

Aus der Klinik und Poliklinik für Herz- und Gefäßchirurgie der
Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Lassen sich bei adipösen Patienten nach Herzoperation durch das Tragen einer
Posthorax®Weste sternale Komplikationen reduzieren?
(eine Vergleichsstudie)

Inauguraldissertation zur
Erlangung des Doktorgrades
der Medizin
der Universitätsmedizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

vorgelegt von

Judith Bienias

aus Wiesbaden

Mainz, 2021

Tag der Promotion:

07.12.2021

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abkürzungsverzeichnis.....	5
Abbildungsverzeichnis	6
Tabellenverzeichnis.....	7
1. Einleitung/ Ziel der Dissertation.....	8
2. Literaturdiskussion	10
2.1 Komplikationen nach medianer Sternotomie.....	10
2.1.1 Definitionen	10
2.1.2 Inzidenz von Wundheilungsstörungen nach Sternotomie.....	13
2.1.3 Klassifikation	14
2.2 Risikofaktoren für das Auftreten einer Wundheilungsstörung.....	16
2.3 Therapie	21
2.3.1 Negative Pressure Wound Therapy „NPWT“	21
2.3.2 Spül-Saug-Drainage (SSD)	22
2.3.3 Sekundärer Verschluss	22
2.3.4 Lappenplastiken	23
2.4 Prophylaxe	23
2.4.1 Präoperative Prophylaxemaßnahmen	23
2.4.2 Intraoperative Prophylaxemaßnahmen	25
2.4.3 Postoperative Prophylaxemaßnahmen	26
2.5 Wirtschaftliche Auswirkungen	27
3. Material und Methoden.....	29
3.1 Funktionsweise der Posthorax®-Stützweste.....	29
3.2 Studienziel.....	29
3.3 Studiendesign	30
3.3.1 Studiendauer.....	30

3.3.2	Patientenkollektiv	30
3.4	Datenerhebung	30
3.5	Datenmanagement.....	31
3.6	Ablauf.....	32
3.7	Endpunkt.....	33
3.8	Statistische Analyse	33
4.	Ergebnisse	34
4.1	Allgemeine Merkmale der Studienpopulation	34
4.2	Präoperative Faktoren der Studienpopulation	36
4.3	Intraoperative Faktoren der Studienpopulation	39
4.4	Postoperative Faktoren der Studienpopulation	42
4.5	Inzidenz von Wundheilungsstörungen.....	46
4.6	Therapien der Wundheilungsstörung	48
5.	Diskussion.....	51
5.1	Diskussion der Methoden.....	51
5.2	Diskussion der Ergebnisse.....	51
5.2.1	Diskussion der präoperativen Faktoren des Patientenkollektivs	52
5.2.2	Diskussion der intraoperativen Faktoren des Patientenkollektivs.....	53
5.2.3	Diskussion der postoperativen Faktoren des Patientenkollektivs	53
5.3	Patientenkollektiv mit Wundheilungsstörung	54
5.4	Ausblick.....	55
6.	Zusammenfassung.....	56
7.	Danksagung	57
8.	Lebenslauf.....	58
9.	Literaturverzeichnis	59

Abkürzungsverzeichnis

A.ascendens	= Aorta ascendens
ACB	= Aortocoronarer Bypass
BIMA	= bilaterale Arteria mammaria interna
BMI	= Body mass index (kg/m ²)
COPD	= Chronisch obstruktive Lungenerkrankung
DSWI	= Deep Sternal Wound Infection
ICU	= Intensive Care Unit
IDDM	= Insulinpflichtiger Diabetes mellitus
IMA	= Arteria mammaria interna
IMBEI	= Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik
KI	= Kontraindikation
LIMA	= linke Arteria mammaria interna
LVEF	= linksventrikuläre Ejektionsfraktion (%)
M.	= Musculus
MRSA	= Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
NIDDM	= Nicht-insulinpflichtiger Diabetes mellitus
NPWT	= Negativ Pressure Wound Therapy
NYHA-Stadium	= New York Heart Association-Stadium
OR	= Odds Ratio
pAVK	= periphere arterielle Verschlusskrankheit
RIMA	= rechte Arteria mammaria interna
SSI	= Surgical Site Infection
SSWI	= Superficial Sternal Wound Infection
V.A.C.- Therapie	= Vaccum Assisted Closure (V.A.C.)- Therapie

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Posthorax®-Stützweste	29
Abbildung 2: Geschlechterverteilung	34
Abbildung 3: Verteilung des Body-Mass-Index	35
Abbildung 4: Aufnahmediagnosen Fallgruppe	37
Abbildung 5: Aufnahmediagnosen Kontrollgruppe	37
Abbildung 6: OP-Eingriffe Fallgruppe	39
Abbildung 7: OP-Eingriffe Kontrollgruppe	40
Abbildung 8: OP-Dringlichkeit	41
Abbildung 9: Verteilung IMA	42
Abbildung 10: Verteilung der kumulierten Beatmungszeit	44
Abbildung 11: Mobilisationsgrad postoperativ	45
Abbildung 12: Dauer des Intensivaufenthaltes [d]	46
Abbildung 13: Inzidenz einer Wundheilungsstörung	47
Abbildung 14: Inzidenz einer Sternumdehiszenz	47
Abbildung 15: Therapie mit Vac-Pumpe	48
Abbildung 16: Therapie mit Direktverschluss	49
Abbildung 17: Anlage der Spül-Saug-Drainage	49
Abbildung 18: Verteilung Sternumdehiszenz	50

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: AMSTERDAM-Klassifikation	16
Tabelle 2: Statistische Daten zum BMI	36
Tabelle 3: Allgemeine Merkmale	36
Tabelle 4: Präoperative Risikofaktoren	38
Tabelle 5: Intraoperative Faktoren	40
Tabelle 6: Postoperative Faktoren	43
Tabelle 7: Statistische Daten zum Intensivaufenthalt [d]	46

1. Einleitung/ Ziel der Dissertation

„Das Herz von allen Eingeweiden stellt die Grenze dar, die die Natur selbst aller Chirurgie gesetzt hat. Keine neue Methode und keine neue Technik wird die technischen Hindernisse überwinden, die sich bei einer Wunde des Herzens stellen.“

Sir Stephen Pagets (1894)

Diesen Zweifeln mussten sich die damaligen Vorreiter der Herzchirurgie stellen. Die Anfänge der Herzchirurgie werden auf das Jahr 1896 datiert. Damals führte Ludwig Rehn in Frankfurt am Main bei einem 22-jährigen Gärtner eine Thorakotomie nach einer thorakalen Stichverletzung durch und verschloss eine 1,5 cm große Wunde des rechten Ventrikels durch drei Nähte.

Heutzutage sind herzchirurgische Eingriffe aus dem medizinischen Alltag nicht mehr wegzudenken. Allein 2018 wurden an deutschen Krankenhäusern 98.707 Herzoperationen durchgeführt (1). Als häufig genutzter Zugangsweg dient die mediane Sternotomie. Hierbei erfolgt eine chirurgische Durchtrennung des Brustbeines in seiner Längsachse. Die mediane Sternotomie wurde bereits 1897 von Milton beschrieben (2) und stellt bis in die heutige Zeit einen idealen Zugangsweg für Operationen am offenen Herzen dar.

Sie ist trotz neuer minimalinvasiver Verfahren weiterhin der Standardzugang für herzchirurgische Operationen. Obwohl die mediane Sternotomie ein sicheres und häufig durchgeführtes Verfahren ist, kann es postoperativ zu schwerwiegenden Komplikationen wie Wundheilungsstörungen oder einer Instabilität des Brustbeins kommen. Wundheilungsstörungen sind eine seltene Komplikation nach medianer Sternotomie, die jedoch zu einer erheblichen Steigerung der Morbidität und Mortalität des Patienten führen können. In der Literatur gibt es, je nach verwendeter Definition und Risikoprofil der Patienten, unterschiedliche Angaben zur Inzidenz. Diese kann zwischen < 1 % bei elektiven Eingriffen mit wenigen Risikofaktoren und bis zu 25 % bei Patienten mit vielen Risikofaktoren liegen (3).

Die betroffenen Patienten müssen sich häufig einer langen, intensiven Behandlung unterziehen und es entstehen immense Kosten aufgrund langer Krankenhausaufenthalte (mittlere Krankenhausverweildauer 16 Tage versus 8 Tage; $p < 0,0001$) und kostenintensiver Therapien (4).

Ein bedeutender Risikofaktor für die Entstehung sternaler Komplikationen nach medianer Sternotomie ist die Adipositas. Lu et al. beschreiben bei einem BMI > 30

kg/m² ein doppelt so hohes Risiko für die Entstehung einer Wundheilungsstörung (Odds ratio (OR) 2,0; p < 0,001) im Vergleich zu normalgewichtigen Patienten (4). Da wir in den letzten Jahren einen Anstieg der Zahlen adipöser Patienten verzeichnen konnten, stieg dementsprechend auch die Zahl derer, die ein hohes Risiko für eine postoperative Wundheilungsstörung haben. Es ist daher erforderlich Prophylaxemöglichkeiten zu finden, um diese Patienten vor postoperativen Komplikationen zu schützen.

Neben intraoperativen Techniken zur sicheren Stabilisierung des Sternums gibt es postoperativ einige Möglichkeiten zur Reduzierung der sternalen Komplikationen. In verschiedenen Studien wurde bereits untersucht, ob es möglich ist, postoperativ mit einer Stabilisierung von außen z. B. durch eine Stützweste, die Rate an Wundheilungsstörungen zu senken. So zeigten Gorlitzer et al., dass durch das Tragen einer Posthorax®-Stützweste die Rate an tiefen Wundheilungsstörungen um 54 % gesenkt werden konnte. Die absolute Risikoreduktion lag bei 1,23 % (5). Diese Studien erfolgten zumeist an allen Patienten einer Abteilung, die sich einem kardiochirurgischen Eingriff mittels Sternotomie unterzogen.

Ziel unserer Studie war es, speziell das Hochrisikokollektiv der adipösen Patienten zu beleuchten und gegebenenfalls eine effektive Möglichkeit zu finden, die Rate an Wundheilungsstörungen bei diesem Kollektiv zu senken. Daher wurden zwischen August 2014 und Juli 2015 an der Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie der Universitätsmedizin Mainz 128 Patientin mit einem BMI > 30 kg/m², die sich einer Herzoperation mittels medianer Sternotomie unterzogen, postoperativ für sechs Wochen mit einer Posthorax®-Stützweste versorgt. Die Posthorax®-Weste ist eine Stützweste und verhindert über eine externe Stabilisierung des Sternums die Reibung zwischen den beiden Sternumhälften.

Diese Fallgruppe wurde mit einer retrospektiven Kontrollgruppe von 132 Patienten mit BMI > 30 kg/m², die postoperativ keine Stützweste erhalten hatte, bezüglich der Entwicklung einer tiefen Wundheilungsstörung verglichen.

Unsere Fragestellung war, ob man durch das postoperative Tragen dieser Stützweste für sechs Wochen die Anzahl an tiefen Wundheilungsstörungen bei adipösen Patienten reduzieren kann. Es wurden außerdem weitere Risikofaktoren für die Entstehung einer Wundheilungsstörung erfasst und die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen analysiert.

2. Literaturdiskussion

2.1 Komplikationen nach medianer Sternotomie

Im folgenden Unterpunkt werden zunächst die verschiedenen Formen der sternalen Komplikationen definiert.

2.1.1 Definitionen

Sternumdehiszenz:

Die Sternumdehiszenz ist eine sternale Instabilität, die innerhalb der ersten zwei Wochen nach der Operation auftreten kann. Die im späteren Verlauf manifesten Instabilitäten werden als Pseudarthrose bezeichnet. Es kann zu einer vollständigen oder teilweisen Trennung der beiden Sternumhälften kommen. Häufig ist das untere Drittel betroffen (6).

Postoperative Wundinfektionen:

Je nach verwendeter Literatur und Sprachgebrauch gibt es sehr viele unterschiedliche Definitionen zur Beschreibung sternaler Wundkomplikationen. Im Folgenden sollen die postoperativen Sternuminfektionen in Anlehnung an das KISS-System (Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System) definiert werden.

Postoperative oberflächliche Sternuminfektion:

Infektion an der Inzisionsstelle innerhalb von 30 Tagen nach der Operation, die nur Haut oder subkutanes Gewebe mit einbezieht **und eines** der folgenden Kriterien trifft zu:

- ▶ Eitrige Sekretion aus der oberflächlichen Inzision

- ▶▶ Erregernachweis in kulturellen oder nicht-kulturellen Verfahren aus einem aseptisch entnommenen Material von der oberflächlichen Inzision oder dem subkutanen Gewebe, welches zum Zweck der Diagnose oder Behandlung entnommen wurde.

▶▶ Eines der folgenden Anzeichen:

- Schmerz oder Berührungsempfindlichkeit
- lokalisierte Schwellung
- Rötung oder Überwärmung **und** die oberflächliche Inzision wird bewusst eröffnet.

▶▶ Diagnose einer oberflächlichen Wundinfektion durch den behandelnden Arzt (7).

Postoperative tiefe Sternuminfektion:

Infektion an der Inzisionsstelle, die Faszien- und Muskelgewebe mit einbezieht und innerhalb von 30 Tagen nach der Operation auftritt **und eines** der folgenden Kriterien trifft zu:

▶▶ Eitrige Sekretion aus der Tiefe der Inzision

▶▶ Alle 3 folgenden:

1. eines der folgenden Anzeichen:

- Fieber ($> 38^{\circ}\text{C}$),
- lokalisierter Schmerz
- Berührungsempfindlichkeit

und

2. Spontane Dehiszenz oder bewusste Eröffnung der tiefen Gewebeschichten durch den behandelnden Arzt

und

3. Erregernachweis in kulturellen oder nicht-kulturellen Verfahren aus Material, welches zum Zweck der Diagnose oder Behandlung entnommen wurde (oder eine mikrobiologische Untersuchung ist nicht erfolgt).

▶▶ Abszess oder sonstige Zeichen der Infektion, die tieferen Schichten betreffend, sind während einer körperlichen Untersuchung oder Operation, bei der histopathologischen Untersuchung oder in bildgebenden Verfahren ersichtlich.

▶▶ Diagnose einer tiefen Wundinfektion durch den behandelnden Arzt (7)

Mediastinitis:

Der Patient muss eines der folgenden Kriterien aufweisen:

- ▶▶ Nachweis von Erregern in kulturellen oder nicht-kulturellen Verfahren im Mediastinalgewebe oder aus mediastinaler Flüssigkeit, welche zum Zweck der Diagnose oder Behandlung entnommen wurde.

- ▶▶ Während einer körperlichen Untersuchung oder Operation oder durch histopathologische Untersuchung nachgewiesene Mediastinitis.

- ▶▶ Eines der folgenden Anzeichen:
 - Fieber ($> 38^{\circ} \text{C}$)
 - Schmerzen im Brustkorb (ohne andere erkennbare Ursache)
 - instabiles Sternum (ohne andere erkennbare Ursache)

und mindestens eines der folgenden Kriterien:

- Eitrige Sekretion aus dem mediastinalen Bereich
- Bei radiologischer Untersuchung (z. B. Röntgen, CT) festgestellte Mediastinitis (Lufteinschlüsse zwischen den Wundrändern, erweitertes Mediastinum, Flüssigkeitsansammlung) (7, 8)

Sternumosteomyelitis:

muss einem der folgenden Kriterien entsprechen:

- ▶▶ Nachweis von Erregern in kulturellen oder nicht-kulturellen Verfahren aus Material vom Knochen, welches zum Zweck der Diagnose oder Behandlung entnommen wurde

- ▶▶ Osteomyelitis während einer körperlichen Untersuchung oder Operation oder durch histopathologische Untersuchung festgestellt

►► Zwei der folgenden Anzeichen:

- Fieber (> 38°)
- lokalisierte Schwellung (ohne andere erkennbare Ursache)
- Empfindlichkeit (ohne andere erkennbare Ursache)
- Überwärmung oder Sekretion an der Infektionsstelle (ohne andere erkennbare Ursache)

und mindestens eines der folgenden Kriterien:

- Kultureller Nachweis von Erregern im Blut
- Positiver Antigen-Nachweis im Blut
- Anhalt für eine Infektion in einem bildgebenden Verfahren (z. B. Röntgen, CT, MRT, Szintigraphie) mit entsprechender klinischer Korrelation (z. B. entsprechender Antibiotikatherapie) (7)

Im englischen Sprachgebrauch wird häufig zwischen Superficial Sternal Wound Infection (SSWI) und Deep Sternal Wound Infection (DWSI) unterschieden.

Gegenstand unserer Studie war die Anzahl an tiefen postoperativen Sternuminfektionen sowie Mediastinitis und Sternumosteomyelitis. Diese werden im Folgenden alle unter dem Begriff tiefe sternale Wundheilungsstörung (DSWI) zusammengefasst.

2.1.2 Inzidenz von Wundheilungsstörungen nach Sternotomie

Wundheilungsstörungen sind eine seltene Komplikation nach medianer Sternotomie, die jedoch zu einer erheblichen Steigerung der Morbidität und Mortalität des Patienten führen können. Die Inzidenz liegt zwischen < 1 % bei elektiven Eingriffen mit wenigen Risikofaktoren und bis zu 25 % bei Patienten mit vielen Risikofaktoren (3).

Lu et al. verzeichneten bei einem Patientenkollektiv von 4228 Patienten, die sich zwischen April 1997 und März 2001 einer ACVB-OP unterzogen, eine Inzidenz von 2,6 % für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung (4). Lemaigen et al. zeigten in einer Studie mit 7170 Patienten eine Inzidenz von 4,1 % (292 Patienten) für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung (9). Ridderstolpe et al. führten eine

retrospektive Studie mit 3008 Patienten durch. Davon entwickelten 291 Patienten (9,7 %) sternale Wundkomplikationen (10).

Die großen Unterschiede bezüglich der Inzidenz beruhen auf mehreren Faktoren. Eine Ursache liegt in der Verwendung unterschiedlicher Definitionen. So werden in manchen Studien alle Komplikationen unter dem Begriff sternale Wundheilungsstörung verzeichnet, andere Studien unterscheiden zwischen oberflächlichen und tiefen Wundheilungsstörungen. Weitere Faktoren sind das unterschiedliche Risikoprofil der Patienten sowie die einbezogenen herzchirurgischen Eingriffe. So haben Studien, die nur Patienten mit ACVB-OP berücksichtigen, häufig eine höhere Inzidenz als Studien, die zusätzlich noch andere herzchirurgische Eingriffe wie z. B. Klappenoperationen einbeziehen. Das Auftreten einer Wundheilungsstörung kann für den Patienten weitreichende Folgen haben. So beschrieben Lu et al. in der bereits erwähnten Studie während des Krankenhausaufenthaltes eine Mortalität von 25,0 % (95 % KI 11,4–45,2) bei Patienten mit tiefen sternalen Wundinfektionen, 2,5 % (95 % KI 0,4–9,5) bei Patienten mit oberflächlichen sternalen Wundinfektionen und 2,2 % (95 % KI 1,8–2,7) bei Patienten ohne Wundheilungsstörung ($p < 0,001$) (4).

2.1.3 Klassifikation

In der Literatur findet man neben den Definitionen verschiedene Möglichkeiten zur Einteilung der Wundheilungsstörungen. Eine Auswahl wird im Folgenden skizziert.

Die CDC-Klassifikation ist weitverbreitet und unterscheidet je nach Tiefe der Ausdehnung.

CDC-Klassifikation der Wundinfektionen nach Sternotomie (1988) (11, 12)

- I. Infektion der Cutis bzw. Subcutis
- II. Infektion der Cutis bzw. Subcutis bis an die prästernale Faszie reichend
- III. Retrosternale mediastinale /Organbeteiligung, Osteomyelitis

Die folgende Einteilung von El Oakly und Wright bezieht den Zeitpunkt des Auftretens der Wundheilungsstörung, die Risikofaktoren sowie das Therapieversagen in die Klassifikation mit ein.

Klassifikation nach El Oakly und Wright (1996) (13)

- I. Mediastinitis, die innerhalb der ersten 2 Wochen nach Operation auftritt, bei fehlenden Risikofaktoren (Adipositas, Diabetes, Einnahme von Immunsuppressiva)
- II. Mediastinitis, die innerhalb von 2 – 6 Wochen nach Operation auftritt, bei fehlenden Risikofaktoren
- III. Mediastinitis
 - A. Typ I in Anwesenheit eines oder mehrerer Risikofaktoren
 - B. Typ II in Anwesenheit eines oder mehrerer Risikofaktoren
- IV. Mediastinitis
 - A. Typ I, II, oder III nach einem Therapieversagen
 - B. Typ I, II, oder III nach mehreren Therapieversagen
- V. Mediastinitis, die nach 6 oder mehr Wochen nach Operation auftritt

Van Wingerden et al. klassifizieren nach den Kriterien der Sternumstabilität und der Knochenbeschaffenheit. Außerdem schlägt die Klassifikation je nach Grad der Wundheilungsstörung eine passende Therapieoption vor. In allen Stadien kann die Therapie mit einer NPWT (Negative Pressure Wound Therapy) kombiniert werden.

Anlehnung an die AMSTERDAM-Klassifikation nach van Wingerden et al. (2014) (12, 14)

(= **A**ssiduous **M**ediastinal **S**ternal **D**ebriement & **A**imed **M**anagement)

Klassifikation	Sternumstabilität	Knochenbeschaffenheit	Therapie
I.	stabil	minimaler Substanzdefekt	NPWT
II.	stabil	ausreichend	Direktverschluss ± Lappenplastik Sekundärverschluss ± Lappenplastik/ Omentumplastik
III.	instabil	gut bis ausreichend	Reverdrahtung/Osteosynthese ± Lappenplastik/ Omentumplastik
IV.	instabil	Nekrosen	Lappenplastik Omentumplastik Lappen- und Omentumplastik

Tabelle 1: AMSTERDAM-Klassifikation

2.2 Risikofaktoren für das Auftreten einer Wundheilungsstörung

In zahlreichen Studien werden diverse Risikofaktoren beschrieben, die zu einer erhöhten Rate an Wundheilungsstörungen führen können.

Diese werden häufig in vier Kategorien eingeteilt:

- 1) Demographische Faktoren (z. B. Geschlecht, Alter)
- 2) Verhaltensassoziierte Faktoren (z. B. Rauchen, Ernährungsverhalten)
- 3) Komorbiditäten (z. B. Diabetes, COPD, Adipositas)
- 4) Operative Risikofaktoren (z. B. Operationsdauer, Dringlichkeit) (15).

Eine weitere Einteilungsmöglichkeit ist die Unterscheidung zwischen:

- 1) Präoperativen Faktoren: z. B. Alter, Diabetes mellitus, Adipositas (BMI > 30kg/m²)
- 2) Intraoperativen Faktoren: z. B. Verwendung beider IMA, Operationsdauer
- 3) Postoperativen Faktoren: z. B. Beatmung, Reanimation

Auf den folgenden Seiten sollen einige Risikofaktoren näher erläutert werden.

Geschlecht

In den meisten Studien wird dem weiblichen Geschlecht ein höheres Risiko für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung zugeschrieben. In einer Arbeit zeigte sich jedoch beim männlichen Geschlecht ein erhöhtes Risiko (15). Als Ursache hierfür wurden vermehrte Haarfollikel genannt, die zu einer höheren mikrobiellen Keimbesiedlung der Haut führen können. Außerdem kann die präoperative Rasur zu Hautirritationen führen (16). Generell wird bei weiblichen Patienten eine höhere Rate an Wundkomplikationen erfasst. Dies wird mit der durch die weiblichen Brüste einhergehenden, erhöhten Zugspannung auf die Sternotomiewunde begründet (9). So konnte in einer Studie mit 3249 kardiochirurgischen Patienten für das weibliche Geschlecht eine Odds Ratio von 2,26 berechnet werden (KI 1,26 - 4,04) (17). In einer weiteren Studie mit 7275 Patienten wurde besonders beim weiblichen Geschlecht in Kombination mit beidseitiger Verwendung der A. mammaria interna ein erhöhtes Risiko festgestellt (OR 3,5; 95 % KI 1,8 - 6,3; p < 0,01) (9).

Alter

Ein höheres Alter korreliert häufig mit einer erhöhten präoperativen Komorbidität, die zu einem größeren Risiko für postoperative Komplikationen führen kann (18).

Adipositas

In diversen Studien zeigte sich, dass Adipositas einen unabhängigen Risikofaktor für die Entwicklung einer Mediastinitis darstellt (19). Verschiedenste Sachverhalte führen zu einer höheren Rate an Wundheilungsstörungen. Adipöse Patienten leiden häufig an Diabetes. Außerdem kann es technisch bedingt zu verlängerten OP-Zeiten kommen (16, 20).

Ein weiterer Faktor ist die Funktion des Fettgewebes. Es produziert eine Vielzahl von pro- sowie antiinflammatorischen Substanzen, die einen Einfluss auf die Wundheilung haben (16, 21).

Des Weiteren führt das überschüssige Gewicht der Brustwand zu einer hohen Zugspannung auf den Sternumverschluss. Diese erhöht sich bei Bewegungen des Oberkörpers, sowie beim Husten. Das gleiche Phänomen zeigt sich bei Frauen mit Makromastie. Sie haben ein höheres Risiko für Wundheilungsstörungen im Vergleich zu Frauen mit kleineren Brüsten (22).

Antunes et al. führten eine Studie zur Identifizierung von Risikofaktoren zur Entwicklung einer Mediastinitis bei 2452 Patienten nach aortokoronarem Bypass durch. Bei 60 Patienten entwickelte sich eine Mediastinitis. Die Inzidenz von Adipositas lag in der Mediastinitis- Gruppe bei 48,3 % vs. 15,2 % in der Gruppe, die keine Mediastinitis entwickelte ($p < 0,001$) (23, 24).

Lemaigen et al. zeigten in einer Studie mit 7170 kardiochirurgischen Patienten, dass Adipositas ($BMI > 30\text{kg/m}^2$) wesentlich zu postoperativen Sternuminfektionen prädisponiert (Odds Ratio = 2,4) (9).

Diabetes mellitus

Der Diabetes mellitus führt ebenfalls zu einer Risikoerhöhung bei der Entwicklung einer Mediastinitis. Zum einen kommt es zu einer verzögerten Wundheilung und zum anderen ist die Immunantwort der Patienten herabgesetzt.

Die einzelnen Phasen der Wundheilung werden bei Diabetikern durch eine Vielzahl an Mechanismen negativ beeinflusst. In der resorptiven Phase kommt es zu einer Beeinträchtigung der Wundheilung durch eine herabgesetzte Leukozyteninfiltration sowie eine mangelhafte Sauerstoffversorgung des Gewebes. In der proliferativen Phase kann ein Mangel an Fibroblasten, Kollagen und Wachstumsfaktoren zu einer Verzögerung der Matrixformation führen, die benötigt wird, um die Wunde zu füllen (16).

In der bereits im letzten Absatz erwähnten Studie von Lemaigen et al. ergab sich für den NIDDM ein 1,7-fach erhöhtes Risiko und für den IDDM sogar ein 2,7-fach erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung. In einer anderen Studie konnte eine Odds Ratio von 6,7 (95 % KI; 2.7 - 16.8; $p < 0,001$) für die Entwicklung einer tiefen Wundheilungsstörung bei insulinpflichtigen Diabetikern berechnet werden (4).

COPD

Über mehrere Wege kann eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung zu sternalen Wundkomplikationen führen. Die Atemmechanik bei dieser Erkrankung übt eine zusätzliche Spannung auf die sternale Wunde aus, die durch das häufige Husten der Patienten noch verstärkt wird (25). Eine chronisch obstruktive Lungenerkrankung führt außerdem dazu, dass das Gewebe nicht ausreichend mit Sauerstoff versorgt wird. Folglich wird der Prozess der Wundheilung verzögert. Filsoofi et al. errechneten in einer Studie mit 5798 Patienten, die sich zwischen Januar 1998 und Dezember 2005 einer Herzoperation unterzogen ein erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung für Patienten mit COPD (OR = 2,3) (26, 27).

IMA

Besonders die beidseitige Verwendung der A. mammaria interna stellt einen weiteren relevanten Risikofaktor dar. Die Äste der A. mammaria interna versorgen das sternale Gebiet. Durch ihre Verwendung als Bypassmaterial sinkt die Durchblutung der distal liegenden Bereiche (28). Da das Blutangebot bei der Wundheilung eine wichtige Rolle spielt, kann es durch die somit hervorgerufene Minderperfusion zu einer Beeinträchtigung der Wundheilung kommen (29).

Eine Risikoerhöhung wird in vielen Studien beschrieben. Unter anderem berechneten Lu et al. bei einem Patientenkollektiv von 4228 Patienten, die sich zwischen April 1997 und März 2001 einer ACVB-OP unterzogen, eine Odds Ratio von 3,2 bei Verwendung der bilateralen A. mammaria interna (4).

Operationsdauer

Während langer Operationen und bei protrahierten Beatmungsmaßnahmen kann es zu einer mangelnden Oxygenierung des Gewebes kommen (16, 30). Außerdem ist eine Destruktion von Zellen durch den Thoraxsperrer möglich. Durch eine längere Operationsdauer steigt das Risiko der Infektion durch Kontamination der Inzision oder Austrocknung des Gewebes (16, 31). Der mit einer längeren Operationsdauer häufig einhergehende Blutverlust trägt zusätzlich zur Gewebehypoxie bei. Diese Faktoren reduzieren wiederum die Widerstandsfähigkeit des Patienten (16).

Art der Operation

Meszaros et al. führten zwischen 2006 und 2010 eine Studie mit 3.249 Patienten durch. Insgesamt wurden 122 sternale Wundinfektionen (3,8 %) festgestellt. Je nach Art der durchgeführten Operation variierte das Risiko. So entwickelten 74 von 1.857 Patienten (4,0 %) nach ACVB-OP, 19 von 799 (2,4 %) nach Klappenoperationen und 29 von 593 (4,9 %) nach kombinierten Eingriffen eine Wundheilungsstörung (17). Bei Lemaigen et al. lag die Rate an Wundheilungsstörungen nach einer Klappenoperation bei 1,4 % und nach einer ACVB-OP (beinhaltet sowohl 1-fach als auch 2-fach IMA) bei 7,3 % (9).

Hypothermie

Peivandi et al. konnten in einer Studie mit 193 Patienten, bei denen eine Sternumrevision erforderlich war, zeigen, dass Hypothermie beim primären Eingriff (29,5° C vs. 32° C) einen relevanten Risikofaktor ($p = 0,016$) darstellt. Dies war mit einer höheren Mortalität assoziiert ($p = 0,004$). Längere extrakorporale Zirkulation sowie längere systemische Hypothermie sind häufiger mit einem komplizierteren chirurgischen Eingriff verbunden (32).

Chronische Niereninsuffizienz

Blanchard et al. zeigten in einer Studie mit 4137 kardiochirurgischen Patienten, dass eine präoperativ bestehende Niereninsuffizienz wesentlich zu postoperativen Sternuminfektionen prädisponiert (Odds Ratio = 4,42) (24, 33).

Herzinsuffizienz

Lu et al. konnten bei einem Patientenkollektiv von 4228 Patienten, die sich zwischen April 1997 und März 2001 einer ACB-OP unterzogen, für Patienten, die an einer Herzinsuffizienz im Stadium NYHA ≥ 3 litten eine OR von 1,6 für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung berechnen (4).

Postoperative Reanimation

Hierbei kommt es aufgrund von zwei Mechanismen zu einem erhöhten Risiko. Zum einen besteht durch die mechanische Reanimation die Gefahr der erneuten Fraktur oder Dehiszenz des Sternums. Zum anderen kommt es zu einer schlechteren

Blutversorgung der Wundbereiche, da während der Reanimation primär die lebenswichtigen Organe mit Blut versorgt werden (16).

2.3 Therapie

Kommt es nach einer medianen Sternotomie zu einer tiefen sternalen Wundheilungsstörung, werden in der Literatur verschiedene Möglichkeiten der Therapie beschrieben.

Grundlage der effektiven Behandlung der Wundheilungsstörung ist ein ausgedehntes radikales Wunddébridement mit Entfernung des gesamten Osteosynthese- und Nahtmaterials, das zur Adaptation von Haut, Unterhautgewebe und Knochenstrukturen verwendet wurde, sowie des infizierten/nekrotischen Knochens (12). Das Débridement sollte frühzeitig erfolgen. Dies kann im Vergleich zu einer späteren Intervention die Krankenhausverweildauer verkürzen und zu einem besseren Behandlungserfolg führen (34).

Die Therapie der tiefen sternalen Wundheilungsstörung beinhaltet neben der Entfernung von nekrotischem Gewebe auch die Anlage von Drainagen zum Sekretabfluss infizierter Bereiche, eine kalkulierte Antibiotikatherapie und operative Techniken, um den Verschluss des Sternalraumes zu erreichen (35). Einige Therapieverfahren werden hier detaillierter beschrieben.

2.3.1 Negative Pressure Wound Therapy „NPWT“

Ein häufig angewandtes Verfahren ist die Vacuum Assisted Closure (V.A.C.)-Therapie. Hierbei wird ein Polyurethanschwamm in die Wunde eingelegt und über ein angeschlossenes Pumpen-Modul ein kontinuierlicher negativer Druck auf die Wundoberfläche ausgeübt. Es kommt hierdurch zu einem Abfluss von infektiösem Sekret und der Reduktion von Wundödemen. Außerdem werden die Durchblutung durch eine Dilatation der Arterien und Arteriolen gesteigert und die Granulation des umgebenden Gewebes gefördert. Diese Mechanismen wirken sich positiv auf die Wundheilung und Gewebegränulation aus (36, 37). Die V.A.C.-Therapie bietet durch die tragbaren Systeme außerdem die Möglichkeit der Mobilisation des Patienten. Dadurch können Folgekomplikationen wie Thrombose, Pneumonie etc. vermieden werden.

Lazar et al. empfehlen die NPWT für Patienten bei denen, z. B. aufgrund einer bestehenden Infektion, ein primärer Wundverschluss nicht möglich ist. Sie dient dann als Übergangstherapie bis zum endgültigen Wundverschluss (35).

Es gibt eine Anzahl retrospektiver Bewertungen, die die NPWT mit anderen Therapien wie Drainageanlage, offenen Verbänden und Lappenplastik vergleichen. Bei Patienten mit NPWT zeigten sich ein kürzerer Krankenhausaufenthalt sowie eine kürzere Dauer bis zur Erlangung negativer Ergebnisse in den Wundkulturen und ein geringerer Prozentsatz derer, die mit offenem Brustbein entlassen wurden. Ebenfalls konnte das Zeitintervall zwischen primärem Débridement und dem endgültigen Wundverschluss verkürzt werden (38).

Petzina et al. analysierten in einer retrospektiven Studie 118 Patienten mit Mediastinitis nach Sternotomie im Rahmen einer Herzoperation. Eine Gruppe von 69 Patienten wurde mit NPWT und eine andere Gruppe von 49 Patienten mit konventioneller Therapie behandelt. In der NPWT-Gruppe lag die Mortalität bei 5,8 %, in der Vergleichsgruppe bei 24,5 %. Auch die mittlere Krankenhausverweildauer war in der NPWT-Gruppe niedriger (38 Tage versus 41 Tage) (39).

2.3.2 Spül-Saug-Drainage (SSD)

Eine andere Therapieoption ist der primäre Verschluss mit Anlage einer Spül-Saug-Drainage. Hierbei erfolgt zunächst ein chirurgisches Débridement mit Entfernung des Cerclagematerials. Anschließend wird eine Spül-Saug-Drainage eingelegt. Vorteile dieser Maßnahme sind die sofortige Stabilisierung des Thorax sowie die mechanische Reinigung der infizierten Stelle durch die Spülung. Es kann jedoch zur Ausbildung von Hohlräumen, Sekretverhalt bei ungenügendem Ablauf sowie zu Arrosionsverletzungen mit schweren Blutungen kommen (36, 40).

2.3.3 Sekundärer Verschluss

Liegt eine ausreichende Knochensubstanz vor und ist eine Osteomyelitis ausgeschlossen, sollte laut Empfehlung der S3-Leitlinie („Management der Mediastinitis nach herzchirurgischem Eingriff“) eine Restabilisierung z. B. mittels Drähten, Spangen oder Plattenosteosynthesen erfolgen (12).

2.3.4 Lappenplastiken

Ist keine ausreichende Knochen- und Weichteilsubstanz vorhanden, ist die Durchführung einer Lappenplastik erforderlich. Hierbei können zur Defektdeckung der M. pectoralis major, M. rectus abdominis, M. latissimus dorsi oder das Omentum majus eingesetzt werden (40).

Die Wahl des geeigneten Verfahrens hängt von der Lokalisation des Defektes ab. Wenn der Defekt hauptsächlich im Bereich des Manubriums und der oberen Sternumhälfte liegt, bietet sich ein bilateraler Pectoralislappen an. Wenn der Knochen- und Weichteildefekt sich vorwiegend im Bereich des Xiphoids oder im unteren Teil des Sternums befindet, können der M. rectus abdominis und das Omentum majus zur Defektdeckung genutzt werden. Bei sehr ausgedehnten Defekten ist es manchmal erforderlich eine Lappenplastik mit dem M. latissimus dorsi durchzuführen (41).

Alle chirurgischen Therapieinterventionen werden in der Regel von einer antibiotischen Therapie begleitet. Diese wird häufig zunächst mit Piperacillin/Tazobactam und Vancomycin begonnen und nach mikrobiologischem Keimnachweis angepasst (12).

2.4 Prophylaxe

Um den Patienten diese ausgedehnten Therapieverfahren, die mit langen Krankenhausaufenthalten einhergehen zu ersparen, werden in der Literatur verstärkt verschiedene Optionen der Prophylaxe aufgezeigt.

2.4.1 Präoperative Prophylaxemaßnahmen

Präoperative Hautvorbereitung

Das Robert Koch-Institut empfiehlt in seinen Maßnahmen zur Vermeidung postoperativer Wundinfektionen den Verzicht auf die präoperative Rasur, da in diversen Studien eine geringere Korrelation mit einem SSI-Risiko resultierte. Sofern eine (Teil-)Haarentfernung aus OP-technischen Gründen notwendig ist, sollte man das Kürzen mit einer elektrischen Haarschneidemaschine (Clippen) dem Rasieren

vorziehen (42). Aus allgemeinhygienischen Gründen wird am Abend vor der OP oder am Tag der OP eine Ganzkörperwäsche oder Duschen empfohlen. Eine präoperative antiseptische Ganzkörperreinigung zeigte in diversen Studien jedoch keine signifikante Reduzierung des SSI-Risikos (42, 43).

Ausgleich einer Hypoalbuminämie

Des Weiteren sollte eine präoperative Hypoalbuminämie ausgeglichen werden. Engelman et al. beschreiben, dass ein präoperativ vermindertes Serumalbumin (< 2,5 g/ml) mit einer erhöhten Mortalität sowie einer erhöhten Inzidenz von sternalen Wundheilungsstörungen einhergeht (44).

MRSA-Screening

Lazar et al. konnten zeigen, dass es sinnvoll ist, bei allen herzchirurgischen Patienten präoperativ einen nasalen MRSA-Abstrich durchzuführen. 20–30 % der Bevölkerung sind Träger von resistentem Staphylococcus aureus. Diese Patienten haben ein dreifach erhöhtes Risiko postoperativ eine endogene Wundinfektion durch Staphylococcus aureus zu erleiden (3, 35).

Es sollte daher bei Patienten, die eine positive Staphylokokkenkultur aufweisen, eine lokale Therapie mit Mupirocin durchgeführt werden. Diese Therapie sollten ebenfalls Patientinnen erhalten, bei denen ein präoperatives MRSA-Screening nicht möglich war (35).

Raucherentwöhnung

Bei Patienten, die aktiv rauchen, sollte nach Möglichkeit eine Raucherentwöhnung durchgeführt werden. Es gibt Hinweise, dass Patienten, die zum Zeitpunkt der Herzoperation aktive Raucher sind, eine höhere Inzidenz an infektiösen Komplikationen sowie eine erhöhte Mortalität aufweisen. In einer prospektiven Studie (1.009 Patienten) stellten Nagachinta und Kollegen fest, dass Rauchen einen unabhängigen Risikofaktor für sternale und mediastinale Infektionen nach herzchirurgischen Eingriffen darstellt (OR = 1,8; 95 % KI = 1,1 – 3,1) (35, 45). Es wird empfohlen, wenn möglich präoperativ eine Raucherentwöhnung durchzuführen. Diese sollte mindestens 30 Tage vor der Operation eingeleitet werden (35).

2.4.2 Intraoperative Prophylaxemaßnahmen

Perioperative Antibiotikaprophylaxe

Zur perioperativen Antibiotikaprophylaxe sollte innerhalb von 60 Minuten vor einem kardiochirurgischen Eingriff ein Cephalosporin verabreicht und bei Eingriffen von mehr als 4 Stunden Dauer wiederholt werden.

Studien haben gezeigt, dass bei Eingriffen die länger als vier Stunden dauern, eine intraoperative Wiederholung der Antibiotikagabe die Infektionsrate um 16 % reduzierte (35).

Inzisionsfolie

Webster et al. untersuchten in einer Cochrane-Analyse den Einfluss von Inzisionsfolie auf das Risiko der Entwicklung einer Wundheilungsstörung. Ein signifikant höherer Anteil an Patienten in der Gruppe mit Inzisionsfolie entwickelte eine Infektion der Operationsstelle im Vergleich zu den Patienten, bei denen keine Folie verwendet wurde (RR 1,23; 95 %-KI 1,02 bis 1,48; p = 0,03). Zusätzlich mit Jod imprägnierte Folien hatten keinen Einfluss auf die Infektionsrate an der Operationsstelle (RR 1,03; 95 %-KI 0,06 bis 1,66; p = 0,89) (42, 46).

Blutzuckereinstellung

In einigen Studien wurde festgestellt, dass Diabetes mellitus und insbesondere die perioperative Hyperglykämie das Risiko von Infektionen nach herzchirurgischen Eingriffen erhöhen. Besonders Blutzuckerwerte > 200mg/dl am ersten und zweiten postoperativen Tag können in Zusammenhang mit einer erhöhten Rate an sternalen Infektionen stehen. Die perioperative Blutzuckerkontrolle kann die Morbidität senken (47). Bei der Insulinapplikation wird die kontinuierliche intravenöse Gabe der intermittierenden subkutanen Injektion vorgezogen, da somit eine bessere Blutzuckereinstellung erreicht wird. Alle Diabetiker, die sich einer herzchirurgischen Operation unterziehen, sollten im OP und bis mindestens 24 Stunden postoperativ Insulin intravenös erhalten, um Blutzuckerwerte bis 180 mg/dl zu halten (48).

Zerr et al. führten eine Studie mit 8.910 Patienten durch. Insgesamt waren 1.585 (18 %) dieser Patienten Diabetiker. Sie konnten zeigen, dass bei optimaler Blutzuckerkontrolle die Rate an tiefen Wundinfektionen von 2,4 % auf 1,5 % reduziert werden konnte (3, 49).

2.4.3 Postoperative Prophylaxemaßnahmen

Mechanische Stabilisierung von außen

Ein weiterer Prophylaxeansatz ist die mechanische Stabilisierung von außen. Hierbei soll der Thorax samt der Sternotomiewunde mittels Stützsystemen von außen stabilisiert werden. Neben der klassischen elastischen Binde wurden in den letzten Jahren zielgerichtete Stabilisierungssysteme entwickelt. Die Posthorax®-Weste ist eines von ihnen und führt über eine anteroposteriore Stabilisierung dazu, dass die beiden Sternumhälften nicht aneinander reiben. Rechts und links seitlich des Sternums befinden sich zwei Polster. Diese absorbieren Erschütterungen, wenn der Patient tief atmet, hustet oder sich im Bett bewegt.

Gorlitzer et al. führten von September 2007 bis März 2010 eine prospektive randomisierte Multi-Center-Studie mit 2539 Patienten nach einer Herzoperation mittels medianer Sternotomie durch. Von diesen erhielten 1351 Patienten postoperativ eine Posthorax®-Weste, während 1188 Patienten keine Weste erhielten. Die Häufigkeit tiefer Wundkomplikationen (dWC: Mediastinitis und sternale Dehiszenz) war bei Patienten mit Weste (n = 14; 1,04 %) signifikant niedriger als bei Patienten ohne Weste (n = 27; 2,27 %) (ITT, p < 0,01). Durch das Tragen der Posthorax®-Weste wurde das Risiko der Entwicklung einer tiefen Wundheilungsstörung um 54 % gesenkt. Die absolute Risikoreduktion lag bei 1,23 %. Bei der Anzahl an oberflächlichen Wunddefekten gab es keinen Unterschied zwischen den Gruppen (5). In einer weiteren Studie des gleichen Autors mit 455 Patienten wurde neben einer Reduktion der Wundheilungsstörungen außerdem ein Unterschied zwischen der Krankenhausverweildauer festgestellt. Diese war bei Patienten mit Komplikationen 22 Tage (19,6 SD) im Vergleich zu 11 Tagen (10,7 SD) bei Patienten ohne Komplikationen (50).

Ein weiteres System zur Stabilisierung des Sternums von außen ist das Stern-EFix® System. Es wurde nach verschiedenen Kriterien entwickelt. Es soll funktional sein, ohne die Funktionen des Thorax sowie die körperliche Aktivität des Patienten zu beeinträchtigen und einfach in der Benutzung. Außerdem soll eine Verbesserung der Lebensqualität durch Schmerzreduktion erzielt werden.

Das System besteht aus zwei Teilen. Eine Frontplatte aus verstärktem Plastik ist mit elastischen Binden verbunden. Diese folgen dem Verlauf des Brustkorbs. Zusammen

mit einer oberen Binde wird die übermäßige anteriore Bewegung des Brustkorbs verhindert. Die laterale Bewegung wird durch eine untere Binde limitiert. Aufgrund der Elastizität der Binden ist der Patient in seiner Bewegung nicht eingeschränkt. In einer Studie mit 750 männlichen Patienten konnte die Rate an Wundheilungsstörungen um 64 % gesenkt werden. Somit lag die absolute Risikoreduktion bei 6,04 %. Oberflächliche Infektionen konnten durch dieses System ebenfalls nicht reduziert werden (51).

2.5 Wirtschaftliche Auswirkungen

Die Komplikation der sternalen Wundinfektion führt neben den für den Patienten sehr belastenden Behandlungen auch zu hohen Kosten im Gesundheitssystem. Die durchschnittlichen Krankenhauskosten liegen bei Patienten mit Wundinfektionen dreimal so hoch wie bei Patienten mit einem unkomplizierten postoperativen Verlauf. Diese übermäßigen Kosten sind hauptsächlich auf die damit verbundene hohe Morbidität, den verlängerten Krankenhausaufenthalt und die Notwendigkeit wiederholter chirurgischer Eingriffe bei diesen Patienten zurückzuführen (51).

In einer australischen retrospektiven Fall-Kontrollstudie wurde bei 108 Patienten mit Wundheilungsstörung nach ACVB (Fälle) und 108 Patienten ohne Wundheilungsstörung (Kontrollen) die postoperative Verweildauer der Patienten erhoben und die dadurch entstandenen Kosten verglichen.

Postoperativ waren die Fälle insgesamt 313 Tage auf der Intensivstation, während die Kontrollen 165 Tage auf der Intensivstation verbrachten, was einem Mittelwert von 2,89 gegenüber 1,53 Tagen entspricht ($p = 0,035$). Im Allgemeinen waren die Fälle insgesamt 1651 Tage stationär und die Kontrollen 589 Tage. Dies ist ein Mittelwert von 10,8 Tagen für die Fälle und 4,7 Tagen für die Kontrollen ($p = 0,0001$). Die erhöhten Gesamtkosten im Zusammenhang mit einer längeren Krankenhausverweildauer und Antibiotikabehandlung betragen 12.419 USD pro Patient (51). In einer weiteren deutschen Studie verglichen Graf et al. die Verweildauer im Krankenhaus und auf einer Intensivstation (ICU) sowie die Gesamtkosten für Patienten, die sich einer ACVB-OP unterziehen, in Abhängigkeit vom Auftreten einer nachfolgenden tiefen Wundheilungsstörung. Hierzu wurde eine Fall-Kontroll-Studie durchgeführt, bei der die Gesamtkosten der Patienten mit tiefer

Wundheilungsstörung (Fälle) analysiert wurden und mit einer Patientengruppe verglichen, bei denen keine tiefe Wundheilungsstörung auftrat (Kontrollen). Die mittleren Gesamtkosten eines Patienten der Fallgruppe betragen 36.261 Euro gegenüber 13.356 Euro pro Kontrollpatient ohne Infektion ($p < 0,0001$). Die mediane Gesamtverweildauer betrug 34,4 Tage gegenüber 16,5 Tagen ($p = 0,0006$) (52).

3. Material und Methoden

3.1 Funktionsweise der Posthorax®-Stützweste

Die Posthorax®-Stützweste wurde so konzipiert, dass sie zu einer antero-posterioren Stabilisierung des Thorax führt. Es befinden sich seitlich der Sternotomiewunde zwei Polster, die zur Stabilisierung dienen und somit das Aneinanderreiben der beiden Sternumhälften verhindern (50). Die seitlichen Gurte können individuell eingestellt werden, und es befinden sich am Ansatz elastische Gummibänder. Dadurch wird eine physiologische Atmung ermöglicht, jedoch die Überdehnung des Brustkorbes verhindert (Stopp - Mechanik).



Abbildung 1: Posthorax®-Stützweste

3.2 Studienziel

Ziel der Studie war es zu untersuchen, ob bei adipösen Patienten mit einem BMI > 30 kg/m² nach medianer Sternotomie im Rahmen eines herzchirurgischen Eingriffs, das

postoperativ sechswöchige Tragen einer Posthorax®-Stützweste die Anzahl an tiefen postoperativen sternalen Wundheilungsstörungen reduzieren kann.

3.3 Studiendesign

Bei der Studie handelt es sich um eine retrospektive Vergleichsstudie.

3.3.1 Studiendauer

Die Datenerhebung der Fallgruppe wurde zwischen August 2014 und Juli 2015 an der Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie der Universitätsmedizin Mainz durchgeführt. Die Daten der Kontrollgruppe stammen aus dem Vorjahr (Juli 2013 bis Dezember 2013).

3.3.2 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv umfasste 128 Patienten mit einem Body-Mass-Index > 30 kg/m², die zwischen August 2014 und Juli 2015 im Rahmen einer Herzoperation eine mediane Sternotomie erhielten und postoperativ für sechs Wochen mit einer Posthorax®-Stützweste versorgt wurden.

Die Kontrollgruppe setzte sich aus 132 Patienten zusammen, die ebenfalls einen Body-Mass-Index > 30 kg/m² hatten und bei denen zwischen Juli 2013 und Dezember 2013 im Rahmen einer Herzoperation eine mediane Sternotomie erfolgte. Diese Gruppe wurde jedoch postoperativ nicht mit einer Posthorax®-Stützweste versorgt.

3.4 Datenerhebung

Wir erhoben allgemeine Daten wie Geschlecht, Alter, Größe und Gewicht. Außerdem ermittelten wir den Body-Mass-Index.

Weitere Merkmale zur detaillierten Beschreibung des präoperativ vorhandenen Gesundheitszustandes des Patientenkollektivs waren:

- Diabetes mellitus (ja/nein)
- Chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) (ja/nein)
- Aufnahmediagnose

- Linksventrikuläre Ejektionsfraktion (LVEF: < 30 %; 30 - 50 %; > 50 %)
- Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) (ja/nein)
- Herzinsuffizienz (NYHA-Stadium)
- Nierenersatztherapie (ja/nein)

Bezüglich des erfolgten Eingriffs erhoben wir:

- Beidseitige Verwendung der A. mammaria interna (BIMA) bei Patienten mit Bypassoperation (ja/nein)
- Operationsdauer (Minuten)
- OP-Gruppe (Koronarchirurgie/Klappenchirurgie/Ersatz der A. ascendens)
- Operationseingriff

Wir erfassten außerdem Faktoren des postoperativen Verlaufes:

- Kumulierte Beatmungszeit
- Postoperative Reanimation (ja/nein)
- Psychosyndrom (nein/ flüchtig/ therapie relevant)
- Zeitpunkt der postoperativen Erstmobilisation (Post-OP-Tag)
- Dauer des Intensiv Aufenthaltes (Tage)

3.5 Datenmanagement

Die Datenerhebung erfolgte aus der Patientenakte sowie dem Qualitätsprogramm QIMS (Integrationsplattform zur Online-Erfassung von Patientendaten in der Herzchirurgie). Diese Rohdaten wurden zunächst mit Hilfe von Microsoft Excel erfasst und anschließend in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics Version 23 importiert und statistisch analysiert. Zur Pseudonymisierung erfolgte die Vergabe einer Fallnummer. Diese wurde anstelle des Vor- und Nachnamens des Patienten verwendet.

3.6 Ablauf

Zunächst erfolgte eine statistische Beratung am Institut für medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik der Universitätsmedizin Mainz (IMBEI) zur Planung der Studie. Das Hinzuziehen eines retrospektiven Patientenkollektivs zur statistischen Analyse wurde als eine geeignete Methode angesehen, da mit Beginn der Datenerhebung möglichst jeder übergewichtige Patient von der Posthorax®-Stützweste potentiell profitieren sollte. Die statistische Methodik zur Auswertung der beiden Vergleichsgruppen wurde, wie in 3.8 beschrieben, gemeinsam mit dem IMBEI besprochen.

Zwischen August 2014 und Juli 2015 wurden 128 Patienten mit einem Body-Mass-Index $> 30\text{kg/m}^2$ bei ihrer Aufnahme in der Abteilung der Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie der Universitätsmedizin Mainz mit einer Posthorax®-Stützweste versorgt. Des Weiteren erfolgte eine detaillierte Aufklärung über den Gebrauch sowie Sinn und Zweck der Weste. Die Patienten wurden darüber aufgeklärt, dass sie die Posthorax-Stützweste® nach der Herzoperation für sechs Wochen kontinuierlich tragen sollten. Dies beinhaltete auch das Tragen während der Nacht, da es gerade nachts zu ungewollten Bewegungen kommen kann, die eine Beanspruchung der Sternotomiewunde nach sich ziehen können. Im Anschluss erfolgte die genaue Anpassung der Weste. Dazu wurde der Brustkorbumfang des Patienten gemessen und dann die entsprechende Größe der Posthorax®-Stützweste gewählt. Bei den weiblichen Patienten erfolgte zusätzlich die Versorgung mit einem speziellen BH, der sich in die Weste integrieren ließ. Je nach Wunsch konnten die Patientinnen auch ihren eigenen BH, sofern geeignet, in Kombination mit der Weste tragen. Im Idealfall trugen die Patienten die Weste zur Gewöhnung bereits präoperativ für eine Nacht.

Im Anschluss an die Herzoperation wurde den Patienten die Weste bis spätestens 72 Stunden postoperativ angezogen. Im weiteren stationären Verlauf erfolgte die Betreuung der Patienten in Form von Beratung und Nachjustieren der Weste. Das Patientenkollektiv wurde im Hinblick auf die Entwicklung einer tiefen sternalen Wundheilungsstörung innerhalb von 30 Tagen postoperativ beobachtet.

Die daraus rekrutierten Daten verglichen wir mit einer retrospektiven Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppe setzte sich aus 132 Patienten zusammen, die ebenfalls einen Body-Mass-Index $> 30\text{ kg/m}^2$ hatten und zwischen Juli 2013 und Dezember 2013 im Rahmen einer Herzoperation eine mediane Sternotomie erhielten.

Die Fallgruppe wurde mit der Kontrollgruppe im Hinblick auf die Entwicklung einer tiefen sternalen Wundheilungsstörung innerhalb der ersten 30 postoperativen Tage verglichen. Des Weiteren erfolgte ein Gruppenvergleich der Risikofaktoren und der Assoziationen bezüglich der Entwicklung einer Wundheilungsstörung.

3.7 Endpunkt

Der statistische Endpunkt war die Entwicklung einer tiefen sternalen Wundheilungsstörung innerhalb von 30 Tagen postoperativ als binäre Variable ja/nein.

3.8 Statistische Analyse

Zunächst wurde eine Plausibilitätsprüfung durchgeführt. Im Anschluss erfolgte die Deskription der Daten. Hierbei wurden die kategorialen Variablen durch absolute und relative Häufigkeiten beschrieben. Diese stellten wir graphisch mit Balkendiagrammen und Tortendiagrammen dar.

Für die stetigen Variablen berechneten wir Mittelwert, Median, Standardabweichung, Schiefe, Minimum, Maximum und Perzentilen (25, 50, 75) und stellten dies graphisch mit Boxplots dar. Anschließend wurden mit Hilfe von Kreuztabellen die verschiedenen kategorialen Merkmale der Fall- und der Kontrollgruppe in Bezug gesetzt. Bei den stetigen Merkmalen erfolgte diese Darstellung ebenfalls mittels Boxplots.

In der anschließenden explorativen Analyse kamen zur Auswertung der kategorialen Variablen der Chi-Quadrat-Test (wenn > 5 Felder in der Kreuztabelle) sowie der exakte Test nach Fisher zur Anwendung.

Die stetigen Variablen wurden, wenn eine Normalverteilung vorlag (Schiefe +1/-1), mit dem T-Test ausgewertet. Lag diese nicht vor, wurde der Mann-Whitney-Test verwendet. Die Ergebnisse wurden bei einem p-Wert < 0,05 als signifikant angesehen.

Eine multivariate Analyse der Daten war vom IMBEI nicht empfohlen worden.

4. Ergebnisse

4.1 Allgemeine Merkmale der Studienpopulation

Die Studienpopulation setzte sich aus 128 Patienten in der Fallgruppe und 132 Patienten in der Kontrollgruppe zusammen.

Die Fallgruppe bestand aus 100 männlichen sowie 28 weiblichen Patienten. In der Kontrollgruppe konnten wir 90 Männer sowie 42 Frauen verzeichnen. Der p-Wert betrug 0,047. Somit bestand bei der Geschlechterverteilung ein signifikanter Unterschied zwischen Fall- und Kontrollgruppe. Das folgende Balkendiagramm verdeutlicht dies.

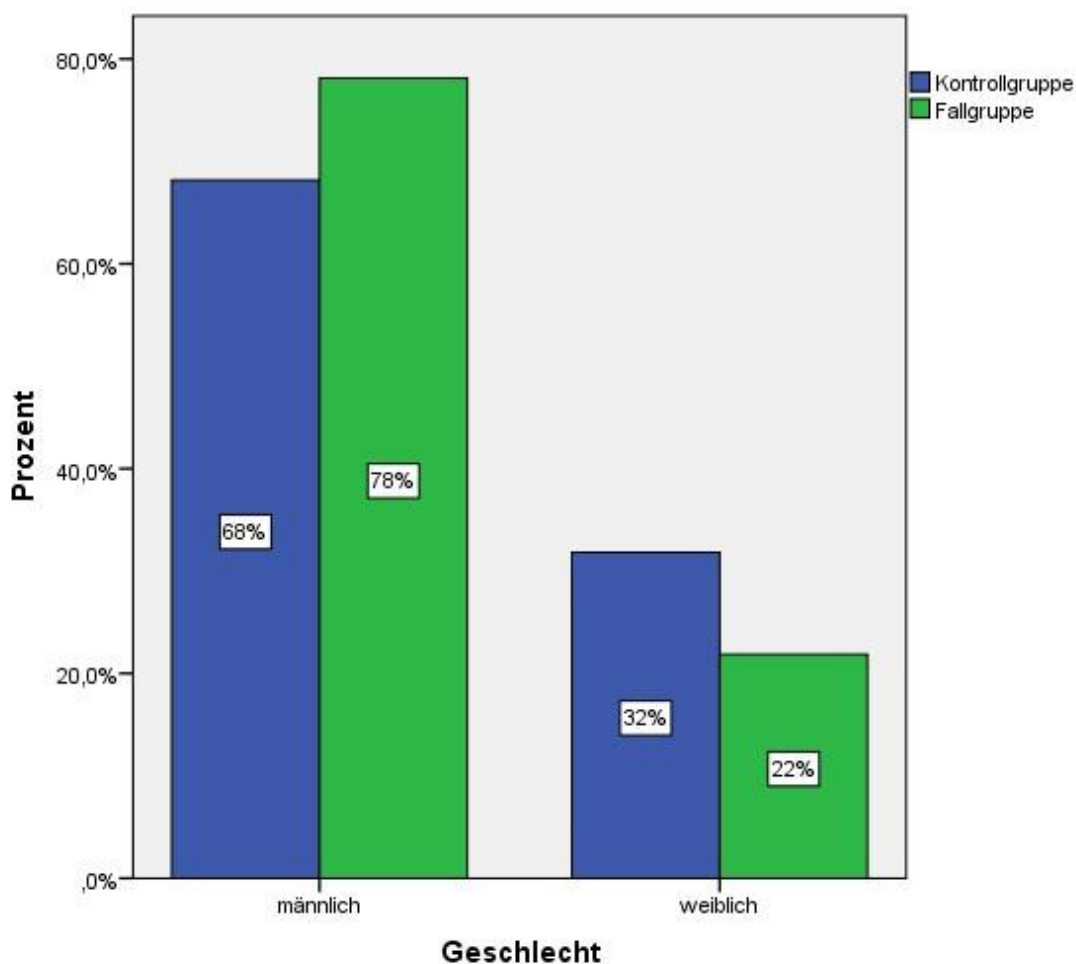


Abbildung 2: Geschlechterverteilung

Die Altersverteilung wies in der Westengruppe einen Mittelwert von 65,39 Jahren mit einer Standardabweichung von 11,217 auf. Die Schiefe betrug 0,303. Der jüngste Patient war 37 Jahre und der Älteste 89 Jahre. In der Kontrollgruppe betrug der

Mittelwert 65,69 Jahre bei einer Standardabweichung von 10,402. Die Schiefe betrug 0,562. Der jüngste Patient war 31 Jahre und der Älteste ebenfalls 89 Jahre. Bei einem p-Wert von 0,823 gab es somit bezüglich des Alters keinen signifikanten Gruppenunterschied.

Der BMI lag in der Fallgruppe bei 34,81 kg/m² (Mittelwert) und in der Kontrollgruppe bei 34,35 kg/m². Somit ergab sich bei einem p-Wert von 0,567 kein signifikanter Gruppenunterschied. Die beiden folgenden Abbildungen verdeutlichen die statistischen Parameter zum Body-Mass-Index. Die Kreise über den Boxplots stellen Ausreißer dar. Diese überschreiten den 1,5-fachen Interquartilsabstand (Boxlänge). Bei den Sternchen handelt es sich um extreme Ausreißer (überschreiten den 3fachen Interquartilsabstand). Der Median wird durch die schwarze Linie in den Boxen symbolisiert.

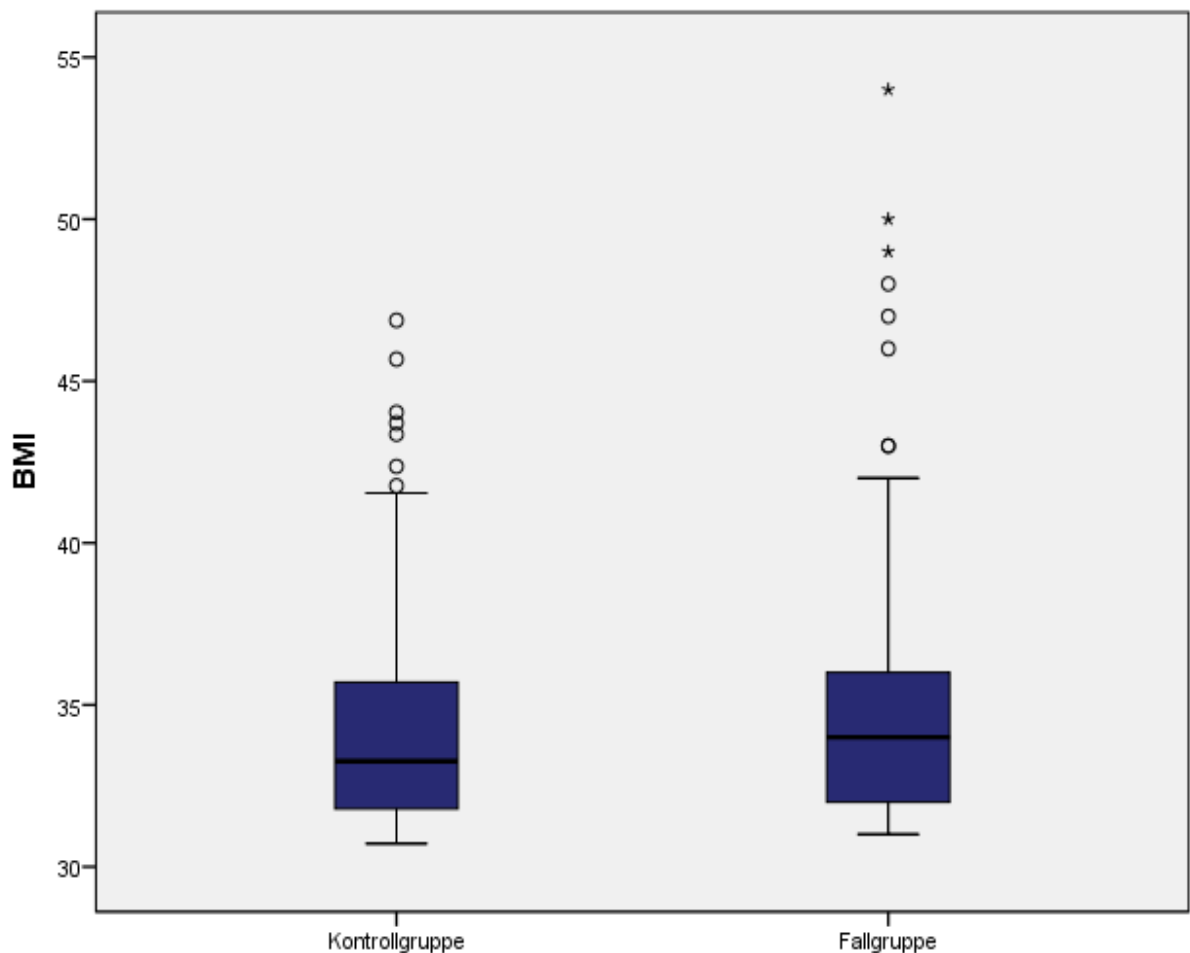


Abbildung 3: Verteilung des Body-Mass-Index

BMI					
Kontroll- gruppe	Mittelwert	34,35	Fall- gruppe	Mittelwert	34,81
	Median	33,26		Median	34
	Standardabweichung	3,505		Standardabweichung	4,286
	Schiefe	1,434		Schiefe	2,043
	Minimum	31		Minimum	31
	Maximum	47		Maximum	54

Tabelle 2: Statistische Daten zum BMI

Die folgende Tabelle zeigt jeweils den Median der allgemeinen Merkmale in Fall- und Kontrollgruppe.

Merkmals	Fallgruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
Alter (Jahre)			0,823
Median	67	67	
Größe (cm)			0,038
Median	174	170	
Gewicht (kg)			0,04
Median	102	99,5	
BMI (kg/m²)			0,343
Median	34	33,26	

Tabelle 3: Allgemeine Merkmale

4.2 Präoperative Faktoren der Studienpopulation

Die häufigste Aufnahmediagnose in beiden Gruppen war die Koronare Herzerkrankung (KHK). In der Fallgruppe kamen 73,8 % der Patienten aufgrund einer KHK in die Klinik, in der Kontrollgruppe waren es 67,4 %. Die beiden folgenden Diagramme verdeutlichen die Verteilung der Aufnahmediagnosen in Fall- und Kontrollgruppe.

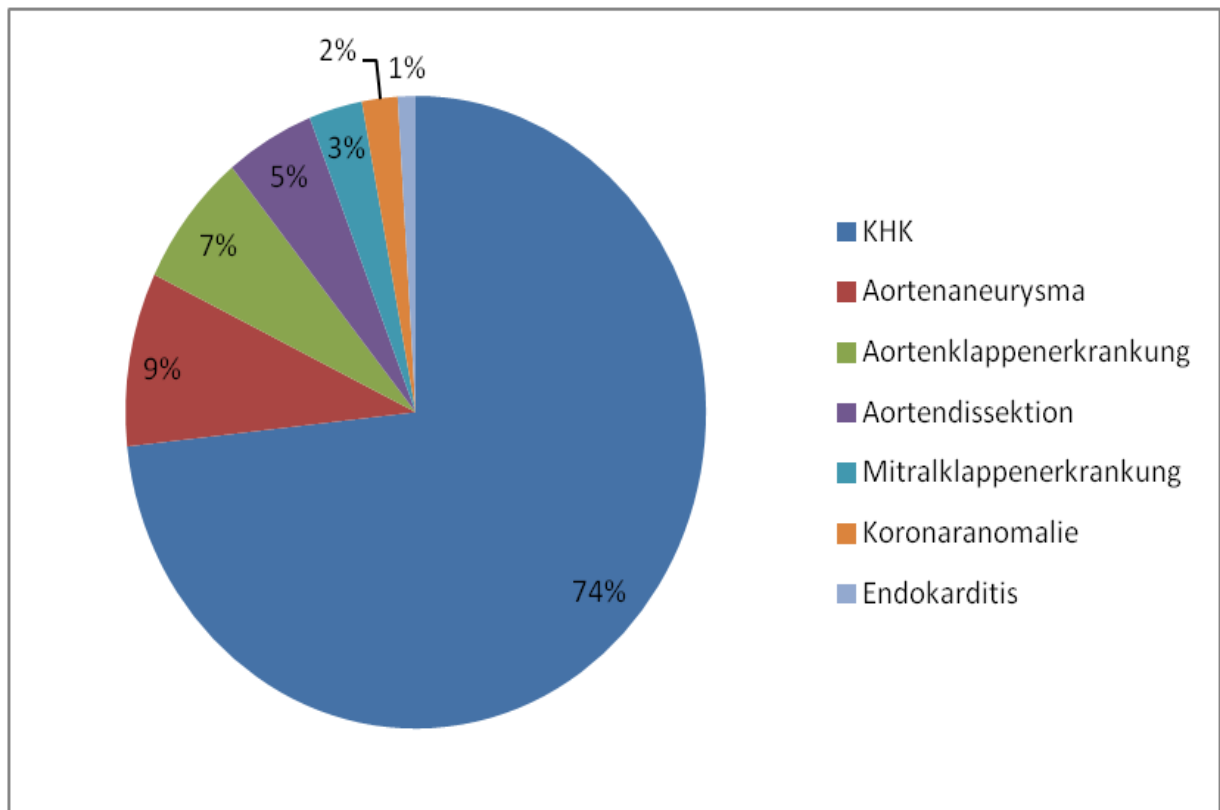


Abbildung 4: Aufnahme Diagnosen Fallgruppe

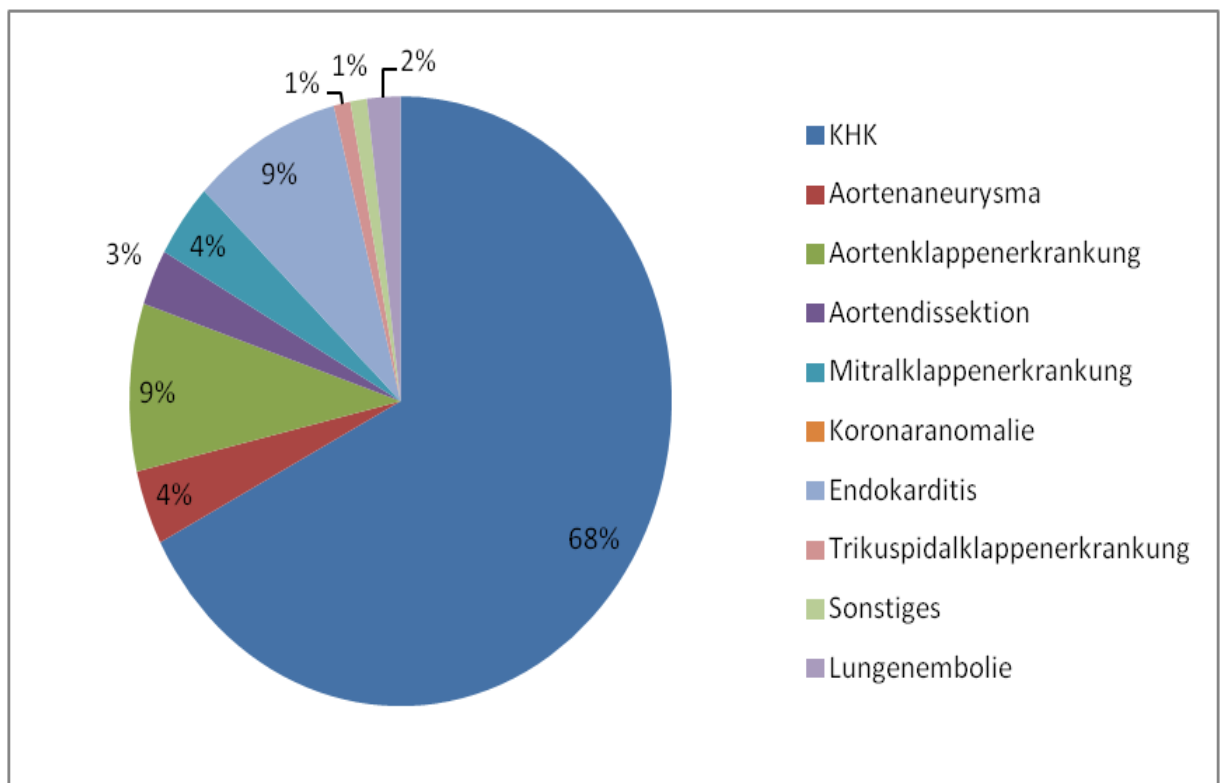


Abbildung 5: Aufnahme Diagnosen Kontrollgruppe

Merkmal	Fallgruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
Diabetes			0,477
ja	45,70 %	44,50 %	
nein	54,30 %	55,50 %	
pAVK			0,175
ja	5,50 %	9,40 %	
nein	94,50 %	90,60 %	
COPD			0,053
ja	7,10 %	14,10 %	
nein	92,90 %	85,90 %	
LVEF			0,377
< 30 %	8,10 %	4,10 %	
30-50 %	25,20 %	29,80 %	
> 50 %	66,70 %	66,10 %	
präoperative Nierenersatztherapie			0,034
ja	0,80 %	5,50 %	
nein	99,20 %	94,50 %	
Herzinsuffizienz NYHA			0,050
Keine	7,7 %	0,9 %	
Stadium 1	13,2 %	16,4 %	
Stadium 2	9,9 %	19,1 %	
Stadium 3	48,4 %	47,3 %	
Stadium 4	20,9 %	16,4 %	

Tabelle 4: Präoperative Risikofaktoren

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Verteilung der Risikofaktoren, die präoperativ in der Fallgruppe sowie der Kontrollgruppe bestanden. Die Tabelle zeigt, dass die Anzahl der Diabetiker in beiden Gruppen nahezu gleich war. Bei der Notwendigkeit einer präoperativen Nierenersatztherapie gab es signifikante Unterschiede zwischen den

Gruppen. So lag die Rate in der Kontrollgruppe höher (5,5 % versus 0,8 %). Bei den anderen Faktoren gab es ebenfalls Unterschiede. Diese waren jedoch nicht signifikant. So war die Rate an Patienten mit COPD und pAVK in der Kontrollgruppe höher. In der Fallgruppe gab es einerseits eine höhere Anzahl an Patienten, die keine Herzinsuffizienz hatten. Allerdings war auch die Anzahl derer, die an einer Herzinsuffizienz im NYHA-Stadium 3 und 4 erkrankt waren höher als in der Kontrollgruppe.

4.3 Intraoperative Faktoren der Studienpopulation

Bei den OP-Eingriffen war der mit Abstand am häufigsten durchgeführte Eingriff in beiden Gruppen die aortokoronare Bypassoperation (Fallgruppe 74 %, Kontrollgruppe 67 %) gefolgt von Klappenoperationen (Fallgruppe 13 %, Kontrollgruppe 24 %) sowie dem Aortenersatz (Fallgruppe 10 %, Kontrollgruppe 6 %).

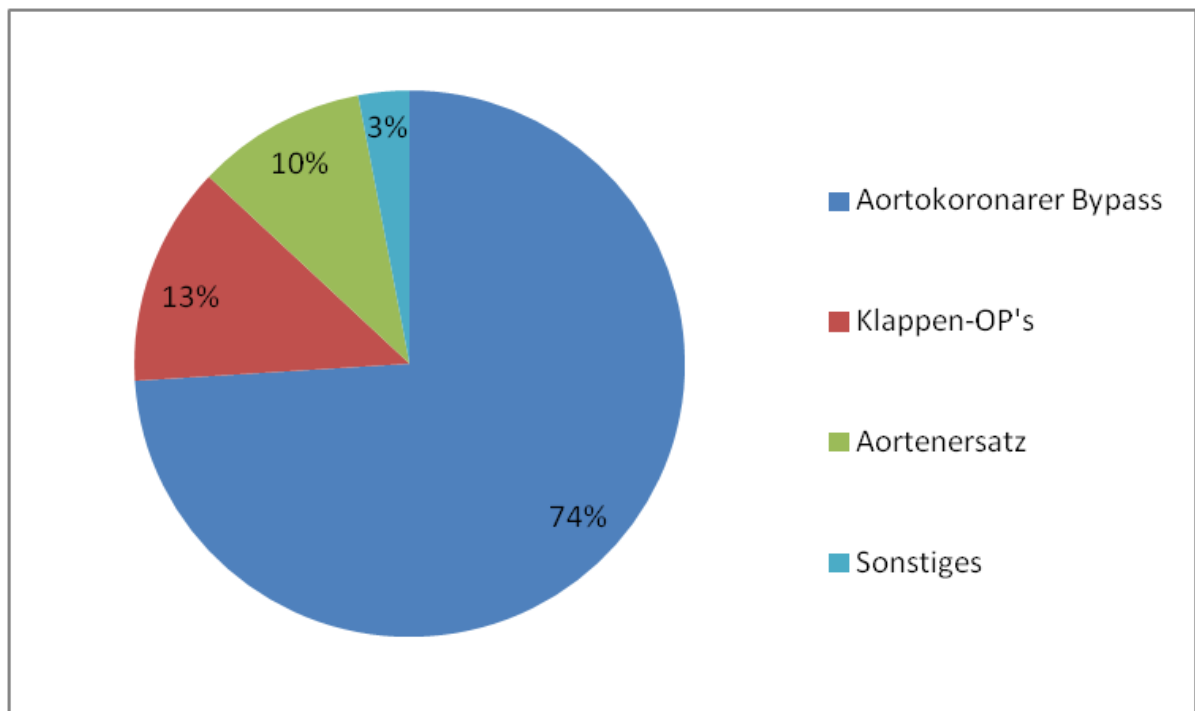


Abbildung 6: OP-Eingriffe Fallgruppe

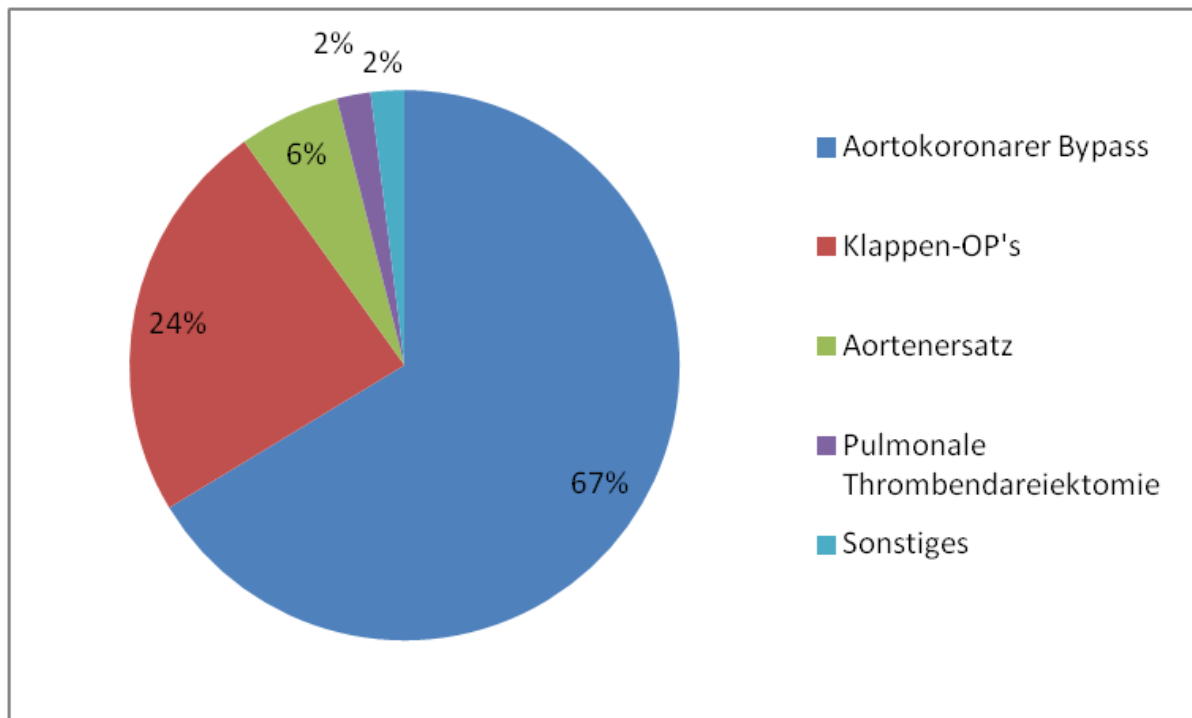


Abbildung 7: OP-Eingriffe Kontrollgruppe

Bezüglich der Operationszeit gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Bei der beidseitigen Verwendung der A. mammaria interna sowie der Dringlichkeit des OP-Eingriffs zeigten sich jedoch Gruppenunterschiede.

Merkmal	Fallgruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
Dringlichkeit			0,064
Elektiv	44,9 %	33,3 %	
Dringlich	38,6 %	39,5 %	
Notfall	16,5 %	24,8 %	
Notfall (Reanimation Ultima ratio)	0,0 %	2,3 %	
Operationszeit (min)			0,762
Median	185	195	
Doppel-IMA			0,038
ja	57,40 %	43,20 %	
nein	42,60 %	56,80 %	

Tabelle 5: Intraoperative Faktoren

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Verteilung der Dringlichkeit in Fall- und Kontrollgruppe. In der Fallgruppe lag die Anzahl an elektiven Eingriffen höher. In der Kontrollgruppe gab es mehr Patienten, bei denen ein notfallmäßiger Eingriff erfolgte.

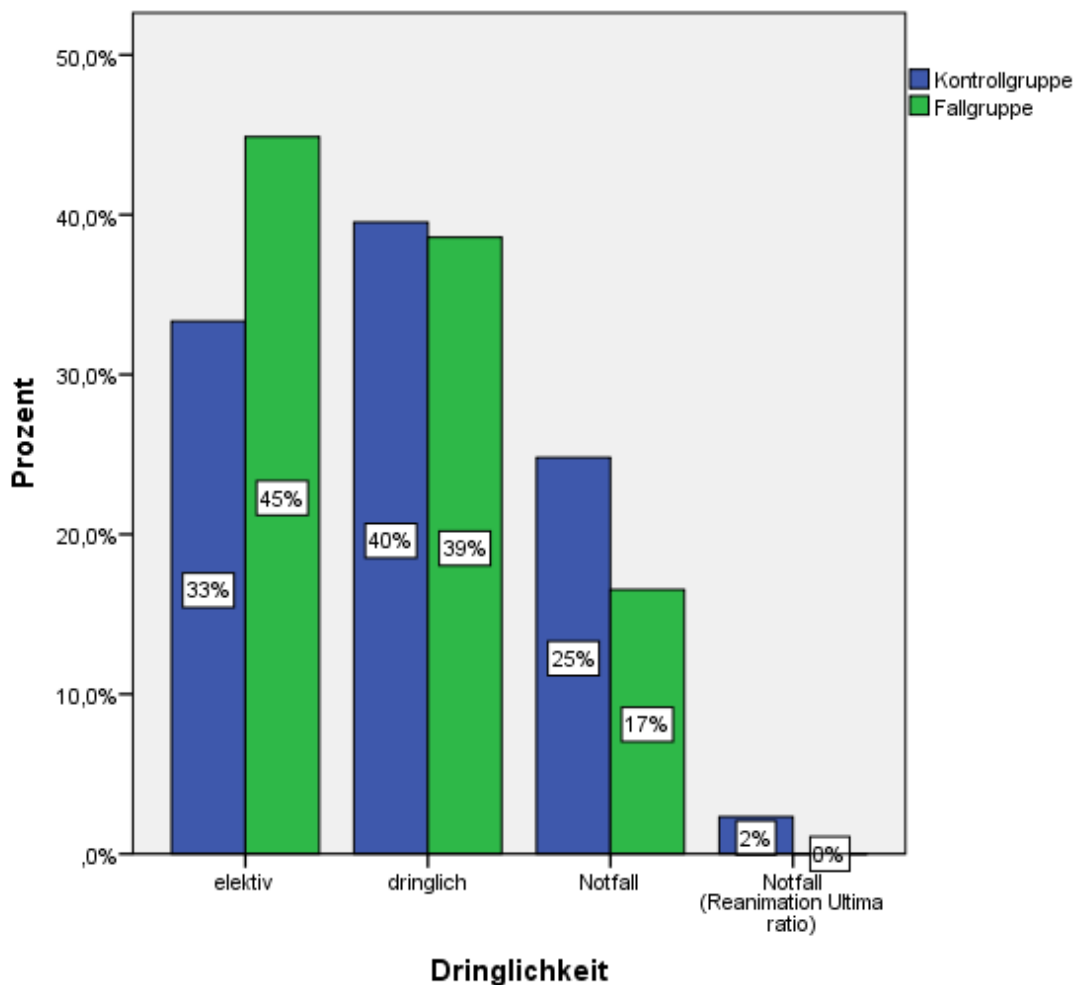


Abbildung 8: OP-Dringlichkeit

Die beidseitige Verwendung der A. mammaria interna stellt einen Risikofaktor dar. Das folgende Diagramm vergleicht die Verwendung der ein- oder beidseitigen A. mammaria interna in Fall- und Kontrollgruppe. Die Grafik bezieht sich nur auf die Patienten, die einen aortokoronaren Bypass erhielten (Fallgruppe 95, Kontrollgruppe 88).

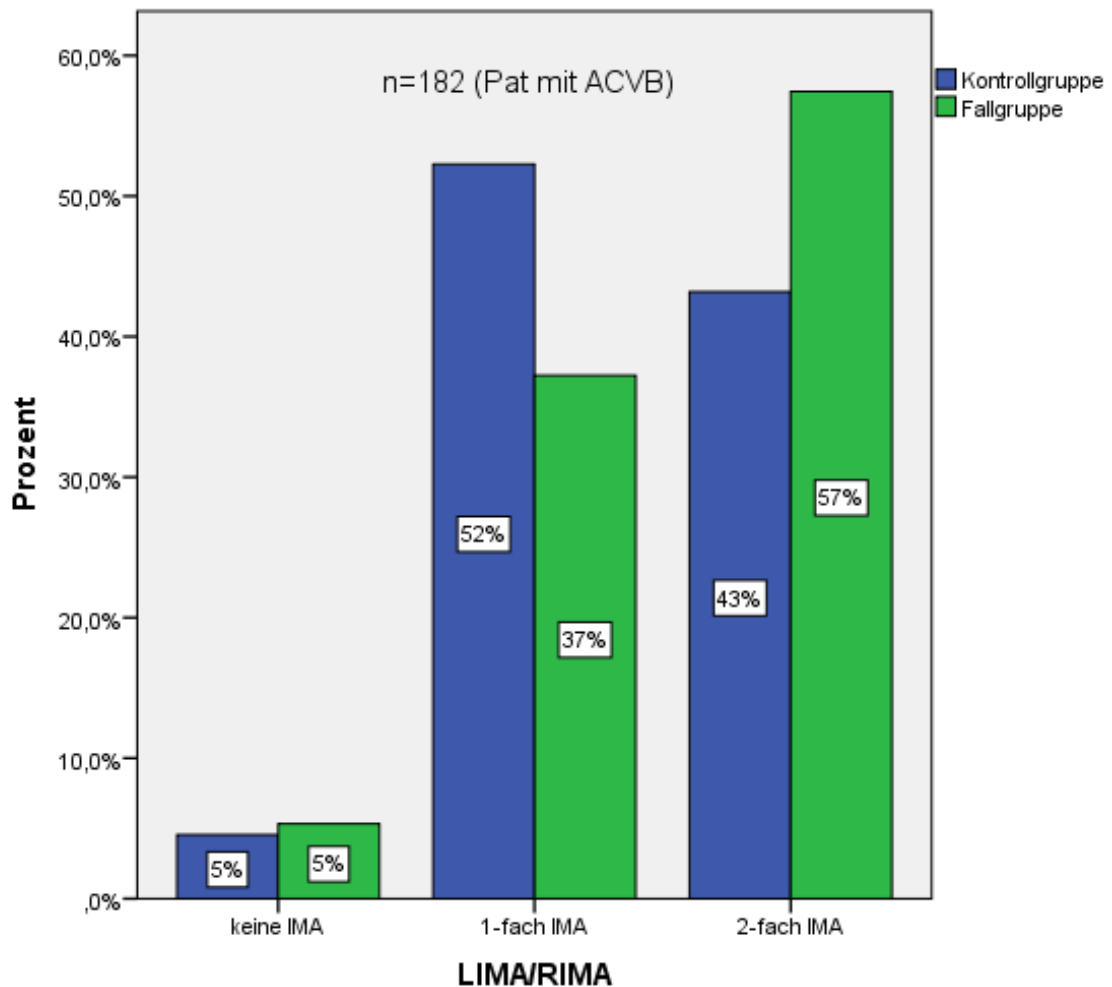


Abbildung 9: Verteilung IMA

4.4 Postoperative Faktoren der Studienpopulation

Folgende Tabelle gibt einen Überblick zu den postoperativen Faktoren in der Fall- und Kontrollgruppe. Bei der Anzahl der postoperativen Reanimationen gab es keinen signifikanten Gruppenunterschied.

In der Kontrollgruppe war die Häufigkeit einer postoperativen Nierenersatztherapie höher, ebenso die Anzahl der Patienten, die unter einem therapielevanten Psychosyndrom (Durchgangssyndrom) litten. Die Beatmungszeit war in der Kontrollgruppe ebenfalls insgesamt länger.

Merkmal	Fallgruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
Beatmungszeit kumuliert			0,000
keine Beatmung	0,80 %	1,60 %	
bis 12 Stunden	76,50%	48,40 %	
bis 24 Stunden	13,40 %	25,00 %	
> 24 Stunden	4,20 %	7,80 %	
> 95 Stunden	5,00 %	17,20 %	
postoperative Reanimation			0,370
ja	2,40 %	3,90 %	
nein	97,60 %	96,10 %	
Psychosyndrom			0,007
nein	94,40 %	83,60 %	
flüchtig	4,00 %	5,50 %	
therapierelevant	1,60 %	10,90 %	
Postoperative Nierenersatztherapie			0,033
Keine	96,00 %	85,80 %	
Akut vorübergehend	3,20 %	10,20%	
Akut voraussichtlich dauerhaft	0,00 %	2,40 %	
chronisch	0,80 %	1,60 %	
Mobilisationsgrad			0,000
keine	2,20 %	20,90 %	
1. postoperativer Tag	73,90 %	38,80 %	
2. postoperativer Tag	15,20 %	12,40 %	
3. postoperativer Tag	5,40 %	12,40 %	
4. postoperativer Tag	0,00 %	2,30 %	
> 4. postoperativer Tag	3,30 %	13,20 %	

Tabelle 6: Postoperative Faktoren

Das folgende Säulendiagramm zeigt die Verteilung der kumulierten Beatmungszeit in Fall- und Kontrollgruppe. In der Kontrollgruppe zeigte sich ein höherer Anteil an länger beatmeten Patienten (> 95 Stunden).

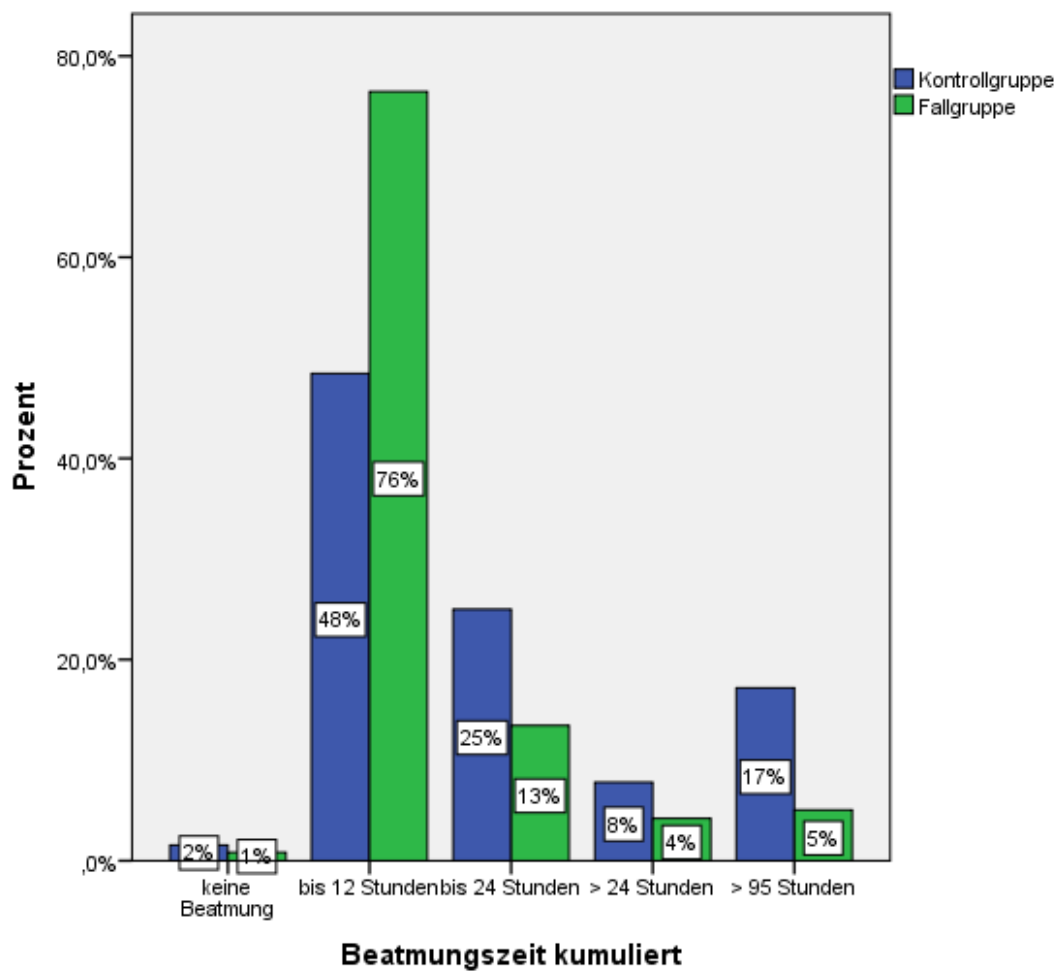


Abbildung 10: Verteilung der kumulierten Beatmungszeit

Die folgende Abbildung verdeutlicht die Unterschiede beim Mobilisationsgrad. Der Mobilisationsgrad ist der Tag der Erstmobilisation nach OP. In der Fallgruppe konnten die Patienten häufiger bereits am ersten postoperativen Tag mobilisiert werden.

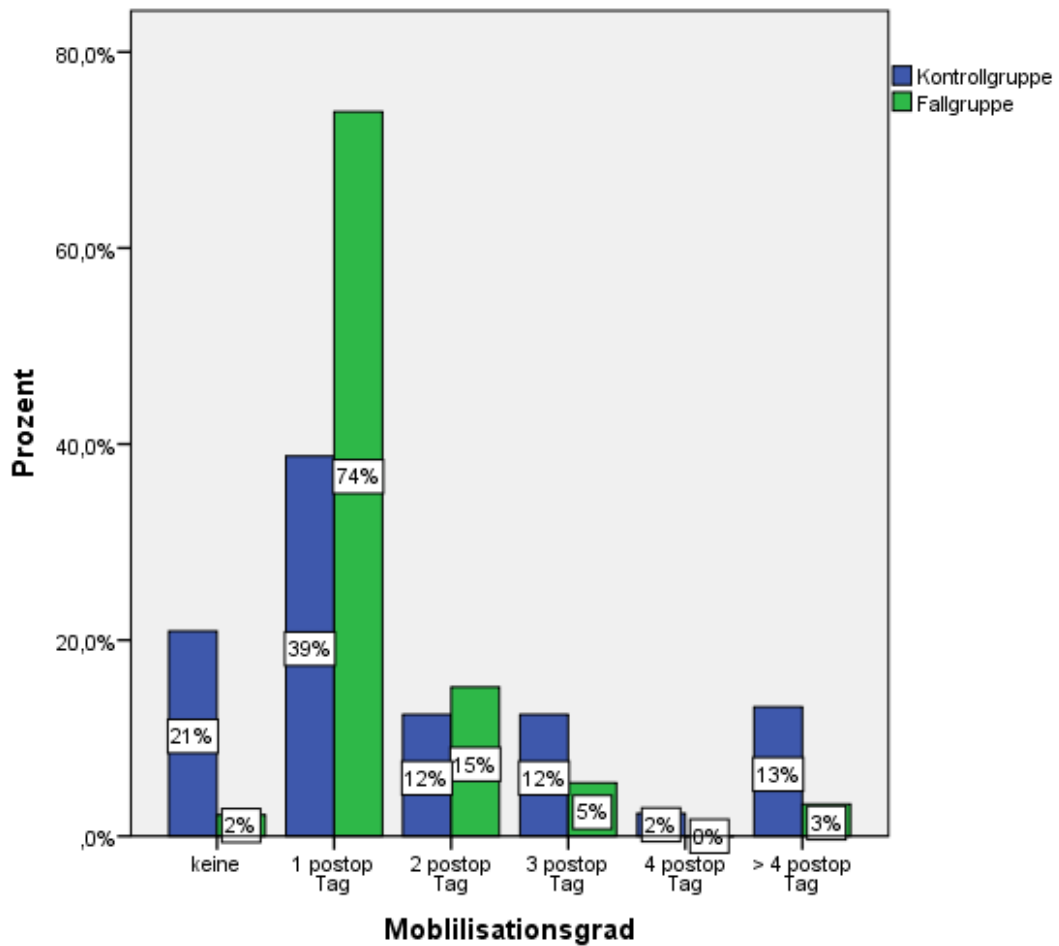


Abbildung 11: Mobilisationsgrad postoperativ

Die folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Dauer des Intensivaufenthaltes in Tagen. Hierbei wird deutlich, dass die Patienten der Kontrollgruppe insgesamt länger auf der Intensivstation lagen.

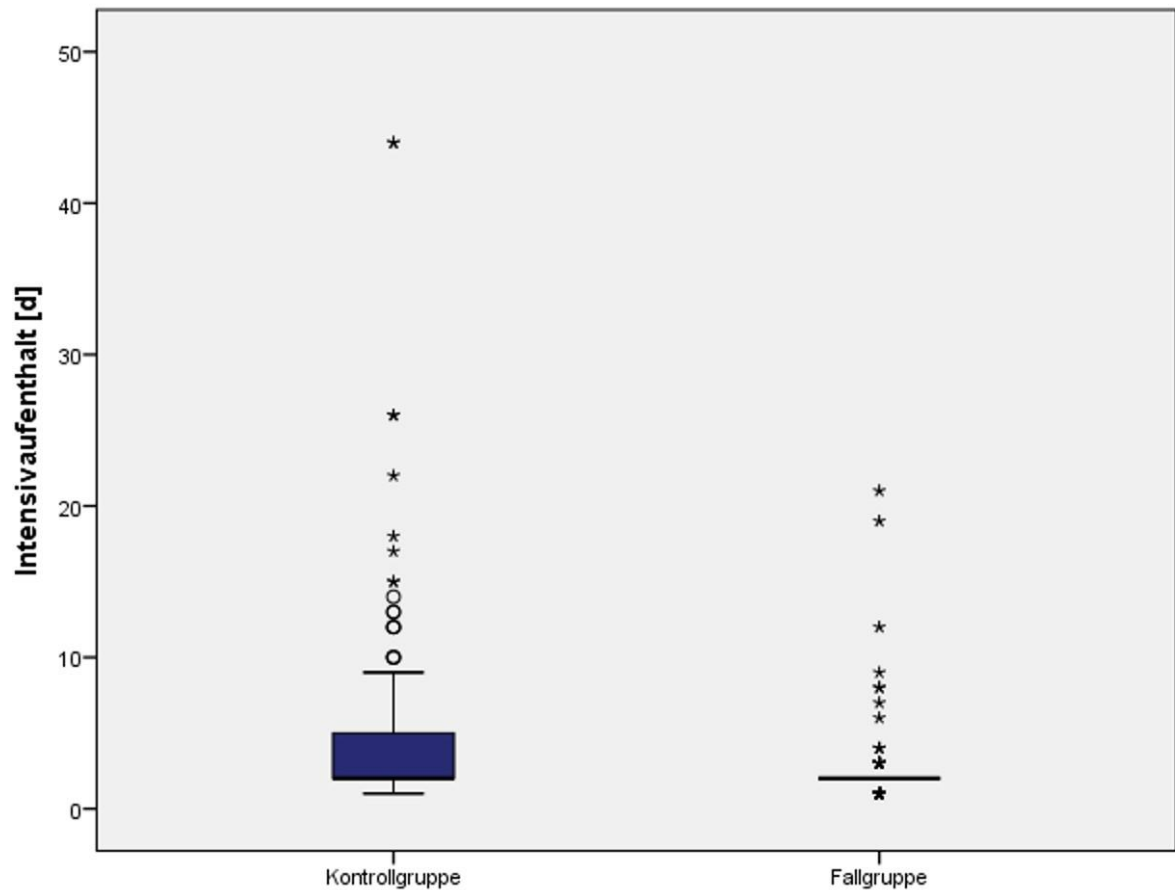


Abbildung 12: Dauer des Intensivaufenthaltes [d]

Intensivaufenthalt [d]					
Kontroll- gruppe	Mittelwert	5,28	Fall- gruppe	Mittelwert	2,54
	Median	2		Median	2
	Standardabweichung	6,824		Standardabweichung	2,764
	Schiefe	3,601		Schiefe	4,866
	Minimum	1		Minimum	1
	Maximum	44		Maximum	21

Tabelle 7: Statistische Daten zum Intensivaufenthalt [d]

4.5 Inzidenz von Wundheilungsstörungen

Die Patienten, die postoperativ mit einer Stützweste versorgt wurden, zeigten in 4,7 % der Fälle eine tiefe sternale Wundheilungsstörung.

In der Kontrollgruppe lag die Rate an tiefen sternalen Wundheilungsstörungen bei 10,9 %. Der p-Wert betrug 0,054.

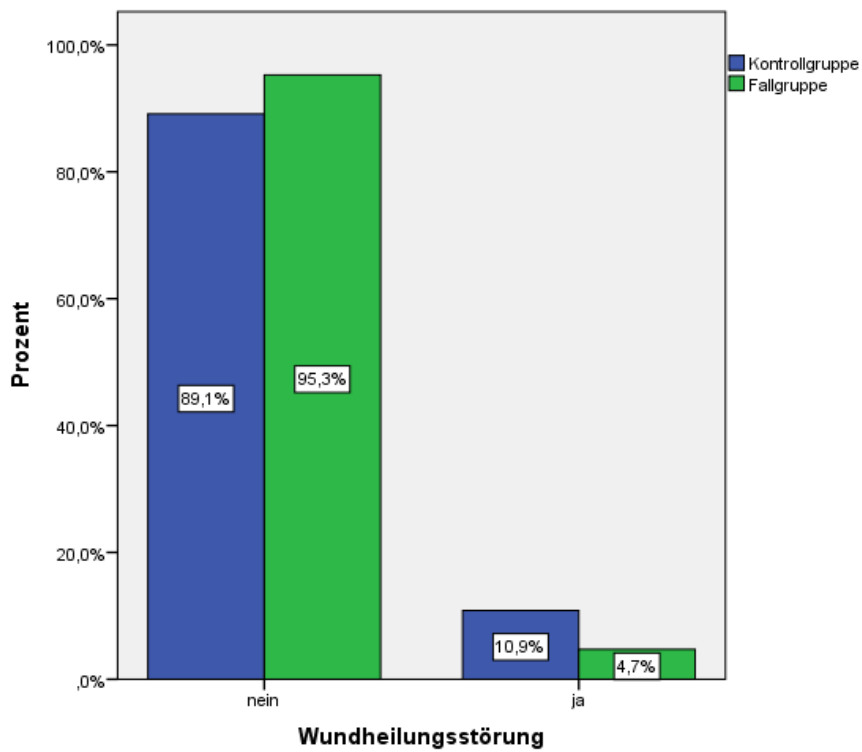


Abbildung 13: Inzidenz einer Wundheilungsstörung

Eine Sternumdehiszenz trat in der Fallgruppe bei 1,6 % und in der Kontrollgruppe bei 5,4 % auf. Der p-Wert betrug 0,094.

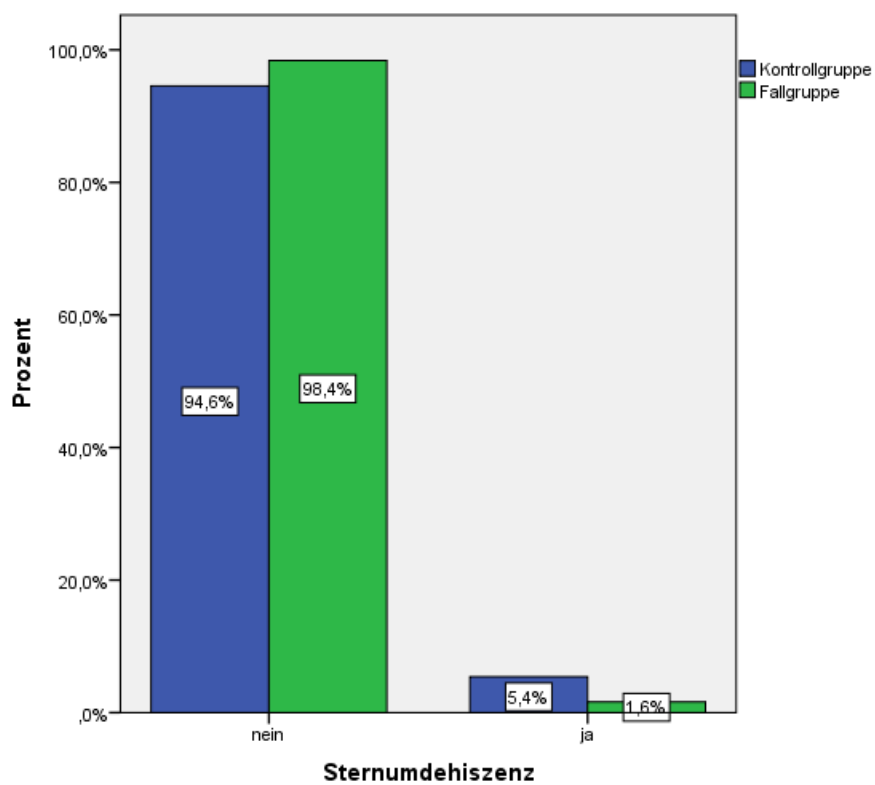


Abbildung 14: Inzidenz einer Sternumdehiszenz

4.6 Therapien der Wundheilungsstörung

Insgesamt trat bei 20 Patienten eine Wundheilungsstörung auf. Bei 6 Patienten in der Fallgruppe und bei 14 Patienten in der Kontrollgruppe.

Die Therapie der Wundheilungsstörung erfolgte entweder mit einer VAC-Pumpe, mittels Direktverschluss oder durch Anlage einer Spül-Saug-Drainage.

Die folgenden drei Abbildungen zeigen die Verteilung der einzelnen Therapien in Fall- und Kontrollgruppe.

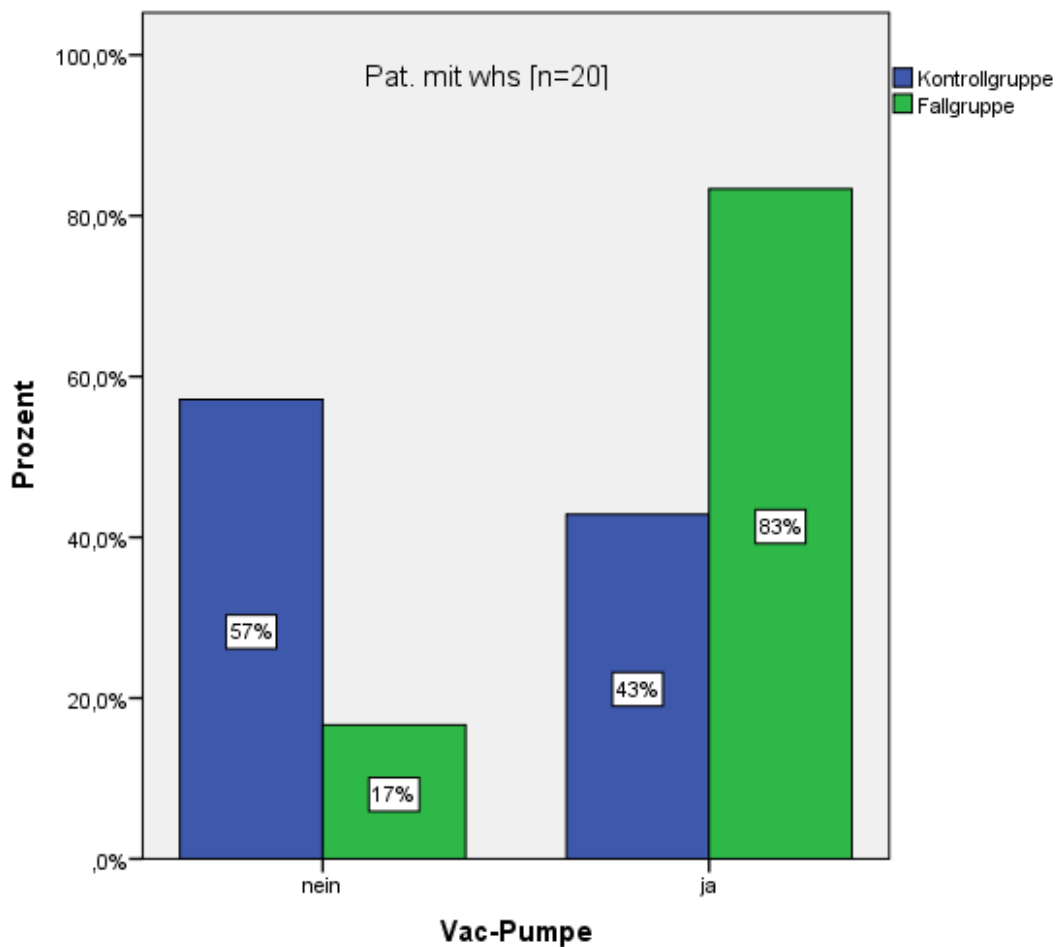


Abbildung 15: Therapie mit Vac-Pumpe

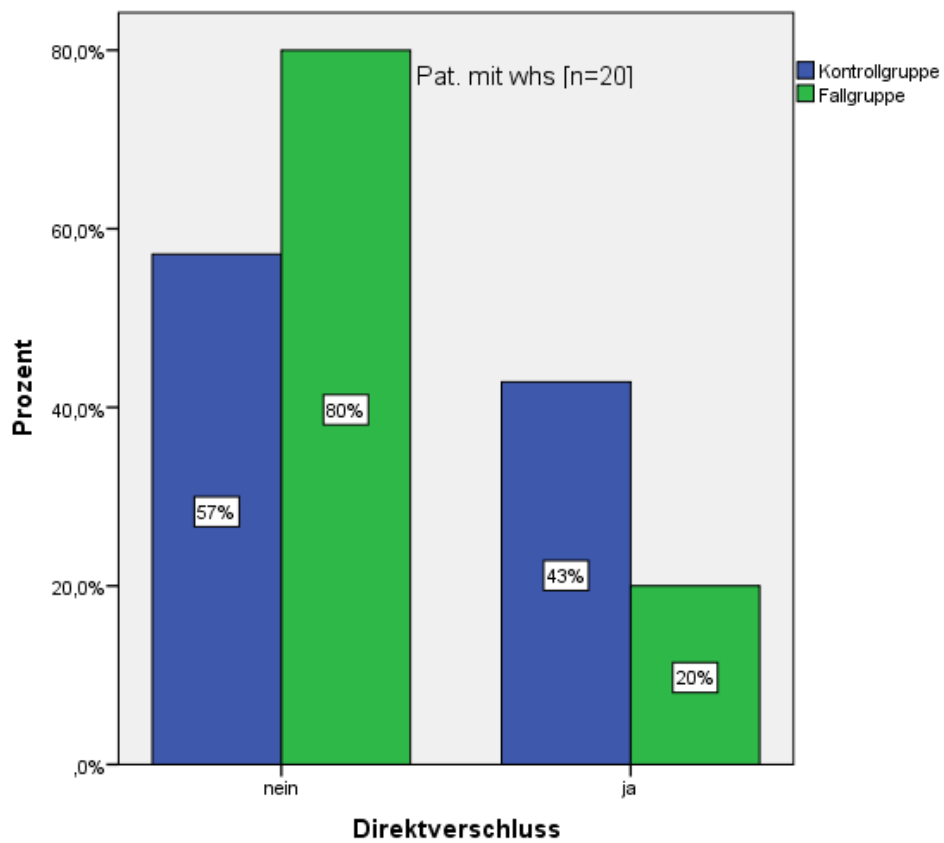


Abbildung 16: Therapie mit Direktverschluss

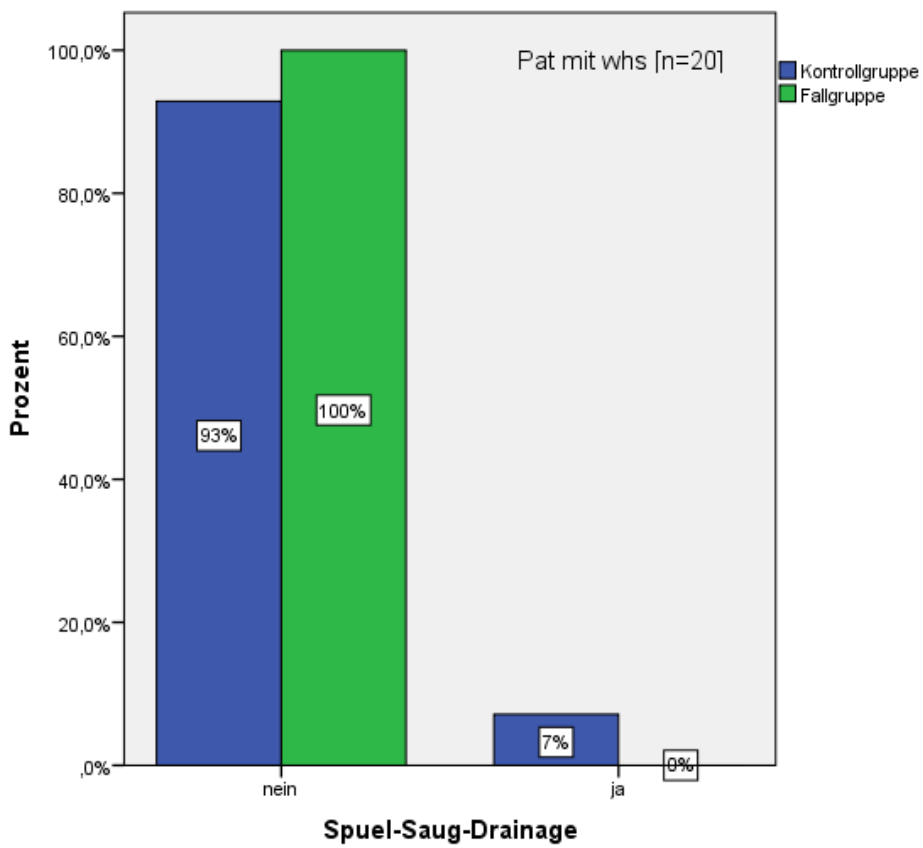


Abbildung 17: Anlage der Spül-Saug-Drainage

Bei neun Patienten war eine Sternumdehiszenz zu verzeichnen. Aus der folgenden Abbildung wird ersichtlich, dass in der Fallgruppe nur bei 50 % der Patienten eine Intervention mittels Reverdrahtung erforderlich war. In der Kontrollgruppe erfolgte bei allen Patienten eine Intervention bezüglich der Osteosynthese.

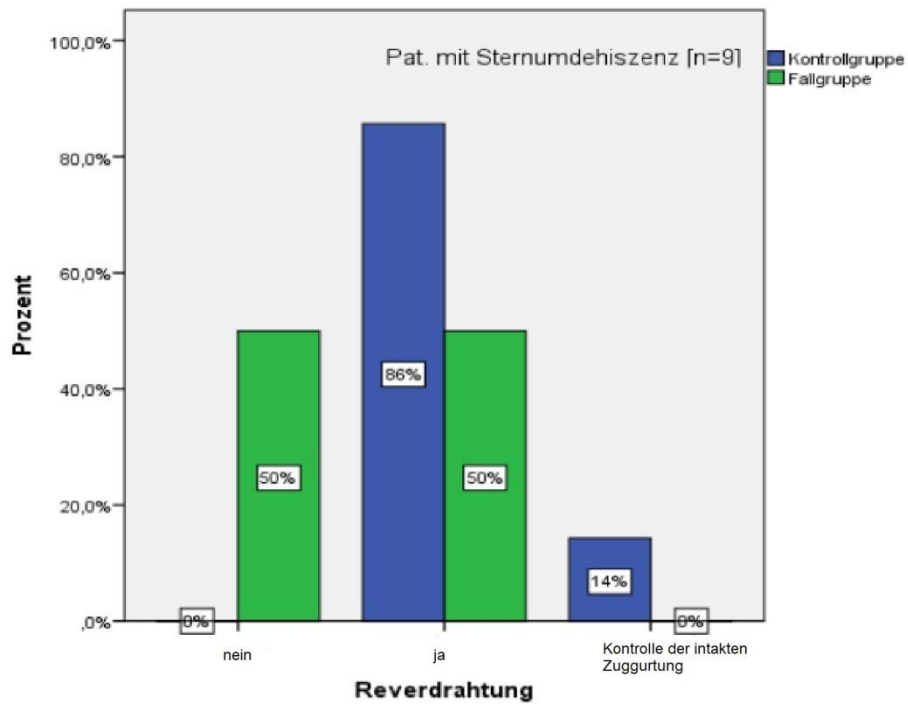


Abbildung 18: Verteilung Sternumdehiszenz

5. Diskussion

Mit der durchgeführten Studie wurde untersucht, ob man durch das postoperative Tragen einer Posthorax®-Weste die Anzahl an tiefen postoperativen Wundheilungsstörungen, speziell bei der Risikogruppe der adipösen Patienten (BMI > 30 kg/m²), nach einer Herzoperation mit Sternotomie reduzieren kann. Hierzu wurden 128 Patienten in der Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie der Universitätsmedizin Mainz mit solch einer Weste versorgt. Die Fallgruppe wurde mit einer retrospektiven Kontrollgruppe von 132 Patienten verglichen. Es zeigte sich, dass die Rate der Wundheilungsstörungen in der Fallgruppe bei 4,7 % und in der Kontrollgruppe bei 10,9 % lag ($p = 0,054$).

5.1 Diskussion der Methoden

In dieser Studie wurde als Studiendesign eine Fallgruppe retrospektiv mit einer Kontrollgruppe verglichen. Um eine bessere Validität zu erreichen, müssten rein prospektive Studien durchgeführt werden. Da jedoch bereits in zuvor durchgeführten Studien gezeigt werden konnte, dass das Tragen der Posthorax®-Weste positive Auswirkungen hat, wollten wir unserem Patientenkollektiv einen möglichen Vorteil nicht vorenthalten und versorgten daher alle Patienten mit einer Weste. Als Kontrollgruppe diente ein Kollektiv aus dem Vorjahreszeitraum.

Die angewandte Datenerhebung, die Fallzahlen der Gruppen und die statistische Methodik wurden in einem persönlichen Beratungstermin im IMBEI vor Studienbeginn geplant und die statistische Auswertung im weiteren Verlauf nach Datenerhebung mit dem IMBEI besprochen. Weder die Durchführung einer prospektiv randomisierten Studie, noch eine retrospektive matched-pair Analyse wurden beim Beratungstermin gefordert.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse unserer Studie zeigten eine prozentuale Reduzierung der Rate an tiefen postoperativen Wundheilungsstörungen um 56 % (10,9 % versus 4,7 % $p = 0,054$) zwischen den beiden Vergleichsgruppen. Die absolute Risikoreduktion lag bei 5,9 %. Auch die Rate an Patienten mit Sternumdehiszenz konnte gesenkt werden (5,4 % versus 1,6 % $p = 0,094$). Dies deckt sich mit den Ergebnissen aus anderen

Studien. So zeigten Gorlitzer et al., dass durch das Tragen der Posthorax®-Stützweste die Rate an tiefen Wundheilungsstörungen um 54 % gesenkt werden konnte. Die absolute Risikoreduktion lag bei 1,23 %. Mit einem p-Wert von 0,054 ist das Ergebnis allerdings statistisch nicht signifikant. Dem können verschiedene Ursachen zugrunde liegen. Da wir zu Studienbeginn erstmals die Posthorax®-Stützweste in unserer Klinik verwendeten, bestand beim Personal sowohl von Seiten der Pflege als auch der Ärzte und Physiotherapeuten noch kein routinierter Umgang und Erfahrungsschatz in der Handhabung der Weste. Es erfolgten parallel Schulungen des gesamten Personals. Jedoch musste erst eine gewisse Routine eingeübt werden. Weiterhin bestanden, besonders beim Pflegepersonal, zunächst Zweifel bezüglich der Sinnhaftigkeit solch einer prophylaktischen Maßnahme. Bei weiterer Erfahrung und einer zuverlässigeren Anwendung wäre wahrscheinlich eine weitere Reduzierung der Rate an tiefen Wundheilungsstörungen zu erreichen. Des Weiteren bezog unser Studiendesign nur adipöse Patienten ein, die per se schon als Hochrisikogruppe gelten. Auch dies könnte eine Ursache für die relativ hohen Inzidenzen sein.

5.2.1 Diskussion der präoperativen Faktoren des Patientenkollektivs

Die untersuchten Gruppen wiesen Unterschiede bezüglich der Risikofaktoren auf. Einerseits gab es keine signifikanten Unterschiede beim BMI, Alter, Diabetes, pAVK sowie der LVEF.

Es gab jedoch Gruppenunterschiede bei der Anzahl der COPD-Patienten (Fallgruppe 7 %, Kontrollgruppe 14 %) sowie der Patienten, die bereits präoperativ eine Nierenersatztherapie benötigten (Fallgruppe 0,8 %, Kontrollgruppe 5,5 %). Außerdem unterschied sich die Verteilung der NYHA-Stadien bei der Herzinsuffizienz. So war in der Fallgruppe ein größerer Teil der Patienten von einer Herzinsuffizienz im NYHA-Stadium 3 und 4 betroffen, und in der Kontrollgruppe hatte ein höherer Anteil der Patienten eine Herzinsuffizienz im NYHA-Stadium 1 und 2. Zusammenfassend lässt sich bezüglich der präoperativen Faktoren feststellen, dass sehr relevante Risikofaktoren wie z. B. der Diabetes mellitus in beiden Gruppen zu einem nahezu identischen Anteil vorhanden waren (Fallgruppe 45,70 % versus Kontrollgruppe 44,50 %). Die Risikofaktoren COPD und präoperative Nierenersatztherapie waren in der Kontrollgruppe allerdings häufiger. Der Anteil der

Patienten mit einer ausgeprägteren Herzinsuffizienz war in der Fallgruppe höher. Die Vergleichbarkeit der beiden Gruppen ist insofern eingeschränkt.

5.2.2 Diskussion der intraoperativen Faktoren des Patientenkollektivs

In diesem Bereich gab es keinen Unterschied bei der Operationszeit. Signifikante Gruppenunterschiede gab es bei der beidseitigen Verwendung der A. mammaria interna (Fallgruppe 43 %, Kontrollgruppe 30 %). Die beidseitige Verwendung der A. mammaria interna stellt einen Risikofaktor dar, welcher in der Fallgruppe häufiger vorhanden war. Einen weiteren signifikanten Unterschied gab es bei der OP-Dringlichkeit. Hier ist festzustellen, dass die Rate an elektiven Eingriffen in der Fallgruppe höher war (44,9 % versus 33,3 % in der Kontrollgruppe). Die Notfalleingriffe lagen in der Fallgruppe bei 16,5 % und in der Kontrollgruppe bei 24,8 %. Dies könnte damit zu erklären sein, dass Patienten nach einem Notfalleingriff häufiger einen längeren Intensivaufenthalt hatten, und es unter intensivmedizinischen Bedingungen manchmal nicht möglich war, den Patienten innerhalb von 72 Stunden eine Weste anzupassen, womit sie sich nicht für die Studie qualifizierten. Entsprechend ist die Rate an Notfalleingriffen in der Fallgruppe niedriger.

5.2.3 Diskussion der postoperativen Faktoren des Patientenkollektivs

Bei der Rate an postoperativen Reanimationen gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Unterschiede gab es jedoch bei der Anzahl an Patienten, die postoperativ an einem Psychosyndrom (Durchgangssyndrom) litten, sowie bei der Notwendigkeit einer postoperativen Nierenersatztherapie und der Beatmungszeit. Die Patienten in der Kontrollgruppe wurden insgesamt länger beatmet und es war häufiger eine postoperative Nierenersatztherapie erforderlich. Diese Punkte sind wahrscheinlich auf die im vorherigen Unterpunkt bereits dargestellte Tatsache zurückzuführen, dass in der Kontrollgruppe ein etwas höherer Anteil an Notfalleingriffen vertreten war, und diese häufiger mit einem längeren Intensivaufenthalt und den damit einhergehenden Therapien wie Beatmung und Nierenersatztherapie verbunden waren. Außerdem unterschied sich entsprechend der Mobilisationsgrad zwischen den Gruppen. Die Patienten der Fallgruppe konnten häufiger bereits am ersten postoperativen Tag mobilisiert werden.

5.3 Patientenkollektiv mit Wundheilungsstörung

Im Folgenden wird die Gruppe der Patienten, die eine Wundheilungsstörung erlitten haben, diskutiert. In der Fallgruppe trat bei sechs Patienten eine Wundheilungsstörung auf, in der Kontrollgruppe bei 14 Patienten. Bei der Betrachtung der Geschlechterverteilung fällt auf, dass in der Fallgruppe fast nur weibliche Patienten von einer tiefen Wundheilungsstörung betroffen waren (83,33 % weiblich) während in der Kontrollgruppe die Geschlechterverteilung ausgeglichen war (50 % weiblich). Im gesamten Patientenkollektiv waren relativ gesehen mehr weibliche Patienten von einer Wundheilungsstörung betroffen, da die Gesamtanzahl der Männer im Patientenkollektiv deutlich überwog.

Dieser interessante Sachverhalt könnte damit erklärt werden, dass die Versorgung mit einer Posthorax®-Stützweste bei den weiblichen Patienten eine größere Herausforderung darstellt. Man kann in die Weste einen BH integrieren. Die Handhabung setzt jedoch eine gewisse Übung voraus und manche Patientinnen bevorzugten die Verwendung ihres eigenen BHs. Außerdem fühlten sich gerade Patientinnen mit einer Makromastie etwas eingeschränkt durch die Weste, und somit waren Complaincedefizite beim Tragen der Weste zu beobachten. Folglich kann festgehalten werden, dass die Posthorax®-Stützweste eher für männliche Patienten eine Möglichkeit zur Reduktion des Risikos einer Wundheilungsstörung ist. Im Gegenzug sollte jedoch ein besonderes Augenmerk auf die weiblichen Patienten gelegt werden, insbesondere die Patientinnen mit einer Makromastie. Hier ist eine intensive Aufklärung und Anleitung der Patientinnen im korrekten Umgang mit der Weste erforderlich.

Des Weiteren zeigt sich, dass bei den Patienten mit Wundheilungsstörung in der Fallgruppe 83,33 % an einem Diabetes mellitus litten. In der Kontrollgruppe waren es 71,43 %. Dies bestätigt die Relevanz des Diabetes mellitus bezüglich Wundheilungsstörungen. Neben der Versorgung mit der Stützweste ist auf eine optimale Blutzuckereinstellung der Patienten zu achten.

Bei genauerer Betrachtung der durchgeführten Operationen fällt auf, dass in der Fallgruppe bei allen Patienten, die von einer tiefen Wundheilungsstörung betroffen waren, eine aortokoronare Bypass-OP durchgeführt wurde. Davon erhielten vier Patienten eine Doppel-IMA und zwei Patienten eine 1-fach-IMA. Bei einem Patienten wurde zusätzlich noch die Aortenklappe ersetzt. In der Kontrollgruppe erhielten 10 der 14 Patienten mit Wundheilungsstörung einen aortokoronaren Bypass, wovon drei

Patienten eine Doppel-IMA erhielten, und sechs Patienten eine 1-fach-IMA. Die restlichen vier Patienten erhielten Klappenoperationen sowie einen Ersatz der A. ascendens.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Patienten, die trotz Posthorax®-Weste eine tiefe Wundheilungsstörung entwickelten mit sehr relevanten Risikofaktoren behaftet waren (Diabetes mellitus, vorwiegend weibliches Geschlecht, aortokoronarer Bypass mit IMA-Verwendung).

5.4 Ausblick

Während der Durchführung der Studie stellten wir fest, dass eine gute Aufklärung der Patienten bzgl. Sinn und Zweck des Tragens der Weste sowie eine intensive Betreuung bei der praktischen Anwendung essentiell sind. Dadurch kann die Compliance gesteigert werden. Des Weiteren ist die Schulung sowohl des Pflegepersonals als auch der Physiotherapeuten wichtig, da gerade in der frühen postoperativen Phase das Anlegen der Weste durch diese Berufsgruppen erfolgt. Außerdem gibt es noch Optimierungsbedarf bei der Durchführung. Die Weste ist bis max. 70 ° C waschbar. Da die Patienten gerade bei wärmeren Temperaturen häufig schwitzen, sollte zum Wechseln eine zweite Weste vorhanden sein, um das kontinuierliche Tragen zu ermöglichen. Aus Krankenhaus-ökonomischer Sichtweise heraus verbietet sich das jedoch. Die durchgeführte Vergleichsstudie beschränkte sich auf eine rein retrospektive non-matched-pair Analyse adipöser Patienten (BMI > 30 kg/m²). Es müssten weitere, prospektiv randomisierte Daten erhoben werden, um genauer sagen zu können, ob das Auftreten einer postoperativen sternalen Wundheilungsstörungen durch das Tragen einer Posthorax®-Stützweste reduziert werden kann. Sollte dies der Fall sein, wäre eine Überlegung, alle Patienten, die im Rahmen einer Herzoperation eine mediane Sternotomie erhalten, postoperativ mit einer Stützweste zu versorgen, um die Anzahl der tiefen postoperativen Wundheilungsstörungen weiter zu reduzieren. Durch eine Ausweitung der mit einer Weste versorgten Gruppe könnte eine Stigmatisierung adipöser Patienten reduziert und somit die Compliance beim Tragen der Weste gesteigert werden.

Außerdem sollte ein besonderes Augenmerk auf die weiblichen Patienten gelegt werden, die an Diabetes mellitus leiden und einer aortokoronaren-Bypass-Operation mit IMA-Verwendung unterzogen werden, da gerade diese Gruppe in unserer Studie besonders häufig von sternalen Komplikationen betroffen war.

6. Zusammenfassung

Die Posthorax®-Stützweste bietet eine additiv anwendbare Möglichkeit zur Prävention von tiefen Wundheilungsstörungen. Sowohl Pflege und Arzt als auch der Patient selbst müssen für eine konforme Anwendung gut geschult sein. Mechanische Stabilisierungssysteme von außen, wie z. B. die Posthorax®-Stützweste, können zur Prophylaxe von Wundheilungsstörungen zusätzlich angewandt werden und sollten vor allem bei einem hohen SSI-Risikoprofil (Diabetes mellitus, weibliches Geschlecht, ACB-OP mit BIMA-Verwendung) Sinn machen. In Kombination mit weiteren Prophylaxemaßnahmen, wie z. B. einer optimalen perioperativen Blutzuckereinstellung, kann bei Vermeidung einer tiefen sternalen Wundheilungsstörung vielen Patienten ein langer Krankenhausaufenthalt mit aufwendigen und belastenden Therapien erspart werden. Des Weiteren können durch erfolgreiche prophylaktischen Maßnahmen Kosten im Gesundheitssystem eingespart werden.

Limitierend lässt sich feststellen, dass anhand dieser retrospektiv durchgeführten Vergleichsstudie und der angewandten Statistik aufgrund der Inhomogenität der Risikofaktoren für eine SSI zwischen Fall- und Kontroll-Gruppe keine statistisch signifikante Aussage zur Reduktion der Rate an postoperativen tiefen Sternuminfektionen als auch an Sternumdehiszenzen bei adipösen Patienten durch das postoperative Tragen der Posthorax®-Stützweste getroffen werden kann.

Die Inhomogenität der Daten hätte rückblickend eher eines anderen Studiendesigns bedurft. Eine erneute, prospektiv randomisierte Datenerhebung ist aufgrund der ökonomischen Belastung durch die hohen Kosten der nicht wiederverwendbaren Posthorax®-Stützweste derzeit nicht realisierbar.

7. Danksagung

8. Lebenslauf

9. Literaturverzeichnis

1. Beckmann A, Meyer R, Lewandowski J, Markewitz A, Harringer W. German Heart Surgery Report 2018: The Annual Updated Registry of the German Society for Thoracic and Cardiovascular Surgery. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2019;67(5):331-44.
2. Milton H. MEDIASTINAL SURGERY. *The Lancet.* 1897;149(3839):872-5.
3. Sharif M, Wong CHM, Harky A. Sternal Wound Infections, Risk Factors and Management - How Far Are We? A Literature Review. *Heart, lung & circulation.* 2019;28(6):835-43.
4. Lu JC, Grayson AD, Jha P, Srinivasan AK, Fabri BM. Risk factors for sternal wound infection and mid-term survival following coronary artery bypass surgery. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2003;23(6):943-9.
5. Gorlitzer M, Wagner F, Pfeiffer S, Folkmann S, Meinhart J, Fischlein T, et al. Prevention of sternal wound complications after sternotomy: results of a large prospective randomized multicentre trial. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery.* 2013;17(3):515-22.
6. Robicsek F, Fokin A, Cook J, Bhatia D. Sternal instability after midline sternotomy. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2000;48(1):1-8.
7. Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen RK-I. Definitionen nosokomialer Infektionen für die Surveillance im Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS-Definitionen) [Internet] 2017 [zitiert am 22.05.2020]. URL: <http://www.nrz-hygiene.de/surveillance/kiss/kiss-definitionen/>.
8. Voinea C, Pascheb A, Gonzalez M, Nicodd L. Ätiologie, Pathogenese und Behandlung der wichtigsten Mediastinitistypen. Ein Überblick über Mediastinitis. *Swiss Med Forum* 2018;18(3031):605-610 2018.
9. Lemaigen A, Birgand G, Ghodhbane W, Alkhoder S, Lolom I, Belorgey S, et al. Sternal wound infection after cardiac surgery: incidence and risk factors according to clinical presentation. *Clinical microbiology and infection : the official publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases.* 2015;21(7):674.e11-8.

10. Ridderstolpe L, Gill H, Granfeldt H, Ahlfeldt H, Rutberg H. Superficial and deep sternal wound complications: incidence, risk factors and mortality. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2001;20(6):1168-75.
11. Garner JS, Jarvis WR, Emori TG, Horan TC, Hughes JM. CDC definitions for nosocomial infections, 1988. *American journal of infection control*. 1988;16(3):128-40.
12. Deutsche Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie. S3-Leitlinie (Langversion) „Management der Mediastinitis nach herzchirurgischem Eingriff“ [Internet] 2019 [zitiert am 12.05.2020]. URL: https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/011-022l_S3_Management_Mediastinitis_nach_herzchirurgischem_Eingriff_2019-09.pdf.
13. El Oakley RM, Wright JE. Postoperative mediastinitis: classification and management. *The Annals of thoracic surgery*. 1996;61(3):1030-6.
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-.
15. Troutman SG, Hussey LC, Hynan L, Lucisano K. Sternal Wound Infection Prediction Scale: A test of the reliability and validity. *Nursing & health sciences*. 2001;3(1):1-8.
16. Buja A, Zampieron A, Cavalet S, Chiffi D, Sandona P, Vinelli A, et al. An update review on risk factors and scales for prediction of deep sternal wound infections. *International wound journal*. 2012;9(4):372-86.
17. Meszaros K, Fuehrer U, Grogg S, Sodeck G, Czerny M, Marschall J, et al. Risk Factors for Sternal Wound Infection After Open Heart Operations Vary According to Type of Operation. *The Annals of thoracic surgery*. 2016;101(4):1418-25.
18. Stamou SC, Dangas G, Dullum MK, Pfister AJ, Boyce SW, Bafi AS, et al. Beating heart surgery in octogenarians: perioperative outcome and comparison with younger age groups. *The Annals of thoracic surgery*. 2000;69(4):1140-5.
19. Kuduvalli M, Grayson AD, Oo AY, Fabri BM, Rashid A. The effect of obesity on mid-term survival following coronary artery bypass surgery. *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2003;23(3):368-73.

20. Eklund AM, Lyytikäinen O, Klemets P, Huotari K, Anttila V-J, Werkkala KA, et al. Mediastinitis after more than 10,000 cardiac surgical procedures. *The Annals of thoracic surgery*. 2006;82(5):1784-9.
21. Lago F, Dieguez C, Gómez-Reino J, Gualillo O. The emerging role of adipokines as mediators of inflammation and immune responses. *Cytokine & growth factor reviews*. 2007;18(3-4):313-25.
22. Copeland M, Senkowski C, Ulcickas M, Mendelson M, Griep RB. Breast size as a risk factor for sternal wound complications following cardiac surgery. *Archives of Surgery*. 1994;129(7):757-9.
23. Antunes PE, Bernardo JE, Eugenio L, de Oliveira JF, Antunes MJ. Mediastinitis after aorto-coronary bypass surgery. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 1997;12(3):443-9.
24. Peivandi AA, Quinkenstein E, Dahm M, Kasper-König W, Kuroczynski W, Oelert H. Schwere sternale Wundkomplikationen nach kardiochirurgischen Eingriffen im Erwachsenenalter. *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie*. 2002;16(4):163-75.
25. Nishida H, Grooters RK, Soltanzadeh H, Thieman KC, Schneider RF, Kim WP. Discriminate use of electrocautery on the median sternotomy incision. A 0.16% wound infection rate. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1991;101(3):488-94.
26. Filsoufi F, Castillo JG, Rahmanian PB, Broumand SR, Silvey G, Carpentier A, et al. Epidemiology of Deep Sternal Wound Infection in Cardiac Surgery. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2009;23(4):488-94.
27. Rodriguez PG, Felix FN, Woodley DT, Shim EK. The role of oxygen in wound healing: a review of the literature. *Dermatologic surgery : official publication for American Society for Dermatologic Surgery [et al]*. 2008;34(9):1159-69.
28. Sajja LR. Strategies to reduce deep sternal wound infection after bilateral internal mammary artery grafting. *International Journal of Surgery*. 2015;16:171-8.
29. de Jesus RA, Acland RD. Anatomic study of the collateral blood supply of the sternum. *The Annals of thoracic surgery*. 1995;59(1):163-8.
30. Friberg Ö, Svedjeholm R, Söderquist B, Granfeldt H, Vikerfors T, Källman J. Local gentamicin reduces sternal wound infections after cardiac surgery: a randomized controlled trial. *The Annals of thoracic surgery*. 2005;79(1):153-61.

31. Gaynes RP, Culver DH, Horan TC, Edwards JR, Richards C, Tolson JS, et al. Surgical site infection (SSI) rates in the United States, 1992–1998: the National Nosocomial Infections Surveillance System basic SSI risk index. *Clinical Infectious Diseases*. 2001;33(Supplement_2):S69-S77.
32. Peivandi AA, Kasper-König W, Quinkenstein E, Loos AH, Dahm M. Risk factors influencing the outcome after surgical treatment of complicated deep sternal wound complications. *Cardiovascular surgery (London, England)*. 2003;11(3):207-12.
33. Blanchard A HM, Ruchat P, Stumpe F, Fischer A, Sadeghi H. Incidence of deep and superficial sternal infection after open heart surgery. A ten years retrospective study from 1981 to 1991. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 1995;9(3):153-7.
34. Wu L, Chung KC, Waljee JF, Momoh AO, Zhong L, Sears ED. A National Study of the Impact of Initial Debridement Timing on Outcomes for Patients with Deep Sternal Wound Infection. *Plastic and reconstructive surgery*. 2016;137(2):414e-23e.
35. Lazar HL, Salm TV, Engelman R, Orgill D, Gordon S. Prevention and management of sternal wound infections. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2016;152(4):962-72.
36. Schimmer C, Sommer S-P, Bensch M, Leyh R. Primary treatment of deep sternal wound infection after cardiac surgery: a survey of German heart surgery centers. *Interactive cardiovascular and thoracic surgery*. 2007;6(6):708-11.
37. Luckraz H, Murphy F, Bryant S, Charman SC, Ritchie AJ. Vacuum-assisted closure as a treatment modality for infections after cardiac surgery. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2003;125(2):301-5.
38. Fuchs U, Zittermann A, Stuetzgen B, Groening A, Minami K, Koerfer R. Clinical outcome of patients with deep sternal wound infection managed by vacuum-assisted closure compared to conventional therapy with open packing: a retrospective analysis. *The Annals of thoracic surgery*. 2005;79(2):526-31.
39. Petzina R, Hoffmann J, Navasardyan A, Malmsjo M, Stamm C, Unbehaun A, et al. Negative pressure wound therapy for post-sternotomy mediastinitis reduces mortality rate and sternal re-infection rate compared to conventional treatment. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery*. 2010;38(1):110-3.

40. Spindler N, Lehmann S, Steinau H, Mohr F, Langer S. Complication management after interventions on thoracic organs: deep sternal wound infections. *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*. 2015;86(3):228-33.
41. Kaul P. Sternal reconstruction after post-sternotomy mediastinitis. *J Cardiothorac Surg*. 2017;12(1):94.
42. Mielke M, Hansis M. Prävention postoperativer Wundinfektionen. Springer; 2018.
43. Webster J, Osborne S. Preoperative bathing or showering with skin antiseptics to prevent surgical site infection. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015(2).
44. Engelman DT, Adams DH, Byrne JG, Aranki SF, Collins JJ, Jr., Couper GS, et al. Impact of body mass index and albumin on morbidity and mortality after cardiac surgery. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 1999;118(5):866-73.
45. Nagachinta T, Stephens M, Reitz B, Polk BF. Risk factors for surgical-wound infection following cardiac surgery. *The Journal of infectious diseases*. 1987;156(6):967-73.
46. Webster J, Alghamdi A. Use of plastic adhesive drapes during surgery for preventing surgical site infection. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015(4).
47. Latham R, Lancaster AD, Covington JF, Pirolo JS, Thomas CS. The association of diabetes and glucose control with surgical-site infections among cardiothoracic surgery patients. *Infection control and hospital epidemiology*. 2001;22(10):607-12.
48. Lazar HL, McDonnell M, Chipkin SR, Furnary AP, Engelman RM, Sadhu AR, et al. The Society of Thoracic Surgeons practice guideline series: Blood glucose management during adult cardiac surgery. *The Annals of thoracic surgery*. 2009;87(2):663-9.
49. 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. *The Annals of thoracic surgery*. 1997;63(2):356-61.
50. Gorlitzer M, Folkmann S, Meinhart J, Poslussny P, Thalmann M, Weiss G, et al. A newly designed thorax support vest prevents sternum instability after median sternotomy. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2009;36(2):335-9.

51. Tewarie LS, Menon AK, Hatam N, Amerini A, Moza AK, Autschbach R, et al. Prevention of sternal dehiscence with the Sternum External Fixation (Stern-E-Fix) corset—a randomized trial in 750 patients. *J Cardiothorac Surg.* 2012;7(1):1-8.
52. Graf K, Ott E, Vonberg RP, Kuehn C, Haverich A, Chaberny IF. Economic aspects of deep sternal wound infections. *European journal of cardio-thoracic surgery : official journal of the European Association for Cardio-thoracic Surgery.* 2010;37(4):893-6.