nach Re-Sternotomie 55
4.4. Therapieformen 56
4.5. Outcome nach Re-Sternotomie 57
4.6. Stärken und Limitationen der Beobachtung 57
4.7. Schlussfolgerung 58

5. Zusammenfassung 60

6. Literaturverzeichnis 62

7. Anhang 78

7.1. Präoperative Variablen 78
7.2. Perioperative Variablen 79
7.3. Postoperative Variablen 80

8. Danksagung ..... Fehler! Textmarke nicht definiert.

Glossar

Add.	Additive
AHB	Anschlussheilbehandlung
AKE/AKR	Aortenklappenersatz/ -Rekonstruktion
BIMA	Bilateral Internal Mammary Artery
BMI	Body-Mass-Index
CABG	Coronary Artery Bypass Grafting
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
Chron.	Chronisch
COPD	Chronic Obstruktiv Pulmonary Disease
CT	Computertomographie
DES	Drug-Eluting Stent
DGTHG	Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz, und Gefäßchirurgie
DM	Diabetes mellitus
DSWI	Deep Sternal Wound Infection
EACTS	European Association for Cardio Thoracic Surgery
ECLS	Extracorporal Life Support
GI	Gastrointestinal
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
HLM	Herz-Lungen-Maschine
HTx	Herztransplantation
KDIGO	Kidney Disease Improving Global Outcome
KHK	Koronare Herzkrankheit
LIMA	Left Internal Mammary Artery

Log.	Logistisch
LV-EF	Linksventrikuläre Ejektionsfraktion
IABP	Intraaortale Ballonpumpe
ICD	Implantierbarer Kardioverter-Defibrillator
IDDM	Insulin Dependent Diabetes Mellitus
IMA	Internal Mammary Artery
MKE/MKR	Mitralklappenersatz/ -Rekonstruktion
MOF	Multi Organ Failure
MRT	Magnetresonanztomographie
NDDM	Non-Insulin Dependent Diabetes Mellitus
NYHA	New York Heart Association
OP	Operation
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PCI/ PTCA	Percutaneous Coronary Intervention
PFO	Persistierendes Foramen Ovale
RIMA	Right Internal Mammary Artery
SSWI	Superficial Sternal Wound Infection
TAVI	Transcatheter Aortic Valve Implantation
TKE/TKR	Trikuspidalklappenersatz/ -Rekonstruktion
VAC	Vacuum-Assisted Closure
VSD	Ventrikelseptumdefekt
WHST	Wundheilungsstörung
z. B.	Zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach

1. Einleitung

Die mediane Längssternotomie, erstmals beschrieben von Milton in 1897, ist aufgrund der optimalen Darstellungsmöglichkeit aller anatomischer Strukturen des vorderen und mittleren Mediastinums der Standardzugang der Kardiochirurgie.[1] Insbesondere Bypass- und Klappenoperation zählen zu den häufigsten Indikationsstellungen, aber auch bei Pathologien der thorakalen Aorta, sowie zur Korrektur angeborener Herzfehler stellt die mediane Sternotomie den Zugangsweg der Wahl dar.

Sie ist mit diversen sowohl peri- als auch postoperativen Komplikationen behaftet, wovon die sternale Wundheilungsstörung (WHST) zu den gefürchtetsten zählt.[2,3] Neben den klinischen Anzeichen mit den für eine Entzündung typischen Symptomen Calor (Überwärmung), Dolor (Schmerz), Rubor (Rötung) und Tumor (Schwellung) sowie bei Palpitation die Sekretion purulenter Flüssigkeit oder Krepitation können auch laborchemisch erhöhte Entzündungsparameter Anzeichen für eine sternale WHST und folgend eine Mediastinitis sein.[4]

1.1. Inzidenz und Mortalität

In der aktuellen Literatur ist die Inzidenz einer sternalen WHST mit 1 % - 8 % und die Mortalität mit 5 % - 10 % angegeben.[5–7] Die Variabilität der Inzidenz ist vorrangig mit der unterschiedlichen Klassifizierung der Wundheilungsstörung sowie dem peri- und postoperativen Management zu begründen. Zudem tritt eine Wundheilungsstörung oft Wochen bis Monate nach Entlassung auf. So ist neben einer detaillierten Planung zur Prävention mit Einleitung entsprechender Maßnahmen, ein engmaschiges Follow-up entscheidend.[8] Die Mortalität hingegen ist abhängig vom Patientenkollektiv und deren Komorbiditäten.

1.2. Definition

In der Literatur findet sich eine Mehrzahl an Klassifikationen für eine sternalen WHST, welche unterschiedliche Aspekte wie die Ausbreitung der Infektion und den postoperativen Zeitpunkt der Diagnose aufgreifen.[9,10] International findet die Klassifikation des Centers for Disease Control and Prevention (CDC; 1988) die häufigste Verwendung (siehe Tabelle 1.).[10]

Tabelle 1. CDC-Klassifikation[11]

Klassifikation	Definition
I	Infektion der Cutis bzw. Subcutis
II	Infektion der Cutis bzw. Subcutis bis an die prästernale Faszie reichend
III	Retrosternale mediastinale / Organ Beteiligung, Osteomyelitis

Dabei stellt insbesondere die tiefe sternale WHST mit Beteiligung des Sternums eine multifaktorielle Herausforderung in Bezug auf die Behandlungsstrategie, Hospitalisierungsdauer, Mortalität und Ökonomie des Gesundheitswesens dar.[12,13]

Laut der Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Thorax- und Herz- und Gefäßchirurgie (DGTHG) „Management der Mediastinitis nach herzchirurgischem Eingriff“ (Version 1, Juli 2019), lässt sich die sternale Wundheilungsstörung in eine oberflächliche, die Cutis oder Subcutis betreffende, sowie in eine tiefe - das Sternum und die darunter liegenden Gewebe betreffende - WHST einteilen.[4]

Die tiefe Wundheilungsstörung wird dabei wie folgt definiert: „Die Infektion tritt innerhalb der ersten 30 Tage nach der Operation auf (ohne Implantat) oder 1 Jahr falls ein Implantat vor Ort ist, welches in Bezug zu der Infektion steht und mindestens einer der folgenden Punkte zutrifft:

- „Purulentes Exsudat über eine Drainage, welche im Bereich des Mediastinums (organ/ space) liegt (Wundinfektion an der Drainageaustrittsstelle ist keine chirurgische Wundinfektion, sondern eine Haut-, Weichgewebsinfektion)
- Organismen, die aus einer aseptisch gewonnenen Kultur von Flüssigkeit oder Gewebe aus dem Mediastinum (organ/ space) nachgewiesen werden können
- Ein Abszess oder ein anderer Nachweis einer Infektion, welches das Mediastinum (organ/ space) betrifft und das sich bei direkter Exploration während der Reoperation oder im Rahmen einer histopathologischen oder radiologischen Untersuchung nachweisen lässt
- Diagnose einer mediastinalen (organ/space) chirurgischen Wundinfektion durch den Chirurgen.“[4]

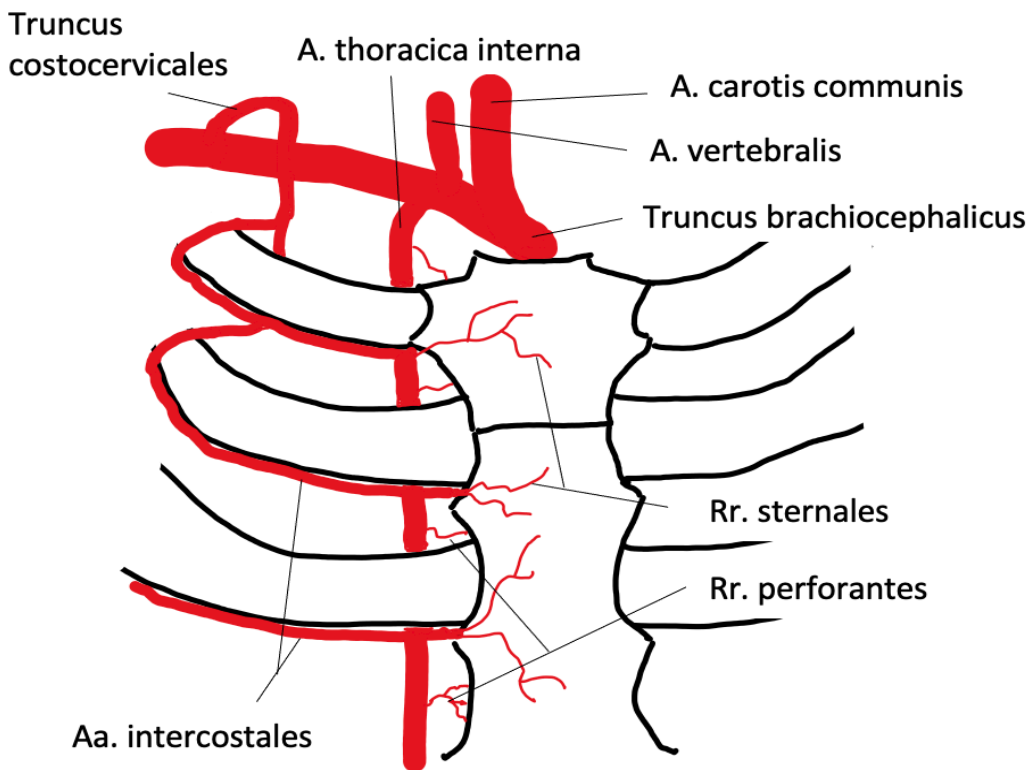
Beim Vorliegen einer tiefen sternalen WHST besteht daher die Empfehlung die Einteilung dieser in Anlehnung an die AMSTERDAM-Klassifikation (siehe Tabelle 2.) zur Planung der weiteren Behandlungsstrategie zu ergänzen.[13]

Tabelle 2. AMSTERDAM-Klassifikation[14]

Klassifikation	Definition	Knochenbeschaffenheit
I	stabil	minimaler Substanzdefekt
II	stabil	ausreichend
III	instabil	gut bis ausreichend
IV	instabil	Nekrosen

1.3. Anatomie

Über das Manubrium sterni mit der Clavicula sowie der 1. und 2. Rippe, die Cartilago costalis und den Arcus costalis mit den Rippen 3.-10. (Costae verae u. spuriae) verbunden, liegt das Sternum als abgeplatteter Knochen dicht unter der Haut. Eine passive Mobilität erlangt es durch Synchondrosen und Sternocostalgelenke im Rahmen der Thoraxexkursion und ist somit auch bei physiologischer Atemmechanik Scherkräften ausgesetzt. Gespeist aus Kollateralen der beiden Aa. thoracicae internae sowie den Aa. intercostales bilden die Rr. perforantes und Rr. sternales einen periostalen Plexus zur Versorgung des Sternums. Die Aa. intercostales werden je aus einem anterioren, den Aa. thoracicae internae und einem posterioren Ast, der Aorta thoracica entspringenden Ast gebildet.



Quelle: In Anlehnung an LernAtlas der Anatomie, Prometheus, Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem, 2. Auflage

Abbildung 1. Arterielle Versorgung des Sternums

1.4. Therapieverfahren

Die gängigen Therapieverfahren unterscheiden sich je nach Klassifizierung der Wundheilungsstörung. Im Fall einer oberflächlichen WHST ist häufig eine konservative Behandlungsstrategie mit regelmäßigem Verbandswechsel und gegebenenfalls kleinerem chirurgischem Débridement ausreichend. Bei Bedarf kann diese Strategie um eine Vakuum-gestützte Verschlusstherapie (VAC-Therapie) ergänzt werden.[15]

Die Behandlungsstrategie einer tiefen, sternalen Wundheilungsstörung ist dagegen vielfältig und häufig individuell. Feste Therapiebestandteile sind ein radikales Wunddébridement mit Entfernung nekrotischen Gewebes und Drainage aller Verhalte sowie bei systemischer Infektion eine antibiogrammgerechte, antibiotische Therapie, um einen Sekundärverschluss zu erreichen.[4,16] Dabei kommen sowohl thoraxchirurgische Verfahren mit Re-Verdrahtung, Verplattung mittels Sternum-Fixationssystemen als auch plastische Wunddeckung mittels verschiedener Gewebeplastik-Techniken zum Einsatz. Es fehlen jedoch weiterhin klare Therapieempfehlungen sowie ein einheitliches postoperatives Management.[17]

1.5. Re-Sternotomie

Eine Vielzahl der Studien befasst sich mit der sternalen Wundheilungsstörung nach primärer Sternotomie. Im Fall einer Re-Sternotomie wird diese Variable als präoperativer Risikofaktor gewertet, was sich ebenfalls in Scoring-Systemen und Leitlinien widerspiegelt.[4,18] Bisher gilt allgemein die Annahme, dass die Re-Sternotomie einen eigenständigen Risikofaktor der sternalen WHST darstellt und das postoperative Outcome beeinträchtigt.[19,20] Die Zahl der Re-Sternotomien steigt in der heutigen Zeit jedoch deutlich an, wobei es sich zunehmend um multimorbide Patienten und somit komplexere Behandlungsverläufe handelt.[5,21,22] Dieser Umstand führt dazu, dass erneut kritisch diskutiert wird, ob die Re-Sternotomie weiterhin als eigenständiger Risikofaktor gelten kann. Dabei widerlegen unterschiedliche Studien die bisher geltende Annahme und analysieren, inwiefern vor dem Hintergrund der steigenden Anzahl an Re-Operationen die Re-Sternotomie weiterhin als Risikofaktor gewertet werden kann.[21,23–27]

1.6. Risikofaktoren

In vorangegangenen Studien wurden bereits verschiedene Risikofaktoren untersucht, welche die Inzidenz einer sternalen Wundheilungsstörung und das Outcome nach Sternotomie beeinflussen.[7,8,19,20,28–31] Diese lassen sich in drei Gruppen unterteilen: Risikofaktoren in Bezug auf den Patienten und seine Komorbiditäten als präoperative Risikofaktoren, auf die Operation mit der jeweiligen Eingriffsform und deren perioperativen Risikofaktoren sowie den postoperativen Verlauf mit entsprechenden Komplikationen.[4]

1.6.1. Präoperative Risikofaktoren

Zu den am häufigsten genannten präoperativen Faktoren zählen neben Alter und Geschlecht Komorbiditäten wie eine Adipositas, Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, Hyperlipoproteinämie, periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK), (dialysepflichtige) Niereninsuffizienz, chronische obstruktive Lungenerkrankung (COPD), aktiver Nikotinabusus, NYHA-Stadium >III, linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LV-EF) <30 %, sowie eine kardiale Voroperation.[19,31,32] Neben chronischen Komorbiditäten werden in einigen Studien auch akute präklinische Ereignisse, wie ein Myokardinfarkt oder eine Endokarditis dazu gezählt.[33,34]

Alter:

Das Lebensalter wird mit einem erhöhten Risiko für sternale WHST und Mortalität assoziiert.[24,27] Als hierfür ursächlich wird angenommen, dass bei Patienten im höheren Lebensalter vermehrt Komorbiditäten auftreten, welche die sternale Wundheilung beeinträchtigen.[35,36]

Geschlecht:

Ob das Geschlecht bei Wundheilungsstörungen einen signifikanten Risikofaktor darstellt, ist in der Fachliteratur kontrovers diskutiert und in seiner Begründung komplex. Je nach Intervention und Komorbiditäten variieren die Ergebnisse. Lemaignen et al. (2015) beschrieben das weibliche Geschlecht im Zusammenhang mit der Verwendung beider Aa. thoracicae internae als Risikofaktor.[31] Stahle et al. (1997) zeigten, dass das weibliche Geschlecht als eigenständiger Risikofaktor für eine sternale Wundheilungsstörung gilt, wobei ein kausaler Zusammenhang nicht genannt werden kann.[29]

Das Gegenteil ergaben die Studien von Brunet et al. (1996) und Borger et al. (1998), die das männliche Geschlecht als eigenständigen Risikofaktor definierten, wobei Borger et al. (1998) einen größeren Thoraxumfang mit erhöhter Wundretraktion und somit Instabilität als hierfür ursächlich annahmen.[19,20] Diese Annahme gilt jedoch auch für das Vorliegen einer Makromastie bei Frauen und wird als geschlechtsspezifischer Risikofaktor diskutiert.[37,38]

Somit scheint das Geschlecht nicht eindeutig als eigenständiger Risikofaktor bewiesen. Der Einfluss begleitender Komorbiditäten wie Adipositas und Diabetes mellitus und die Verwendung beider Aa. thoracicae internae (BIMA) ist Teil der Diskussion.[20,39]

Diabetes mellitus:

Balachandran et al. (2016) konnten mittels Vergleich mehrerer Studien zeigen, dass der Diabetes mellitus zu den am häufigsten genannten und als eigenständig nachgewiesener Risikofaktor zählt.[28] Er kann dabei nicht nur das Risiko für eine Wundheilungsstörung erhöhen, sondern auch die zelluläre und humorale Immunität negativ beeinflussen, was wiederum zu einer erhöhten Infektionsrate und damit zu

einem schlechteren Outcome führen kann.[20]

Je nach Literatur unterscheidet sich, ob allein die Diagnose eines Diabetes mellitus oder insbesondere das Vorliegen eines Insulin-abhängigen Diabetes mellitus (IDDM) das Risiko erhöht.[12,40,41] In der Literatur werden verschiedene Therapieansätze diskutiert, welche das Risiko für eine sternale WHST reduzieren.[42,43]

Adipositas:

Eine weitere präklinische Variable ist die Adipositas. Je nach Studienlage wurde ein BMI von ≥25 kg/m^2 (Prä-Adipositas) oder ≥30 kg/m^2 (Adipositas) als eigenständiger Risikofaktor für eine solche identifiziert.[31,44] Diez et al. (2007) konnten zeigen, dass sich das Risiko für eine sternale WHST um 3 % pro Kilogramm Körpergewicht pro Quadratmeter Körperoberfläche erhöht.[40] Dabei vermuteten Lu et al. (2003), dass insbesondere die inadäquate Dosierung einer antibiotischen Therapie bei adipösen Patienten das Risiko potenziert.[30] Somit scheint bewiesen, dass das Vorliegen einer Adipositas einen eigenständigen Risikofaktor für einer sternale WHST darstellt.[19,28]

Metabolisches Syndrom:

Das metabolische Syndrom wird über folgende Parameter definiert:

- Taillenumfang (Männer >102 cm, Frauen >88 cm)
- Triglyceride ≥150 mg/dl
- High-density lipoprotein cholesterol (Männer <40 mg/dl, Frauen <50 mg/dl)
- Systolischer/diastolischer Blutdruck ≥130/85 mmHg
- Nüchternblutzuckerspiegel ≥110 mg/dl[45]

In Anlehnung an diese Parameter lassen sich die Variablen arterielle Hypertonie und Hyperlipoproteinämie zusammen mit Adipositas und Diabetes mellitus unter dem Risikocluster des metabolischen Syndroms zusammenfassen. Die aktuelle Studienlage zeigt, dass das metabolische Syndrom einen signifikanten Risikofaktor für eine sternale Wundheilungsstörung darstellen kann.[46]

Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK):

Die periphere arterielle Verschlusskrankheit betrifft ausschließlich die extrakardialen Gefäße, wobei häufig die Carotiden und die Gefäße der Extremitäten betroffen sind.[47]

Gehäuft kommt es bei Manifestation an den unteren Extremitäten zu Ulzerationen, die eine komplexe und oft langwierige Therapie erfordern. In Koexistenz mit einer koronaren Herzerkrankung, Diabetes mellitus, einer chronischer Niereninsuffizienz oder Herzinsuffizienz beeinträchtigt die pAVK das postoperative Outcome und steigert das Mortalitätsrisiko nach Sternotomie.[22,47]

Niereninsuffizienz:

Die Nierenfunktion lässt sich sowohl über die Bestimmung des Serum-Kreatinins als auch über die Berechnung der glomerulären Filtrationsrate (GFR) abschätzen. Der präoperativ gemessene Serum-Kreatininwert (µmol/l) ist laut de Almeida Brandão et al. (2002) als unabhängige Variable mit einer erhöhten Mortalität bei Patienten mit Re-Operation (Klappen-OP) assoziiert.[48] Mooney et al. (2019) konnten in ihrer Studie zeigen, dass es eine enge Assoziation zwischen präoperativer GFR und postoperativen Outcome gibt.[49] Dabei ist zu beachten, dass der Serum-Kreatininwert zur Abschätzung der Nierenfunktion insgesamt störanfällig ist.[50] Jang et al. (2019) nahmen an, dass die präoperativen Nierenfunktion durch die Berechnung der GFR zusätzlich zur Messung des Serum-Kreatininwert besser beurteilt werden kann. Hierdurch seien Patienten mit hohem Risiko für postoperative Komplikationen nach kardiovaskulären Eingriffen einfacher zu identifizieren, wodurch die Risikostratifizierung optimiert würde.[51]

Chronische obstruktive Lungenerkrankung (COPD) und Nikotinabusus:

Die COPD wird entweder anhand ihrer Symptomschwere oder nach Schweregrad der Obstruktion in der Spirometrie nach GOLD klassifiziert: Dabei werden die Anzahl an Exazerbationen pro Jahr und die klinische Symptomatik oder der Tiffeneau-Index und die Einsekundenkapazität (FEV_1) mittels Lungenfunktionstestung ermittelt.[52]

Der Einfluss einer COPD auf die Entstehung von sternalen WHST und das Outcome ist vielfältig. Diez et al. (2007) konnten zeigen, dass das Vorliegen einer COPD ein signifikanter Risikofaktor ist, als hierfür ursächlich wurden erhöhte sternale Schwerkräfte angenommen.[40]

Eine weitere Komponente ist die häufigere mikrobielle Kolonisation bei Patienten mit COPD.[53] In Bezug auf das postoperative Outcome konnten Totonchi et al. (2014) bei

Patienten mit COPD eine verlängerte Beatmungszeit mit prolongiertem Intensiv- und Klinikaufenthalt nachweisen.[54]

Ein aktiver Nikotinabusus spielt in der Ätiologie und beim Fortschreiten vieler Erkrankungen eine entscheidende Rolle. Die Vasokonstriktion, bedingt durch eine erhöhte Kohlenmonoxidkonzentration sowie eine erhöhte Aktivität freier Radikale mit vermehrter Entzündungsreaktionen und Zytokinfreisetzung, wirkt sich auf die physiologische Gefäßrelaxation aus und führt somit zur Gewebehypoxie.[55] Mehrere Autoren begründen das erhöhte Risiko auch mit einer verminderten Gewebeperfusion durch Schädigung der kapillaren Blutgefäße, sowie dem negativen Einfluss auf das respiratorische System.[8,28]

Abboud et al. (2004) zeigten in ihrer Studie bei einem aktiven Nikotinabusus eine um 3,3-fach erhöhte Chance für die Entstehung einer sternalen WHST.[56] Balachandran et al. (2016) konnten hingegen mittels Metaanalyse keine Signifikanz zeigen, diskutierten jedoch auch eine bisher mangelnde Forschungsfülle als hierfür ursächlich.[28] Unumstritten ist letztendlich der begünstigende Einfluss eines aktiven Nikotinabusus auf die Entstehung einer pAVK.[57]

<u>NYHA-Stadium:</u>

Mit der NYHA-Klassifikation der New-York-Heart-Association kann die Herzinsuffizienz anhand der Ausprägung der Beschwerdesymptomatik in vier Stadien eingeteilt werden. In Studien und Beobachtungen zum Thema sternale Wundheilungsstörung wird das NYHA-Stadium standardmäßig als präoperativer Parameter erhoben.[25,58]

J. Lu et al. (2003) sahen bei einem hohen NYHA-Stadium im Zusammenhang mit verlängerter Ventilationszeit ein erhöhtes Risiko für die Entstehung sternaler WHST.[30] Ein hohes NYHA-Stadium war laut de Almeida Brandão et al. (2002) ebenfalls ein signifikanter Risikofaktor in Bezug auf das Outcome bei Patienten mit dysfunktionalen Klappenprothesen und Re-Sternotomie.[48]

Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LV-EF):

Die linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LV-EF; in %) wird als präoperativer Parameter regelmäßig erhoben und stellt ein Maß für die Herzfunktion dar. Lu et al. (2003) konnten bei Patienten mit einer LV-EF <30 % ein vermehrtes Auftreten von oberflächlichen sternalen WHST zeigen, wobei das Ergebnis nicht signifikant war.[30] Auch Diez et al. (2007) konnten keinen signifikanten Unterschied der LV-EF bei Patienten mit Mediastinitis zeigen.[40] Inwiefern die LV-EF das Risiko für eine sternale WHST beeinflusst scheint damit nicht endgültig analysiert. Bezüglich des Langzeitüberlebens beschrieben Maltais et al. (2017) einen protektiven Aspekt einer höheren LV-EF bei Re-Sternotomie.[27]

Akuter Myokardinfarkt:

Ein akuter Myokardinfarkt kann multiple organische Frühkomplikationen mit sich bringen, die den präoperativen Status eines Patienten sowie die Dringlichkeit zur Operation entscheidend beeinflussen und ist so mit einer hohen Sterblichkeit verbunden.[59,60]

Endokarditis:

Die infektiöse Endokarditis stellt eine lebensbedrohliche Erkrankung dar, deren Therapie ein interdisziplinärer Ansatz bedarf. Dabei ist die frühe chirurgische Intervention zur Prävention einer Herzinsuffizienz, irreversibler struktureller Schäden bei Infektion oder systemischer Embolie im Konsens mit einem Heart Team jederzeit zu eruieren.[61,62] In den letzten Jahren sind zudem vermehrt Infektionen bei Patienten mit Kunstklappen oder i.v.-Drogenabusus zu beobachten, welche oft einen akuten Krankheitsverlauf bieten, da es im Rahmen der Endokarditis zu einer systemischen Infektion mit folgend gesteigertem Risiko für eine sternale WHST kommen kann.[63]

Vorherige sternale Wundheilungsstörung:

Der Einfluss einer vorangegangenen sternalen WHST auf das Risiko einer erneuten sternalen WHST ist zurzeit noch wenig erforscht.

EuroSCORE I und II:

Im Jahr 1999 wurde von Nashef et al. erstmalig ein Scoring-System zur

Risikoabwägung der postoperativen Mortalität innerhalb von 30 Tagen für herzchirurgischen Patienten vorgestellt.[64] Der „European System for Cardiac Operative Risk“ -Score, kurz EuroSCORE, hat sich seit dem als verlässliches Instrument etabliert.[65] Es existieren drei Modelle: der EuroSCORE I, mit jeweils einer logistischen und einer additiven Gewichtung, sowie der EuroSCORE II.[66] Der EuroSCORE I wurde im Jahr 2011 zur Verbesserung des Aussagewerts bezüglich des postoperativen Mortalitätsrisikos durch den EuroSCORE II abgelöst.[67] Die Aussagekraft der unterschiedlichen Modelle wird kontrovers diskutiert. Mehrere Studien zeigen auf, dass Patienten einer höheren Risikogruppe zugeteilt wurden, wenn das Risikoprofil mittels EuroSCORE I berechnet wurde.[58,68] Insbesondere der logistische EuroSCORE I ergibt einen höheren prädiktiven Wert für die 30-Tage-Mortalität.[66,67] Es wird ebenfalls verdeutlicht, dass die Prognosegüte des EuroSCORE von einer adäquaten Datenerhebung abhängt.[58,65]

Hinsichtlich der sternalen WHST gaben Paul et al. (2007) an, dass sich der EuroSCORE I auch als prädiktiver Wert eignet.[69] Divergent hierzu belegten Toumpoulis et al. (2005), dass sich keines der EuroSCORE-Modelle zur Vorhersage von spezifischen postoperativen Komplikationen, wie zum Beispiel der sternalen WHST heranziehen lässt.[18] Ob der EuroSCORE als prädiktiver Wert hinsichtlich einer sternalen Wundheilungsstörung herangezogen werden kann, ist somit nicht eindeutig.

1.6.2. Perioperative Risikofaktoren

Bei den perioperativen Risikofaktoren werden die Indikationseinstufung (elektiv, dringlich, notfallmäßig) sowie die Operationsdauer mit Bypass- und Aortenklemmzeit genannt.[23,24] Insbesondere die Bypass-Operation mit Verwendung beider Aa. thoracicae internae wird in der aktuellen Literatur häufig als Risikofaktor einer postoperativen sternalen Wundheilungsstörung genannt.[29,34]

<u>Indikationseinstufung:</u>

Trotz nur unzureichender Studienlage besteht die Annahme, dass dringliche oder notfallmäßige Re-Sternotomien eine Seltenheit darstellen, wobei diese dann mit einer deutlich erhöhten Mortalität vergesellschaftet sind.[70] Ghanta et al. (2009) sahen bei Re-Sternotomie eine Zunahme der dringlichen und notfallmäßigen Operationen, wobei

kein kausaler Zusammenhang genannt werden konnte.[71]

Operationsdauer, Bypass- und Aortenklemmzeit:

Auch die Dauer des Eingriffs mit der Bypass- und Aortenklemmzeit stellen Variablen multipler Studien dar. Colkesen et al. (2015) konnten signifikante Unterschiede zwischen der Patientengruppe mit Re-Sternotomie und der Kontrollgruppe zeigen.[24] In Hinblick auf die sternale Wundheilungsstörung konnten Diez et al. (2007) weder die Dauer des Eingriffs noch die Dauer der Bypass- oder Aortenklemmzeit als eigenständigen Risikofaktor für eine sternale WHST beweisen.[40] Dennoch ist zu bedenken, dass eine verlängerte Operationsdauer auch eine längere Exposition der Wundflächen zur OP-Umwelt und damit Infektionserregern bedeutet.[8,72]

Eingriffsform:

Betrachtet man die Anatomie des Sternums so wird deutlich, dass auch die Eingriffsform bei der Entstehung von sternaler Wundheilungsstörung eine Rolle spielt. Da das Sternum maßgeblich durch die Aa. thoracicae internae versorgt wird, ist insbesondere die Bypass-Operation mit BIMA-Transplantation mit einem höheren Risikopotenzial für eine sternale WHST assoziiert.[73,74] Die Art der Präparation ist hierbei maßgebend: Bei der IMA-Transplantation kann die A. thoracica interna entweder gestielt als sogenannter Pedikel, oder mittels Skelettierung entnommen werden. Bei der Skelettierung werden umliegendes Gewebe sowie Kollateralen erhalten, sodass weiterhin einer arteriellen Perfusion des Sternums über die Aa. intercostales erfolgen kann.[75] Diesbezüglich zeigten unter anderem Toumpoulis et al. (2007), dass sowohl Komorbiditäten, wie zum Beispiel Diabetes mellitus oder Adipositas, als auch die Form der Präparation berücksichtigt werden müssen.[76]

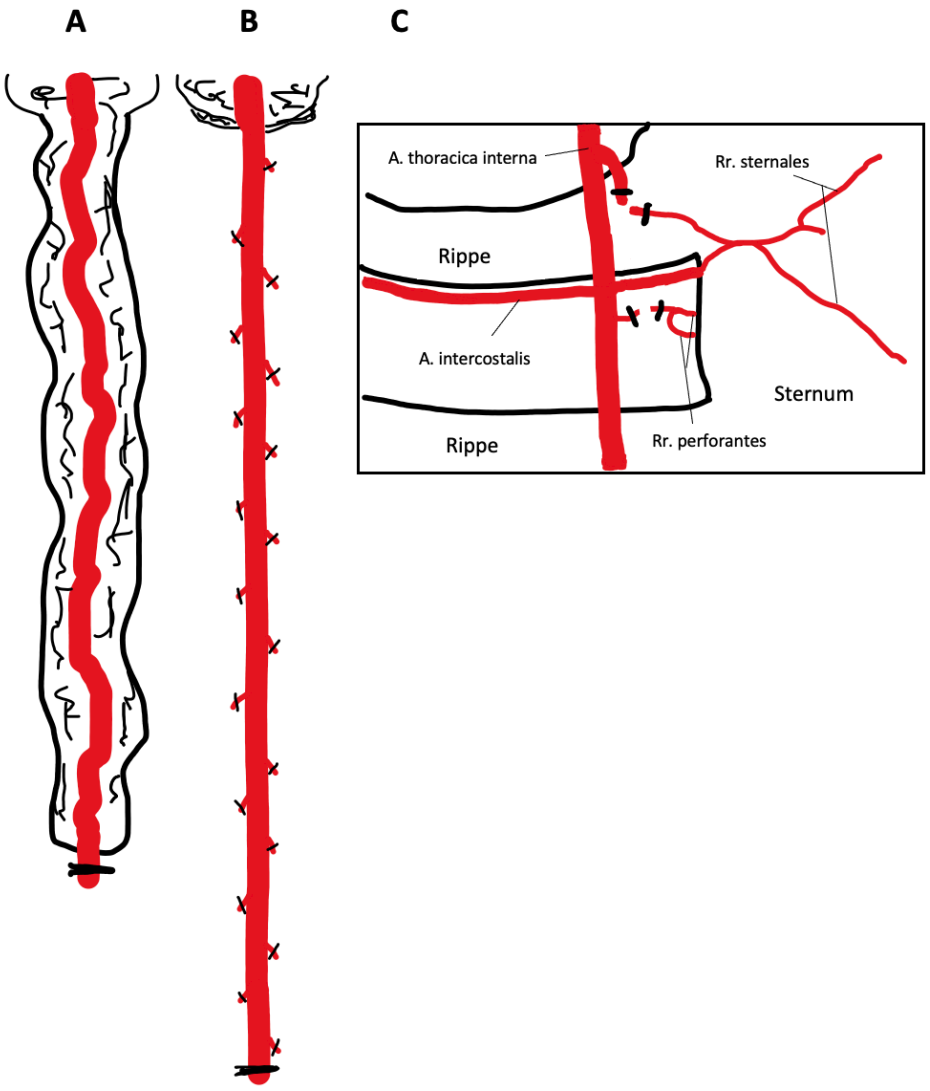


Abbildung 2. Präparationsformen bei CABG

(Quelle: In Anlehnung an Gurevitch et al., 2000, S. 842)[77]

A: Pedikel, B: Skelettierung, C: Kollaterale Blutversorgung des Sternums nach Skelettierung

1.6.3. Postoperative Risikofaktoren

Postoperativ werden eine postoperative Dialyse-Therapie, die Beatmungs- und Intensivdauer, eine Reanimation, ein bronchopulmonaler Infekt oder eine Revisionsoperation bei Blutungen als riskant eingestuft.[7,20]

Neue postoperative Dialyse/Hämofiltration:

Je nach Literatur stellt eine neue postoperative Dialyse oder Hämofiltration oder ein Anstieg des Serum-Kreatininlevels ein Korrelat für ein akutes Nierenversagen dar.[27,29] Dabei beeinträchtigen nicht nur die mit einer Dialyse oder Hämofiltration assoziierten Komplikationen wie Blutung, Thrombosen und Embolien, Katheter-Infektion oder hämodynamische Instabilität das postoperative Outcome. Auch ist der Einfluss auf weitere Faktoren wie die mögliche Verlängerung eines Intensiv- oder Krankenhausaufenthalts zu berücksichtigen.[78]

Beatmungs- und Intensivdauer:

Laut Literatur beeinflussen eine Vielzahl an Variablen die Dauer des Intensivaufenthalts bei kardiochirurgischen Patienten, wobei diese teils identisch den Risikofaktoren für eine sternale WHST sind.[79] Zu den häufigsten genannten Risikofaktoren zählen unter anderem Komorbiditäten wie COPD, Diabetes mellitus, eine eingeschränkte LV-EF, eine prolongierte Beatmung, postoperative Dialyse-Therapie, Revisionsoperation bei Blutung oder auch Infektionen.[78,80] Eine prolongierte Beatmungsdauer bewirkt nicht nur eine Verlängerung der Intensivdauer sondern erhöht auch das Risiko einer sternalen Wundheilungsstörung.[53,81] Ursächlich hierfür sind unter anderem Scherkräfte sowie die Ventilator-assoziierte Pneumonie bei prolongierter Beatmungsdauer.[72]

Postoperative Reanimation:

Bei der mechanischen Reanimation wird das Sternum massiven Scherkräften ausgesetzt, die zu einer traumatischen Öffnung der Wunde mit Eintritt mikrobieller Erreger oder Verletzung des Myokards führen können.[82,83]

Bronchopulmonale Infektion:

Auch im Rahmen einer bronchopulmonalen Infektion wird das Sternum Scherkräften ausgesetzt, entweder durch eine verlängerte Beatmungsdauer, erhöhten Beatmungsdrücken oder durch vermehrten Hustenstoß.[32,72] Folgen wie eine verlängerte Beatmungs- und Intensivdauer sowie die Migration von Keimen können somit nicht nur das Risiko für eine sternale WHST steigern, sondern beeinträchtigen schlussendlich das postoperative Outcome.[72,78]

Revisionsoperation bei Blutung:

Eine Revisionsoperation bei Blutung ist eine vital bedrohliche Situation, bei der zunächst die Blutstillung und Stabilisierung der Hämodynamik im Vordergrund stehen. Dabei beeinträchtigen nicht nur perioperative Komplikationen das Outcome. Frühere Studien unterscheiden sich in ihren Ergebnissen, sodass eine Revisionsoperation bei Blutung nicht eindeutig als Risikofaktor für eine sternale WHST klassifiziert werden kann.[30,34,84] Auch bei Re-Sternotomie gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben zur Häufigkeit von Revisionsoperationen, wobei ein Zusammenhang mit der Eingriffsform diskutiert wird.[21,23,24]

1.7. Hypothese

Welcher der genannten Variablen als signifikant und somit als eigenständiger Risikofaktor gilt, ist weiterhin Gegenstand der aktuellen Forschung. Diese Beobachtungsstudie soll dazu beitragen, die Re-Sternotomie als potenziellen Risikofaktor für eine sternale Wundheilungsstörung zu betrachten sowie das postoperative Outcome von Patienten nach Re-Sternotomie zu analysieren.

2. Material und Methoden

Für die vorliegende Dissertationsarbeit wurden Daten im Zeitraum vom 01. Januar 2007 bis zum 31. Dezember 2016 aus der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel retrospektiv betrachtet und analysiert. Die Ergebnisse wurden deskriptiv dargestellt. Ein Ethikantrag (D 418/17) wurde bei der zuständigen Ethikkommission der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel eingereicht und genehmigt.

2.1. Patientenkollektiv

Eingeschlossen wurden alle Patienten, die sich am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel im Zeitraum von Januar 2007 bis einschließlich Dezember 2016 einem erneuten kardialen Eingriff unterzogen. Patienten, deren ursprüngliche Sternotomie weniger als sechs Monate zurücklag, wurden nicht miteingeschlossen. Einschlusskriterium war die Durchführung einer rein konventionellen medianen Längssternotomie sowohl bei der ursprünglichen als auch der folgenden Sternotomie. Es wurden ausschließlich Patienten mit einem Mindestalter von 18 Jahren zum Zeitpunkt der erneuten Sternotomie eingeschlossen. Die Patienten unterzogen sich koronararteriellen Bypass-Operationen (CABG), Klappen-Operationen, einer kombinierten CABG und Klappen-Operation sowie anderen Prozeduren, wie zum Beispiel orthotopen Herztransplantationen.

Tabelle 3. Einschlusskriterien

Einschlusskriterien
- Zeitraum 01/2007 – 12/2016
- Re-Sternotomie
- Zeitpunkt Re-Sternotomie Mindestabstand ≥6 Monate
- mediane Längssternotomie
- Mindestalter ≥18 Jahre
- kardiochirurgische Eingriffsform

2.2. Variablen

Laut aktueller Literatur sind eine Vielzahl von Variablen mit einer sternalen Wundheilungsstörung nach Sternotomie assoziiert, welche sich in prä-, peri- und postoperative Variablen gliedern lassen.

Unter der Annahme, dass diese Variablen auch im Falle einer Re-Sternotomie bei der Entstehung einer sternalen Wundheilungsstörung von Bedeutung sind, wurden die folgend aufgeführten Variablen in die Beobachtung eingeschlossen.

Zu den präoperativen Variablen:

Alter:

Unter Verwendung des Geburtsdatums wurde das Patientenalter jeweils zum Zeitpunkt der primären Sternotomie und Re-Sternotomie ermittelt. Das Patientenalter wird in Jahren angegeben.

Geschlecht:

Das Patientengeschlecht wird als männlich oder weiblich angegeben.

Diabetes mellitus:

Bei Vorliegen eines Diabetes mellitus wurde jeweils der vorliegende Typ (Typ 1 oder Typ 2) erfasst. Zusätzlich wurde bei Bestehen eines Diabetes mellitus Typ 2 dessen Therapieform (Insulin-abhängig oder nicht Insulin-abhängig) ermittelt.

Dargestellt wurde die Anzahl der insgesamt an Diabetes mellitus erkrankten Patienten sowie die der Patienten mit einem IDDM.

Adipositas:

Das Patientengewicht wurde aus der Aufnahmedokumentation ermittelt und in Kilogramm (kg) angegeben. Zur Definition der Adipositas wurde der Body-Mass-Index (BMI) verwendet. Der BMI (Maßzahl zur Bewertung des Körperindex) wird laut WHO (World Health Organisation) in fünf Gruppen unterteilt. Ein BMI zwischen 25 und 29 kg/m^2 definiert die Präadipositas. Ab einem BMI ≥30 kg/m^2 gilt ein Mensch als adipös.[85]

Aufgrund der geringen Anzahl von Patienten mit einem BMI ≤18,5 kg/m^2 und ≥40 kg/m^2 wurden diese jeweils in den Gruppen mit abgebildet, die durch einen BMI ≤25kg/m^2und einem BMI ≥30 kg/m^2 definiert waren.

Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurde eine Einteilung des BMI in drei Gruppen vorgenommen:

- 1. Gruppe: BMI ≤25 kg/m^2
- 2. Gruppe: BMI 25-29 kg/m^2
- 3. Gruppe: BMI ≥30 kg/m^2

Zur Berechnung des Body-Mass-Index wurde folgende Formel eingesetzt:

BMI = Körpergewicht in kg / (Körpergröße in m)^2.

Arterielle Hypertonie und Hyperlipoproteinämie:

Beide Komorbiditäten lagen vor, wenn diese in den Diagnosen vor Re-Sternotomie vermerkt oder eine entsprechende Dauermedikation vorhanden war. Die Suffizienz der Therapie wurde dabei nicht genauer betrachtet.

Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK):

Das Vorliegen einer pAVK wurde angenommen, wenn diese als Diagnose vermerkt wurde oder parallel zur Re-Sternotomie eine Operation der Carotiden erfolgte.

Nierenfunktion:

Zur Beurteilung der präoperativen Nierenfunktion wurde der Serum-Kreatininwert vor Re-Sternotomie ermittelt, welcher in µmol/l angegeben wurde. Ergänzend erfolgte bei dokumentiertem, chronischen Nierenversagen die Einteilung in die entsprechenden KDIGO-Stadien (Kidney Disease – Improving Global Outcome):

Tabelle 4. KDIGO-Stadien[86]

KDIGO-Stadieneinteilung		
Grad	**GFR (ml/min/1,73m^2)**	**Funktionseinschränkung**
I	≥90	normal
II	60-89	leichtgradig
III	30-59	mittelgradig
IV	15-29	hochgradig
V	<15	Nierenversagen
VD	Dialyse	terminales Nierenversagen

Chronische Dialyse:

Wenn Patienten bereits vor Re-Sternotomie eine chronische Dialysetherapie aufgrund eines terminalen Nierenversagens erhielten, wurde dies separat zur Nierenfunktion erfasst.

COPD und Nikotinabusus:

Eine COPD lag vor, wenn diese in den Diagnosen vor Re-Sternotomie vermerkt war. Eine weitere Analyse der Lungenfunktion wurde nicht vorgenommen. Auch erfolgte keine routinemäßige Erhebung der jeweiligen GOLD-Klassifikation im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung.

Bezüglich des Nikotinabusus wurde ermittelt, ob bei den Patienten präoperativ ein aktiver Nikotinabusus bestand oder dieser beendet war. Dabei wurde der Zeitraum zwischen Beendigung des Nikotinabusus und Re-Operation nicht berücksichtigt. Die Erhebung erfolgte durch Befragung im Anamnesegespräch.

NYHA-Stadium:

Das jeweilige NYHA-Stadium wurde ebenfalls zum Zeitpunkt vor Re-Sternotomie ermittelt. Das NYHA-Stadium beschreibt die körperliche Leistungsfähigkeit bei kardial erkrankten Patienten. Die NYHA-Stadien I-IV werden jeweils über das Vorliegen einer Herzerkrankung ohne (NYHA I), mit leichter (NYHA II), mit höhergradiger Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit (NYHA III) oder Beschwerden bei allen körperlichen Aktivitäten und in Ruhe (NYHA IV) definiert.[87] Bei der Datenauswertung wurden vornehmlich die Patienten mit einem NYHA-Stadium ≥III analysiert.

Linksventrikuläre Ejektionsfraktion:

Die LV-EF wurde aus den Patientendaten zum Zeitpunkt vor Re-Sternotomie ermittelt und in Prozent (%) angegeben. Je nach Wert erfolgte eine Unterteilung in vier Stufen (0-3), wobei „0“ eine gute LV-EF mit einem Wert ≥55 %, „1“ eine leichtgradig eingeschränkte LV-EF mit einem Wert von 45-54 %, „2“ eine mittelgradig eingeschränkte LV-EF mit einem Wert zwischen 30-44 % und „3“ eine hochgradig eingeschränkte LV-EF mit einem Wert <30 % definiert.[88] In unserer Beobachtung wird

die Anzahl der Patienten mit hochgradig eingeschränkter LV-EF (LV-EF <30 %) analysiert.

Akuter Myokardinfarkt:

Als akuter Myokardinfarkt wurde ein ST-Streckenhebungsinfarkt oder Nicht-ST-Streckenhebungsinfarkt in einem Zeitraum von <72 Stunden vor Re-Sternotomie gewertet.

Präoperative Endokarditis:

Eine Endokarditis lag vor, wenn diese als Diagnose aufgeführt wurde oder intraoperativ bestätigt werden konnte.

Vorherige sternale Wundheilungsstörung:

Ein Zustand nach sternaler WHST lag bei den Patienten vor, welche im Rahmen einer vorherigen Sternotomie eine solche diagnostiziert bekommen hatten. Dabei wurde die jeweilige Therapie nicht berücksichtigt.

EuroSCORE:

Der EuroSCORE dient der Risikostratifizierung der intraoperativen Sterblichkeit. Von den existierenden Modellen werden der logistische EuroSCORE I und der EuroSCORE II verwendet. Zur Berechnung sind sowohl Patienten-assoziierte als auch prä- und perioperative Parameter notwendig. Für die Berechnung des logistischen EuroSCORE I sowie des EuroSCORE II werden sowohl die durch Dr. Antony R. Goldstone (Abteilung für Radiologie und Nuklearmedizin, Castle Hill Krankenhaus in Hull, Großbritannien) freundlicherweise zur Verfügung gestellte Excel-Datei „EuroSCORE Research 500.xls“ als auch die interaktiven Rechner auf der offiziellen Internetwebsite von EuroSCORE.org des EuroSCORE verwendet.[64,67] Über die Cockroft-Gault-Formel wurde aus Kreatinin, Alter, Körpergewicht und Geschlecht die GFR errechnet.[89]

Beim logistischen EuroSCORE I werden die patienten-assoziierten Parameter Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen mit COPD, extrakardialer AVK (arterielle Verschlusskrankheit), neurologische Erkrankungen, vorangegangene Perikarderöffnung, präoperatives Kreatinin, akute Endokarditis und der präoperative Status berücksichtigt. Die kardialen Parameter umfassen eine instabile Angina

pectoris, die LV-EF mit Abstufungen (>50 %, 30-50 %, <30 %), einen frischen Myokardinfarkt sowie eine pulmonalarterielle Hypertonie (PAP >60 mmHg). Zu den operativen Parametern zählen eine Notfallindikation, ein Kombinationseingriff, ein Eingriff an der thorakalen Aorta sowie ein postinfarkt-VSD (Ventrikelseptumdefekt).

Beim EuroSCORE II werden die Patienten-assoziierten Parameter um die Nierenfunktion mit Angabe der Kreatinin-Clearance (normal, moderat, schlecht, Dialyse-pflichtig), eine eingeschränkte Mobilität und das Vorhandensein eines Insulin-abhängigen Diabetes mellitus ergänzt. Zu den kardialen Parametern kommen das NYHA-Stadium, die LV-EF mit abgeänderter Abstufung (>50 %, 31-50 %, 21-30 %, <20 %) sowie eine Unterteilung der PAH (PA systol. 31-55 mmHg, PA systol. >55 mmHg) hinzu. Bei den operativen Parametern wird der Punkt Kombinationseingriff um die jeweilige Anzahl erweitert (nur CABG, nur andere, 2 Prozeduren, 3 Prozeduren). Der Parameter des postinfarkt-VSD entfällt hingegen.

Tabelle 5. EuroSCORE Modelle[66,67]

EuroSCORE I (logistisch/ additiv)	EuroSCORE II
Patientenbezogene Parameter	
Alter Geschlecht	
Präoperativ Kreatinin > 200 µmol/	Nierenfunktion *normal (CC >85)* *moderat (CC >50 & <85)* *schlecht (CC <50)* *Dialyse (unabhängig)*
Extrakardiale Arterienerkrankung[2]	
Neurologische Erkrankungen[3]	Eingeschränkte Mobilität[3]
Vorangegangene Perikarderöffnung Chronische Lungenerkrankung[1] Akute Endokarditis[4] Präoperativer Intensivpatient[5]	
	Insulin-pflichtiger Diabetes mellitus
Kardiale Parameter	
	NYHA *I* *II* *III* *IV*
Angina pectoris[6] LV-EF	
gut (>50 %) *moderat (30 – 50 %)* *schlecht (< 30 %)*	gut (>50 %) moderat (31-50 %) schlecht (21-30 %) sehr schlecht (*≤21 %)*
Frischer Myokardinfarkt[7] Pulmonalarterielle Hypertonie	
PAP >60 mmHg	*moderat (PA systol. 31-55 mmHg)* *schwer (PA systol. >55 mmHg)*
Operative Parameter	
Notfallindikation[8]	Indikationseinstufung *elektiv* *dringlich* *Notfall* *unter Reanimation*
Kombinationseingriff: kein isolierter ACVB-Eingriff	Gewicht der Eingriffsform *isolierte CABG* *einzelne nicht-CABG* *2 Interventionen* *3 Interventionen*
Eingriff thorakale Aorta	
Postinfarkt VSD	

***(1)** Langzeitanwendung von Bronchodilatatoren oder Steroiden **(2)** bei Vorliegen einer der folgenden Symptome/Erkrankungen: Claudicatio, A. carotis Verschluss oder Stenose 50%, vorausgegangene oder indizierte Operation an der Aorta, den Arterien der unteren Extremität oder den Carotiden **(3)** Erkrankungen, die die Fortbewegung oder den Alltagsablauf einschränken **(4)** mit andauernder Antibiotikagabe **(5)** (eine oder mehrere aus folgenden Punkten unabhängig von der Zahl der Kriterien): Z.n. mechanischer Reanimation, Beatmung, präoperativ IABP, präoperativ katecholaminpflichtig, Nierenversagen, Oligurie > 10ml/h, Kammertachykardie, Kammerflimmern, Asystolie **(6)** i.v. Nitro bis zur Narkoseeinleitung **(7)** <90 Tage **(8)** Notfallindikation OP sofort oder vor Beginn des nächsten Arbeitstages **CC** Creatinin-Clearance **PA systol.** pulmonal arteriell systolisch*

Anhand der berechneten Punkte (in %) des jeweiligen EuroSCORE lässt sich eine Risikobewertung in folgenden Abstufungen angeben:

Tabelle 6. Risikobewertung EuroSCORE I/ II[65]

	EuroSCORE I (log./ add.)	**EuroSCORE II**
Risiko	Punkte (in %)	
gering	0-2	≤4
mittel	3-5	4-9
hoch	>6	≥9

log. = logistisch; add. = additiv

Eingriffsformen bei primärer Sternotomie:

Ein Einschlusskriterium in die Beobachtung ist die Durchführung von mindestens zwei medianen Sternotomien.

Hierfür wurde das Patientenkollektiv auch auf die jeweilige Eingriffsform bei ursprünglicher Sternotomie untersucht. Es erfolgte die Einteilung nach entsprechender Eingriffsform mit isolierter CABG, isoliertem Klappenersatz oder -Rekonstruktion (Aorten-, Mitral-, Trikuspidalklappe), isolierter Operation der thorakalen Aorta, CABG in Kombination mit entweder einem Klappenersatz/ -Rekonstruktion oder Operation der thorakalen Aorta sowie Anderer. Die Untergruppe „Andere“ beinhaltet in Einzelfällen neben rein kardiovaskulären Eingriffsformen (z. B. PFO-Verschluss, orthotope HTx, Korrektur angeborener Herzfehler) auch explorative Thorakotomien oder Kielbrust-Operationen.

Die erhobenen Daten werden als Häufigkeitsverteilung der ursprünglichen Eingriffsformen in einem Balkendiagramm dargestellt.

Eingriffsformen und Zeitpunkt bei Re-Sternotomie:

Eine weitere Voraussetzung zum Einschluss ist ein Abstand von mindestens sechs Monaten zwischen ursprünglicher und Re-Sternotomie. Die Anzahl an bereits erfolgten Sternotomien wurde hierbei für die folgenden Analysen nicht weiter berücksichtigt.

Wie bereits bei der ursprünglichen Sternotomie wurde das Patientenkollektiv nach der

jeweiligen Eingriffsform betrachtet und in Gruppen unterteilt. Formal kann die Eingriffsform der Re-Sternotomie zu den perioperativen Risikofaktoren gezählt werden. Um einen Vergleich zwischen der primären und Re-Sternotomie veranschaulichen zu können, wird diese separat mittels Balkendiagramm dargestellt.

Im Gegensatz zu der ursprünglichen Sternotomie handelt es sich bei der Untergruppe „Andere“ ausschließlich um kardiovaskuläre Operationen, wie zum Beispiel Implantation eines Assist Device, orthotope HTx oder Eingriffe am Perikard.

Zu den perioperativen Variablen:

Einstufung der Operation:

Die Dringlichkeit der Operation wird in den Stufen „elektiv“, „dringlich“ und „Notfall“ angegeben und anhand des Operations- oder Anästhesieberichts ermittelt.

Operationsdauer, Bypass- und Aortenklemmzeit:

Die Dauer der Operation wurde ebenfalls anhand des Operations- oder Anästhesieberichts ermittelt und in Minuten angegeben. Ebenso wurde mit der Bypass- und Aortenklemmzeit verfahren.

Zu den postoperativen Variablen:

Neue Dialyse/Hämofiltration:

Es wurden die Patienten ermittelt, welche postoperativ eine Dialysetherapie oder Hämofiltration erhielten, ohne zuvor eine solche erhalten zu haben. Neben der Indikation wurde die Therapiedauer nicht weiter analysiert.

Dauer der mechanischen Beatmung:

Die Dauer der mechanischen Beatmung wurde anhand der Intensivkurven ermittelt und in Minuten angegeben. Bei kurzfristiger Re-Intubation wurde die darauffolgende Beatmungsdauer addiert.

Dauer Intensivaufenthalt:

Die Dauer des Intensivaufenthalts wurde anhand der Intensivkurven ermittelt und in

Tagen angegeben.

Postoperative Reanimation:

Ebenfalls ermittelt wurden die Patienten, bei denen es nach Re-Sternotomie zu einer mechanischen Reanimation kam, wobei die Dauer der Reanimationsmaßnahmen vernachlässigt wurde.

Bronchopulmonaler Infekt:

Ein postoperativ aufgetretener bronchopulmonalen Infekt wurde über die Auflistung in den Entlassungsdiagnosen definiert.

Re-Thorakotomie bei Blutung:

Anhand von Operationsberichten oder entsprechenden Verlaufsberichten wurden die Patienten ermittelt, welche im zeitnahen postoperativen Verlauf aufgrund von Blutungen einer erneuten Sternotomie unterzogen wurden.

Postoperative sternale Wundheilungsstörung:

Eine sternale Wundheilungsstörung wurde angenommen, wenn diese in den Diagnosen des jeweiligen Entlassungsbriefes unserer Klinik oder, wenn vorhanden, im Entlassungsbrief der Rehabilitationsklinik als solche aufgeführt wurde.

Therapieformen der sternalen Wundheilungsstörung:

Patienten, die postoperativ eine sternale Wundheilungsstörung entwickelten, wurden zusätzlich auf die folgende Therapie einer solchen untersucht. Zum Therapiestandard einer sternalen Wundheilungsstörung gehört in unserer Klinik je nach Klassifikation ein konservativer Ansatz mit lokaler Therapie und optionaler VAC-Therapie, ein chirurgischer Ansatz mit VAC-Therapie, Re-Verdrahtung, Verplattung mittels Sternumfixationssystemen oder die Kombination der Genannten. Dargestellt werden die Ergebnisse in tabellarischer Form, wobei jeder Patient und die Therapie einzeln aufgeführt wird.

Outcome nach Re-Sternotomie:

Das Outcome wurde als 30-Tage-Mortalität definiert, welche aus dem Abstand von OP-Datum zum Versterben des Patienten errechnet wurde.

Gesondert betrachtet wurde die 30-Tage-Mortalität in Zusammenhang mit der jeweiligen Eingriffsform. Hierzu wurde je für CABG, Klappen-Operationen, Operationen der thorakalen Aorta, CABG in Kombination mit anderen, Kombinationseingriffe ohne CABG sowie andere kardiale Eingriffe die entsprechende 30-Tage-Mortalität berechnet. Zur Veranschaulichung werden die Ergebnisse tabellarisch dargestellt.

2.3. Durchführung

Die Datenerhebung erfolgte aus den Programmen für Patientendaten ORBIS KIS® und CARDAS®. Ergänzende Informationen wurden aus nachträglich digitalisierten Patientenakten über das klinikinterne Archivprogramm Enaio® ermittelt. Ausgewertet wurden demographische, operative und postoperative Parameter.

2.4. Statistische Auswertung

Die Datenauswertung erfolgte mittels IBM SPSS Statistics® (Version 26.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

Zur Erfassung der Daten wurde eine Excel®- Datenbank (Microsoft®) mit den entsprechenden Variablen und dessen Merkmalsausprägungen angefertigt und zur besseren Übersicht eine Gliederung in prä-, peri- und postoperative Variablen erstellt. Die Ergebnisse wurden zur deskriptiven Darstellung in graphischen oder numerischen Abbildungen zusammengefasst.

Die Auswertung unterscheidet kontinuierliche, kategoriale oder ordinale Variablen:

- **Kontinuierliche Variablen:** Hierzu zählen Alter, BMI, linksventrikuläre Ejektionsfraktion, prä-operativer Kreatinin-Wert, Operationsdauer, Aortenklemm- sowie Bypasszeit, Dauer der mechanischen Beatmung, Dauer des Intensivaufenthalts, Abstand zwischen Operation und Entlassung sowie zwischen Operation und Tod. Diese werden als Mittelwert (MD) und entsprechende Standardabweichung (SD) angeben.

- **Kategoriale oder ordinale Variablen:** Diese Variablen umfassen Geschlecht, Eingriffsform, EuroSCORE, Komorbiditäten wie Diabetes mellitus, Hyperlipoproteinämie, COPD, arterielle Hypertonie, pAVK, Nikotinabusus, Z.n. sternaler WHST, OP-Einstufung in dringlich und notfallmäßig, neue Dialyse oder

postoperativer bronchopulmonaler Infekt, Re-Thorakotomie bei Blutung, Auftreten von sternaler Wundheilungsstörung und Mortalität. Zur Darstellung sind diese Variablen mit ihrer Merkmalsausprägung (n) und entsprechendem Prozent bezogen auf die jeweilige Grundgesamtheit (N) angegeben.

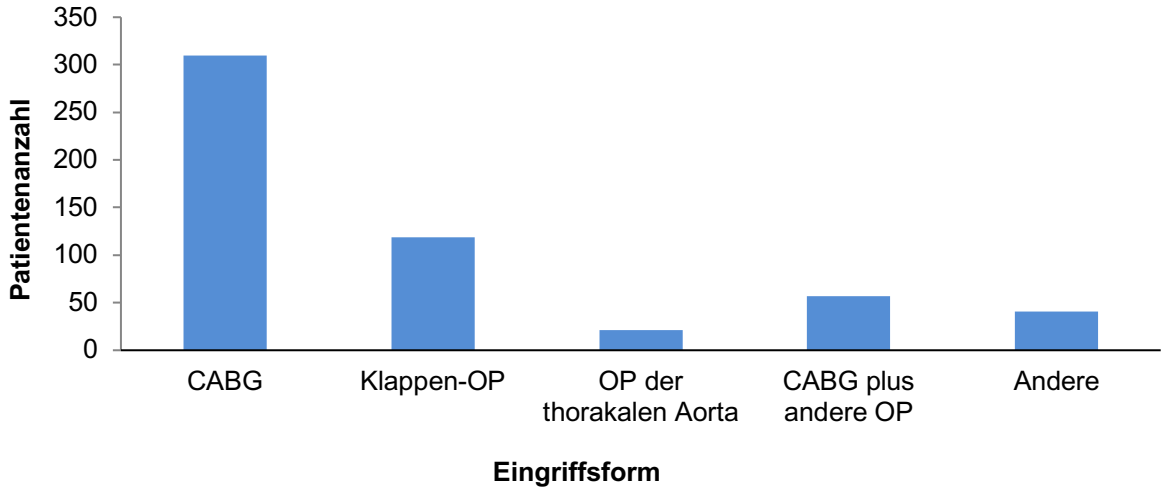
Zur Untersuchung der Normalverteilung der Daten wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test angewendet.

3. Ergebnisse

3.1. Häufigkeitsverteilung der ursprünglichen Eingriffsformen

Das Durchschnittsalter bei ursprünglicher medianer Sternotomie lag bei 55,8±14,0 Jahre. Von 548 Patienten (99,46 %) konnte die ursprüngliche Eingriffsform ermittelt werden.

Insgesamt 310 (56,57 %) Patienten erhielten eine CABG, bei 44 (14,19 %) Patienten wurden beide Aa. thoracicae internae (BIMA; rot) verwandt, bei 18 (5,81 %) Patienten die A. radialis. Bei 119 (21,72 %) Patienten wurde ein Klappenersatz oder -Rekonstruktion durchgeführt. Die kleinste Gruppe stellte die Eingriffe an der thorakalen Aorta (n=21; 3,83 %) dar. Einen Kombinationseingriff (CABG und Klappen-Operation, CABG und Operation der thorakalen Aorta, oder CABG und andere kardiovaskuläre Operationen) erhielten 57 (10,40 %) der Patienten. Bei insgesamt 41 (7,48 %) der Patienten wurden andere Operationen, wie z. B. Kombinationseingriffe ohne CABG, Herztransplantation oder Transplantation eines Assist Devices (n=41; 7,48 %) durchgeführt. Mit der Grafik wird deutlich, dass bei mehr als der Hälfte des Patientenkollektivs eine CABG die Indikation zur ursprünglichen Sternotomie darstellt.



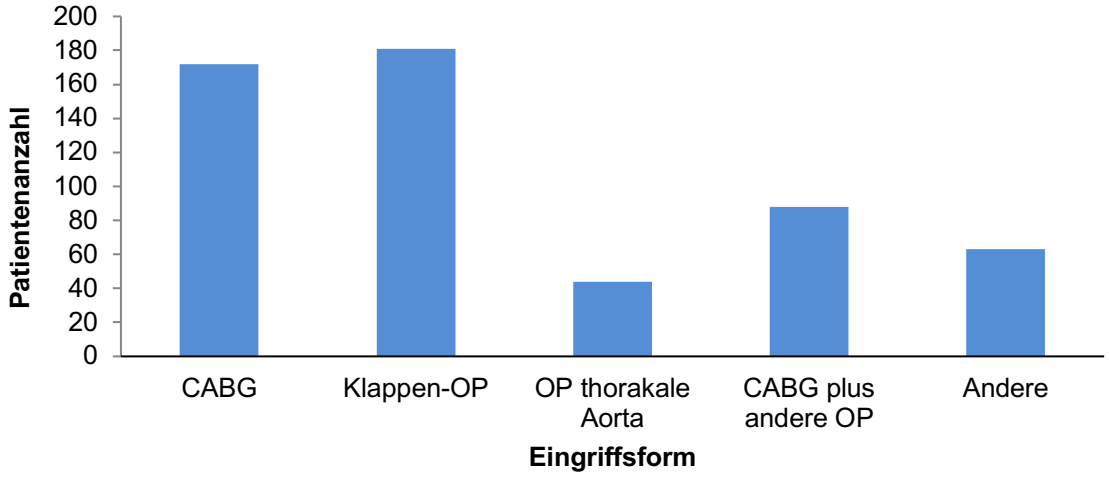
CABG= coronary artery bypass grafting; BIMA= bilateral internal mammary artery, Andere= Kombinationseingriffe ohne CABG, HTx, Transplantation Assist Device

Abbildung 3. Ursprüngliche Eingriffsformen

3.2. Häufigkeitsverteilung der Eingriffsformen bei Re-Sternotomie

Von 551 Patienten erhielten 48 (8,7 %) Patienten bereits die dritte, 10 (1,81 %) Patienten die vierte und ein (0,18 %) Patient mit Fallot`scher Tetralogie die fünfte Sternotomie. Bei 16 Patienten lag die letzte Sternotomie weniger als 12 Monate zurück. Der Abstand zwischen ursprünglicher und Re-Sternotomie betrug im Mittel 12,3±8,1 Jahre. Bei allen 551 Patienten konnte die Indikation zur Re-Sternotomie ermittelt werden.

Insgesamt 172 (31,22 %) Patienten erhielten eine isolierte CABG-Operation, wovon bei jeweils 10 (5,81 %) Patienten beide Aa. thoracicae internae verwendet wurden und bei 33 (19,19 %) die A. radialis. Eine reine Klappen-OP mit Herzklappenersatz oder -Rekonstruktion wurde bei 181 (32,85 %) Patienten durchgeführt. Bei 44 (7,99 %) Patienten wurde eine Operation der thorakalen Aorta durchgeführt. Einen Kombinations-Eingriff (CABG und Klappen-Operation, CABG und Operation der thorakalen Aorta, oder CABG und andere kardiovaskuläre Operationen) erhielten 91 (16,52 %) der Patienten. Die Anzahl kardialer Operationen mit anderer Indikationsstellung, auch Kombinationseingriffe ohne CABG mitberücksichtigt, betrug 63 (11,43 %).



CABG= coronary artery bypass grafting; BIMA= bilateral internal mammary artery; Andere= Kombinationseingriffe ohne CABG, HTx, Transplantation Assist Device

Abbildung 4. Eingriffsformen bei Re-Sternotomie

3.3. Präoperative Variablen assoziiert mit sternaler WHST

Die Ergebnisse der demographischen Daten wurden im Folgenden tabellarisch aufgelistet. Entsprechend der Erläuterung unter 2.1. wurde je nach Variable die Merkmalsausprägung (n) mit entsprechender Prozentzahl (%) oder ein Mittelwert mit jeweiliger Standardabweichung angegeben.

Die Auswertung der Daten von kumulativ 551 Patienten zeigte, dass 121 (22 %) Patienten weiblich waren. Das Durchschnittsalter lag bei 68,1±11,3Jahren.

128 Patienten (23,2 %) waren an einem Diabetes mellitus erkrankt, wovon 28 (5,1 %) Patienten an einem Insulin-abhängigen Diabetes mellitus (IDDM) erkrankt waren. Von allen 551 Patienten ließ sich der Body-Mass-Index (BMI) errechnen, welcher 22,80±13,22 kg/m^2 betrug. Bei 173 Patienten (31,4 %) war der BMI ≥30 kg/m^2. Die Vordiagnose einer arteriellen Hypertonie oder Hyperlipoproteinämie ließ sich bei jeweils 412 (74,8 %) und 305 (55,4 %) Patienten ermitteln. Der präoperative Kreatinin-Wert lag bei 102,11±65,39 µmol/l. Insgesamt 20 Patienten (3,6 %) waren bereits präoperativ chronisch dialysepflichtig.

Weiter waren 50 (9,1 %) Patienten an einer COPD erkrankt, bei insgesamt 60 Patienten (11 %) bestand ein aktiver Nikotinabusus. Bei 72 (13,1 %) Patienten war eine pAVK bekannt.

Das NYHA-Stadium lag im Mittel bei Stadium II, wobei bei 211 (38,9 %) Patienten ein Stadium ≥ III vorlag. Von kumulativ 512 Patienten konnte die LV-EF (in %) ermittelt werden. Diese lag im Mittel bei 53,75±17,10. Bei 275 (54,7 %) Patienten betrug die LV-EF ≥55 %, bei 102 (19,9 %) zwischen 45-54 %, bei 83 (16,2 %) zwischen 30-44 % und bei 52 (10,2 %) <30 %.

Einen akuten Myokardinfarkt innerhalb 72 Stunden präoperativ erlitten 23 (4,2 %) Patienten. Bei 52 (9,5 %) Patienten wurde präoperativ eine Endokarditis diagnostiziert.

Bei 8 Patienten (1,5 %) war eine vorherige sternale WHST nach Sternotomie bekannt.

Tabelle 7. Präoperative Variablen

Variable	n	(%)	M	SD
Alter (in Jahren)			68,05	11,28
Weibl. Geschlecht	121	22,0		
Diabetes mellitus	128	23,2		
Insulin-abhängiger Diabetes mellitus	28	5,1		
BMI			22,80	13,22
BMI ≥30 kg/m^2	173	31,4		
Hypertension	412	74,8		
Hyperlipoproteinämie	305	55,4		
pAVK	72	13,1		
Kreatinin präoperativ (µmol/l)			102,11	65,39
Chron. Dialyse prä-operativ	20	3,6		
COPD	50	9,1		
Nikotinabusus (aktiv)	60	11		
NYHA			2,08	0,97
NYHA ≥ III	211	38,9		
LV-EF >55 %	275	54,7		
LV-EF 45-54 %	102	19,9		
LV-EF 30-44 %	83	16,2		
LV-EF <30 %	52	10,2		
Akuter Myokardinfarkt (präoperativ innerhalb 72h)	23	4,2		
Prä-OP Endokarditis	52	9,5		
Z.n. sternaler Wundheilungsstörung	8	1,5		

LV-EF= linksventrikuläre Ejektionsfraktion; NYHA= New York Heart Association; BMI= Body-Mass-Index; COPD= chronisch obstruktive Lungenerkrankung; pAVK= periphere arterielle Verschlusskrankheit; n = Merkmalsausprägung; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung

3.4. Geschlechterverteilung in Bezug auf das Alter

Das Durchschnittsalter bei der primären Sternotomie betrug einen Mittelwert von 55,8±14,0 Jahre. Bei der Re-Sternotomie lag dieser bei 68,1±11,3 Jahre.

Das abgebildete Diagramm präsentiert die Geschlechterverteilung bei Re-Sternotomie in Bezug auf vier unterschiedliche Altersgruppen. Diese stellen jeweils die Altersgruppe <55, 55-65, 66-75 und >75 Jahre dar. Das Alter der männlichen Patienten lag im Mittel bei 67,8±11,2 Jahre, dass der weiblichen Patienten betrug 69,0±11,3 Jahre.

Die Mehrheit der Patienten (n=380; 69,0 %) gehörte den Altersgruppen 66-75 bzw. >75 Jahre an, wobei davon 246 (74,74 %) der Altersgruppe 66-75 zugeteilt werden konnten. Hervorzuheben ist ein im Vergleich höherer Anteil an weiblichen Patienten der Altersgruppe ≥66 Jahre mit 76,03 % (n=92) im Vergleich zu männlichen Patienten mit 66,98 % (n=288).

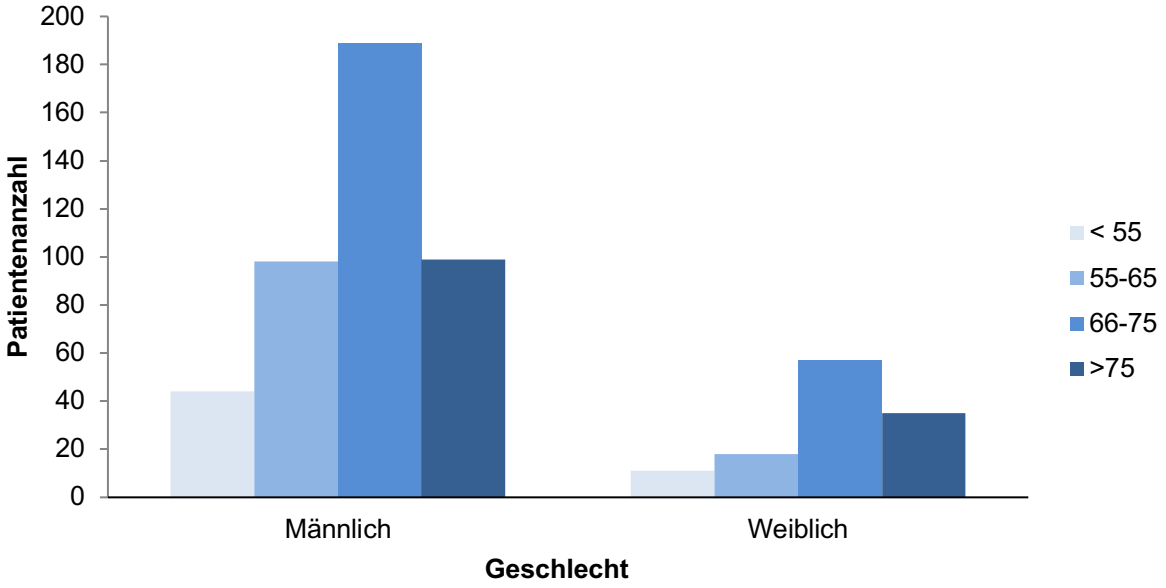
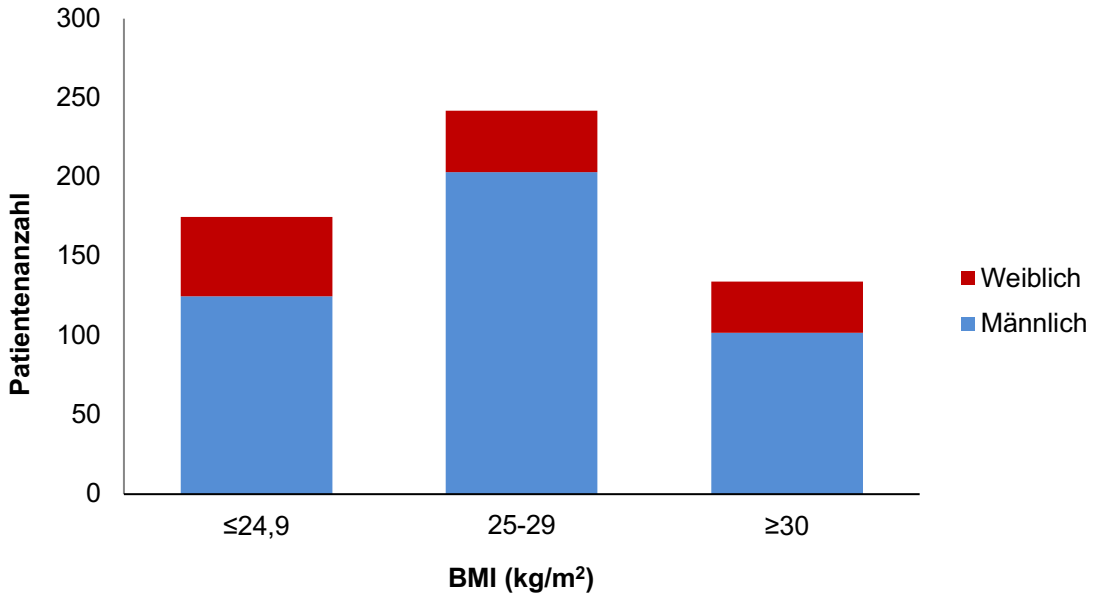


Abbildung 5. Geschlechterverteilung nach Altersgruppen

3.5. BMI als eigenständiger präoperativer Risikofaktor

Bei allen 551 Patienten konnte der BMI zum Zeitpunkt der Re-Sternotomie ermittelt werden. Von 175 (31,8 %) Patienten mit einem BMI ≤24,9 kg/m^2 waren 125 (28,6 %) weiblich. Eine Prä-Adipositas mit einem BMI zwischen 25-29 kg/m^2 lag bei 242 (44 % männlich; 16,1 % weiblich) Patienten vor. Bei 144 (26,1 %) Patienten bestand eine Adipositas Grad I (BMI ≥30 kg/m^2), wovon 32 (22,2 %) Patienten weiblich waren.

Definitionsgemäß war mit 68,2 % (n=376) die Mehrheit der eingeschlossenen Patienten mindestens als prä-adipös eingestuft.

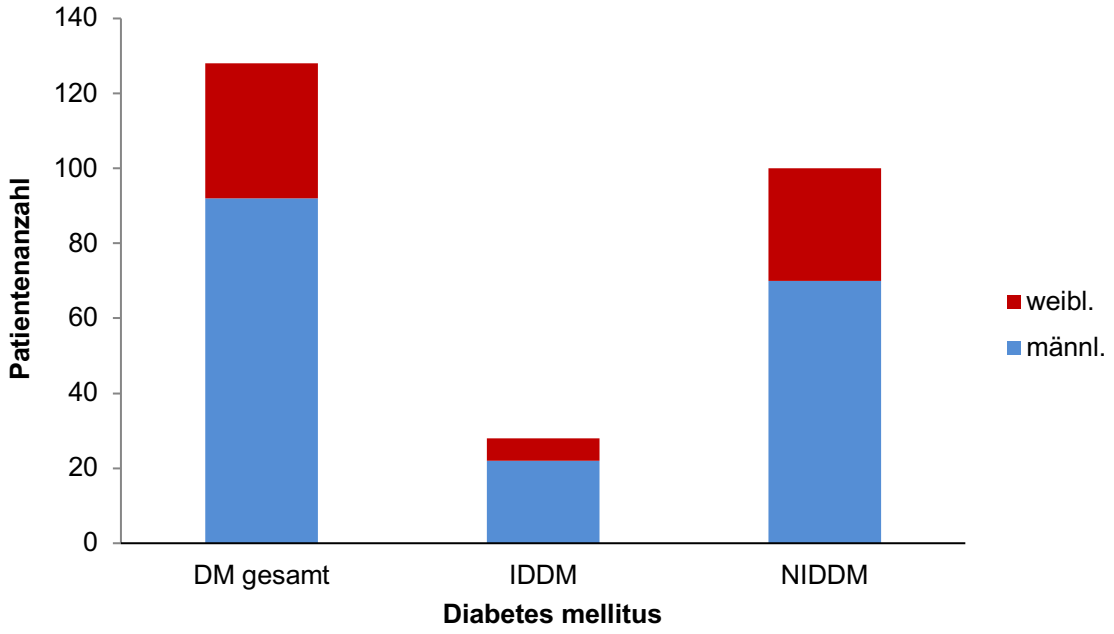


BMI= Body-Mass-Index, (kg/m^2)

Abbildung 6. Geschlechterspezifische Verteilung des BMI (kg/m^2)

3.6. Diabetes mellitus als eigenständiger präoperativer Risikofaktor

Dargestellt ist die geschlechterspezifische Gesamtverteilung aller an einem Diabetes mellitus erkrankten Patienten sowie die Unterteilung in Insulin-abhängigen und nicht Insulin-abhängigen Diabetes mellitus. Von 551 Patienten waren 128 (23,2 %) Patienten an einem Diabetes mellitus erkrankt. Hiervon waren 36 (28,1 %) weiblich. Bei 28 (21,9 %) Patienten lag ein Insulin-abhängiger Diabetes mellitus vor, wobei 6 (4,7 %) weiblich waren.



DM= Diabetes mellitus; IDDM= Insulin-abhängiger Diabetes mellitus; NIDDM= nicht Insulin-abhängiger Diabetes mellitus

Abbildung 7. Häufigkeits- und Altersverteilung bei Diabetes mellitus

3.7. EuroSCORE zur Risikoabschätzung einer sternalen WHST

Der EuroSCORE ist ein valides Maß zur Risikoabschätzung der intraoperativen Mortalität bei kardiochirurgischen Eingriffen.

Tabellarisch dargestellt sind der logistische EuroSCORE (log. EuroSCORE) und der modifizierte EuroSCORE II. Von insgesamt 499 (90,6 %) Patienten konnten alle notwendigen Variablen zur Berechnung des log. EuroSCORE und EuroSCORE II erhoben werden.

Der gemittelte log. EuroSCORE betrug 23,87±10,29 %. Der gemittelte EuroSCORE II lag dagegen bei 10,29±10,30 %.

Es zeigt sich, dass mit dem log. EuroSCORE eine deutlich höhere Mortalität ermittelt wurde als mit dem EuroSCORE II, wobei die Standardabweichung beider Modelle annähernd gleich war.

Tabelle 8. Logistischer EuroSCORE/ EuroSCORE II

EuroSCORE Modell	M	SD
Log. EuroSCORE	23,87	10,29
EuroSCORE II	10,29	10,30

M = Mittelwert; SD = Standardabweichung

3.8. Perioperative Variablen assoziiert mit sternaler WHST

Die Ergebnisse der perioperativen Variablen werden, wie bereits die präoperativen Variablen in tabellarischer Form dargestellt. Bezüglich der OP-Einstufung erfolgte die Unterteilung in die Subgruppen „Elektiv“, „Dringlich“ und „Notfall“. Von 551 Patienten wurde bei 423 (76,8 %) eine elektive, bei 88 (16,0 %) eine dringliche und bei 39 (7,1 %) eine notfallmäßige Indikation zur Operation gestellt. Die Operations-Dauer wies einen Mittelwert von 324,28±90,32 Minuten auf. Die Bypass-Zeit und Aorten-Klemmzeit lag jeweils bei einem Mittelwert von 168,21±64,12 Minuten und 104,73±57,42 Minuten.

Tabelle 9. Perioperative Variablen

Variable	n	(%)	M	SD
OP-Einstufung:				
Elektiv	423	76,8		
Dringlich	88	16,0		
Notfall	39	7,1		
OP-Dauer (min.)			324,28	90,32
Bypass-Zeit (min.)			168,21	64,12
Aorten-Klemmzeit (min.)			104,73	57,42

n = Merkmalsausprägung; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung

3.9. Postoperative Variablen assoziiert mit sternaler WHST

Die Ergebnisse der postoperativen Variablen werden ebenfalls wie in Tabelle 6. und 8. dargestellt. Bei 49 (9,1 %) Patienten musste postoperativ eine neue, zumindest temporäre Dialyse oder ein Hämofiltrationsverfahren etabliert werden. Die durchschnittliche Beatmungsdauer betrug 59,38±148,86 Stunden. Die Intensivdauer lag im Schnitt bei 6,81±13,04 Tagen. Eine postoperative Reanimation erfolgte bei 25 (4,6 %) Patienten. An einem bronchopulmonalen Infekt erkrankten 72 (13,2 %) Patienten. Eine Re-Thorakotomie aufgrund von Blutungskomplikationen war bei 39 (7,2 %) Patienten notwendig.

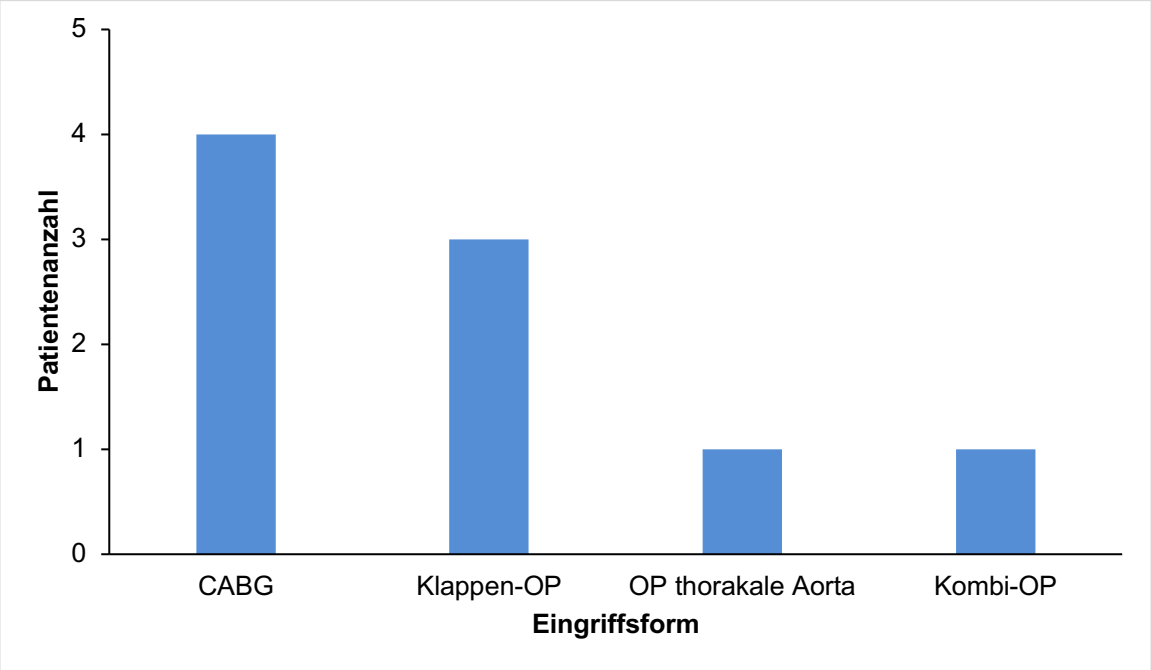
Tabelle 10. Postoperative Variablen

Variable	n	(%)	M	SD
Dialyse/Hämofiltration postoperativ (neu)	49	9,1		
Dauer mechanische Beatmung (Stunden)			59,38	148,86
Intensivdauer (Tage)			6,81	13,04
Reanimation postoperativ	25	4,6		
Bronchopulmonaler Infekt	72	13,2		
Re-Thorakotomie wegen Blutung	39	7,2		

n = Merkmalsausprägung; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung

3.10. Sternale WHST und ihre Häufigkeit nach Eingriffsform

Bei 9 Patienten (1,63%) von 551 Patienten wurde postoperativ eine sternale WHST dokumentiert. Von 9 Patienten mit sternaler WHST erhielten 4 (44,4 %) zuvor eine CABG, 3 (33,3 %) eine Klappen-Operation und jeweils einer (11,1 %) eine Operation der thorakalen Aorta oder Kombinations-Operation (CABG plus Aortenklappen-Ersatz). Hierbei ist zu erwähnen, dass bei dem Patienten, der eine sternale WHST nach Kombinationseingriff hatte, eine CABG Teil des Eingriffes war.



CABG= coronary artery bypass grafting

Abbildung 8. WHST in Bezug auf die Eingriffsform

3.11. Therapieformen bei sternaler WHST

Von den insgesamt 9 Patienten mit sternaler WHST erfolgte bei 5 Patienten eine konservative Behandlungsstrategie. Bei jeweils einem dieser Patienten wurde die konservative Behandlung um eine VAC-Therapie oder Antibiose ergänzt, bei einem Patienten wurden beide Therapien kombiniert. Bei 2 Patienten erfolgte nach abgeschlossener VAC-Therapie ein sekundärer Wundverschluss. Ein Patient wurde mittels Re-Verdrahtung ein anderer mit zusätzlicher Sternumteilresektion versorgt.

Tabelle 11. Therapieformen bei sternaler Wundheilungsstörung

Therapieform / Patient	konservativ	Antibiose	VAC	Sekundär-naht	Re-verdrahtung	Sternumteilresektion
1	x					
2	x	x	x			
3			x	x		
4					x	
5			x	x		
6	x					
7					x	x
8	x	x				
9	x		x			

VAC= Vacuum Assisted Closure

3.12. Outcome nach Re-Sternotomie

Von 551 Patienten sind insgesamt 46 (8,35 %) noch vor Entlassung verstorben. Die 30-Tage-Mortalität des gesamten Patientenkollektiv lag bei 7,6 % (n=42). Der Abstand zwischen Operation und Versterben der Patienten lag bei 15,32±22,12 Tagen. Todesursache war bei 30,43 % (n=14) der 46 Patienten eine Sepsis, bei 23,91 % (n=11) ein Multiorganversagen und bei 21,74 % (n=10) ein kardiales Geschehen. Bei 13,04 % (n=6) lag entweder eine zerebrale oder andere Ursache zu Grunde. Von 5 (10,87 %) Patienten konnte die genaue Todesursache nicht ermittelt werden. Von den 46 Patienten verstarben 3 (6,52 %) Patienten in tabula.

In Assoziation mit den Eingriffsformen ließ sich eine jeweilige 30-Tage-Mortalität von 5,23 % bei Patienten mit CABG, 5,52 % bei Patienten mit Klappenersatz oder -Rekonstruktion, 9,09 % bei Patienten mit Operationen der thorakalen Aorta sowie 8,79 % bei Patienten mit einer CABG in Kombination mit einem anderen Eingriff nachweisen. Die Sterblichkeit bei Kombinationseingriffen ohne CABG lag bei 14,29 %, bei anderen Operationen lag diese bei 17,46 %. Diese umfassen insbesondere orthotope Herztransplantationen sowie die Implantation von permanenten mechanischen kardialen Unterstützungssystemen.

Tabelle 12. 30-Tage-Mortalität in Abhängigkeit von der Eingriffsform

Eingriffsform	30-Tage-Mortalität in %; (n)
CABG	5,23 (9)
Klappen-OP	5,52 (10)
Aorten-OP	9,09 (4)
Kombinationseingriffe mit CABG	8,79 (8)
Kombinationseingriffe ohne CABG	14,29 (4)
Andere	17,46 (7)

CABG = coronary artery bypass grafting; n = Merkmalsausprägung

4. Diskussion

Zielsetzung der Arbeit war es, die von Januar 2007 bis einschließlich Dezember 2016 am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein Campus Kiel erhobenen Patientendaten in Hinblick auf eine sternale WHST nach Re-Sternotomie sowie das postoperative Outcome und die Mortalität retrospektiv zu analysieren. Wie in den Ergebnissen gezeigt wurde, konnten 551 Patienten hinsichtlich ihres Risikoprofils analysiert werden. Dabei wurde bei 9 Patienten eine sternale WHST nach Re-Sternotomie beschrieben. Die 30-Tage-Mortalität lag bei 7,6 %.

4.1. Patientenkollektiv

Die Patienten wurden alle an einem Zentrum einer Re-Sternotomie unterzogen und die erhobenen Daten retrospektiv betrachtet. Vergleichbare Studien wie zum Beispiel Colkesen et al. (2015) oder Gallo et al. (2020) ähnelten somit in ihrem Studienaufbau unserer Beobachtung.[23,24] Die Durchführung an einem Zentrum setzt dabei nicht immer voraus, dass ein und derselbe Operateur die Re-Sternotomie durchgeführt hat. Maltais et al. (2017) berichteten, dass über den beobachteten Zeitraum unterschiedliche Chirurgen die Re-Sternotomie durchgeführt haben, wobei keine erhöhte Mortalität bei Re-Sternotomie beobachtet werden konnte.[27] Auch in unserem Zentrum führten über den beobachteten Zeitraum unterschiedliche Operateure die Re-Sternotomie durch. Dabei war die Anzahl an postoperativer sternaler WHST vergleichsweise gering und das Mortalitätsrisiko niedrig. Dies verleitet zu der Annahme, dass nicht ausschließlich die technischen Fähigkeiten des Operateurs Einfluss auf ein positives Outcome bei Re-Sternotomie haben, wie zum Beispiel Galbut et al. (1990) mutmaßten.[90] Bilal et al. (2015) beschrieben die Kombination aus detaillierter präoperativer Planung und operativen Fähigkeiten als Schlüsselfaktoren für ein positives Outcome nach Re-Sternotomie. Losanoff et al. (2002) sahen bei der Entstehung einer sternalen WHST insbesondere das postoperative Management mit frühzeitiger Erkennung einer solchen als essenziell.[37] Es kann daher angenommen werden, dass vielmehr die Kombination aus präzisem prä-, peri- und postoperativem Management die Entstehung von sternalen WHST und das Outcome maßgeblich beeinflusst.

Unser Patientenkollektiv war ohne Vergleichskohorte und somit lediglich deskriptiv zu

betrachten. Es handelte sich dabei ausschließlich um Patienten, welche mindestens eine Re-Sternotomie mit einem Abstand von mindestens sechs Monaten zwischen den beiden Eingriffen erhalten haben. In diesem Punkt unterscheidet sich unsere Beobachtung im Vergleich zu anderen Studien zum Thema Re-Sternotomie. Gallo et al. (2020) schlossen ausschließlich Patienten mit einer CABG als Eingriffsform bei Re-Sternotomie ein.[23] Ghoreishi et al. (2013) bildeten ihr Patientenkollektiv lediglich aus Patienten mit Operation der Mitralklappe.[25] Beide konnten für das jeweilige Kollektiv keine erhöhte Mortalität bei Re-Sternotomie im Vergleich zur primären Sternotomie zeigen.[23,25] Wie bereits beschrieben, wurden in unserer Beobachtung alle kardiochirurgischen Eingriffsformen berücksichtigt, welche einer medianen Längssternotomie bedurften. Colkesen et al. (2015) oder auch Lemaire et al. (2016) berücksichtigten ebenfalls alle Eingriffsformen. Im Hinblick auf den beobachteten Zeitraum stellt unserer Kohorte im Vergleich mit anderen Studien bezüglich der Re-Sternotomien eine der Größten dar.[24,26] Für die Bildung zukünftiger Patientenkohorten scheint die Gegenüberstellung von Patienten mit und ohne sternaler WHST nach Re-Sternotomie geeignet, um weitere mögliche Risikofaktoren für eine sternale WHST und das Outcome bei Patienten mit sternaler WHST nach Re-Sternotomie zu analysieren.

4.2. Ergebnisse

Ein präzises Management bei Re-Sternotomie ist Voraussetzung für ein gutes Outcome und hat ebenfalls Einfluss auf das Entstehungsrisiko einer sternalen Wundheilungsstörung.[35] Hierzu zählt auch die Erfassung aller Risikofaktoren, die je nach Literatur variieren und deren jeweilige Signifikanz Gegenstand aktueller Diskussionen ist.

4.2.1. Präoperative Variablen

<u>Alter:</u>

Wie eingangs erläutert, konnten multiple Studien zeigen, dass das Patientenalter bei Re-Sternotomie höher ist als bei primärer Sternotomie.[24,27] Dies zeigt sich ebenfalls bei Betrachtung unseres Patientenkollektivs. Jones et al. (2001) sahen jedoch einen signifikanten Unterschied in der Häufigkeit des Auftretens einer sternalen WHST bezogen auf das Patientenalter, sodass das Alter als eigenständiger Risikofaktor

kritisch zu hinterfragen ist.[91]

Das Durchschnittsalter unserer Kohorte entspricht dem Durchschnittsalter vergleichbarer Beobachtungen von Maltais et al. (2017) und Lemaire et al. (2016).[26,27] Es ist davon auszugehen, dass Patienten aufgrund der Alterung der Population sowie des medizinischen Fortschrittes zum Zeitpunkt einer Re-Sternotomie vermehrt Komorbiditäten aufweisen. Es lässt sich daher schlussfolgern, dass ein erhöhtes Risiko, eine sternale WHST zu entwickeln sowie eine Beeinträchtigung des postoperativen Outcomes mit diesen Komorbiditäten einhergeht. Bereits Ghanta et al. (2013) zeigten, dass über einen Beobachtungszeitraum von neun Jahren ein signifikanter Anstieg an Komorbiditäten im Patientenkollektiv zu beobachten ist.[71] Somit ist anzunehmen, dass auch in unserem Patientenkollektiv mit einem Zeitabstand von 12,3±8,1 Jahren zwischen primärer und Re-Sternotomie mit einem signifikanten Anstieg an Komorbiditäten zu rechnen ist.

Geschlecht:

Bezüglich der Geschlechtsverteilung konnte anhand der Ergebnisse gezeigt werden, dass unsere Kohorte vorrangig aus Männern bestand. Dies entsprach dem Ergebnis der Leistungsstatistik der DGTHG aus dem Jahr 2016.[92] Auch die Kohorten bei Lemaire et al. (2016) sowie Gallo et al. (2020) waren vorwiegend männlich.[23,26] Dies führt dazu, dass die Risikofaktoren für eine sternale WHST, welche laut aktueller Studienlage primär mit dem weiblichen Geschlecht vergesellschaftet sind, nur eingeschränkt zu beurteilen sind. Diesbezüglich diskutierten bereits Maltais et al. (2017) eine Bias der Kohorte aufgrund überdurchschnittlich vieler männlicher Patienten.[27]

Diabetes mellitus:

Bei Betrachtung der Studien von Maltais et al. (2017) und Ghoreishi et al. (2013) zeigten unsere Ergebnisse eine vergleichbare Anzahl von an Diabetes mellitus erkrankten Patienten bei Re-Sternotomie.[25,27] Dabei lag die Häufigkeit einer sternalen WHST in der Kohorte von Ghoreishi et al. (2013), welche ausschließlich aus Patienten mit Mitralklappen-Operation gebildet wurde, bei 1,5 %.[25] Daher ist anzunehmen, dass in unserem Kollektiv ein Zusammenhang zwischen der geringen Häufigkeit einer sternalen WHST und der Anzahl an Diabetes mellitus erkrankten Patienten besteht.

Um das Risiko für eine sternale WHST zu reduzieren konnten Furnary et al. (1999) den positiven Effekt einer intraoperativen Insulin-Gabe zeigen.[43] Ergänzend hierzu sahen Zerr et al. (1997), dass die Inzidenz einer WHST mittels Einführung eines Blutzuckerprotokolls in der postoperativen Phase signifikant gesenkt werden konnte.[42] In unserer Beobachtung kann weder über die prä- noch über die postoperative Einstellung des Diabetes eine Aussage getroffen werden, da über den Beobachtungszeitraum keine kontinuierliche Bestimmung des HbA1c-Wertes erfolgte.

Adipositas:

Je nach Definition des BMI mit ≥25 kg/m^2 oder ≥30 kg/m^2 liegt bei 68,2 % respektive bei 31,2% der Patienten unserer Kohorte eine Adipositas vor. Ridderstolpe et al. (2001) sahen insbesondere bei adipösen Patienten mit den Komorbiditäten Diabetes mellitus (IDDM), COPD und pAVK eine restriktive Verwendung beider Aa. thoracicae internae als ratsam zur Vermeidung sternaler WHST.[8] In Zusammenschau der Ergebnisse scheint vielmehr die Adipositas in Kombination mit weiteren Komorbiditäten als risikopotenzierend für eine sternale WHST. Vor diesem Hintergrund ist auch aufgrund der divergenten Definition des BMI (≥25 kg/m^2 versus ≥30 kg/m^2) in früheren Studien die Studie von Nazare et al. (2015) anzuführen, welche die unpräzise Aussagekraft des BMI in Bezug auf die Verteilung von Körperfett und Muskelmasse als Anteil am Gesamtkörperwicht darlegten.[93] Die Vermutung liegt daher nahe, dass die Anzahl der an Adipositas erkranken Patienten in unserer Kohorte höher ist, als es unsere Ergebnisse widerspiegeln.

Hypalbuminämie bei Mangelernährung:

In diesem Zusammenhang muss auch auf eine mögliche präoperativ vorliegende Mangelernährung als Risikofaktor für eine sternale WHST und schlechteres Outcome bei Re-Sternotomie eingegangen werden. Verschiedene Studien assoziieren eine präoperative Hypalbuminämie bei Mangelernährung mit dem vermehrten Auftreten einer sternalen WHST und erhöhter Mortalität.[94,95] Rich et al. (1989) zeigten insbesondere bei älteren Patienten mit einer präoperativ nachgewiesen Hypalbuminämie vermehrt Komplikationen und eine verlängerte Hospitalisierung.[96] Es besteht daher die Empfehlung präoperativ eine eventuelle Hypalbuminämie im

Rahmen einer Mangelernährung zu erkennen und gegebenenfalls mit enteraler Nahrungsergänzung auszugleichen.[15,97]

Metabolisches Syndrom:

Sowohl die arterielle Hypertonie, als auch die Hyperlipoproteinämie zählen zu den Risikofaktoren kardiovaskulärer Erkrankungen. In unserem Patientenkollektiv war bei 74,8 % der Patienten eine arterielle Hypertonie und bei 55,4 % der Patienten eine Hyperlipoproteinämie vorbeschrieben. Auch Maltais et al. (2017) konnten in ihrer Kohorte eine ähnliche Anzahl an Patienten mit arterieller Hypertonie detektieren.[27] Kontrovers hierzu und deutlich erhöht waren die Anzahl bei Ghanta et al. (2013).[71] Gallo et al. (2020) beschrieben sowohl die arterielle Hypertonie als auch die Hyperlipoproteinämie als eigenständige Risikofaktoren.[23] Dabei lassen sich diese Komorbiditäten, wie bereits erwähnt, in Kombination mit Diabetes mellitus und Adipositas, auch als metabolischen Syndroms zusammenfassen. Somit scheinen zukünftige Studien notwendig, um die Kombination der Variablen und deren Einfluss auf das Risiko einer sternalen WHST sowie das postoperative Outcome zu analysieren.

Periphere arterielle Verschlusskrankheit:

Wie eingangs gezeigt, wird die pAVK als Risikofaktor für die sternale WHST diskutiert. Dabei lässt sich annehmen, dass derselbe Pathomechanismus, der bei der Entstehung von Ulzerationen der Extremitäten beobachtet werden kann, auch im Bereich des Sternums wirkt. Ebenso wie Traumata der Extremitäten, insbesondere bei Patienten mit pAVK in Kombination mit einem Diabetes mellitus, eine Wundheilung maßgeblich kompromittieren, kann das Trauma der Sternotomie als vergleichbare Beeinträchtigung gewertet werden. Dabei konnten Maltais et al. (2017) zeigen, dass das Vorliegen einer pAVK das langfristige Überleben von Patienten mit Re-Sternotomie bei Bypass-Operation senkte.[27]

Niereninsuffizienz:

Bei Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz liegt die Annahme nahe, dass Begleiterscheinungen wie Immobilisation, Ödembildung und urämischer Pruritus den Wundheilungsprozess sowie das Outcome maßgeblich beeinflussen. Seth et al. (2013) konnten im Mausmodell eine verzögerte Wundheilung bei chronischer

Niereninsuffizienz nachweisen, welche auf die Entstehung vaskulärer Kalzifikationen mit Mikro- und Makrozirkulationsstörungen zurück geführt werden konnte.[98] Zudem ist bei Dialyse-Patienten die Immunkompetenz kompromittiert, wodurch Sekundärinfektionen keine Seltenheit darstellen. Auch hier konnten Maltais et al. (2017) in ihrer Kohorte eine Übersterblichkeit im Zeitverlauf nachweisen.[27]

COPD und Nikotinabusus:

Diez et al. (2007) konnten in ihrer Studie zeigen, dass bei Vorliegen einer COPD das Risiko einer sternalen Wundheilungsstörung um das Dreifache erhöht war.[40] Loop et al. (1990) konnten insbesondere bei Patienten mit COPD eine häufigere Rate an postoperativen bronchopulmonalen Infektionen nachweisen.[53] Je nach Therapieeinstellung der COPD ist auch eine Immunsuppression im Rahmen einer Steroidtherapie als ursächlich anzunehmen. In zukünftigen Studien sollte daher die jeweiligen GOLD-Klassifikation erhoben werden, um den präoperativen Zustand des Patienten besser abbilden zu können. Auch ist die Berücksichtigung der GOLD-Klassifikation in präoperativen Risikostratifizierungen der sternalen WHST und des Outcomes bei Re-Sternotomie denkbar.

Die von Wouters et al. (1994) erläuterten Pathomechanismen mit vermehrtem Hustenstoß, welcher die Wundheilung stört, der möglichen Keimmigration bei veränderter nasopharyngealer Flora sowie der, durch den Zigarettenrauch verursachten Immunsuppression stellen nur einen Teil der Auswirkungen des Nikotinabusus dar.[99] Betrachtet man die komplexen pathophysiologischen Vorgänge mit ihrem Einfluss auf Gewebe und Gefäße, ist die Vorstellung naheliegend, dass ein aktiver Nikotinabusus sowohl Einfluss auf die sternale Wundheilung als auch auf das postoperative Outcome bei Patienten hat. Daher scheint die Empfehlung von Sepehripour et al. (2012), diesen so früh wie möglich präoperativ einzustellen, als vorteilhaft.[100] Aufgrund der geringen Anzahl an Patienten mit COPD und aktivem Nikotinabusus in unserer Beobachtung ist keine sichere Aussage bezüglich deren Einfluss auf das Risiko der sternalen WHST bei Re-Sternotomie treffen.

NYHA-Stadium:

Das gemittelte NYHA-Stadium unserer Kohorte betrug Stadium II, die Anzahl an

Patienten mit einem Stadium ≥III betrug n=211 (38,9 %). Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit dem von O'Brien et al. (2002).[21] Kontrovers hierzu zeigten Ghoreishi et al.(2013) eine deutlich höhere Anzahl an Patienten (74 %) mit schweren Symptomen einer Herzinsuffizienz.[25] Die Kohorte bestand jedoch ausschließlich aus Patienten mit Re-Sternotomie bei Mitralklappen-Operation. Anhand unserer Ergebnisse ist anzunehmen, dass es einen Zusammenhang zwischen der Operationsindikation, in diesem Fall eine Beeinträchtigung und dem präoperativen NYHA-Stadium gab. Da die Leistungsfähigkeit und somit das NYHA-Stadium eines Patienten durch eine Therapie jedoch variieren kann, erscheint es sinnvoll das Outcomes auch mittels Vergleich des prä- zum postoperativen NYHA-Stadiums zu objektivieren. Somit ließe sich bei retrospektiven Studien anhand der Operationsindikation nicht nur Rückschluss auf den präoperativen Zustand des Patienten ziehen, sondern auch der Einfluss der Eingriffsform auf das postoperative Outcome analysieren.

Linksventrikuläre Ejektionsfraktion:

Die in unserer Kohorte ermittelten Ergebnisse sind vergleichbar mit denen von Maltais et al. (2017) sowie von Ghoreishi et al. (2013).[25,27] Dabei lag der Mittelwert unserer Kohorte mit 53,75 % knapp im Bereich der leichtgradig eingeschränkten linksventrikulären Ejektionsfraktion. Entgegen den Ergebnissen von Lu et al. (2003) lag der Mittelwert der LV-EF bei den Patienten mit postoperativer sternaler WHST mit 62,88 % über dem Mittelwert der Gesamtkohorte. Aufgrund der geringen Mortalitätsrate in unserer Kohorte bekräftigen wir die von Maltais et al. (2017) aufgestellte Hypothese der protektiven Wirkung einer höheren LV-EF bezüglich des postoperativen Outcomes.[27]

Akuter Myokardinfarkt:

Die Definition des akuten Myokardinfarkts unserer Beobachtung unterscheidet sich im Vergleich mit anderen Studien.[56,69] Die Anzahl der Patienten mit einem akuten Myokard, definiert mit <72 Stunden vor OP, war in unserer Kohorte mit 4,2 % vergleichsweise gering. Aufgrund der divergenten Definition sowie der geringen Anzahl ist der Einfluss eines akuten Myokardinfarkts auf die Entstehung einer sternalen WHST und das Outcome in unserer Beobachtung nicht eindeutig zu beurteilen.

Endokarditis:

In unserem Patientenkollektiv konnte präoperativ bei 9,5 % der Patienten eine Endokarditis diagnostiziert werden, wobei keine genauere Differenzierung bezüglich der Ätiologie oder des Abstands von Diagnose zu Re-Sternotomie erfolgt ist. Laut Literatur ist der operative Ansatz weiterhin ein entscheidender bei der Therapie der infektiösen Endokarditis.[62] Brown et al. (2007) und Elbatarny et al. (2019) sahen aufgrund der steigenden Inzidenz von infektiösen Endokarditiden zudem eine zunehmende Relevanz der Re-Sternotomie.[101,102] Dabei konnten Brown et al. (2007) zeigen, dass die Re-Sternotomie bei Endokarditis, insbesondere wenn eine mechanische Klappe betroffen war, mit einer erhöhten Mortalität einherging.[101] Letztendlich scheinen weitere Studien notwendig, um die Auswirkung der infektiösen Endokarditis auf sternale Wundheilungsstörung zu ergründen.

Vorherige sternale Wundheilungsstörung:

Es liegt die Annahme nahe, dass Patienten, die bereits eine sternale WHST nach primärer Sternotomie erlitten haben, ein erhöhte Risikopotenzial für einer erneute sternale WHST nach Re-Sternotomie aufweisen. Als ursächlich hierfür kann die Physiologie von Narbengewebe durch dessen feste Beschaffenheit sowie den Verlust von funktionellem Haut- und Unterhautgewebe mit Steigerung der Hautspannung und zusätzlicher Wundretraktion angenommen werden. Folglich kann eine erneute Adaption der Wundränder erschwert sein und somit auch in multiplen Revisionen resultieren.

EuroSCORE:

Wie bereits einleitend beschrieben, zeigt sich auch bei Beobachtung unserer Ergebnisse für den EuroSCORE I (logistisch) ein höherer prädiktiver Wert als für den EuroSCORE II. Die Thesen von Nashef et al. (2012) sowie Ad et al. (2016) scheinen somit belegt.[66,67] Der gemittelte Wert des EuroSCORE II lag mit 10,29 % über der letztendlichen Mortalitätsrate der gesamtem Kohorte mit 7,6 %. Es ist daher zu hinterfragen, ob die Re-Sternotomie weiterhin als eine Variable zur Berechnung des EuroSCORE herangezogen werden kann. Diesbezüglich sahen Nashef et al. (2012) die Erhebung weiterer prospektiver Daten als essenziel zur Weiterentwicklung des

EuroSCORE.[67] Im Rahmen einer solchen Weiterentwicklung kann zudem die Option der Anwendbarkeit des EuroSCORE als Prädiktor einer sternalen WHST sublimiert werden.

4.2.2. Perioperative Variablen

Zu den häufigsten genannten perioperativen Risikofaktoren gehören die Indikationseinstufung, die Operationsdauer mit Bypass- und Aortenklemmzeit sowie die Eingriffsform.

Indikationseinstufung:

Es ist anzunehmen, dass die Mehrheit der Re-Sternotomien elektiv erfolgen, um ein bestmögliches präoperatives Management zu gewährleisten. Dies konnte in Hinblick auf unsere Daten ebenfalls beobachten, da 76,6 % aller Re-Sternotomien in unserem Kollektiv elektiv erfolgten. Auch Colkesen et a. (2015) konnten in ihrer Kohorte einen mehrheitlich elektiven Anteil bei Re-Sternotomie verzeichnen.[24] Die Einstufung in „dringlich“ oder „Notfall“ lag in unserer Kohorte bei 16 % und 7,1 %. Eine Mutmaßung für die geringe Anzahl an dringlichen oder notfallmäßigen Re-Sternotomien lieferten Goodwin et al. (2003): Aufgrund des bereits präoperativ stark kompromittierten Zustands des Patienten wird dieser seltener einer Operation zugeführt, da diese ein vermeintlich schlechteres Outcome produzieren könnte.[70] Auch Maltais et al. (2017) vermuteten eine Beeinträchtigung des Outcomes bei dringlicher Einstufung.[27] Die Krankheitsbilder, welche hinter einer solchen Einstufung stehen, bewirken häufig präoperativ drastische Maßnahmen, wie zum Beispiel eine Katecholamingabe oder Reanimation. Unter diesen Voraussetzungen kann mit einer stark erhöhten Mortalität gerechnet werden. Es lässt sich daher die Folgerung von Goodwin et al. (2003) stützen, dass ein valides Vorhersagemaß bei solchen Hoch-Risiko-Patienten notwendig ist, um die Risikostratifizierung zu optimieren. Auch in Bezug auf die Entstehung einer sternalen WHST sahen Maltais et al. (2017) die dringliche oder notfallmäßige Einstufung als Risikofaktor.[27] Dies begründeten Heilmann et al. (2013) mit dem zeitlichen Faktor, welcher nicht ausreiche, um präoperative Präventionsmaßnahmen zu ergreifen.[84] Um auch Patienten mit einer dringlichen oder notfallmäßigen Einstufung bei Re-Operation bestmöglich versorgen zu können, scheint der Ansatz von Weiser et

al.(2010) effizient und die Etablierung operativen Sicherheitscheckliste als ein vielversprechendes Instrument.[103]

Operationsdauer, Bypass- und Aortenklemmzeit:

In Hinblick auf unsere Kohorte konnte bei fehlender Kontrollgruppe kein Vergleich zwischen der Operationsdauer sowie Bypass- und Aortenklemmzeit bei Patienten mit Re-Sternotomie und primärer Sternotomie angestellt werden. Als ursächlich für eine längere Operationsdauer sowie Bypass- und Aortenklemmzeit kann eine längere Präparationszeit angenommen werden. Speziell bei Verwachsungen und Adhäsionen sowie dem damit einhergehenden Verletzungsrisiko für sensible Strukturen ist ein umsichtiges Vorgehen gefragt. Dabei galten laut Saberi et al.(2016) Variablen wie kardiale Verletzungen in vorangegangenen Sternotomien, die Nähe des rechten Ventrikels zum Sternum sowie die Anzahl an Re-Sternotomien als signifikante Risikofaktoren für eine Wiedereintrittsverletzung.[104] Ghoreishi et al. (2013) und Colkesen et al. (2015) zeigten in ihren Studien einen signifikanten Unterschied in der Operationsdauer sowie Bypass- und Aortenklemmzeit zwischen der Kohorte mit Re-Sternotomie und der Kontrollgruppe.[24,25] Auch das Risiko einer Wundheilungsstörung war laut Cheng et al. (20017) bei Patienten mit überdurchschnittlicher Operationsdauer doppelt so hoch.[105] Meszaros et al. (2016) assoziierten eine Operationsdauer >300 Minuten mit einem erhöhten Risiko für sternale Wundheilungsstörungen, wobei dies lediglich bei Patienten mit isolierter Bypass- oder Kombinationsoperation beobachtet werden konnte, nicht aber bei isolierten Klappenoperationen.[34] Hamid et al. (2015) konnten zeigen, dass eine präoperative thorakale Computertomographie zur Optimierung der präoperativen Planung und zur Vermeidung unerwarteter perioperativer Komplikationen signifikant beitrug.[5] Es scheint, dass die Entwicklung einheitlicher präoperativer Protokolle zur Planung des perioperativen Vorgehens eine Reduktion der Operationsdauer sowie Bypass- und Aortenklemmzeit bewirken kann.

Eingriffsform:

Betrachtet man in unserer Kohorte die jeweilige Eingriffsform bei ursprünglicher Sternotomie, war die Anzahl an koronararteriellen Bypass-Operationen (CABG) hoch, wohingegen die Eingriffsform der Klappen-Operationen deutlich geringer ausfiel. Dies

beobachteten auch Lemaire et al. (2016) sowie Colkesen et al. (2015).[24,26] Bei der Re-Sternotomie hingegen änderte sich das Verhältnis und die häufigste Eingriffsform stellten die Klappen-Operationen dar.

Nun lässt sich annehmen, dass die Anzahl an Sternotomien aufgrund der Entwicklung der letzten Jahre mit dem Fortschritt der PCI (Percutaneous coronary intervention), sowie der Möglichkeit des Katheter-gestützten Klappenersatzes (z. B.: TAVI) rückläufig ist. Bekräftigt werden kann diese Annahme durch Putzu et al. (2017) und Ghanta et al. (2013), welche einen Rückgang bei Bypass-Operationen zeigten.[71,106] Als ursächlich hierfür mutmaßen Ghanta et al. (2013) den steigenden Einsatz von PCI sowie Optimierung der medikamentösen Therapie bei Koronarsklerose.[71]

Insbesondere die Bypass-Operation mit Verwendung beider Aa. thoracicae internae (BIMA) wurde von Borger et al. (1998) sowie Meszaros et al. (2016) als eigenständiger Risikofaktor für eine sternale WHST diskutiert.[20,34] Unter Berücksichtigung der anatomischen Verhältnisse kann bei BIMA-Verwendung als Pathomechanismus bei der Entstehung einer sternalen WHST von einer Minderperfusion des Sternums sowie Hypoxie desselben und des umliegenden Gewebes ausgegangen werden.[40,107] Das Auftreten einer tiefen WHST mit Beteiligung des Sternums scheint somit wahrscheinlicher. Dennoch gab es in der Literatur diesbezüglich divergente Aussagen. Sofer et al. (1999) sowie Sakamoto et al. (2003) konnten zeigen, dass es unter BIMA-Verwendung zu keinem gehäuften Auftreten einer tiefen sternalen WHST kam.[74,108] Vitulli et al. (2015) konnten selbst bei adipösen Patienten kein erhöhtes Risiko nachweisen.[39] Wie bereits dargestellt wurde, hat auch die Form der Präparation der A. thoracica interna Einfluss auf die Entstehung der sternalen WHST. Schiraldi et al. (2019) sowie Sofer et al. (1999) sahen ein geringeres Risiko für die Entstehung bei Skelettierung im Gegensatz zur gestielten Präparation. Peterson et al. (2003) konnten sogar beweisen, dass bei Patienten mit Diabetes mellitus die Verwendung eines skelettierten Bypassgrafts das Risiko einer sternalen WHST signifikant senkte.[109] Ergänzend hierzu konnten Calafiore et al. (2005) nachweisen, dass eine BIMA-Verwendung zu einem längeren OP-freien Intervall mit kardiochirurgischer Indikation führte.[110] Die Empfehlung der EACTS lautet bei Bypass-Operationen, wenn möglich statt venösen Grafts mehrere arterielle Grafts zu verwenden.[111] Auch bei Betrachtung

unserer Daten konnte trotz vermehrter BIMA-Verwendung bei Re-Sternotomie keine höhere Anzahl an sternalen WHST beobachtet werden. Zudem ergab unsere Beobachtung im Vergleich zwischen primärer Sternotomie und Re-Sternotomie bei Bypass-Operationen eine häufigere Verwendung der A. radialis als BIMA. Es ließ sich lediglich ein Patient mit sternaler WHST detektieren, der bei Re-Sternotomie eine Bypass-Operation mit Verwendung der A. radialis erhielt. Jedoch war das Ausmaß der WHST nur oberflächlich und konnte konservativ behandelt werden. Im Rahmen der primären Sternotomie war bereits eine CABG mit BIMA erfolgt.

Aufgrund dieser Ergebnisse ist anzunehmen, dass bei adäquater präoperativer Risikostratifizierung eine Re-Sternotomie keine Kontraindikation für eine BIMA-Verwendung darstellt. Aldea et al. (2016) empfohlen bei Patienten mit erhöhtem Risikoprofil und BIMA-Verwendung eine skelettierte Präparation der A. thoracica interna vorzuziehen.[112] Ergänzend erwogen sowohl Lemma et al. (2001) als auch Aldea et al. (2016) die Verwendung der A. radialis zur Risikoreduktion.[112,113]

4.2.3. Postoperative Variablen

Neben vielfältigen postoperativ erhobenen Variablen gehören zu den am häufigsten erhobenen die Intensiv- und Beatmungsdauer sowie die Häufigkeit der Revisionsoperation bei Blutungen.

<u>Postoperative Dialyse-Therapie:</u>

Bereits Ståhle et al. (1997) sahen eine neue postoperative Dialyse, als Korrelat für ein Nierenversagen, assoziiert mit einem erhöhten Risiko für eine sternale WHST.[29] Maroz et al. (2013) verwiesen hierbei auf die adäquate Dosierung der antibiotischen Therapie.[114] Dabei scheint es laut Gallo et al. (2020) keinen Zusammenhang zwischen einer vermehrten Häufigkeit von postoperativ neu etablierten Dialysen oder Hämofiltrationen bei Patienten mit Re-Sternotomie zu geben.[23] Ghanta et al. (2013) beobachteten zudem über einen Zeitraum von 9 Jahren einen Rückgang des postoperativen Nierenversagens bei Patienten mit Re-Sternotomie.[71] Unseren Ergebnissen zu Folge stellt das Vorliegen einer postoperativen Dialyse oder Hämofiltration aufgrund der bereits eingangs erwähnten Komplikationen sowie deren Einfluss auf die Intensivdauer weiterhin einen anzuerkennenden Risikofaktor dar.

Es ist anzunehmen, dass Patienten mit postoperativer Dialyse oder Hämofiltration, unabhängig davon, ob diese neu etabliert wurde, bei Auftreten einer sternalen WHST einer individuellen Behandlungsstrategie bedürfen.

Beatmungs- und Intensivdauer:

Sowohl Ghoreishi et al.(2013), Gallo et al. (2020) und Yau et al. (2002) bewiesen, dass kein signifikanter Unterschied in der Beatmungs- und Intensivdauer bei Patienten mit Re-Sternotomie im Vergleich zur ursprünglichen Sternotomie vorlag.[23,25,115] Bezüglich einer sternalen WHST konnten Ulicny et al. (1990) sowie Loop et al.(1991) zeigen, dass Patienten mit einer prolongierten Beatmungsdauer ein signifikant höheres Risiko für eine sternale WHST und folglich längere Intensivdauer hatten.[53,81] Bei Betrachtung unserer Ergebnisse waren die im Vergleich zu anderen Studien verlängerte Beatmungs-(M=59,38; in Stunden) und Intensivdauer (M=6,81; in Tagen) auffällig. Kontrovers hierzu beobachteten Lemaignen et al. (2015) eine gemittelte Beatmungsdauer von sieben Stunden und eine Intensivdauer von drei Tagen.[31] Aufgrund der in unserer Beobachtung geringen Anzahl von Patienten mit schweren Verläufen, dafür jedoch überdurchschnittlich langer postoperativer Beatmungs- und Intensivdauer ist anzunehmen, dass es bei der Datenerhebung zu einer Verzerrung der Ergebnisse gekommen ist.

Postoperative Reanimation:

Unsere Ergebnisse zeigten, dass bei 25 (4,6 %) Patienten postoperativ eine Reanimation durchgeführt wurde. Dass diese mit einer erhöhten Mortalität assoziiert ist und somit das postoperative Outcome maßgeblich beeinträchtigt, ist unumstritten. Auch weisen Patienten mit postoperativer Reanimation häufig einen komplizierteren Verlauf auf. Nicht nur die im Rahmen einer Reanimation bestehende Minderperfusion lebenswichtiger Organe mit möglicher Schädigung derselben, sondern auch die gegebenenfalls notwendige Re-Intubation mit Verlängerung der Beatmungs- und Intensivdauer können zu weiteren Komplikationen führen. Inwiefern eine Re-Sternotomie Auswirkungen auf die Häufigkeit von postoperativen Reanimationen hat ließ sich anhand unserer Ergebnisse sowie der aktuellen Literatur nicht analysieren. Dass eine Reanimation insbesondere aufgrund der mechanischen Komponente jedoch

das Risiko für eine sternale WHST erhöht, scheint schlüssig. Wie bereits von Klintschar et al. (1998) beschrieben, konnten Verletzungen während der Reanimation Blutungen verursachen und machten somit eine Revision notwendig.[83] Dies bewirkte eine erneute Exposition der Wundfläche, wodurch das Risiko einer Kontamination mit Infektionserregern und somit, wie von Morley et al. (2005) beschrieben, das Risiko einer sternalen WHST gesteigert wurde.[82]

Bronchopulmonale Infektion:

Eine bronchopulmonale Infektion kann auf diverse Art die Entstehung von sternalen WHST potenzieren. Renya et al. (2006) sowie Nešpor et al. (2015) führten dabei zusätzlich auf das Sternum wirkende Scherkräfte durch eine verlängerte Beatmungsdauer oder prolongiertes Weaning an.[32,72] Aufgrund der ähnlich vorzustellenden Pathomechanismen scheint die These von Wouters et al. (1994), beschrieben bei Patienten mit Nikotinabusus, auf diese Variable anwendbar zu sein.[99] Saberi et al. (2016) konnten in ihrer Kohorte den bronchopulmonalen Infekt als einen der fünft häufigsten postoperativen Morbiditäten bei Patienten nach Re-Sternotomie nachweisen.[104] Bei Betrachtung unserer Ergebnisse war die Häufigkeit an bronchopulmonalen Infektionen mit 13,2 % vergleichbar mit den Studien von Ghoreishi et al. (2013) (10,8 %) und Keeling et al. (2012) (15,6 %).[25,116] Anhand dieser Daten kann daher gemutmaßt werden, dass eine intensivmedizinische Komplexbehandlung präventiv in Bezug auf die Entstehung einer bronchopulmonalen Infektion wirkt.

Revisionsoperation:

Wie bereits eingangs beschrieben gab es in der Literatur kontroverse Angaben, ob die Revisionsoperation bei Blutung einen Risikofaktor für eine sternale WHST darstellt. Dabei divergierten die Studien von Heilmann et al. (2013) und Meszaros et al. (2016): Heilmann et al. gaben kein erhöhtes Risiko für eine sternale WHST nach Revisionsoperation an. Meszaros et al. hingegen konnten zeigen, dass eine Revisionsoperation bei Nachblutung insbesondere bei isolierter Klappen- oder Kombinationsoperation das Risiko für eine sternale WHST signifikante erhöhte, wobei dies bei isolierten Bypass-Operationen nicht zutraf.[34,84] Anders bei Lu et al. (2003) welche bei einer Kohorte aus Patienten mit Bypass-Operation eine Revisionsoperation

bei Blutung als signifikanten Risikofaktor für eine sternale WHST nachweisen konnten.[30]

Die Re-Sternotomie betreffend dokumentierten Colkesen et al. (2015) in ihrer Kohorte eine höhere Anzahl an Revisionsoperationen bei Blutung.[24] Kontrovers hierzu gaben Gallo et al. (2020) an, keinen signifikanten Unterschied zwischen der Kohorte mit Re-Sternotomie und der Kontrollgruppe bei Bypass-Operationen detektiert zu haben.[23] Die Daten ergaben, dass die Anzahl an Revisionsoperationen unserer Kohorte mit 39 (7,2 %) Patienten im Vergleich zu anderen Studien höher war. Durch die Ergebnisse von Meszaros et al. (2016) und Gallo et al. (2020) könnte man schlussfolgern, dass auch bei Re-Sternotomie das Risiko einer sternalen WHST von der Eingriffsform abhängig ist. Es scheint somit plausibel, dass Patienten mit einer dringlichen oder notfallmäßigen Indikationseinstufung häufiger Revisionsoperationen bei Blutung benötigen. Als hierfür ursächlich können die zugrunde liegenden Krankheitsbilder mit akuter Dissektion, Ischämie oder Endokarditis, welche sowohl prä-, peri- als auch postoperativ zu unvorhergesehenen Komplikationen führen können, angeführt werden.

4.3. Häufigkeit der sternalen WHST nach Re-Sternotomie

Trotz des allgemein anerkannten Risikopotenzials ließ sich in den letzten Jahren eine steigende Anzahl von Re-Sternotomien beobachten.[117,118] Elahi et al. (2005) und Awad et al. (1997) begründeten dies übereinstimmend mit einer steigenden Lebenserwartung sowie höheren Überlebensrate nach primärer Sternotomie.[118,119] In Bezug auf die Eingriffsformen nahmen Awad et al. (1997) die Persistenz der fortschreitenden koronaren Herzkrankheit an, wohingegen Ruel et al. (2004) auch die persistierende Dysfunktion von Klappenprothesen diskutierten.[118,120] Auch Ghoreishi et al. (2013) sowie Lemaire et al. (2016) konnten diesen Zusammenhang bei Klappen-Operationen beobachten.[25,26] Durch Russel et al. (1998) und Elahi et al. (2005) wurde gezeigt, dass der Anteil der erwachsenen Bevölkerung mit komplexen angeborenen Herzfehlern steigt, wodurch eine Re-Sternotomie häufiger wird.[119,121] Betrachtet man unsere Ergebnisse fällt auf, dass trotz reiner Re-Sternotomie-Kohorte postoperativ nur eine sehr geringe Anzahl an sternalen WHST aufgetreten ist. Aufgrund dieser Beobachtung ist zu hinterfragen, ob die Re-Sternotomie weiterhin als signifikanter Risikofaktor für eine sternale WHST gewertet werden kann.

Bereits 1997 mutmaßten Ståhle et al., dass die Inzidenz der sternalen WHST mit ihrer Definition variiert.[29] Wie bereits eingangs erläutert, existiert eine Mehrzahl von Definitionen der sternalen WHST, welche unterschiedliche Aspekte beleuchtet. Anger et al. (2015) zum Beispiel definierten die sternale WHST über vier Stadien je nach Tiefe der Infektion und unter Berücksichtigung des betreffenden Sternum-Abschnitts.[9] Da in unserer Beobachtung aufgrund der retrospektiven Analyse keine weiteren Parameter zur Klassifizierung der Wundheilungsstörung erhoben werden konnten, kann gemutmaßt werden, dass die Ergebnisse bezüglich der sternalen WHST fragmentär sind. Die einheitliche Definition ist somit eine potenzielle Zielsetzung für zukünftige Studien.

Da die Re-Sternotomie als komplexer Eingriff gilt, wird angenommen, dass insbesondere spezialisierte Zentren eine höhere Anzahl an Re-Sternotomie aufweisen. Die hier vorherrschenden Strukturen ermöglichen ein umfangreiches prä-, peri- und postoperatives Management zu etablieren und stetig zu optimieren. Es ist daher anzunehmen, dass Patienten mit Re-Sternotomie in Bezug auf die Entstehung einer sternalen WHST sowie des postoperativen Outcomes maßgeblich davon profitieren, wenn diese an einem spezialisierten Zentrum durchgeführt wird. Ergänzend hierzu erscheint die kontinuierliche Zielsetzung der Forschung zur Neuerung des prä-, peri- und postoperativen Managements bei Re-Sternotomie als unabdingbar.

4.4. Therapieformen

Zu den standardmäßigen Therapieformen unserer Klinik zählen neben der konservativen Behandlung mit lokaler und parenteraler, antiinfektiöser Therapie, der Vakuum-gestützte Wundverschluss (VAC), der sekundäre Wundverschluss sowie die operative Reverdrahtung oder Verplattung. Bei Betrachtung unserer Ergebnisse fällt trotz geringer Anzahl auf, dass lediglich zwei Patienten eine operative Revision benötigten. Sowohl Raudat et al. (1997) als auch Milano et al. (1995) stellten fest, dass die konventionelle Behandlung häufig mit einer Destabilisierung des Sternums, verlängerter Immobilisation, Begleitinfektionen und schlussendlich verlängerten Behandlungszeit einhergeht, wodurch es zu einem erhöhten Ressourcenverbrauch kommt.[122,123] Assmann et al. (2011) sowie Deniz et al. (2012) konnten beweisen, dass die VAC-Therapie im Vergleich zur konventionellen Therapie auch bei tiefer sternaler

WHST mit einem exzellenten Outcome sowie niedriger Fehlerrate assoziiert sind.[124,125] Als Schlussfolgerung könnte der frühelektive Einsatz einer VAC-Therapie bereits bei oberflächlichen sternalen WHST der Entstehung einer tiefen sternalen WHST entscheidend entgegenwirken.

4.5. Outcome nach Re-Sternotomie

Die 30-Tage-Mortalität definierte in unserer Beobachtung das Outcome nach Re-Sternotomie und betrug 7,6 % für das gesamte Kollektiv. Abhängig von der Eingriffsform wiesen Kombinationsoperationen ohne CABG (14,29 %) sowie die der anderen Eingriffsformen (17,46 %) eine erhöhte 30-Tage-Mortalität auf. Somit kann gemutmaßt werden, dass sich Patienten dieser Kollektive bereits in einem präoperativ kritischen Zustand befunden haben, wodurch die hohe Sterblichkeit zu erklären ist. Gallo et al. (2020) konnten bei Patienten mit einer Bypass-Operation nachweisen, dass eine Re-Sternotomie mit einem vergleichbaren Risiko wie die primäre Sternotomie assoziiert war.[23] Ghoreishi et al. (2013) zeigten dies bezüglich Mitralklappen-Operationen. Die Daten von Colkesen et al. (2015) lassen darauf schließen, dass eine Re-Sternotomie auch unabhängig von der Eingriffsform mit einem vergleichbaren Risiko wie eine primäre Sternotomie durchgeführt werden kann.[24]

Um das postoperative Outcome jedoch adäquat kalkulieren zu können, scheint insbesondere die Potenzierung des Risikos bei Kombination verschiedener prä-, peri- und postoperativer Variablen eine Herausforderung darzustellen.

4.6. Stärken und Limitationen der Beobachtung

Retrospektive Studien sind in der Wissenschaft eine häufig angewandte Methode, um den Aufbau einer prospektiven Studie zu unterstützen. Durch die zeit- und kostengünstige Verwendung bereits vorhandener Daten ermöglichen sie es, neue Erkenntnisse bei der Erforschung von Krankheiten auch nach langer Latenzzeit zu gewinnen.[126,127]

Den vorhandenen retrospektiven Datensätzen mangelt es jedoch häufig an Genauigkeit und wichtige Größen sind unter Umständen nicht verfügbar. Diese Nachteile eines retrospektiven Studienmodells führen dazu, dass die generierten Ergebnisse sich lediglich zur Aufstellung einer Hypothese eignen.[126]

Zusammenfassend ist ein prospektives Studienmodel dann einem retrospektiven Model überlegen, wenn die Forschung hierdurch zu neuen Erkenntnissen gelangt. In diesem Fall kann eine retrospektive Studie zur Qualitätsverbesserung des Aufbaus einer prospektiven Studie entscheidend beitragen.[128] Aufgrund des retrospektiven Ansatzes konnte eine im Vergleich mit anderen Studien große Kohorte mit Re-Sternotomie gebildet werden. Jedoch zeigt das Studienmodel aufgrund der Retrospektive auch Limitationen. Die Detektion einer sternalen WHST war einzig von der prospektiv erfolgten Dokumentation abhängig, ebenso wie die Erhebung der Risikoparameter. Somit ist ein fragmentärer Datensatz zu berücksichtigen.

Darüber hinaus erfolgte unsere Beobachtung nicht multizentrisch, weshalb eine Stichprobenverzerrung möglich sein kann. Daher ist eine Übertragung unsere Ergebnisse auf die Allgemeinheit nur begrenzt möglich.

4.7. Schlussfolgerung

Bisher galt die Re-Sternotomie als negativer Prädiktor für die Entstehung sternaler WHST und somit das postoperative Outcome.[123,129] Bei beiden EuroSCORE-Modellen gilt die Re-Sternotomie als Risikofaktor für eine erhöhte Mortalität.[64,67] Auch in der Leitlinie zum „Management der Mediastinitis nach herzchirurgischem Eingriff“ wird die Re-Sternotomie zu den präoperativen Risikofaktoren gezählt, wobei der zeitliche Abstand zwischen primärer und Re-Sternotomie nicht genauer definiert wird.[4]

Im Gegensatz hierzu stehen die Beobachtungen von Colkesen et al. (2015), welche bei Re-Sternotomie ein ähnliches Risikopotenzial sehen wie bei ursprünglicher Sternotomie.[24]

Ghanta et al. (2013) konnte bei CABG-Operationen zeigen, dass in Vergleich von ursprünglicher Sternotomie zu Re-Sternotomie durchaus ein erhöhtes Risiko der operativen Mortalität und Morbidität besteht. Dennoch wurde gezeigt, dass bereits eine signifikante Sublimation aufgrund präoperativen Managements und medikamentöser Therapie stattgefunden hat.[71] Die Studien von Gallo et al. (2020) und Maltais et al. (2017) zeigten hingegen kein signifikant erhöhtes Risiko bei Operationen zur CABG.[23,27]

Auch bei Operationen der Mitralklappe stellte die Re-Sternotomie keinen

eigenständigen Risikofaktor dar.[25] Dobrilovic et al. (2012) wiesen darauf hin, dass trotz rasch fortschreitender Entwicklung der TAVI der konventionelle Aortenklappenersatz nach vorheriger CABG weiterhin den Goldstandard darstellt.[58] Mit dem Fortschreiten der katheterbasierten Klappeninterventionen (wie z. B. TAVI) ist in Zukunft jedoch eine Änderung zugunsten der Katheterklappen zu erwarten. Ausgenommen hiervon bleibt die Implantation von mechanischen Klappenprothesen sowie die chirurgische Intervention bei Endokarditis.

Ob die Re-Sternotomie weiterhin zu den präoperativen Risikofaktoren in Bezug auf eine sternalen WHST sowie Beeinträchtigung des postoperativen Outcomes gezählt werden kann, muss unter Berücksichtigung der neuesten Studienergebnisse kritisch hinterfragt werden. Dabei ist es unumstritten, dass ein gewissenhaftes prä-, peri- und postoperatives Management sowohl das Risiko einer sternalen WHST als auch das Mortalitätsrisiko senkt.

5. Zusammenfassung

Die Re-Sternotomie stellt einen festen Bestandteil des täglichen kardiochirurgischen Arbeitens dar. Dabei zeigt die aktuelle Literatur, dass die Anzahl an Re-Sternotomien in den letzten Jahren zugenommen hat. Die Begründungen hierfür sind vielfältig und lassen sich auf die alternde Bevölkerung mit höherer Lebenserwartung sowie den ständigen medizinischen Fortschritt zurückführen. Es ist also davon auszugehen, dass in den kommenden Jahren ein weiterer Zuwachs an Re-Sternotomien zu beobachten ist, wobei die hiermit verbundenen Risikofaktoren sowie das prä-, peri- und postoperative Management in den Fokus der aktuellen Forschung rücken.

Insbesondere bezüglich der sternalen Wundheilungsstörung nach Re-Sternotomie gibt es kontroverse Meinungen. Sie gilt bisher als ein wesentlicher Risikofaktor in der Kardiochirurgie und ist zum Beispiel im EuroSCORE I und II als solcher erfasst. Die chirurgische Technik und medizinische Versorgung hat sich jedoch in den letzten Jahrzehnten verbessert, sodass zu hinterfragen ist, ob die Re-Sternotomie weiterhin als signifikanter Risikofaktor für eine sternale Wundheilungsstörung gewertet werden kann.

Diese wichtige Frage wurde sowohl für das Gesundheitswesen als auch für einzelne Patienten in dieser retrospektiven Studie behandelt. Zusätzlich wurden klassische Risikofaktoren für Wundheilungsstörungen wie z. B. Diabetes mellitus oder Adipositas berücksichtigt.

Für diese retrospektive Beobachtung wurden Daten vom 1. Januar 2007 bis zum 31. Dezember 2016 verwendet. Die Patienten unterzogen sich einer Re-Sternotomie für verschiedene Indikationen wie Bypass-Operationen der Koronararterien, Klappenoperationen, Operationen der thorakalen Aorta und andere Eingriffe. Die Patientenakten wurden hinsichtlich demographischer Daten, operativer Details und postoperativer Ergebnisse analysiert. Einschlusskriterien waren die Durchführung einer medianen Sternotomie und ein Mindestalter von 18 Jahren. Ferner musste ein Zeitraum von mindestens sechs Monaten zwischen der ersten und der Re-Sternotomie angegeben werden. Die Sterblichkeitsrate wurde als Tod innerhalb von 30 Tagen nach dem operativen Eingriff definiert.

Es konnten 551 Patienten mit einem mittleren Alter von 68,05 ± 11,28 Jahren identifiziert werden, die sich einer erneuten Sternotomie unterziehen mussten. Die Mehrheit der Patienten war männlich (n=430; 78,0%). Die häufigste Eingriffsform bei ursprünglicher Sternotomie war eine isolierte CABG mit 310 (56,57 %) Patienten. Bei Re-Sternotomie war eine isolierte Klappenoperation mit 181 (32,85 %) die häufigste Eingriffsform. Ein Diabetes mellitus war bei 128 Patienten (23,2 %) vorbekannt, bei 173 Patienten (31,4 %) lag der Body-Mass-Index (BMI) ≥ 30 kg/m^2. Der durchschnittliche EuroSCORE II lag bei 10,29±10,30. Insgesamt 9 Patienten (1,63 %) entwickelten eine postoperative sternale Wundheilungsstörung. Die Gesamtsterblichkeitsrate betrug 7,62 %.

Die Re-Sternotomie nimmt zahlenmäßig in der Herzchirurgie über die vergangenen Jahre zu. In Anbetracht der alternden Patientenpopulation und der damit einhergehenden Komorbidität wird diese nach wie vor als erheblicher Risikofaktor für eine sternale Wundheilungsstörung diskutiert. Unsere Beobachtung zeigte postoperativ jedoch eine relativ geringe Anzahl von Patienten mit einer sternalen Wundheilungsstörung. Dieser Befund spiegelt die Schlussfolgerungen aus mehreren Studien wider, die zeigen, dass eine Re-Sternotomie bei sorgfältiger Planung und hinsichtlich der Zusammensetzung anderer Risikofaktoren mit einem ähnlichen Risiko wie die primäre Sternotomie durchgeführt werden kann.

6. Literaturverzeichnis

1. Dalton ML, Connally SR. H. Milton: visionary surgeon. *Am J Surg*. 1993;165(3):355-357. doi:10.1016/s0002-9610(05)80842-6

2. Wellmann P. Therapie von persistierender tiefer sternaler Wundinfektion und Mediastinitis nach herzchirurgischen Eingriffen mittels Omentumlappenplastik. Published online 2010.

3. Dubert M, Pourbaix A, Alkhoder S, et al. Sternal wound infection after cardiac surgery: Management and outcome. *PLoS One*. 2015;10(9). doi:10.1371/journal.pone.0139122

4. Fachgesellschaften B. S3-Leitlinie (Kurzversion) „ Management der Mediastinitis nach herzchirurgischem Eingriff “ Version 1 , July 2019. 2019;(July):1-60.

5. Imran Hamid U, Digney R, Soo L, Leung S, Graham ANJ. Incidence and outcome of re-entry injury in redo cardiac surgery: Benefits of preoperative planning. *Eur J Cardio-thoracic Surg*. 2015;47(5):819-823. doi:10.1093/ejcts/ezu261

6. Fowler VG, Kaye KS, Simel DL, et al. Staphylococcus aureus Bacteremia After Median Sternotomy. *Circulation*. 2003;108(1):73-78. doi:10.1161/01.cir.0000079105.65762.db

7. Lepelletier D, Perron S, Bizouarn P, et al. Surgical-Site Infection After Cardiac Surgery: Incidence, Microbiology, and risk Factors. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2005;26(5):466-472. doi:10.1086/502569

8. Rutberg H, Ridderstolpe L, Gill H, Granfeldt H, A H. Superficial and deep sternal wound complications : incidence , risk factors and mortality. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2001;20:1168-1175.

9. Anger J, Dantas DC, Arnoni RT, Farsky PS. A new classification of post-sternotomy dehiscence. *Rev Bras Cir Cardiovasc orgao Of da Soc Bras Cir Cardiovasc*. 2015;30(1):114-118. doi:10.5935/1678-9741.20140033

10. El Oakley RM, Wright JE. Postoperative mediastinitis: Classification and management. *Ann Thorac Surg*. 1996;61(3):1030-1036. doi:10.1016/0003-4975(95)01035-1

11. Garner JS, Jarvis WR, Emori TG, Horan TC, Hughes JM. CDC definitions for nosocomial infections, 1988. *Am J Infect Control*. 1988;16(3):128-140. doi:10.1016/0196-6553(88)90053-3

12. Colombier S, Kessler U, Ferrari E, von Segesser LK, Berdajs DA. Influence of deep sternal wound infection on long-term survival after cardiac surgery. *Med Sci Monit Int Med J Exp Clin Res*. 2013;19:668-673. doi:10.12659/MSM.889191

13. Grapow M, Tschung C, Winkler B, et al. Therapy options in deep sternal wound infection: Sternal plating versus muscle flap. *PLoS One*. 2017;12(6):1-12. doi:10.1371/journal.pone.0180024

14. van Wingerden JJ, Ubbink DT, van der Horst CMAM, de Mol BAJM. Poststernotomy mediastinitis: a classification to initiate and evaluate reconstructive management based on evidence from a structured review. *J Cardiothorac Surg*. 2014;9:179. doi:10.1186/s13019-014-0179-4

15. Lazar HL, Salm T Vander, Engelman R, Orgill D, Gordon S. Prevention and management of sternal wound infections. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;152(4):962-972. doi:10.1016/j.jtcvs.2016.01.060

16. Schiraldi L, Jabbour G, Centofanti P, et al. Deep sternal wound infections : Evidence for prevention , treatment , and reconstructive surgery. Published online 2019.

17. Juhl AA, Koudahl V, Damsgaard TE. Deep sternal wound infection after open heart surgery – reconstructive options. *Scand Cardiovasc J*. 2012;46(5):254-261. doi:10.3109/14017431.2012.674549

18. Toumpoulis IK, Anagnostopoulos CE, Swistel DG, Derose JJ. Does EuroSCORE predict length of stay and specific postoperative complications after cardiac surgery? *Eur J Cardio-thoracic Surg*. 2005;27(1):128-133.

doi:10.1016/j.ejcts.2004.09.020

19. Brunet F, Brusset A, Squara P, et al. Risk factors for deep sternal wound infection after sternotomy: A prospective, multicenter study. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1996;111(6):1200-1207. doi:10.1016/S0022-5223(96)70222-2

20. Borger MA, Rao V, Weisel RD, et al. Deep sternal wound infection: risk factors and outcomes. *Ann Thorac Surg*. 1998;65(4 SUPPL.):1050-1056. doi:10.1016/S0003-4975(98)00063-0

21. O'Brien MF, Harrocks S, Clarke A, Garlick B, Barnett AG. How to do safe sternal reentry and the risk factors of redo cardiac surgery: a 21-year review with zero major cardiac injury. *J Card Surg*. 2002;17(1):4-13. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12027125

22. Maganti M, Rao V, Armstrong S, Feindel CM, Scully HE, David TE. Redo Valvular Surgery in Elderly Patients. *Ann Thorac Surg*. 2009;87(2):521-525. doi:10.1016/j.athoracsur.2008.09.030

23. Gallo M, Trivedi JR, Monreal G, Ganzel BL, Slaughter MS. Risk Factors and Outcomes in Redo Coronary Artery Bypass Grafting. *Hear Lung Circ*. 2020;29(3):384-389. doi:10.1016/j.hlc.2019.02.008

24. Colkesen Y, Coskun I, Cayli M, Gulcan O. Predictors of in-hospital mortality following redo cardiac surgery: Single center experience. *Interv Med Appl Sci*. 2015;7(3):102-107. doi:10.1556/1646.7.2015.3.3

25. Ghoreishi M, Dawood M, Hobbs G, et al. Repeat sternotomy: No longer a risk factor in mitral valve surgical procedures. *Ann Thorac Surg*. 2013;96(4):1358-1365. doi:10.1016/j.athoracsur.2013.05.064

26. Lemaire A, Batsides G, Saadat S, et al. Annals of Surgery and Perioperative Care Effect of Repeat Sternotomy on Cardiac Surgery Outcomes. *Ann Surg Perioper Care*. 2016;1(1):1001.

27. Maltais S, Widmer RJ, Bell MR, et al. Reoperation for Coronary Artery Bypass Grafting Surgery: Outcomes and Considerations for Expanding Interventional

Procedures. *Ann Thorac Surg*. 2017;103(6):1886-1892. doi:10.1016/j.athoracsur.2016.09.097

28. Balachandran S, Lee A, Denehy L, et al. Risk Factors for Sternal Complications After Cardiac Operations: A Systematic Review. *Ann Thorac Surg*. 2016;102(6). doi:10.1016/j.athoracsur.2016.05.047

29. Ståhle E, Tammelin A, Bergström R, Hambreus A, Nyström SO, Hansson HE. Sternal wound complications - Incidence, microbiology and risk factors. *Eur J Cardio-thoracic Surg*. 1997;11(6):1146-1153. doi:10.1016/S1010-7940(97)01210-4

30. Lu JCY, Grayson AD, Jha P, Srinivasan AK, Fabri BM. Risk factors for sternal wound infection and mid-term survival following coronary artery bypass surgery. *Eur J Cardio-thoracic Surg*. 2003;23(6):943-949. doi:10.1016/S1010-7940(03)00137-4

31. Lemaignen A, Birgand G, Ghodhbane W, et al. Sternal wound infection after cardiac surgery: Incidence and risk factors according to clinical presentation. *Clin Microbiol Infect*. 2015;21(7):674.e11-674.e18. doi:10.1016/j.cmi.2015.03.025

32. Careaga Reyna G, Aguirre Baca GG, Medina Concebida LE, Borrayo Sánchez G, Prado Villegas G, Argüero Sánchez R. Risk Factors for Mediastinitis and Sternal Dehiscence After Cardiac Surgery. *Rev Española Cardiol (English Ed*. 2006;59(2):130-135. doi:10.1016/s1885-5857(06)60121-7

33. Bhatia JY, Pandey K, Rodrigues C, Mehta A, Joshi VR. Postoperative wound infection in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery: A prospective study with evaluation of risk factors. *Indian J Med Microbiol*. 2003;21(4):246-251. Accessed July 24, 2019. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17643036

34. 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(4):1418-1425.

doi:10.1016/j.athoracsur.2015.09.010

35. Goh SSC. Post-sternotomy mediastinitis in the modern era. *J Card Surg*. 2017;32(9):556-566. doi:10.1111/jocs.13189

36. Horneffer PJ, Gardner TJ, Manolio TA, et al. The effects of age on outcome after coronary bypass surgery. *Circulation*. 1987;76(5 Pt 2):V6-12.

37. Losanoff JE, Richman BW, Jones JW. Disruption and infection of median sternotomy: A comprehensive review. *Eur J Cardio-thoracic Surg*. 2002;21(5):831-839. doi:10.1016/S1010-7940(02)00124-0

38. Copeland M, Senkowski C, Ulcickas M, Mendelson M, Griepp RB. Breast Size as a Risk Factor for Sternal Wound Complications Following Cardiac Surgery. *Arch Surg*. 1994;129(7):757-759. doi:10.1001/archsurg.1994.01420310089016

39. Vitulli P, Frati G, Benedetto U. Bilateral internal mammary artery grafting in obese: Outcomes, concerns and controversies. *Int J Surg*. 2015;16(PB):158-162. doi:10.1016/j.ijsu.2015.01.010

40. Diez C, Koch D, Kuss O, Silber RE, Friedrich I, Boergermann J. Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery - A retrospective analysis of 1700 patients. *J Cardiothorac Surg*. 2007;2(1):1-8. doi:10.1186/1749-8090-2-23

41. Ennker IC, Pietrowski D, Vöhringer L, et al. Surgical debridement, vacuum therapy and pectoralis plasty in poststernotomy mediastinitis. *J Plast Reconstr Aesthet Surg*. 2009;62(11):1479-1483. doi:10.1016/j.bjps.2008.05.017

42. Zerr KJ, Furnary AP, Grunkemeier GL, Bookin S, Kanhere V, Starr A. Glucose control lowers the risk of wound infection in diabetics after open heart operations. *Ann Thorac Surg*. 1997;63(2):356-361. doi:10.1016/s0003-4975(96)01044-2

43. Furnary AP, Zerr KJ, Grunkemeier GL, Starr A. Continuous intravenous insulin infusion reduces the incidence of deep sternal wound infection in diabetic patients after cardiac surgical procedures. *Ann Thorac Surg*. 1999;67(2):352. doi:10.1016/s0003-4975(99)00014-4

44. Wagener DPC, Döring RP V. Aus der Klinik und Poliklinik für Chirurgie Direktor Prof . Dr . med . H . Reichenspurner , Ph . D . Eine retrospektive Studie der Jahre 1998 und 1999 . Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin dem Fachbereich Medizin der Universitä. Published online 2002.

45. Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) final report. *Circulation*. 2002;106(25):3143-3421.

46. Ozyazicioglu A, Yalcinkaya S, Vural AH, Yumun G, Bozkurt Ö. Effects of metabolic syndrome on early mortality and morbidity in coronary artery bypass graft patients. *J Int Med Res*. 2010;38(1):202-207. doi:10.1177/147323001003800123

47. Lawall H, Diehm C, Hoffmann U, Reinecke H. Periphere arterielle Verschlusskrankheit: Epidemiologie, Komorbidität und Prognose. *Dtsch Medizinische Wochenschrift*. 2015;140(24):1798-1802. doi:10.1055/s-0041-107064

48. de Almeida Brandão CM, Pomerantzeff PMA, Souza LR, et al. Multivariate analysis of risk factors for hospital mortality in valvular reoperations for prosthetic valve dysfunction. *Eur J cardio-thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-thoracic Surg*. 2002;22(6):922-926. doi:10.1016/s1010-7940(02)00583-3

49. Mooney JF, Ranasinghe I, Chow CK, et al. Preoperative estimates of glomerular filtration rate as predictors of outcome after surgery: a systematic review and meta-analysis. *Anesthesiology*. 2013;118(4):809-824. doi:10.1097/ALN.0b013e318287b72c

50. Duncan L, Heathcote J, Djurdjev O, Levin A. Screening for renal disease using serum creatinine: who are we missing? *Nephrol Dial Transplant Off Publ Eur Dial Transpl Assoc - Eur Ren Assoc*. 2001;16(5):1042-1046. doi:10.1093/ndt/16.5.1042

51. Jang MS, Nam JS, Jo JY, et al. The relationship of preoperative estimated

glomerular filtration rate and outcomes after cardiovascular surgery in patients with normal serum creatinine: A retrospective cohort study. *BMC Anesthesiol*. 2019;19(1):1-11. doi:10.1186/s12871-019-0763-1

52. Vogelmeier CF, Criner GJ, Martinez FJ, et al. Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Lung Disease 2017 Report. GOLD Executive Summary. *Am J Respir Crit Care Med*. 2017;195(5):557-582. doi:10.1164/rccm.201701-0218PP

53. 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(2):177-179. doi:10.1016/0003-4975(90)90136-t

54. Totonchi Z, Baazm F, Chitsazan M, Seifi S, Chitsazan M. Predictors of Prolonged Mechanical Ventilation after Open Heart Surgery. *J Cardiovasc Thorac Res*. 2014;6(4):211-216. doi:10.15171/jcvtr.2014.014

55. Sørensen LT. Wound healing and infection in surgery: the pathophysiological impact of smoking, smoking cessation, and nicotine replacement therapy: a systematic review. *Ann Surg*. 2012;255(6):1069-1079. doi:10.1097/SLA.0b013e31824f632d

56. Abboud CS, Wey SB, Baltar VT. Risk factors for mediastinitis after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg*. 2004;77(2):676-683. doi:10.1016/S0003-4975(03)01523-6

57. Strauss E, Stelcer M, Zawadzki P, Tomczak J, Oszkinis G. [Effect of smoking on the incidence of adverse outcomes and ischemic wounds in peripheral artery disease]. *Przegl Lek*. 2016;73(10):712-717.

58. Dobrilovic N, Casey P, Singh AK, et al. Midterm outcomes of patients undergoing aortic valve replacement after previous coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardio-Thoracic Surg*. 2012;42(5):819-825. doi:10.1093/ejcts/ezs070

59. Fukui T, Tabata M, Morita S, Takanashi S. Early and long-term outcomes of

coronary artery bypass grafting in patients with acute coronary syndrome versus stable angina pectoris. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;145(6):1577-1583.e1. doi:10.1016/j.jtcvs.2012.05.043

60. Malmberg M, Gunn J, Rautava P, Sipilä J, Kytö V. Outcome of acute myocardial infarction versus stable coronary artery disease patients treated with coronary bypass surgery. *Ann Med*. 2021;53(1):70-77. doi:10.1080/07853890.2020.1818118

61. Baddour LM, Wilson WR, Bayer AS, et al. *Infective Endocarditis in Adults: Diagnosis, Antimicrobial Therapy, and Management of Complications: A Scientific Statement for Healthcare Professionals from the American Heart Association*. Vol 132.; 2015. doi:10.1161/CIR.0000000000000296

62. Tornos P, Iung B, Permanyer-Miralda G, et al. Infective endocarditis in Europe: lessons from the Euro heart survey. *Heart*. 2005;91(5):571-575. doi:10.1136/hrt.2003.032128

63. Murdoch DR, Corey GR, Hoen B, et al. Clinical presentation, etiology, and outcome of infective endocarditis in the 21st century: the International Collaboration on Endocarditis-Prospective Cohort Study. *Arch Intern Med*. 2009;169(5):463-473. doi:10.1001/archinternmed.2008.603

64. Nashef SA, Roques F, Michel P, Gauducheau E, Lemeshow S, Salamon R. European system for cardiac operative risk evaluation (EuroSCORE). *Eur J cardio-thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-thoracic Surg*. 1999;16(1):9-13. doi:10.1016/s1010-7940(99)00134-7

65. Heinzelmann UM. Beurteilung und Bedeutung des EuroSCORE-Systems in Bezug auf seine Anwendbarkeit im Klinikalltag. Published online 2016.

66. Ad N, Holmes SD, Patel J, Pritchard G, Shuman DJ, Halpin L. Comparison of EuroSCORE II, Original EuroSCORE, and The Society of Thoracic Surgeons Risk Score in Cardiac Surgery Patients. *Ann Thorac Surg*. 2016;102(2):573-579. doi:10.1016/j.athoracsur.2016.01.105

67. Nashef SAM, Roques F, Sharples LD, et al. Euroscore II. *Eur J Cardio-thoracic*

Surg. 2012;41(4):734-745. doi:10.1093/ejcts/ezs043

68. Di Giammarco G, Rabozzi R, Chiappini B, Tamagnini G. Absolute and relative risk prediction in patients candidate to isolated aortic valve replacement: should we change our mind? *Eur J cardio-thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-thoracic Surg*. 2010;37(2):255-260. doi:10.1016/j.ejcts.2009.08.025

69. Paul M, Raz A, Leibovici L, Madar H, Holinger R, Rubinovitch B. Sternal wound infection after coronary artery bypass graft surgery: Validation of existing risk scores. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2007;133(2):397-403. doi:10.1016/j.jtcvs.2006.10.012

70. Goodwin AT, Ooi A, Kitcat J, Nashef SAM. Outcomes in emergency redo cardiac surgery: Cost, benefit and risk assessment. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2003;2(3):227-230. doi:10.1016/S1569-9293(03)00041-0

71. Ghanta RK, Kaneko T, Gammie JS, Sheng S, Aranki SF. Evolving trends of reoperative coronary artery bypass grafting: An analysis of the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2013;145(2):364-372. doi:10.1016/j.jtcvs.2012.10.051

72. Nešpor D, Fabián J, Němec P. A retrospective analysis of deep sternal wound infections after longitudinal median sternotomy. *Cor Vasa*. 2015;57(2):e75-e81. doi:10.1016/j.crvasa.2015.02.014

73. Baillot R, Cloutier D, Montalin L, et al. Impact of deep sternal wound infection management with vacuum-assisted closure therapy followed by sternal osteosynthesis: a 15-year review of 23 499 sternotomies. *Eur J Cardio-thoracic Surg*. 2010;37(4):880-887. doi:10.1016/j.ejcts.2009.09.023

74. Sofer D, Gurevitch J, Shapira I, et al. Sternal wound infections in patients after coronary artery bypass grafting using bilateral skeletonized internal mammary arteries. *Ann Surg*. 1999;229(4):585-590. doi:10.1097/00000658-199904000-00020

75. Parish MA, Asai T, Grossi EA, et al. The effects of different techniques of internal mammary artery harvesting on sternal blood flow. *J Thorac Cardiovasc*

Surg. 1992;104(5):1303-1307.

76. Toumpoulis IK, Theakos N, Dunning J. Does bilateral internal thoracic artery harvest increase the risk of mediastinitis? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2007;6(6):787-791. doi:10.1510/icvts.2007.164343

77. Gurevitch J, Kramer A, Locker C, Shapira I. Technical Aspects of Double-Skeletonized Internal. *Soc Thorac Surg*. 2000;69(99):841-846.

78. Azarfarin R, Ashouri N, Totonchi Z, Bakhshandeh H, Yaghoubi A. Factors influencing prolonged icu stay after open heart surgery. *Res Cardiovasc Med*. 2014;3(4):2. doi:10.5812/cardiovascmed.20159

79. Almashrafi A, Elmontsri M, Aylin P. Systematic review of factors influencing length of stay in ICU after adult cardiac surgery. *BMC Health Serv Res*. 2016;16(1). doi:10.1186/s12913-016-1591-3

80. Cacciatore F, Belluomo Anello C, Ferrara N, et al. Determinants of prolonged intensive care unit stay after cardiac surgery in the elderly. *Aging Clin Exp Res*. 2012;24(6):627-634. doi:10.3275/8521

81. Ulicny KSJ, Hiratzka LF. The risk factors of median sternotomy infection: a current review. *J Card Surg*. 1991;6(2):338-351. doi:10.1111/j.1540-8191.1991.tb00322.x

82. Morley PT, Zaritsky A. The evidence evaluation process for the 2005 International Consensus Conference on cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care science with treatment recommendations. *Resuscitation*. 2005;67(2-3):167-170. doi:10.1016/j.resuscitation.2005.09.007

83. Klintschar M, Darok M, Radner H. Massive injury to the heart after attempted active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation. *Int J Legal Med*. 1998;111(2):93-96. doi:10.1007/s004140050123

84. Heilmann C, Stahl R, Schneider C, et al. Wound complications after median sternotomy: A single-centre study. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2013;16(5):643-648. doi:10.1093/icvts/ivs554

85. Hauner H, Moss A, Berg A, et al. Interdisziplinäre Leitlinie der Qualität S3 zur „Prävention und Therapie der Adipositas". *Adipositas - Ursachen, Folgeerkrankungen, Ther*. 2014;08(04):179-221. doi:10.1055/s-0037-1618857

86. Levey AS, Eckardt KU, Tsukamoto Y, et al. Definition and classification of chronic kidney disease: A position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO)z. *Kidney Int*. 2005;67(6):2089-2100. doi:10.1111/j.1523-1755.2005.00365.x

87. Olschewski H, Hoeper MM, Borst MM, et al. Diagnostik und therapie der chronischen pulmonalen hypertonie. *Clin Res Cardiol*. 2007;96(5):301-330. doi:10.1007/s00392-007-0508-x

88. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr Off Publ Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(12):1440-1463. doi:10.1016/j.echo.2005.10.005

89. Cockcroft DW, Gault MH. Prediction of creatinine clearance from serum creatinine. *Nephron*. 1976;16(1):31-41. doi:10.1159/000180580

90. Galbut DL, Traad EA, Dorman MJ, et al. Seventeen-year experience with bilateral internal mammary artery grafts. *Ann Thorac Surg*. 1990;49(2):195-201. doi:10.1016/0003-4975(90)90138-v

91. Jones JM, O'Kane H, Gladstone DJ, et al. Repeat heart valve surgery: Risk factors for operative mortality. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2001;122(5):913-918. doi:10.1067/mtc.2001.116470

92. Beckmann A, Meyer R, Lewandowski J, Markewitz A, Gummert J. German Heart Surgery Report 2019: The Annual Updated Registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2020;68(4):263-276. doi:10.1055/s-0040-1710569

93. Nazare J-A, Smith J, Borel A-L, et al. Usefulness of measuring both body mass index and waist circumference for the estimation of visceral adiposity and related cardiometabolic risk profile (from the INSPIRE ME IAA study). *Am J Cardiol*. 2015;115(3):307-315. doi:10.1016/j.amjcard.2014.10.039

94. Rady MY, Ryan T, Starr NJ. Clinical characteristics of preoperative hypoalbuminemia predict outcome of cardiovascular surgery. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 1997;21(2):81-90. doi:10.1177/014860719702100281

95. Gibbs J, Cull W, Henderson W, Daley J, Hur K, Khuri SF. Preoperative serum albumin level as a predictor of operative mortality and morbidity: results from the National VA Surgical Risk Study. *Arch Surg*. 1999;134(1):36-42. doi:10.1001/archsurg.134.1.36

96. Rich MW, Keller AJ, Schechtman KB, Marshall WGJ, Kouchoukos NT. Increased complications and prolonged hospital stay in elderly cardiac surgical patients with low serum albumin. *Am J Cardiol*. 1989;63(11):714-718. doi:10.1016/0002-9149(89)90257-9

97. Guidelines for the use of parenteral and enteral nutrition in adult and pediatric patients. *JPEN J Parenter Enteral Nutr*. 2002;26(1 Suppl):1SA-138SA.

98. Seth AK, De la Garza M, Fang RC, Hong SJ, Galiano RD. Excisional Wound Healing Is Delayed in a Murine Model of Chronic Kidney Disease. *PLoS One*. 2013;8(3):e59979. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059979

99. Wouters R, Wellens F, Vanermen H, De Geest R, Degrieck I, De Meerleer F. Sternitis and mediastinitis after coronary artery bypass grafting: Analysis of risk factors. *Texas Hear Inst J*. 1994;21(3):183-188.

100. Sepehripour AH, Lo TT, McCormack DJ, Shipolini AR. Is there benefit in smoking cessation prior to cardiac surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;15(4):726-732. doi:10.1093/icvts/ivs177

101. Brown PD. Surgery for infective endocarditis. *Curr Infect Dis Rep*. 2007;9(4):291-296. doi:10.1007/s11908-007-0045-9

102. Elbatarny M, Bahji A, Bisleri G, Hamilton A. Management of endocarditis

among persons who inject drugs: A narrative review of surgical and psychiatric approaches and controversies. *Gen Hosp Psychiatry*. 2019;57:44-49. doi:10.1016/j.genhosppsych.2019.01.008

103. Weiser TG, Haynes AB, Dziekan G, et al. Effect of A 19-Item Surgical Safety Checklist During Urgent Operations in A Global Patient Population. *Ann Surg*. 2010;251(5). https://journals.lww.com/annalsofsurgery/Fulltext/2010/05000/Effect_of_A_19_Item_Surgical_Safety_Checklist.28.aspx

104. Saberi K, Bakhshandeh AR, Salehi M, et al. Resternotomy, a single-center experience. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2016;25(1):13-17. doi:10.1177/0218492316678119

105. Cheng H, Chen BPH, Soleas IM, Ferko NC, Cameron CG, Hinoul P. Prolonged Operative Duration Increases Risk of Surgical Site Infections: A Systematic Review. *Surg Infect (Larchmt)*. 2017;18(6):722-735. doi:10.1089/sur.2017.089

106. Putzu A, Gallo M, Martino EA, et al. Coronary artery bypass graft surgery versus percutaneous coronary intervention with drug-eluting stents for left main coronary artery disease: A meta-analysis of randomized trials. *Int J Cardiol*. 2017;241:142-148. doi:https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.04.015

107. 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-thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-thoracic Surg*. 2016;49(3):910-917. doi:10.1093/ejcts/ezv208

108. Sakamoto H, Fukuda I, Oosaka M, Nakata H. Risk factors and treatment of deep sternal wound infection after cardiac operation. *Ann Thorac Cardiovasc Surg Off J Assoc Thorac Cardiovasc Surg Asia*. 2003;9(4):226-232.

109. Peterson MD, Borger MA, Rao V, Peniston CM, Feindel CM. Skeletonization of bilateral internal thoracic artery grafts lowers the risk of sternal infection in patients with diabetes. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2003;126(5):1314-1319. doi:10.1016/s0022-5223(03)00808-0

110. Calafiore AM, Weltert L, Mauro M Di, et al. Internal mammary artery. *Multimed Man Cardiothorac Surg MMCTS*. 2005;2005(1129):mmcts.2004.001008. doi:10.1510/mmcts.2004.001008

111. Windecker S, Kolh P, Alfonso F, et al. 2014 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization: The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS)Developed with the special contribution o. *Eur Heart J*. 2014;35(37):2541-2619. doi:10.1093/eurheartj/ehu278

112. Aldea GS, Bakaeen FG, Pal J, et al. The Society of Thoracic Surgeons Clinical Practice Guidelines on Arterial Conduits for Coronary Artery Bypass Grafting. *Ann Thorac Surg*. 2016;101(2):801-809. doi:10.1016/j.athoracsur.2015.09.100

113. Lemma M, Gelpi G, Mangini A, et al. Myocardial revascularization with multiple arterial grafts: comparison between the radial artery and the right internal thoracic artery. *Ann Thorac Surg*. 2001;71(6):1969-1973. doi:10.1016/s0003-4975(01)02596-6

114. Maroz N, Simman R. Wound Healing in Patients With Impaired Kidney Function. *J Am Coll Clin Wound Spec*. 2013;5(1):2-7. doi:10.1016/j.jccw.2014.05.002

115. Yau TM, Borger MA, Weisel RD, Ivanov J. The changing pattern of reoperative coronary surgery: Trends in 1230 consecutive reoperations. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2000;120(1):156-163. doi:10.1067/mtc.2000.106983

116. Keeling WB, Leshnower BG, Kilgo PS, Thourani VH, Chen EP. Outcomes following redo sternotomy for aortic surgery. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*. 2012;15(1):63-68. doi:10.1093/icvts/ivs127

117. Kuralay E, Bolcal C, Cingoz F, et al. Cardiac reoperation by Carpentier bicaval femoral venous cannula: GATA experience. *Ann Thorac Surg*. 2004;77(3):977-981; discussion 982. doi:10.1016/j.athoracsur.2003.09.064

118. Awad WI, De Souza AC, Magee PG, Walesby RK, Wright JE, Uppal R. Re-do cardiac surgery in patients over 70 years old. *Eur J cardio-thoracic Surg Off J*

Eur Assoc Cardio-thoracic Surg. 1997;12(1):40-46. doi:10.1016/s1010-7940(97)00147-4

119. Elahi M, Dhannapuneni R, Firmin R, Hickey M. Direct complications of repeat median sternotomy in adults. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2005;13(2):135-138. doi:10.1177/021849230501300208

120. Ruel M, Kulik A, Rubens FD, et al. Late incidence and determinants of reoperation in patients with prosthetic heart valves. *Eur J cardio-thoracic Surg Off J Eur Assoc Cardio-thoracic Surg*. 2004;25(3):364-370. doi:10.1016/j.ejcts.2003.12.013

121. Russell JL, LeBlanc JG, Sett SS, Potts JE. Risks of repeat sternotomy in pediatric cardiac operations. *Ann Thorac Surg*. 1998;66(5):1575-1578. doi:10.1016/s0003-4975(98)00829-7

122. Raudat CW, Pagel J, Woodhall D, Wojtanowski M, Van Bergen R. Early intervention and aggressive management of infected median sternotomy incision: a review of 2242 open-heart procedures. *Am Surg*. 1997;63(3):232-238.

123. Milano CA, Kesler K, Archibald N, Sexton DJ, Jones RH. Mediastinitis after coronary artery bypass graft surgery. Risk factors and long-term survival. *Circulation*. 1995;92(8):2245-2251. doi:10.1161/01.cir.92.8.2245

124. Assmann A, Boeken U, Feindt P, Schurr P, Akhyari P, Lichtenberg A. Vacuum-assisted wound closure is superior to primary rewiring in patients with deep sternal wound infection. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;59(1):25-29. doi:10.1055/s-0030-1250598

125. Deniz H, Arslanoglu Y, Ustunsoy H, et al. Treatment outcomes of postoperative mediastinitis in cardiac surgery; negative pressure wound therapy versus conventional treatment. *J Cardiothorac Surg*. 2012;7(1):1-7. doi:10.1186/1749-8090-7-67

126. Hess DR. Retrospective studies and chart reviews. *Respir Care*. 2004;49(10):1171-1174.

127. Vandenbroucke JP. Prospective or retrospective: What's in a name? *Br Med J*. 1991;302(6771):249-250. doi:10.1136/bmj.302.6775.528-d

128. Spriestersbach A, Röhrig B, Du Prel JB, Gerhold-Ay A, Blettner M. Deskriptive statistik: Angabe statistischer maßzahlen und ihre darstellung in tabellen und grafiken - Teil 7 der serie zur bewertung wissenschaftlicher publikationen. *Dtsch Arztebl*. 2009;106(36):578-583. doi:10.3238/arztebl.2009.0578

129. Cayci C, Russo M, Cheema FH, et al. Risk analysis of deep sternal wound infections and their impact on long-term survival: a propensity analysis. *Ann Plast Surg*. 2008;61(3):294-301. doi:10.1097/SAP.0b013e31815acb6a

7. Anhang

7.1. Präoperative Variablen

Variable	n	(%)	M	SD
Abstand letzter Eingriff			12,33	8,10
Aufnahmeart:				
Elektiv	418	76,00		
Dringlich	93	19,9		
Notfall	39	7,1		
Alter bei 1. OP (in Jahren)			55,78	12,33
Alter bei Re-OP (in Jahren)			68,05	11,28
Weibl. Geschlecht	121	22,0		
Diabetes mellitus	128	23,2		
Insulin-abhängiger Diabetes mellitus	28	5,1		
Größe (in cm)			173,60	9,10
Gewicht (in kg)			82,27	15,96
BMI			22,80	13,22
BMI ≥30 kg/m^2	173	31,4		
Hypertension	412	74,8		
Hyperlipoproteinämie	305	55,4		
pAVK	72	13,1		
Kreatinin präoperativ (µmol/l)			102,11	65,39
Chronische Niereninsuffizienz n. KDIGO-Stadium:				
KDIGO Stadium 1	268	48,90		
KDIGO Stadium 2	126	23,00		
KDIGO Stadium 3	119	21,7		
KDIGO Stadium 4	21	3,8		
KDIGO Stadium 5	5	0,9		
Chron. Dialyse prä-OP	20	3,6		
COPD	50	9,1		
Nikotinabusus (aktiv)	60	11		
Z.n. Nikotinabusus	41	7,5		
Pulmonalarterielle Hypertonie	80	14,52		
NYHA-Stadium			2,08	0,97
NYHA I	204	37,60		
NYHA II	128	23,6		
NYHA III	177	32,6		
NYHA IV	34	6,3		
NYHA ≥III	211	38,9		
LV-EF >55 %	275	54,7		
LV-EF 45-54 %	102	19,9		
LV-EF 30-44 %	83	16,2		
LV-EF <30 %	52	10,2		
Akuter Myokardinfarkt (präoperativ innerhalb 72h)	23	4,2		
Z.n. Myokardinfarkt	133	24,20		
KHK	397	76,5		
1-Gefäß KHK	34	6,60		
2-Gefäß KHK	49	9,40		
3-Gefäß KHK	314	60,5		
Prä-OP Endokarditis	52	9,5		
Kardiogener Schock	5	0,9		
Prä-OP Status:				
Ohne Kreislaufmedikation stabil	532	98,0		

Fortsetzung Variable	*n*	*(%)*	*M*	*SD*
Mit niedriger Dosierung stabil	6	1,1		
Mit hoher Dosierung stabil	4	0,7		
Unter Reanimation	1	0,2		
Reanimation prä-OP (bis 72 Stunden)	5	0,9		
Intensivübernahme	31	5,7		
Beatmet bei Aufnahme	7	1,3		
Z.n. PCI/DES	125	22,7		
Z.n. CABG	367	67,00		
BIMA	44	12,00		
LIMA	243	66,21		
RIMA	53	14,44		
Radialis	18	4,9		
Vene	306	83,4		
Z.n. Klappen-OP	193	35,22		
Z.n. AKE	153	79,27		
Z.n. MKE/MKR	51	26,42		
Z.n. TKE/TKR	6	3,11		
Z.n. OP der thorakalen Aorta	58	10,58		
Z.n. Korrektur angeborener Herzfehler	18	3,28		
Z.n. sternaler Wundheilungsstörung	8	1,5		
Sinusrhythmus bei Aufnahme	411	74,7		
Vorhofflimmern bei Aufnahme	91	16,5		
Anderer Rhythmus bei Aufnahme	63	11,5		
Herzschrittmacher	54	9,8		
ICD	25	4,5		
Prä-OP Apoplex	50	9,1		
Prä-OP neurologische Erkrankung	10	1,8		
Prä-OP Röntgen-Thorax	396	87,4		
Prä-OP CT-Untersuchung	304	66,2		
Prä-OP Herzkatheter	486	89,8		
Prä-OP MRT	14	2,6		
ASS	290	67,3		
Marcumar	88	19,6		
Prä-OP weitere Koagulantien	17	3,8		
Antibiotika bis zur OP	39	7,2		
Immunsuppressive Therapie	3	0,6		
Additiver EuroSCORE			10,22	3,27
Logistischer EuroSCORE			23,87	10,29
EuroSCORE II			10,29	10,30

7.2. Perioperative Variablen

Variable	n	(%)	M	SD
OP-Einstufung:				
Elektiv	423	76,80		
Dringlich	88	16,00		
Notfall	39	7,10		
Kanülierung HLM thorakal	522	96,1		
Kanülierung HLM femoral	21	4,0		
Suprakoronarer Ascendens-Ersatz	77	14,0		

Fortsetzung Variable	*n*	*(%)*	*M*	*SD*
Teil-Bogenersatz	12	2,18		
Total-Bogenersatz	9	1,63		
Basisersatz (Conduit/ Bentall)	33	6,0		
Mit David-OP	4	0,73		
Mit Elephant-Trunk	3	0,54		
CABG	262	47,64		
BIMA	33	12,60		
LIMA	82	31,30		
RIMA	39	14,9		
Radialis	33	12,60		
Vene	213	81,30		
AKE	205	74,0		
MKE/MKR	92	33,21		
TKE/TKR	14	5,05		
PFO-Verschluss	13	4,7		
Carotis-Intervention	22	4,02		
OP-Dauer (in Min.)			324,28	90,32
Bypasszeit (in Min.)			168,21	64,12
Aortenklemmzeit (in Min.)			104,73	57,42

7.3. Postoperative Variablen

Variable	n	(%)	M	SD
Post-OP neue Dialyse/Hämofiltration	49	9,1		
Post-OP Status:				
Ohne Kreislaufmedikation stabil	307	57,8		
Mit niedriger Dosierung stabil	167	31,5		
Mit hoher Dosierung stabil	46	8,7		
IABP/ECLS mit Katecholaminen	11	2,1		
Anzahl EK post-OP			2,71	5,09
Anzahl FFP post-OP			1,85	4,05
Anzahl TK post-OP			0,38	1,16
Dauer mechanische Beatmung (in Stunden)			59,38	148,86
Intensivdauer (in Tagen)			6,81	13,04
Delir	89	3,9		
Neurologische Schädigung	21	3,9		
Post-OP Reanimation	25	4,6		
Sinusrhythmus bei Entlassung	375	69,1		
Vorhofflimmern bei Entlassung	100	18,4		
Anderer Rhythmus bei Entlassung	50	9,2		
Herzschrittmacherimplantation	26	4,8		
Bronchopulmonaler Infekt	72	13,2		
Sepsis	31	6,8		
GI-Blutung	7	1,3		
Re-Thorakotomie wegen Blutung	39	7,2		
Sternale WHST	9	1,63		
Konservative Therapie	5	55,6		
VAC-Therapie	4	44,4		
Operative Revision	2	22,2		
Entlassungsart:				
AHB/Reha	347	71,5		

Fortsetzung Variable	***n***	***(%)***	***M***	***SD***
Externe Klinik	114	20,7		
Externe Intensivstation	24	4,4		
Todesfall vor Entlassung	46	8,35		
Todesursache:				
Kardial	10	21,74		
Cerebral	2	4,8		
Sepsis	14	30,43		
MOF	11	21,74		
Andere	4	9,5		
Abstand OP bis Todestag			15,32	22,12
7d-Mortalität	27	4,94		
30d-Mortalität	42	7,68		

8. Danksagung

Zunächst bedanke ich mich bei dem Direktor der Klinik für Herz- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Herrn Prof. Dr. Cremer, für die Überlassung des Promotionsthemas.

Ganz besonders danken möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. Assad Haneya. Neben seinem stets geduldigen Rat bot er mir mit seiner fachlichen Kompetenz eine einzigartige Möglichkeit, sich der Kardiochirurgie zu nähern. Dabei wird mir zeitlebens in Erinnerung bleiben, wie ich miterleben durfte, als ein gleichaltriger Mensch die Chance auf ein zweites Leben bekam.

Mein Dank geht auch an meine Betreuerin Frau Dr. Huenges für ihre andauernde Bereitschaft zur Unterstützung sowie den vielen fachlichen wie auch persönlichen Gesprächen.

Auch Frau Dr. Friedrich möchte ich meinen Dank dafür aussprechen, dass sie mich an ihrer fachlichen Expertise stets auf gewissenhafte Weise hat teilhaben lassen.

Ebenfalls möchte ich meinen Freunden und Kollegen für das Interesse und die Hilfsbereitschaft danken. Mein besonderer Dank gilt dabei Mira John, die mich dank ihrer liebevollen Art und als moralischer Beistand bei der Vollendung dieser Arbeit beständig ermuntert hat.

Für den emotionalen Rückhalt danke ich Michael und meinen Eltern, die mir das gesamte Studium durch ihre hingebungsvolle Unterstützung ermöglicht haben, mir ihre bedingungslose Liebe schenken und denen ich diese Arbeit widme.