

Aus dem Deutschen Herzzentrum Berlin  
Abteilung für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie

DISSERTATION

*Wundmanagement bei adipösen Patienten nach medianer  
Sternotomie mittels Anwendung eines Unterdruck -  
Wundverbandes*

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Artashes Navasardyan

aus Erevan/Armenien

Gutachter/in:     1. Priv.-Doz. Dr.med. O. Grauhan  
                          2. Prof. Dr.med. O. Teebken  
                          3. Prof. Dr.med. S. Jonas

Datum der Promotion: 01.02.2013

# Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>5</b>
1.1 Mediane Sternotomie als herzchirurgischer Zugang	5
1.1.1 Technik der medianen Sternotomie	6
1.1.2 Wundinfektionen nach medianer Sternotomie	7
1.1.2.1 Klassifikation nach El Oakley und Wright	7
1.1.2.2 Klassifikation nach Pathogenese	8
1.1.2.3 Diagnostik von Wundinfektionen	9
1.1.2.3.1 Oberflächliche Wundinfektionen	9
1.1.2.3.2 Tiefe sternale Wundinfektionen	10
1.1.2.3.3 Mediastinitis	10
1.1.2.4 Risikofaktoren der Wundheilungsstörung	11
1.1.2.4.1 Adipositas	12
1.1.2.4.2 Diabetes mellitus	12
1.1.2.4.3 Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung	13
1.1.2.4.4 Verwendung der Arteria mammaria interna	13
1.1.2.4.5 Alter des Patienten	14
1.1.2.4.6 Geschlecht des Patienten	14
1.1.3 Bedeutung von Wundheilungsstörungen nach medianer Sternotomie	14
1.1.3.1 Bedeutung für den Patienten	14
1.1.3.2 Ökonomische Bedeutung des Auftretens von Wundinfektionen	15
1.1.3.2.1 Bedeutung für das Krankenhaus	15
1.1.3.2.2 Bedeutung für das Gesundheitssystem	16
1.1.4 Prophylaxe und Therapie von Wundheilungsstörungen nach medianer Sternotomie	16
1.1.4.1 Prophylaktische Konzepte	16
1.1.4.2 Therapeutische Konzepte	17
<b>2 Herleitung der Aufgabenstellung</b>	<b>19</b>

2.1 Wundmanagement mit Unterdrucktherapie	19
2.2 Fragestellung der Arbeit	20
<b>3 Methode</b>	<b>22</b>
3.1 Ort der Untersuchung	22
3.2 Studienart und –verlauf	22
3.2.1 Einschlusskriterien für die Studie	22
3.2.2 Ausschlusskriterien von der Studie	23
3.3 Erstellung der Datenbank	23
3.3.1 Peri- und präoperative Parametern	23
3.3.2 Postoperative Wunddokumentation	24
3.4 Patientenvorbereitung und Inzisionsmanagement	25
3.4.1 Prä- und perioperative Vorbereitung	25
3.4.2 Durchführung der medianen Sternotomie und des Wundverschlusses	26
3.5 Postoperative Wundversorgung und Gruppenbildung	26
3.5.1 Konventionelle Wundbehandlung (Gruppe I)	27
3.5.2 Unterdruckwundverband (Gruppe II)	27
3.6 Das Prevena™ Incision Management System	29
3.6.1 Anwendung	29
3.6.2 Therapiedauer	30
3.7 Statistik	30
<b>4 Ergebnisse</b>	<b>32</b>
4.1 Patienten	32
4.1.1 Klinische Parametern (Gruppe I)	33
4.1.2 Klinische Parametern (Gruppe II)	35
4.1.3 Strukturgleichheit zwischen Gruppe I und II	37
4.2 Inzidenz und Art der Wundheilungsstörungen	38
4.2.1 Inzidenz und Art der Wundheilungsstörungen in Gruppe I	38
4.2.2 Inzidenz und Art der Wundheilungsstörungen in Gruppe II	39
4.3 Einfluss der einzelnen Parameter auf die Entwicklung einer Wundinfektion	40
4.3.1 Einfluss der Parametern auf die Entwicklung einer Wundinfektion in den einzelnen Gruppen	42

4.4 Zeitpunkt des Auftretens einer Wundinfektion	43
4.5 Keimspektrum bei Wundinfektionen	44
4.5.1 Keimspektrum (Gruppe I)	45
4.5.2 Keimspektrum (Gruppe II)	45
4.6 Lokalisation der Wundinfektionen	45
4.7 Behandlung der Wundinfektionen	46
<b>5 Diskussion</b>	<b>47</b>
5.1 Inzidenz der Wundheilungsstörungen	48
5.1.1 Inzidenz der Wundheilungsstörungen nach konventioneller Wundbehandlung (Gruppe I)	49
5.1.2 Inzidenz der Wundheilungsstörungen nach Wundbehandlung mit einem Unterdruckverband (Gruppe II)	50
5.2 Keimspektrum	50
5.3 Einfluss der einzelnen Parameter auf die Wundheilung	51
5.3.1 Adipositas	51
5.3.2 Diabetes mellitus	53
5.3.3 Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung	54
5.3.4 Alter der Patienten	54
5.3.5 Verwendung der Arteria mammaria interna (IMA) als Bypassgraft	55
5.3.6 Geschlecht	56
5.4 Lokalisation der Wundinfektionen	56
5.5 Zeitpunkt des Auftretens einer Wundinfektion	57
<b>6 Zusammenfassung</b>	<b>58</b>
<b>7 Literatur</b>	<b>60</b>
<b>8 Danksagung</b>	<b>65</b>
<b>9 Eidesstattliche Erklärung</b>	<b>66</b>
<b>Lebenslauf</b>	<b>67</b>
<b>Publikationsliste</b>	<b>68</b>

## Abkürzungsverzeichnis

HLM	Herz-Lungen-Maschine
SWI	Infektion der Sternotomiewunde
SWHS	Wundheilungsstörungen nach medianer Sternotomie
CRP	C-reactives Protein
CT	Computer Tomography
BMI	Body-Mass-Index (aus dem englischen)
COPD	Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung
IMA	Arteria mammaria interna (aus dem englischen)
DRG	Diagnosis Related Groups (aus dem englischen)
V.A.C.	Vacuum assisted closure (aus dem englischen)
DHZB	Deutsches Herzzentrum Berlin
GOLD	Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (aus dem englischen)
FEV	Forcierte Einsekundenkapazität
WHO	Welt Gesundheitsorganisation (aus dem englischen)
ACVB	Aorto-Coronarer-Venen-Bypass
DM	Diabetes mellitus

## 1 Einleitung

Der Beginn der Herzchirurgie wird auf den September 1896 datiert, als es Ludwig Rehn erstmals gelang, über eine linksseitige Thorakotomie eine Stichverletzung des rechten Ventrikels erfolgreich durch eine Naht zu verschließen [1]. Bis Anfang der 50er Jahre war die Herzchirurgie vorwiegend gekennzeichnet durch Einzelleistungen verschiedener Operateure. Die Operationen wurden am schlagenden Herzen durchgeführt. Erst die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine (Gibbon, 1953) und der Kardioplegie (Melrose, 1955) ermöglichten Operationen am stillstehenden Herzen. Dies führte zu einer zügigen Entwicklung der Herzchirurgie. Im Jahr 1960 gelangen der erste Aortenklappen- (Harken) und der erste Mitralklappenersatz (Starr). Die Koronarchirurgie mit der direkten Revaskularisation trat erst im Jahr 1967 (Kolessov) ihren Siegeszug an.

### 1.1 Mediane Sternotomie als herzchirurgischer Zugang

In der Anfangsphase der Herzchirurgie wurde die seitliche Thorakotomie als einziger Operationszugang genutzt. Der Anschluss der Herz-Lungen-Maschine (HLM) erfolgte hierbei über die Leistengefäße. Mit diesem lateralen Zugang konnten jedoch nur bestimmte Abschnitte des Herzens gut dargestellt werden, so dass Kombinationseingriffe oder Interventionen bei intraoperativen Komplikationen nur eingeschränkt oder unter erschwerten Bedingungen für den Chirurgen möglich waren.

Durch das intraoperativ notwendige Aufspreizen der Wunde kam es häufig zu Rippenfrakturen, die den Wundschmerz im postoperativen Verlauf zusätzlich verstärkten und so das Auftreten einer respiratorischen Insuffizienz begünstigten.

Mit der Durchtrennung der Thoraxwandmuskulatur einschließlich eventueller Rippenverletzungen wurden die Anatomie und die Beweglichkeit der Thoraxwand durch Narbenbildung beeinträchtigt, bis hin zur Ausbildung einer Skoliose.

Der Anschluss der HLM durch die Leistengefäße führte zu Gefäßverletzungen und Blutungen. Zudem war eine optimale Kanülierung bei Arterienverkalkung oder kleinkalibrigen femoralen Gefäßen nicht möglich. Die Leistenwunde war für den Patienten mit zusätzlichen Schmerzen und Infektionsgefahren verbunden.

Aus diesen genannten Gründen hat sich zunehmend der ventrale Zugang zum Herzen – die mediane Sternotomie – durchgesetzt und bewährt.

Sie wurde erstmalig im Jahr 1897 von H. Milton als optimaler Zugang zu den thorakalen Organen beschrieben [2] und ist seit Mitte der 50er Jahre der Standardzugang für herzchirurgische Eingriffe [3]. Sie ermöglicht eine gute Anschlussmöglichkeit für die Herz-Lungen-Maschine und auch eine optimale Darstellung aller Abschnitte des Herzens sowie der davon abgehenden großen Gefäße. Die Wunde verursacht im Vergleich zur lateralen Thorakotomie weniger Schmerzen und die Kontinuität der Thoraxwandmuskulatur bleibt erhalten. Für den Anschluss der HLM bestehen optimale Bedingungen durch die Kanülierung der Aorta, des rechten Vorhofs oder auch der oberen und unteren Hohlvene.

Dieser Zugang bietet zudem auch die optimalen Voraussetzungen für einen kardioplegischen Herzstillstand.

#### 1.1.1 Technik der medianen Sternotomie

Die Inzision erfolgt in der Mitte des Thorax, ca. 2 cm unterhalb des Jugulums bis zum Xyphoid. Nach Durchtrennen der Haut und Subkutis wird die Mitte zwischen den Faszien der Musculi pectorales aufgesucht und längs durchtrennt. Am distalen Sternumende wird das Xyphoid aufgesucht und die Faszie ebenfalls längs durchtrennt. Für einen retrosternalen Zugang wird ein Tunnel stumpf unterhalb des Xyphoids präpariert.

Das Sternum wird in der Mitte von kranial nach kaudal oder umgekehrt mit einer Säge durchtrennt. Blutungen aus den Periostgefäßen werden mittels Elektrokauter und aus der Spongiosa mittels Knochenwachs gestillt. Nach Einbringen des Thoraxsperrers erfolgen die Präparation und das langstreckige Durchtrennen des Herzbeutels. Nach Durchführen der benötigten Operation und exakter Blutstillung wird das Sternum mittels mehrerer Drahtcerclagen verschlossen.

Üblicherweise wird die Verdrahtung kranial begonnen und nach kaudal bis zum Xyphoid fortgeführt. Nachdem sämtliche Drähte platziert worden sind, werden die Sternumränder zusammengezogen. Hierbei wird auf eine exakte Adaptation der Periostländer geachtet, um eine unproblematische Knochenheilung zu gewährleisten. Die Faszie wird mit einer fortlaufenden Naht verschlossen, ohne Hohlräume zu hinterlassen. Danach folgt die fortlaufende Subkutannaht, die der Annäherung der



Wundränder dient. Der Hautverschluss wird mittels fortlaufender Intrakutannaht durchgeführt.

### 1.1.2 Wundinfektionen nach medianer Sternotomie

Die Infektionen der Sternotomiewunde (SWI) sind seltene, aber schwerwiegende Komplikationen bei herzchirurgischen Patienten. Sie sind mit erhöhter Morbidität, Mortalität sowie deutlich erhöhten Krankenhauskosten verbunden. Die Inzidenz der SWI korreliert nach Literaturangaben zwischen 2,6 und 10,1 % [4-7].

#### 1.1.2.1 Klassifikation nach El Oakley und Wright

Die Klassifikation der Wundheilungsstörungen nach medianer Sternotomie (SWHS) erfolgte durch El Oakley und Wright [8]. Sie haben die SWHS in zwei Gruppen eingeteilt.

Zur Gruppe I gehören die Patienten mit Wunddehiszenz ohne klinische Infektzeichen oder positiv nachgewiesene Kulturergebnisse.

Die Gruppe II umfasst jene Patienten mit eindeutigen Wundinfektionen unabhängig von einer Sternumdehiszenz.

Je nach Tiefe der Lokalisation werden die Wundinfektionen in zwei weitere Gruppen unterteilt: oberflächliche und tiefe Wundinfektionen. Bei den oberflächlichen Wundinfektionen begrenzt sich die Infektion auf den Bereich von der Haut bis zur Faszie des Musculus pectoralis major. Die tiefen Wundinfektionen hingegen sind gekennzeichnet durch auf das Sternum sowie den retrosternalen Raum übergreifende Infektionen.

Die schwerwiegendste Form der tiefen SWI ist die Mediastinitis. Die Definition der Mediastinitis wurde vom amerikanischen „Centre of Disease Control and Prevention“ festgelegt [9]. Die Diagnosestellung einer Mediastinitis erfordert nach dessen Richtlinien eines der folgenden Kriterien:

1. Brustschmerzen, Sternuminstabilität oder Fieber in Kombination mit putrider Sekretion aus dem Mediastinum oder positiven Blutkulturen oder positivem Abstrich aus der mediastinalen Drainage

2. Intraoperativer Beweis einer Mediastinitis
3. Keimnachweis im Mediastinum oder in der mediastinalen Flüssigkeit

Die Inzidenz der Mediastinitis liegt zwischen 0,6 und 2,3 % [10-13] und ist mit einer erhöhten Mortalität von bis zu 19,7 % verbunden. Die Mediastinitis hat einen signifikant negativen Einfluss auf die Überlebensprognose der Patienten [12-15].

#### 1.1.2.2 Klassifikation nach Pathogenese

Die Pathogenese der postoperativen SWHS ist komplex und wird von mehreren Faktoren bestimmt. Für die Einleitung von sinnvollen prophylaktischen Maßnahmen ist das Wissen um pathogene Mechanismen unerlässlich.

Einige Autoren sehen in der intraoperativen bakteriellen Kontamination die Ursache für die Entwicklung einer Wundinfektion [15], andere dagegen gehen von einer endogenen Verbreitung der Infektion aus [7].

Angesichts der verschiedenen Keimspektren wurden von Gardlund und Kollegen drei unterschiedliche Mechanismen für die Entwicklung der postoperativen Wundinfektionen beschrieben [16]:

- A) Wundinfektionen durch eine Keimbesiedlung im postoperativen Verlauf über die Hautwunde. Sie werden häufig durch Koagulase-negative Staphylokokken hervorgerufen und treten insbesondere bei adipösen Patienten und bei Patienten mit chronisch-obstruktiver Lungenerkrankung auf. Bei diesen Patienten lastet durch Übergewicht und gehäuften Husten eine enorme Spannung im postoperativen Verlauf auf der Wundnaht, die zur Bildung einer Hautwunddehiszenz führt. Dies begünstigt das Eindringen der Hautflora in die tiefen Wundschichten
- B) Wundinfektionen infolge einer perioperativen Kontamination der Wunde, oft gekennzeichnet durch *Staphylococcus aureus*
- C) Wundinfektionen durch Verbreitung einer vorbestehenden endogenen Infektion, ausgehend von anderen Organen, oft durch gramnegative Stäbchen verursacht

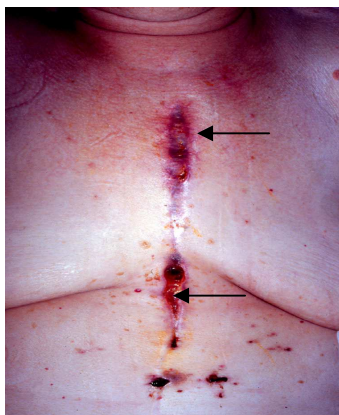
Die Mehrheit der sternalen Wundinfektionen sind monomikrobiell [17, 18] mit Nachweis von grampositiven Kulturen [11, 13]. Somit treten die von Gardlund im A-Mechanismus beschriebenen Wundinfektionen am häufigsten auf.

### 1.1.2.3 Diagnostik von Wundinfektionen

Die Diagnosestellung einer Wundinfektion ergibt sich vordergründig aus den klinischen Zeichen und ergänzend aus dem mikrobiologischen Befund, den laborchemischen und radiologischen Untersuchungen.

#### 1.1.2.3.1 Oberflächliche Wundinfektionen

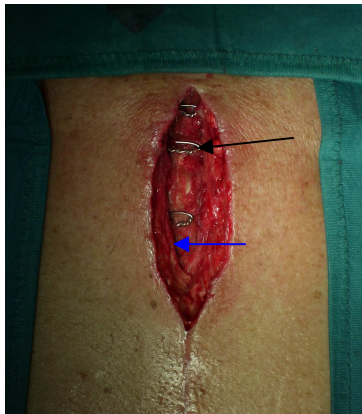
Oberflächliche Wundheilungsstörungen (Abb. 1) werden per Inspektion diagnostiziert. Neben der bestehenden Wunddehiszenz weist der betroffene Wundbereich eine trübe Sekretion auf und der Patient kann subfebrile Temperaturen haben. Die laborchemischen Infektionsparameter (Leukozyten, CrP (C-reaktives Protein)) können erhöht sein.



**Abbildung 1:** Ausgedehnte oberflächliche Wundinfektion am oberen und unteren Wundpol (angezeigt durch Pfeile)

#### 1.1.2.3.2 Tiefe sternale Wundinfektionen

Eine tiefe sternale Wundinfektion (Abb. 2) lässt sich zumeist durch die Inspektion (Rötung, Überwärmung, Sekretion) und palpatorische Untersuchung diagnostizieren. Die tiefen Wundinfektionen treten mit oder ohne Sternumlockerung auf. Die Hautwunde kann noch verschlossen sein. Die laborchemischen Infektparameter sind häufig erhöht. Als diagnostischer Marker scheint eine CrP-Erhöhung besonders sensitiv zu sein [19, 20]. Nicht selten äußern die betroffenen Patienten einen anhaltenden Wundschmerz und klagen über Instabilitätsbeschwerden des Brustbeins, z. B. einem „Knacken“ bei Armbewegungen oder größeren Atemexkursionen.



**Abbildung 3:** Tiefe Wundinfektion (in Zusammenhang mit verheilter Sternumwunde). Die Drahtcerclagen (schwarzer Pfeil) befinden sich unterhalb der Faszie des M. pectoralis major (blauer Pfeil)

#### 1.1.2.3.3 Mediastinitis

Die Patienten klagen über Wundschmerzen, Fieber, Schüttelfrost, Wundsekretion, Dyspnoe und „Knacken“ im Brustkorb, da das Sternum in den meisten Fällen dehiszent ist. Laborchemisch zeigen sich eine Leukozytose und erhöhte CrP-Werte. Bei Ausbreitung der Infektion kommt es unter anderem zu einer Sepsis mit entsprechenden klinischen Zeichen. Über die Hälfte der Patienten mit Mediastinitis weisen eine zusätzliche Bakteriämie auf [21].

Die mikrobiologische Untersuchung des Wundsekrets bestätigt die Diagnose.

In unklaren Fällen wird auch eine mediastinale Punktion zur Materialgewinnung empfohlen [22].

Ein zusätzliches Hilfsmittel zur Diagnosestellung einer Mediastinitis ist die radiologische Untersuchung. Auf der anterior-posterioren Röntgenaufnahme des Thorax zeigt sich ein verbreitertes Mediastinum, manchmal mit gebrochenen oder eingerissenen Drahtcerclagen.

Eine CT-Untersuchung des Thorax hat für die Mediastinitis-Diagnostik innerhalb der ersten 14 postoperativen Tage eine 100%ige Sensitivität und eine 33%ige Spezifität. Nach 14 Tagen liegen die Spezifität und die Sensitivität bei 100 % [23]. Hierbei zeigt sich als spezifisches Merkmal eine retrosternale Flüssigkeitsansammlung mit Lufteinschlüssen.

#### 1.1.2.4 Risikofaktoren der Wundheilungsstörung

Der Prozess der Wundheilung kann durch diverse operationsbedingte und nicht operationsbedingte Faktoren erschwert sein.

Zu den operationsbedingten Faktoren zählen auftretende Ödeme, Ischämien, Störungen der Mikrozirkulation, Nekrosen, intraoperative Kontaminationen und/oder nicht adäquate Gewebeadaptationen.

Die nicht operationsbedingten Faktoren sind patientenspezifisch. Dazu gehören vorbestehende insbesondere metabolische Erkrankungen, ein schwacher Immun- und/oder Ernährungsstatus.

In der Literatur sind zahlreiche solcher Risikofaktoren, teilweise mit widersprüchlichen Ergebnissen, beschrieben worden.

Als bedeutendste Risikofaktoren werden Adipositas mit Body-Mass-Index (BMI) > 30 kg/m<sup>2</sup>, das Vorliegen einer chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung, ein hohes Lebensalter des Patienten (> 70 Jahre), ein Diabetes mellitus, weibliches Geschlecht und/oder die Verwendung der Arteria mammaria interna angesehen [5, 12, 13, 15, 21, 24, 25].

Durch die Kenntnis der Risikofaktoren kann unter Einleitung spezieller patientenbezogener Vorsorgemaßnahmen eine deutliche Reduktion der Wundinfektionen erreicht werden [26-29].

Im Nachfolgenden werden die einzelnen Risikofaktoren detailliert vorgestellt.

#### 1.1.2.4.1 Adipositas

Eine bei den Patienten vorliegende Adipositas mit einem Body-Mass-Index (BMI) > 30 kg/m<sup>2</sup> ist oft mit postoperativen Komplikationen assoziiert und wird daher in der Herzchirurgie als ein potentiell Risiko angesehen. Diese Patienten verbleiben länger im Krankenhaus und benötigen eine längere Zeitspanne für die Entwöhnung vom Respirator [30]. Zudem ist Adipositas der am häufigsten identifizierte Risikofaktor für die Entwicklung einer Wundinfektion nach medianer Sternotomie [4-6, 8, 13, 31-33].

Beginn der Infektion der Sternotomiewunde bei adipösen Patienten ist häufig die auftretende Hautnaht-Dehiszenz, hervorgerufen durch gewichtsbedingte erhöhte Gewebespannung im Wundbereich, die durch die physiologische Atembewegung zusätzlich verstärkt wird. Dies begünstigt ein Eindringen der bakteriellen Hautflora in die tiefen Gewebeschichten. Gardlund et al. stellten in ihren Untersuchungen fest, dass die Wundinfektionen bei adipösen Patienten nach medianer Sternotomie häufig durch Hautkeime verursacht werden [16].

Zur Vorbeugung der Wundinfektionen bei diesen Patienten sind in der Literatur verschiedene Maßnahmen beschrieben worden, wie zum Beispiel eine gewichtsadaptierte Antibiotikungabe oder ein spezieller Hautverschluss.

So konnte eine Reduktion des Auftretens einer sternalen Wundinfektion erreicht werden [27, 34].

#### 1.1.2.4.2 Diabetes mellitus

Ein über Jahre bestehender Diabetes mellitus führt zu zahlreichen mikro- und makroangiopathischen Schäden. Dies führt zu einer Minderdurchblutung des Gewebes. Dadurch werden die Wundheilung und die Abwehrleistungen des Körpers beeinträchtigt [35]. Auch kürzere Phasen der Hyperglykämie, die oft nach Operationen auftreten, führen zu einer gestörten Abwehrfunktion mit einer Beeinträchtigung der Wundheilung [26]. Eine optimale peri- und postoperative Einstellung der Blutzuckerwerte kann zu einer deutlichen Reduktion der Wundinfektionen führen [26].

#### 1.1.2.4.3 Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD)

Bei den Patienten mit COPD ist die mechanische Belastung der Wunde des Sternums durch den vermehrten Husten im postoperativen Verlauf deutlich höher als bei den Patienten mit normaler Lungenfunktion. Dadurch kommt es häufig zur Bildung einer Dehiszenz der Hautwunde, die wiederum die Entwicklung einer Wundinfektion begünstigt [36]. Bei diesen Patienten werden die Wundinfektionen häufig durch Hautkeime verursacht [16].

#### 1.1.2.4.4 Verwendung der Arteria mammaria interna (IMA)

Die Arteria mammaria interna ist das wichtigste blutversorgende Gefäß des Sternums [37].

In der Herzchirurgie wird sie häufig durch Verlagerung als Bypassgraft genutzt.

Diese Anwendung ist eine individuelle Entscheidung des Operateurs mit dem Vorteil, dass die IMA-Grafts im Vergleich zu den Venengrafts bessere Langzeitergebnisse aufweisen. Nachteilig wirkt sich diese Verlagerung jedoch auf die Blutversorgung des Sternums aus, da diese zu einem deutlich reduzierten Blutfluss in diesem Bereich führt. Einige Studien zeigen, dass die einseitige Mobilisation der A. mammaria interna aus der Thoraxwand mit einem erhöhten Risiko für eine Wundinfektion einhergeht [5, 25]. Andere Studien dagegen belegen, dass die Verwendung der linken IMA kein erhöhtes Risiko für eine Wundinfektion darstellt [6, 38]. Wiederum andere Untersucher identifizieren nur die beidseitige Mobilisation der A. mammaria interna als Risikofaktor für eine Wundinfektion [4, 21, 39].

Für die IMA-Präparation gibt es zwei Techniken. In der so genannten Pedikelpräparation wird die IMA gemeinsam mit den begleitenden Venen, dem benachbarten Fett, Muskel und Teil der endothorakalen Faszie mobilisiert. Die zweite Technik ist eine isolierte Präparation der IMA ohne begleitende Venen und Gewebe. Diese Technik wird IMA-Skelettierung genannt.

In der Literatur wird darüber diskutiert, welchen Einfluss die verschiedenen Techniken auf die Entwicklung von Wundinfektionen haben. Milani et al. zeigen in einer Untersuchung, dass bei Patienten mit der Skelettierung der IMA die Mediastinitis-Inzidenz niedriger ist als nach IMA-Präparation mit Pedikel [40, 41].

#### 1.1.2.4.5 Alter des Patienten

Mit zunehmendem Alter nimmt die Immunität ab und der Stoffwechsel wird verlangsamt. Zusätzlich weisen ältere Patienten häufig Begleiterkrankungen auf.

Statistisch gesehen steigt bei Patienten ab dem 65. Lebensjahr aufgrund der verminderten Abwehrleistung das Risiko einer postoperativen Wundinfektion [42].

#### 1.1.2.4.6 Geschlecht des Patienten

Bei den Frauen kommt es im postoperativen Verlauf nach medianer Sternotomie durch die Gewichte der Brüste in Rückenlagerung der Patientin zu einem zusätzlichen divergierenden mechanischen Zug auf die Hautwundnaht.

Copeland et al. [43] zeigten in ihrer Untersuchung, dass bei Frauen mit enormen Brustgrößen eine signifikant erhöhte Inzidenz der sternalen Wundinfektionen besteht.

### 1.1.3 Bedeutung von Wundheilungsstörungen nach medianer Sternotomie

#### 1.1.3.1 Bedeutungen für den Patienten

Die postoperativen Wundinfektionen sind mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität verbunden. Die Patienten verbleiben länger im Krankenhaus und benötigen oft eine oder mehrere nachfolgende Operationen.

Eine gefährliche Komplikation bei fehlender oder unzureichender Behandlung stellt die Infektionsausbreitung bis hin zur Sepsis dar.

Weitere beschriebene lebensbedrohliche Komplikationen einer Mediastinitis sind eine rechtsventrikuläre Myokardperforation aufgrund mechanischer Verletzungen [44] sowie die infektionsbedingte Bypassarrosion mit akuter Blutung [42] nach aortokoronarer Bypassoperation (ACVB).

Spätere Komplikationen nach einer Behandlung der tiefen Wundinfektionen sind rezidivierende Wundinfektionen oder eine Osteomyelitis. Diese Patienten benötigen eine oder mehrere Operationen bis zur endgültigen Heilung der Wunde [45].



Der Entwicklung einer Infektion vorzubeugen ist somit eine wichtige Voraussetzung für eine optimale Wundheilung.

#### 1.1.3.2 Ökonomische Bedeutungen des Auftretens von Wundinfektionen

Die Behandlung von postoperativen Wundinfektionen ist mit zusätzlichen Material- und Personalkosten verbunden, deshalb sind das Auftreten und die Häufigkeit dieser Komplikationen nicht nur von individueller Bedeutung für den Patienten, sondern auch von wichtiger ökonomischer Bedeutung – für das Krankenhaus sowie für das Gesundheitssystem und letztendlich für die kostentragende Krankenkasse [46, 47].

##### 1.1.3.2.1 Bedeutung für das Krankenhaus

Die Patienten mit Wundinfektionen verbleiben durchschnittlich bis zu ca. 42 Tage länger im Krankenhaus [48].

Durch Einführung des DRG-Systems (Diagnosis Related Groups) in Deutschland (2003) werden die Leistungen an Patienten anhand der Haupt- und Nebendiagnosen für den einzelnen Behandlungsfall mittels einer entsprechenden DRG-Fallpauschale vergütet. Dies betrifft die herzchirurgischen Eingriffe ebenso wie die nachfolgende Behandlung der eventuell auftretenden Wundheilungsstörungen.

Aufgrund der unterschiedlichen Vergütungshöhen dieser beiden Behandlungspauschalen ist es jedoch für eine kostenintensive herzchirurgische Abteilung eher nachteilig, die begrenzten teuren Bettenkapazitäten durch Patienten mit postoperativen Komplikationen zu belegen. Andererseits führen solche unvorgesehenen verlängerten Bettenbelegungen sekundär zu einer Einschränkung des geplanten Operationsprogramms.

Obwohl die Behandlung einer Wundinfektion vergütet wird, führt diese durch unvorgesehene längere Bettenbelegung zu einer Reduktion des gesamten Operationsprogramms und weist sich eher nachteilig für das Krankenhaus aus.

### 1.1.3.2.2 Bedeutung für das Gesundheitssystem

In Deutschland werden, wie bereits oben erwähnt, die Behandlungskosten für eine postoperative Wundinfektion durch die Krankenkasse übernommen.

Bei den Patienten mit SWI sind die Krankenhauskosten bis zu 2,8-fach höher und die Krankenhausaufenthaltsdauer signifikant länger als bei unkomplizierten Verläufen [10, 47]. Damit führt das Auftreten einer postoperativen Wundinfektion zu einer zusätzlichen finanziellen Belastung für das Gesundheitssystem/die Krankenkasse.

### 1.1.4 Prophylaxe und Therapie von Wundheilungsstörungen nach medianer Sternotomie

#### 1.1.4.1 Prophylaktische Konzepte

Die Maßnahmen zur Vorbeugung einer Wundinfektion beginnen mit der Operationsvorbereitung des Patienten. Eine präoperative Haarentfernung mit Rasierern führt zu einer mikroskopisch nachgewiesenen Abschürfung der Haut, die als Eintrittspforte für eine bakterielle Streuung dient. Diese erhöht damit das Risiko einer Wundinfektion. Daher wird eine elektrische Haarschneidemaschine bevorzugt [49].

Ein präoperatives Waschen/Duschen des Patienten mit antiseptischer Seife zur Verminderung einer Freisetzung von Mikroorganismen während der Operation wird empfohlen, bleibt aber widersprüchlich [50].

Die Personen ziehen vor Betreten des Operationsraums einen Mund-Nasen-Schutz an und müssen einen Haarschutz tragen.

Im Operationssaal wird das Operationsgebiet nach einer gründlichen Hautdesinfektion unter aseptischen Bedingungen steril abgedeckt. Dadurch wird die Erregerübertragung aus der Umgebung in das OP-Gebiet unterbunden.

Alle Mitglieder des Operationsteams mit direktem Kontakt zum Operationsfeld und zu sterilem Instrumentarium führen vor Beginn ihrer Tätigkeit eine chirurgische Händedesinfektion aus. Danach zieht das Team einen sterilen Operationskittel sowie sterile Handschuhe an. Diese Maßnahme schützt die Wunden vor Keimübertragung von OP-Personal.

Ein häufiges Problem ist eine unbemerkte Handschuhperforation während der Operation [51]. Diese kann zu einer Wundkontamination durch Hautkeime des OP-Personals führen. Daher wird bei länger dauernden Operationen ein häufiger Handschuhwechsel empfohlen.

Die perioperative antibiotische Prophylaxe ist heutzutage bei allen Operationen mit Herz-Lungen-Maschine (HLM) eine Standardtherapie [29]. Die Antibiotikagabe erfolgt perioperativ und innerhalb der ersten 24 Stunden nach Operationsende.

In der Literatur sind für bestimmte Risikopatienten zusätzliche prophylaktische Methoden beschrieben worden [27, 28].

Im postoperativen Verlauf ist eine gezielte Antibiotikatherapie bei Auftreten der so genannten Begleitinfektionen erforderlich. Diese verhindert die hämatogene Verbreitung der Bakterien/Keime auf das Operationsgebiet und das Auftreten von Wundinfektionen (Gardlund C-Mechanismus).

#### 1.1.4.2 Therapeutische Konzepte

Die Behandlung der SWI besteht aus chirurgischer Sanierung der Wunde und gezielter antibiotischer Therapie.

Die chirurgische Sanierung beinhaltet ein Wunddébridement mit Entfernung allen nekrotischen, infizierten Gewebes und aller Fremdmaterialien, Spülung der Wunde und Materialgewinnung für die mikrobiologische Untersuchung.

Bei oberflächlichen Wundinfektionen ist häufig ein primärer Wundverschluss nach Débridement möglich.

Bei tiefen Wundinfektionen werden häufig, bis zum Wundverschluss, mehrere Operationen mit Wunddébridement benötigt. In den letzten Jahren hat sich für die Behandlung der SWI eine V.A.C.-Therapie etabliert. Ein sekundärer Wundverschluss erfolgt nach Rückbildung der Infektzeichen (Leukozytose, CRP-Wert, Fieber), negativem mikrobiologischen Befund der Wundabstriche oder Keimzahlreduktion und beginnender Granulation in der Wunde.

Für die chirurgische Behandlung der Mediastinitis sind in der Literatur diverse Methoden beschrieben worden. Ziel der chirurgischen Therapie ist die Erschaffung eines infektfreien/infektarmen Wundverhältnisses durch Débridement und die

Wiederherstellung der Thoraxwandkontinuität durch Refixation des Sternums. Für die Ausleitung des mediastinalen Wundsekrets wird ein retrosternales Spül-Saug-Drainagen-System angelegt. Dadurch wird die Wunde kontinuierlich mit antiseptischer Lösung gespült und das Wundsekret nach außen geleitet. In manchen Fällen wird zusätzlich eine Transposition des Omentum majus ins Mediastinum empfohlen. Bei dieser Art von Behandlung verbleiben die Patienten durchschnittlich ca. 50 Tage im Krankenhaus [48].

Für die Behandlung der Mediastinitis hat sich in den letzten Jahren die V.A.C.-Therapie als sehr erfolgreich gezeigt [48, 52, 53]. Diese ermöglicht eine offene Wundbehandlung mit einem geschlossenen Verband. Der Verband wird alle 3–4 Tage unter Narkose in Kombination mit Wunddébridement und Wundspülung gewechselt. In diesem Falle benötigen die Patienten durchschnittlich 3–4 Operationen bis zum sekundären Wundverschluss.

## 2 Herteilung der Aufgabenstellung

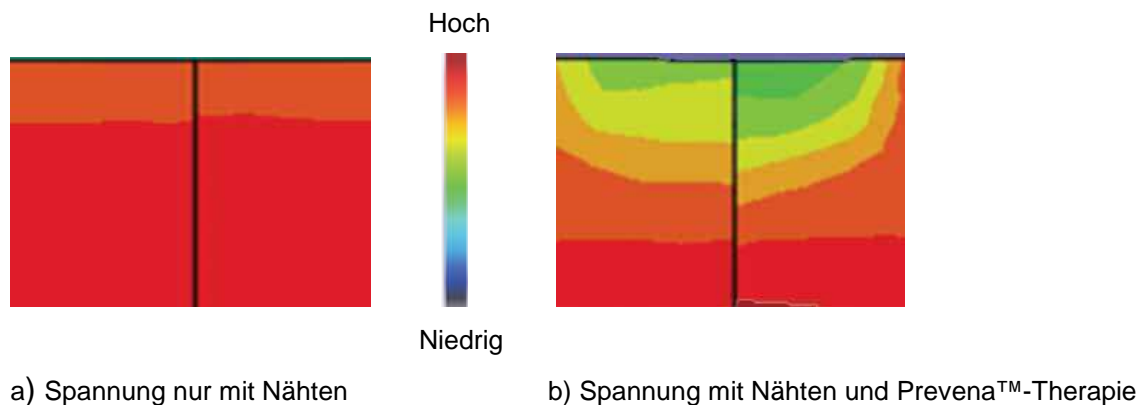
### 2.1 Wundmanagement mit Unterdrucktherapie

Nach chirurgischen Eingriffen stehen die Wunden infolge von Gewebeödemen oder mechanischer Belastung unter einer enormen Spannung (Abb. 3 a) [54]. Dies führt im postoperativen Verlauf zu einer Unterbrechung der Kontinuität der Hautwunde und begünstigt das Eindringen der Hautflora in die tiefen Gewebeschichten. Dies führt zu einem gehäuften Auftreten von Wundinfektionen durch Hautkeime.

Nach herzchirurgischen Eingriffen durch mediane Sternotomie werden die Mehrheit der Wundinfektionen durch grampositive Bakterien verursacht (Hautkeime) [16, 31] (Gardlund A).

Bei den Patienten nach medianer Sternotomie wird die Spannungserhöhung auf die Wunde durch folgende Faktoren bestimmt:

1. Gewebeödeme im Bereich der Inzision
2. Atemexkursion, Erhöhung des intrathorakalen Druckes durch Hustenstoß
3. Mechanische Belastung durch Übergewicht.



**Abbildung 3:** Spannungshöhe bei verschlossenen Inzisionen (Inzisionstiefe 2,5 cm)  
(Quelle: <http://kci-medical.de>)

Damit hat eine spannungsfreie Wundheilung eine wichtige Bedeutung für die Vorbeugung von Wundinfektionen.

Eine neue alternative Methode zur Spannungsreduktion auf die Wunde ist die Verwendung eines Unterdruckverbandes. Unsere Klinik ist eine der ersten, die klinische Erfahrung mit diesem System hat. Das Prevena™ Incision Management System (Kinetic Concepts, Inc., San Antonio, Texas) ist ein Unterdruckverband, der speziell entwickelt wurde für die Versorgung der chirurgisch verschlossenen Wunden, bei denen ein Risiko für postoperative Komplikationen besteht. Das System wirkt als Schutz gegen Kontamination von außen, fördert die Durchblutung und ermöglicht durch negativen Druck eine Reduktion der Ödeme und eine Spannungsreduktion auf Wundränder (Abb. 3 b).

## 2.2 Fragestellung der Arbeit

Adipositas ist eine der häufigst beschriebenen Risikofaktoren für die Entwicklung einer Wundinfektion nach medianer Sternotomie.

Bei diesen Patienten besteht durch Übergewicht und erhöhte Gewebespannung eine zusätzliche mechanische Belastung der Wunde. Die Wundinfektionen bei adipösen Patienten werden häufig durch Hautkeime (Koagulase-negative Staphylokokken) verursacht (Gardlund A-Mechanismus) [16].

Für die Reduktion der Wundinfektion sind bisher zahlreiche Techniken für den Hautverschluss, wie z. B. mittels Klammern, Steri-Strips und verschiedener Nahttechniken, untersucht worden [13, 55-57]. Wir haben in einer Studie gezeigt, dass nach medianer Sternotomie der Hautverschluss durch Cyanacrylat-versiegelte Donati-Naht zu einer Reduktion der Wundinfektionen führt [27].

Bei adipösen Patienten nach medianer Sternotomie reichen die herkömmlichen Wundverschlussverfahren nicht aus, um eine spannungsfreie Wundheilung zu ermöglichen.

Die Mehrheit der Wundinfektionen nach medianer Sternotomie sind monomikrobiell und werden häufig durch Hautkeime (Koagulase-negative Staphylokokken, Staphylococcus epidermidis etc.) verursacht. Wenn das Prevena™ Incision Management System so funktioniert wie in Abschnitt 2.1 dargestellt, würde man einen Großteil der Gardlund A-Infektionen, die ca. 37,8–46 % der Wundinfektionen nach medianer Sternotomie ausmachen [16, 25, 52], vermeiden können.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es daher, Kenntnisse zu gewinnen über den Einfluss eines Unterdruckverbandes auf die Wundheilung nach medianer Sternotomie bei einer Hochrisikopatientengruppe mit Adipositas, mit besonderem Bezug auf die Wundinfektionen und dafür verantwortliche Keime.

Dabei ging es um die Beantwortung der folgenden Frage:

Ermöglicht das Prevena™ Incision Management System einen Teil der Wundinfektionen nach medianer Sternotomie, die durch Gardlund A-Mechanismus entstehen, zu verhindern?

### **3 Methode**

#### **3.1 Ort der Untersuchung**

Diese Studie wurde im Deutschen Herzzentrum Berlin (DHZB) durchgeführt. Das DHZB ist eine Hochleistungsklinik für die Behandlung von Herz-, Thorax- und Gefäßerkrankungen. Das Krankenhaus besteht aus Kliniken für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie, Innere Medizin/Kardiologie, Angeborene Herzfehler/Kinder-kardiologie und dem Institut für Anästhesiologie. Die Klinik verfügt über 162 Betten. Im DHZB werden jährlich ca. 3.500 Operationen unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine (HLM) und mehr als 1.000 weitere Operationen an Herz, Thorax und Gefäßen in 9 Operationssälen durchgeführt. Das DHZB ist Kooperationspartner der Charité – Universitätsmedizin Berlin sowie mehreren europäischen und nicht europäischen Kliniken. Im DHZB besteht ein vollständiges Weiterbildungsprogramm für die herzchirurgische Facharztausbildung.

#### **3.2 Studienart und -verlauf**

Die aktuelle Studie ist eine prospektive Untersuchung. Der Untersuchungszeitraum liegt zwischen Januar 2010 und August 2011. Die Beobachtungen wurden am 30. November 2011 abgeschlossen. Die Hauptkriterien für die Aufnahme in diese Studie waren Adipositas ( $BMI > 30 \text{ kg/m}^2$ ) und eine elektive kardiochirurgische Operation über mediane Sternotomie mit Zuhilfenahme der Herz-Lungen-Maschine. In diese Studie wurden insgesamt 103 Patienten eingeschlossen. 3 von 103 Patienten wurden wegen Exitus letalis an Herz-Kreislauf-Versagen im frühpostoperativen Verlauf von der Studie ausgeschlossen. Damit beschränkte sich die aktuelle Studie auf eine konsekutive Gruppe von 100 Patienten.

##### **3.2.1 Einschlusskriterien für die Studie**

In die aktuelle Studie haben wir Patienten nach folgenden Kriterien eingeschlossen:



1. Adipositas mit BMI > 30 kg/m<sup>2</sup>
2. Eine planmäßig vorgesehene Operation durch mediane Sternotomie
3. Operation mit Zuhilfenahme der Herz-Lungen-Maschine
4. Gleiche Art des Wundverschlusses
5. Operation durch dieselbe Gruppe von Operateuren

### 3.2.2 Ausschlusskriterien von der Studie

Die Patienten wurden nach folgenden Kriterien aus der Studie ausgeschlossen:

1. Exitus letalis bei unauffälligem Wundstatus innerhalb der ersten 90 postoperativen Tage
2. Notwendigkeit einer Rethorakotomie (aufgrund von Blutung, Perikardtamponade etc.) im früh postoperativen Verlauf oder während der Beobachtungszeit
3. Fehlende Einwilligung des Patienten für die Studie

### 3.3 Erstellung der Datenbank

Es wurde unter Berücksichtigung des Datenschutzes eine Datenbank erstellt und die Daten für jeden Patienten dokumentiert. In der Datenbank wurden für jeden Patienten einige peri- und präoperative Kriterien sowie die postoperativen Beobachtungen dokumentiert. Die Datenbank war am Ende des Untersuchungszeitraums komplett abgeschlossen.

#### 3.3.1 Peri- und präoperative Parametern

In der Datenbank wurden folgende peri- und präoperative Kriterien für jeden Patienten berücksichtigt und dokumentiert: BMI, Alter des Patienten, vorbestehender Diabetes mellitus und vorbestehende COPD, Verwendung der LIMA.

**Alter:** Die Berechnung erfolgte durch das Excel-Programm zum Zeitpunkt der ursprünglichen Operation und wurde auf ganze Zahlen gerundet (Jahre).

**Geschlecht:** Die Geschlechtsverteilung erfolgte nach biologischen Kriterien auf männlich und weiblich.

**COPD:** Nach der Definition der „Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease“ (GOLD) besteht eine chronisch-obstruktive Lungenerkrankung bei einem FEV  $<$  80 % [58].

**Diabetes mellitus:** Es wurde nur bereits vorbestehender Diabetes mellitus mit Notwendigkeit einer Insulintherapie berücksichtigt.

**BMI:** Die Berechnung des BMI erfolgte nach präoperativer Körpergröße und Körpergewicht nach folgender Formel:

$$\text{BMI} = \text{Körpergewicht (kg)} / \text{Quadrat der Körpergröße (m}^2\text{)}$$

Eine genaue Unterteilung auf Adipositas-Grade wurde nicht berücksichtigt. Als Adipositas wird ein BMI  $>$  30 kg/m<sup>2</sup> gesehen (nach WHO-Klassifikation 1997)

**LIMA:** Unter Berücksichtigung der Verwendung der linken Arteria mammaria für die Bypassoperation.

### 3.3.2 Postoperative Wunddokumentation

Die Wunden wurden innerhalb der ersten 90 postoperativen Tage beobachtet. Dabei wurden die folgenden Kriterien untersucht und dokumentiert:

1. Entwicklung einer Wundheilungsstörung (Ja/Nein)
2. Art der Wundheilungsstörung (nach Klassifikation von El Oakley)
3. Keimspektrum bei Auftreten einer Wundheilungsstörung (mikrobiologische Untersuchung der Wundabstriche)
4. Lokalisation der Wundheilungsstörung (kranial, medial und kaudal)
5. Zeit des Auftretens der Wundheilungsstörungen (nach der ursprünglichen Operation)

Die Beobachtung nach der Entlassung aus dem Krankenhaus erfolgte durch telefonische Umfrage. Die Patienten wurde nach folgenden Symptomen gefragt: Hautrötung, Schwellung im Wundbereich oder Sekretion aus der Wunde, „Knacken“ im

Brustkorb und Fieber unklarer Genese. Die Beobachtungen wurden von dem gleichen Untersuchenden durchgeführt.

Für die präoperative Risikoschätzung der Wahrscheinlichkeit einer postoperativen Wundinfektion verwendeten wir den durch Fowler et al. beschriebenen Risiko-Score [59].

Für die Score-Berechnung wurden die folgenden präoperativen Kriterien berücksichtigt: Alter des Patienten (1 Punkt für jedes 5. Jahr ab dem 55. Lebensjahr), Geschlecht (2 Punkte für das weibliche Geschlecht), COPD (2 Punkte), Diabetes mellitus (3 Punkte), BMI (4 Punkte bei BMI 30–40 kg/m<sup>2</sup> und 9 Punkte ab BMI > 40 kg/m<sup>2</sup>). Die Infektionswahrscheinlichkeit wurde je nach Score anhand der Tabelle geschätzt.

### 3.4 Patientenvorbereitung und Inzisionsmanagement

Bei allen Patienten wurde das peri- und intraoperative Wundmanagement gleichwertig nach hausinternen Standards durchgeführt. Die Durchführung der Operationen erfolgte durch dieselbe Gruppe von Operateuren. Alle Operationen erfolgten unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine, bei Normothermie und kardioplegischem Herzstillstand unter Anwendung einer Blutkardioplegie.

Für die postoperative Wundversorgung wurde bei einer konsekutiven Gruppe von 50 Patienten die Sternotomiewunde nach üblichen Standards mit einem sterilen Pflaster versehen (konventionelle Therapie). Die zweite Gruppe (n = 50 Patienten) erhielt einen sterilen Unterdruckwundverband (Prevena™ Incision Management System, Kinetic Concepts, Inc., San Antonio, Texas).

#### 3.4.1 Prä- und perioperative Vorbereitung

Die präoperative Vorbereitung der Patienten erfolgte nach hausinternen Standards. Die notwendige Haarentfernung erfolgte am Vortag der Operation mittels elektrischer Haarklipper. Für die Reduktion der Hautflora erfolgte am Vortag der Operation eine so

genannte antiseptische Dusche mit Baktolin® basic Waschlotion (Bode Chemie Hamburg, D-22525 Hamburg, Melanchthonstr. 27).

Die peri-, intra- und postoperative antibiotische Prophylaxe für die ersten 24 Stunden erfolgte mit gewichtadaptierter intravenöser Gabe von Cefazolin.

### 3.4.2 Durchführung der medianen Sternotomie und des Wundverschlusses

Die mediane Sternotomie und der Wundverschluss erfolgten bei allen Patienten gleichwertig nach hausinternen Standards.

Die Hautdesinfektion erfolgte mittels Braunoderm® Lösung (Povidon-Iod mit 10 % verfügbarem Iod, B. Braun Melsungen AG, D-34209 Melsungen).

Nach steriler Abdeckung wurde die vordere Thoraxwand zur Vermeidung des Kontaktes mit der Patientenhaut mit einer sterilen Folie überklebt (Applica\*, Smith & Nephew Medical Limited, Hull HU3 2BN England). Die mediane Sternotomie und der Wundverschluss bei allen Patienten erfolgten gleichwertig nach üblichen Standards.

Die Sternumosteosynthese erfolgte durch 7 bis 8 einzelne, transsternal gestochene Cerclagen (Seranox® USP 6, Serag Wiessner, Naila/Germany). Für die Adaptation der Muskelfaszie und die subkutanen Gewebe verwandten wir fortlaufende resorbierbare Nähte (Polysorb™ 1, Covidien™, Dublin, Ireland). Der Hautverschluss erfolgte mit einer intrakutanen Naht (Biosin™ 4-0, Syneture; Dublin, Ireland). Die Wunden wurden anschließend mit einer antiseptischen Lösung (Braunoderm®, B. Braun Melsungen AG) desinfiziert.

### 3.5 Postoperative Wundversorgung und Gruppenbildung

Die Patienten wurden alternierend auf zwei gleichwertige Gruppen aufgeteilt.

Für die eine Gruppe verwendeten wir die bisherige konventionelle Wundbehandlung (Gruppe I) und für die zweite Gruppe wurde zusätzlich ein Unterdruckwundverband (Prevena™ Incision Management System, Kinetic Concepts, Inc., San Antonio, Texas, CE 0473) (Gruppe II) angelegt (Abb. 3).

Postoperativ haben alle Patienten während des Krankenhausaufenthaltes zusätzlich zur Stabilisierung des Thorax einen elastischen Stützverband (Samco Clinhand GmbH, Mainburg, Deutschland) getragen, der für weitere 8 Wochen empfohlen wurde.

### 3.5.1 Konventionelle Wundbehandlung (Gruppe I)

Bei 50 Patienten erfolgte der Hautverschluss durch fortlaufende intrakutane Naht unter Anwendung einer resorbierbaren Monofilament-Naht (Biosin<sup>TM</sup> 4-0, Syneture; Dublin, Ireland). Die Wunde wurde nach Desinfektion mit einem sterilen Pflaster versehen. Der erste Verbandwechsel erfolgte am dritten postoperativen Tag. Weitere Wundinspektionen/Verbandwechsel erfolgten alle 1 bis 2 Tage. Die Wunden wurden bei unauffälliger Heilung ab dem achten postoperativen Tag offen gelassen. Bei Wundkomplikationen wurde eine entsprechende Therapie eingeleitet.

### 3.5.2 Unterdruckwundverband (Gruppe II)

Das System wurde intraoperativ unmittelbar nach Anfertigung der Hautnaht unter sterilen Bedingungen eingesetzt (Abb.4). Der Hautverschluss bei diesen Patienten erfolgte genauso wie in der Gruppe I, durch fortlaufende intrakutane Naht mit einer resorbierbaren Monofilament-Naht (Biosin<sup>TM</sup> 4-0, Syneture; Dublin, Ireland). Das System wurde bei 50 konsekutiven Patienten angewendet. Die Therapiedauer betrug 6–7 Tage. Der Verband wurde von unserem chirurgischen Team nach 6–7 Tagen entfernt und der Wundstatus entsprechend dokumentiert (Abb. 5).

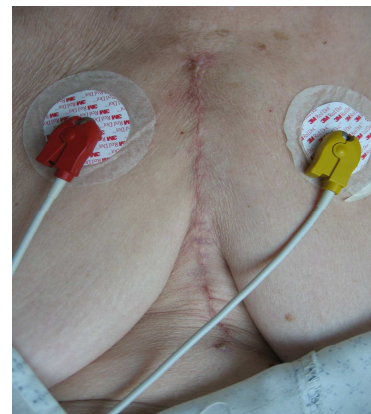
Alle Wunden wurden bis zur Entlassung aus der Klinik chirurgisch von unserem Team begutachtet mit entsprechender Statusdokumentation (Abb. 6).



**Abbildung 4** *Prevena™ Incision Management Systems in situ nach medianer Sternotomie*



**Abbildung 5** *Wundstatus nach Entfernen des Prevena™ Incision Management Systems*



**Abbildung 6** *Wundstatus nach Therapie mit dem Prevena™ Incision Management System vor Entlassung aus dem Krankenhaus*

### 3.6 Das Prevena™ Incision Management System

Das Produkt ist ein einmaliger steriler Wundverband und besteht aus drei Einheiten (Abb. 7):

1. Prevena™ Incision Dressing (3M™-Tegaderm™-Verband mit integriertem Schwamm) mit eingebautem Druckindikator. Der Schwamm ist mit Silberionen beschichtet, die zu einer Reduktion der Keimzahl im Bereich der Wunde dient. Der Verband deckt eine Inzision von bis zu 20 cm Länge ab
2. Ein Prevena™ 45-ml-Kanister, der ins Therapiegerät eingesetzt wird und für die Ansammlung des Wundsekrets vorgesehen ist
3. Prevena™ 125 Therapiegerät (mit 3 eingelegten AA-Batterien) und bis zu 192 Stunden Lebenszyklus. Das Gerät erzeugt einen kontinuierlichen negativen Druck von 125 mm Hg

#### 3.6.1 Anwendung

Der Verband wird intraoperativ unmittelbar nach dem Hautwundverschluss und der Hautdesinfektion mittig über der verschlossenen Inzision ausgerichtet und angelegt (Abb. 4). Dabei soll darauf geachtet werden, dass die Klebefläche nicht mit der Inzision in Kontakt kommt. Nach Entfernen der seitlichen Klebeschutzstreifen wird die Folie auf die Haut geklebt, das Schlauchsystem mit Kanister angeschlossen und Letzterer in das Gerät eingesetzt. Die Therapie beginnt durch einmaliges Drücken der Ein/Aus-Taste. Mit Beginn der Unterdrucktherapie faltet sich der Schwamm zusammen. Wichtig ist zur Vorbeugung von Undichtigkeit, die Thoraxdrainage in etwas mehr als 5 cm Entfernung von der Wunde auszuleiten, um eine ausreichende Klebeoberfläche für die Folie zu ermöglichen.



**Abbildung 7:** Das Prevena™ Incision Management System

### 3.6.2 Therapiedauer

Die Therapie mit dem Prevena™ Incision Management System wird bis zu 8 Tagen fortgesetzt. Nach Beendigung der Therapie wird die Folie vorsichtig von oben nach unten (oder umgekehrt) abgezogen. Die Wundversorgung bei unauffälligen Wundverhältnissen erfolgt für weitere 2–3 Tage mit einem sterilen Wundverband. Eine beginnende Batterieerschöpfung oder Undichtigkeit im System löst einen akustischen sowie optischen Alarm aus.

### 3.7 Statistik

Für unsere Datenbank verwendeten wir das Microsoft Excel-Programm. Die statistische Analyse erfolgte mittels SPSS-Statistikprogramm für Windows. Die deskriptive Darstellung der Ergebnisse erfolgte über Berechnung des arithmetischen Mittelwertes und der Standardabweichung. Kategoriale Variablen wurden mit dem Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest auf Zusammenhänge untersucht. Waren die Voraussetzungen des Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstests nicht gegeben, wurde der exakte Test nach Fisher verwendet. Ein Signifikanzniveau wurde bei einem p-Wert  $< 0,05$  gesehen. Die



multivariate Evaluierung von Parametern erfolgte durch das statistische Verfahren der schrittweisen logistischen Regression.

## 4 Ergebnisse

Der Wundstatus von allen in die Studie eingeschlossenen 100 Patienten konnte vollständig ohne Ausnahme innerhalb der ersten 90 postoperativen Tage verfolgt und beobachtet werden. Die Beobachtungsprotokolle wurden komplett abgeschlossen.

Es ist zu keinen Komplikationen, Auffälligkeiten oder zusätzlichen Beschwerden durch die Therapie mit dem Unterdruckverband gekommen. Die postoperative Versorgung und Mobilisation der Patienten wurden durch den Unterdruckverband nicht eingeschränkt.

### 4.1 Patienten

Von den 100 in die Studie eingeschlossenen Patienten waren 68 % (n = 68) weiblichen und 32 % (n = 32) männlichen Geschlechts. Das Alter der Patienten lag zum Zeitpunkt der ursprünglichen Operation bei  $67,5 \pm 8,14$  Jahren (Mittelwert  $\pm$  SD). 28/100 Patienten (28 %) litten an einer chronisch-obstruktiven Lungenerkrankung und bei 26/100 Patienten (26 %) bestand zum Zeitpunkt der Krankenhausaufnahme ein insulinabhängiger Diabetes mellitus. Der BMI lag bei diesen Patienten im Mittel bei  $36,0 \pm 4,95$  kg/m<sup>2</sup> (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung). Bei 59 Patienten (59 %) wurde die LIMA für die Revaskularisation verwendet. Die einzelnen Parameter sind in Tab. 1 angezeigt.

Bei 57 Patienten wurde eine isolierte koronare Revaskularisation durchgeführt (54 Patienten mit Verwendung der LIMA, bei 3 Patienten wurden nur venöse Grafts angelegt). 35 Patienten erhielten eine isolierte Klappenoperation (bei 26 Patienten wurde ein Aortenklappenersatz, bei 7 Patienten ein Mitralklappenersatz und bei 2 Patienten eine Mitralklappenrekonstruktion mit Aortenklappenersatz durchgeführt). 6 Patienten unterzogen sich Kombinationseingriffen (bei 5 Patienten wurde ein Aortenklappenersatz mit ACVB und bei 1 Patienten eine Mitralklappenrekonstruktion in Kombination mit ACVB durchgeführt). Bei 2 Patienten wurde ein suprakoronarer Ersatz der aufsteigenden Aorta durchgeführt.

Parameter	Wert
Alter (Mittelwert $\pm$ SD)	67,5 $\pm$ 8,14
Männlich (n =) %	32 (32 %)
Weiblich (n =) %	68 (68%)
COPD	28 (28 %)
Diabetes mellitus	26 (26 %)
BMI (Mittelwert $\pm$ SD)	36,0 $\pm$ 4,95
Verwendung der LIMA	59 (59 %)
ACVB-Operation (n =)	57
Klappenoperation (n =)	35
Kombinationseingriffe (n =) (Klappenoperation mit ACVB)	6
Sonstige Eingriffe	2

**Tabelle 1:** Daten der in die Studie eingeschlossenen Patienten (n = 100)

#### 4.1.1 Klinische Parametern (Gruppe I)

Gruppe I mit konventioneller Wundbehandlung bestand aus 50 konsekutiven Patienten. 33/50 Patienten (66 %) waren weiblichen und 17/50 Patienten (34 %) männlichen Geschlechts. Der Alter der Patienten lag zum Zeitpunkt der ursprünglichen Operation im Mittel bei 66,7  $\pm$  6,94 Jahren (Mittelwert  $\pm$  SD). 6/50 Patienten (12 %) litten an einer COPD und bei 8/50 Patienten (16 %) bestand zum Zeitpunkt der Krankenhausaufnahme ein insulinabhängiger Diabetes mellitus. Bei 35 Patienten (70 %) wurde eine isolierte koronare Revaskularisation und bei 15 Patienten (30 %) eine isolierte Klappenoperation durchgeführt. Bei 33/50 Patienten (66 %) wurde die LIMA für die Revaskularisation verwendet. Der BMI bei diesen Patienten wurde im Mittel mit 35,26  $\pm$  3,66 kg/m<sup>2</sup> (Mittelwert  $\pm$  SD) gemessen.

Die Parameter für die einzelnen Patienten sind in Tab. 2 angezeigt.

Alter	Geschl	Op.-Art	LIMA	BMI kg/m <sup>2</sup>	FEV1 (%)	DM <sup>3</sup>	Zeitpunkt (Tage)	WINF <sup>2</sup>	Lok.	Keime	Dehiszenz
71	w	ACB	+	31	90	-	-	-	-	-	-
77	w	r ACB	+	30	100	-	-	-	-	-	-
72	w	ACB	+	31	90	-	-	-	-	-	-
64	w	ACB	+	31	85	+	-	-	-	-	-
59	m	r ACB	-	39	100	-	35	Oberfl	cranial	epi	-
63	w	ACB	+	31	85	-	-	-	-	-	-
58	m	ACB	+	32	80	-	-	-	-	-	-
66	m	ACB	+	38	80	+	-	-	-	-	-
62	w	ACB	+	32	80	-	-	-	-	-	-
67	w	ACB	+	33	85	-	-	-	-	-	-
69	w	r ACB	+	33	85	-	-	-	-	-	-
64	w	ACB	+	44	90	-	12	Oberfl	caudal	epi+hem	-
57	w	ACB	+	35	85	-	-	-	-	-	-
72	w	ACB	+	35	85	-	-	-	-	-	-
59	w	ACB	+	36	60	+	-	-	-	-	-
55	m	ACB	+	38	85	-	9	tief	medial	epi	+
56	w	ACB	+	39	100	-	-	-	-	-	-
81	w	AKE	-	39	85	-	10	Oberfl	medial	epi+aur	-
76	m	AKE	-	37	65	-	-	-	-	-	-
60	m	r AKE	-	31	85	-	-	-	-	-	-
69	w	AKE	-	33	80	-	17	tief	caud./med	epi	+
61	w	AKE	-	34	85	-	-	-	-	-	-
78	m	r AKE	-	41	80	-	-	-	-	-	-
76	w	AKE	-	36	85	-	-	-	-	-	-
72	m	ACB	+	38	80	+	16	Oberfl	caudal	hem	-
72	w	ACB	+	33	45	-	-	-	-	-	-
64	w	AKE	-	31	80	-	-	-	-	-	-
63	w	AKE	-	32	100	-	-	-	-	-	-
67	w	ACB	+	36	80	-	45	Oberfl	caudal	epi+alb	-
74	m	MKE	-	34	85	-	-	-	-	-	-
72	w	ACB	+	32	85	-	-	-	-	-	-
72	w	ACB	+	38	85	+	-	-	-	-	-
78	w	ACB	+	34	90	-	-	-	-	-	-
56	m	ACB	+	36	80	-	-	-	-	-	-
66	w	AKE	-	36	80	-	-	-	-	-	-
67	w	AKE	-	37	85	-	19	Oberfl	caudal	neg	-
69	w	r AKE	-	41	60	-	-	-	-	-	-
62	m	ACB	+	38	80	-	-	-	-	-	-
63	w	ACB	+	34	90	+	-	-	-	-	-
67	w	ACB	+	34	85	-	-	-	-	-	-
66	w	ACB	+	33	85	-	12	Oberfl	caudal	epi	-
68	m	MKE	-	32	90	-	-	-	-	-	-
64	m	ACB	+	31	80	-	-	-	-	-	-
66	m	ACB	+	37	80	-	-	-	-	-	-
75	m	ACB	+	38	80	-	-	-	-	-	-
49	w	ACB	+	37	56	-	15	tief	caudal	E.faecalis	+
76	m	ACB	-	47	84	-	-	-	-	-	-
64	w	ACB	+	40	74	+	-	-	-	-	-
62	w	AKE	-	34	88	-	-	-	-	-	-
71	m	ACB	+	32	86	+	-	-	-	-	-

**Tabelle 2:** Klinische Parametern und Verlauf der Wundbeobachtung für Gruppe I (intrakutane Hautnaht)

*m: männliches Geschlecht, w: weibliches Geschlecht, LIMA: linke Arteria mammaria interna, FEV1: forciertes expiratorisches Volumen in 1 Sekunde, r: Reoperation, ACB: aortokoronare Bypassoperation, AKE: Aortenklappenersatz, MKE: Mitralklappenersatz, + Ja, - Nein, <sup>2</sup>Winf: Wundinfektion, Oberfl.: oberflächlich, DM<sup>3</sup>: insulinabhängiger Diabetes mellitus, epi: Staphylococcus epidermidis, hemo.: Staphylococcus haemolyticus, S.aureus: Staphylococcus aureus, C.albicans: Candida albicans, Lok.: Lokalisation der Wundinfektion*

Das geschätzte Risiko einer Wundinfektion nach Fowler liegt bei den Patienten in dieser Gruppe median bei 2,7 % mit einer Spannweite von 1,5–8,2 %.

#### 4.1.2 Klinische Parametern (Gruppe II)

Die Gruppe II besteht ebenfalls aus 50 konsekutiven Patienten. In dieser Gruppe waren 35/50 Patienten (70 %) weiblichen und 15/50 Patienten (30 %) männlichen Geschlechts. Das Alter der Patienten lag zum Zeitpunkt der ursprünglichen Operation im Mittel bei  $68,3 \pm 9,19$  Jahren (Mittelwert  $\pm$  SD). In dieser Gruppe hatten 22/50 Patienten (44 %) eine COPD und 18/50 Patienten (36 %) einen insulinabhängigen Diabetes mellitus. Bei 22 Patienten (44 %) wurde eine isolierte koronare Revaskularisation, bei 20 Patienten (40 %) eine isolierte Klappenoperation, bei 6 Patienten (12 %) ein Kombinationseingriff und bei 2 Patienten (4 %) eine sonstige Operation (suprakoronarer Aorta-ascendens-Ersatz) durchgeführt. Bei 26 Patienten (52 %) wurde die LIMA für die Revaskularisation verwendet. Der BMI betrug bei diesen Patienten  $37,8 \pm 5,72$  kg/m<sup>2</sup> (Mittelwert  $\pm$  SD).

Die Parameter für die einzelnen Patienten sind in Tab. 3 angezeigt.

Alter	Geschl.	Op.-Art	LIMA	BMI kg/m <sup>2</sup>	FEV1 (%)	DM <sup>3</sup>	Zeitpunkt (Tage)	Winf <sup>2</sup>	Lok.	Keime	Dehiszenz
54	w	ACB	+	62	62	-	-	-	-	-	+
63	m	AKE	-	44	75	-	-	-	-	-	-
81	w	ACB	+	33	80	+	-	-	-	-	-
57	w	MKR	-	33	79	-	-	-	-	-	-
70	w	rAKE	-	38	110	-	-	-	-	-	-
74	w	rMKE	-	35	71	-	-	-	-	-	-
79	w	ACB	+	32	86	+	-	-	-	-	-
84	w	rAKE	-	38	72	-	-	-	-	-	-
71	m	ACB	+	38	91	+	-	-	-	-	-
44	m	AKE/ACB	-	34	51	-	-	-	-	-	-
54	w	AKE	-	41	90	-	-	-	-	-	-
68	m	ACB	+	48	66	-	-	-	-	-	-
83	w	AKE, ACB	+	32	108	-	-	-	-	-	-
80	m	AKE	-	35	94	-	-	-	-	-	-
78	w	MKE	-	31	47	-	-	-	-	-	-
73	w	ACB	+	40	85	+	-	-	-	-	-
63	w	ACB	-	35	92	-	-	-	-	-	-
58	w	AKE	-	42	88	-	-	-	-	-	-
65	m	ACB	+	37	69	+	-	-	-	-	-
70	m	ACB	+	37	69	-	-	-	-	-	-
64	w	ACB	+	44	63	+	-	-	-	-	-
74	w	MKR,AKE	-	30	80	+	-	-	-	-	-
69	w	MKR,AKE	-	36	88	+	-	-	-	-	-
76	w	ACB	+	45	49	-	-	-	-	-	-
76	w	ACB	+	33	50	+	-	-	-	-	-
66	w	MKR,ACB	+	36	68	-	-	-	-	-	-
71	w	MKE	-	32	86	+	-	-	-	-	-
55	w	MKR	-	48	94	+	-	-	-	-	-
69	w	AKE	-	35	56	+	-	-	-	-	-
72	w	ACB	+	38	90	-	18	Oberfl	medial	-	-
73	w	ACB	+	33	81	-	-	-	-	-	-
66	w	AKE	-	39	65	-	-	-	-	-	-
66	w	AKE	-	41	95	-	-	-	-	-	-
80	w	AKE,ACB	+	31	78	-	-	-	-	-	-
76	m	ACB	+	39	70	-	-	-	-	-	-
76	w	AKE	-	39	86	+	-	-	-	-	-
60	w	ACB	+	40	88	+	-	-	-	-	-
75	m	AKE,ACB	+	35	71	-	-	-	-	-	-
65	m	ACB	+	45	91	+	20	Oberfl	medial	E.coli	-
48	m	ACB	+	37	77	-	-	-	-	-	-
67	m	ACB	+	34	86	-	-	-	-	-	-
59	m	ACB	+	44	78	+	-	-	-	-	-
54	w	ACB	+	37	94	-	-	-	-	-	-
77	w	ACB	+	36	84	-	-	-	-	-	-
73	w	AKE	-	33	114	-	-	-	-	-	-
62	m	AKE	-	35	85	+	-	-	-	-	-
71	m	AKE,ACB	+	35	82	+	-	-	-	-	-
68	w	Sonst.	-	40	52	-	-	-	-	-	-
78	w	AKE	-	32	86	-	-	-	-	-	-
60	w	Sonst.	-	45	90	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 3:** *Klinische Parametern und Verlauf der Wundbeobachtung für Gruppe II (Prevena™ Incision Management System)*

*M: männliches Geschlecht, w: weibliches Geschlecht, LIMA: linke Arteria mammaria interna, FEV1: forciertes expiratorisches Volumen in 1 Sekunde, r: Reoperation, ACB: aortokoronare Bypassoperation, AKE: Aortenklappenersatz, MKE: Mitralklappenersatz, MKR: Mitralklappenrekonstruktion, Sonst.: Sonstige – suprakoronarer Aortenersatz, + Ja, - Nein, <sup>2</sup>Winf: Wundinfektion, Oberfl.: oberflächlich, DM<sup>3</sup>: insulinabhängiger Diabetes mellitus, E.coli: Escherichia coli, Lok. –Lokalisation der Wundinfektion*

Das geschätzte Risiko für die Entwicklung einer Wundinfektion im postoperativen Verlauf nach Fowler liegt bei den Patienten in dieser Gruppe median bei 4,0 %, mit einer Spannweite von 1,9–8,2 %.

#### 4.1.3 Strukturgleichheit zwischen Gruppe I und II

Nach statistischer Auswertung findet man zwischen beiden Gruppen eine Strukturgleichheit für das Alter der Patienten ( $p = 0,341$ ), Geschlechtsverteilung ( $p = 0,668$ ) und Häufigkeit der LIMA-Verwendung ( $p = 0,155$ ). In Tab. 4 sind die einzelnen Kriterien für jede Gruppe angezeigt.

	Gruppe I (n = 50)	Gruppe II (n = 50)	p-value
Alter (Jahre) (Mittelwert $\pm$ SD)	66,7 $\pm$ 6,94	68,3 $\pm$ 9,19	0,341
Geschlecht			
Männlich n = (%)	17 (34 %)	15 (30 %)	=0,668
Weiblich n = (%)	33 (66 %)	35 (70 %)	
COPD n = (%)	6 (12 %)	22 (44 %)	<0,001
Diabetes mellitus n = (%)	8 (16 %)	18 (36 %)	0,023
BMI (kg/m <sup>2</sup> ) (Mittelwert $\pm$ SD)	35,26 $\pm$ 3,66	37,8 $\pm$ 5,72	0,009
LIMA n= (%)	33 (66 %)	26 (52 %)	0,155

**Tabelle 4:** Kriterienverteilung in den Gruppen und deren Vergleich

Bei den Patienten in der Gruppe II war der ermittelte BMI ( $p < 0,009$ ), Anzahl der Patienten mit COPD ( $p < 0,001$ ) und Diabetes mellitus ( $p = 0,023$ ) signifikant höher als in der Gruppe I.

#### 4.2 Inzidenz und Art der Wundheilungsstörungen

Die Wundbeobachtungen wurden bei allen Patienten am 90. postoperativen Tag komplett abgeschlossen. Nach Zusammenfassung kam es bei 13/100 Patienten (13 %) zu einer Wundheilungsstörung im Bereich der Sternotomiewunde (Tab. 5). Nach Klassifikation von El Oakley kam es bei 1 Patientin (1 %) zu einer aseptischen Wunddehiszenz bei primär verheiliter Hautwunde (partielle Sternumdehiszenz) und bei 12/100 Patienten (12 %) zu einer Wundinfektion. Die Wundinfektionen waren bei 3/100 Patienten von tiefer und bei 9/100 Patienten von oberflächlicher Lokalisation. Es ist bei keinem Patienten zur Entwicklung einer Mediastinitis gekommen.

##### 4.2.1 Inzidenz und Art der Wundheilungsstörungen in Gruppe I

In der Gruppe I kam es bei 10/50 Patienten (20 %) zur Entwicklung einer Wundinfektion. Die Wundinfektionen waren bei 3 Patienten von tiefer (6 %) und bei 7 Patienten (14 %) von oberflächlicher Lokalisation (Tab.5). Die tiefen Wundinfektionen waren bei allen Patienten mit einer partiellen Sternuminstabilität kombiniert. Es wurde bei keinem Patienten eine aseptische Sternumdehiszenz (Typ 1 nach El Oakley) oder Mediastinitis diagnostiziert.

Bei allen Patienten standen die Wundinfektionen in Zusammenhang mit einer Hautwunddehiszenz und Wundsekretion.



Art der Wundbehandlung	Wundinfektionen			Wunddehiszenz (Instabiles Sternum)
	Insgesamt	Oberflächlich	Tief	
Konventionelle Therapie (n = 50) (Gruppe I)	10	7	3	0
Prevena Verband (n = 50)	2	2	0	1
Insgesamt	12	9	3	1

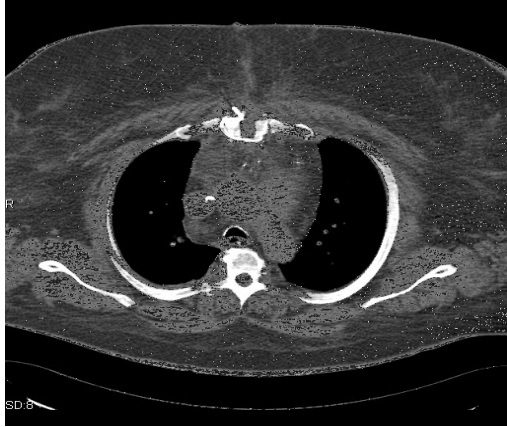
**Tabelle 5:** Häufigkeit und Art der postoperativen Wundinfektionen nach medianer Sternotomie

#### 4.2.2 Inzidenz und Art der Wundheilungsstörungen in Gruppe II

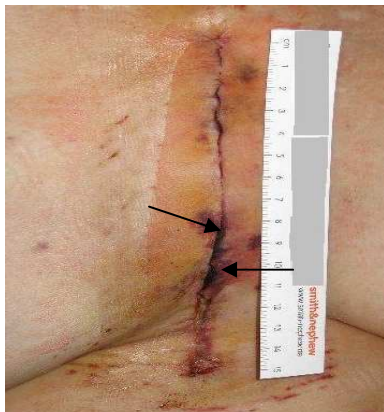
In der Gruppe II wurde bei 3/50 Patienten (6 %) eine Wundheilungsstörung im Bereich der Sternotomiewunde diagnostiziert (Tab.5). Eine Patientin mit einem BMI von 62 kg/m<sup>2</sup> entwickelte eine leichte Sternumdehiszenz im Bereich des Corpus sterni (Typ I nach El Oakley) bei primär verheilter Hautwunde, jedoch ohne jegliche Zeichen einer Wundinfektion (Abb. 8). Diese zeigte im Verlauf durch die Bildung einer festen Pseudoarthrose keine klinische Relevanz. Bei 2/50 Patienten (4 %) wurde eine oberflächliche Wundinfektion diagnostiziert. In dieser Gruppe kam es bei keinem Patienten zur Entwicklung einer tiefen Wundinfektion oder einer Mediastinitis.

Die Wundinfektion stellte sich bei einem Patienten mit völlig verheilter Hautwunde (Keim: Escherichia coli) unter dem klinischen Bild eines subkutanen Abszesses dar. Bei einer zweiten Patientin präsentierte sich die Wundheilungsstörung/Infektion in Form einer Hautrandnekrose, wahrscheinlich infolge einer unbemerkten Verbrennung durch Diathermie (Abb. 9).

Die univariante Analyse zeigt, dass in der Gruppe I die Häufigkeit der Wundinfektionen signifikant höher war ( $p = 0,014$ ) als in der Gruppe II (10/50 Patienten vs. 2/50 Patienten) (Tabelle 6).



**Abbildung 8:** CT-Befund einer Patientin (BMI 62 kg/m<sup>2</sup>) mit Sternumdehiszenz. Radiologisch und klinisch bestanden keine Infektzeichen



**Abbildung 9:** Wundheilungsstörung bei einer Patientin nach Entfernung eines Unterdruckverbandes. Im medial-distalen Bereich besteht eine Hautrandnekrose (schwarzer Pfeil)

#### 4.3 Einfluss der einzelnen Parametern auf die Entwicklung einer Wundinfektion

Es besteht kein signifikanter Altersunterschied ( $p = 0,362$ ) zwischen den Patienten mit und ohne Wundinfektion ( $65,5 \pm 8,3$  vs.  $67,8 \pm 8,2$ ). Die Wundinfektionsrate bei weiblichen Patienten lag bei 11,8 % (8/68) und bei männlichen Patienten bei 12,5 % (4/32), sie zeigte ebenfalls keinen signifikanten Unterschied ( $p = 0,916$ ). Eine vorbestehende COPD ( $p = 0,106$ ), und ein vorbestehender Diabetes mellitus ( $p = 0,726$ ) sowie Verwendung der LIMA ( $p = 0,565$ ) zeigten auch keine statistische Relevanz in unserem Patientengut für die Entwicklung einer Wundinfektion.

Der gemessene mittlere BMI bei den Patienten mit Wundinfektionen ist mit  $38,08 \pm 3,6$  kg/m<sup>2</sup> höher als bei den Patienten ohne Wundinfektion ( $36,35 \pm 5,1$  kg/m<sup>2</sup>).

Aber hier findet man auch nach statistischer Auswertung keine Signifikanz ( $p = 0,26$ ) (Tab. 6).

Bei unserem Patienten ist die Art der Wundbehandlung der einzige signifikante Risikofaktor ( $p = 0,014$ ) für die Entwicklung einer Wundinfektion. Die multivariante Analyse der logistischen Regression zeigte bei der konventionellen Wundbehandlung gegenüber der Unterdrucktherapie ein 6-fach erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Wundinfektion (Tab. 7).

	Wundinfektion (n = 12)	Keine Wundinfektion (n = 88)	p-value
Alter (Jahre) (Mittelwert $\pm$ SD)	65,5 $\pm$ 8,3	67,8 $\pm$ 8,2	0,362
Männlich n (%)	4 (33,3 %)	28 (31,8 %)	0,916
Weiblich n (%)	8 (66,7 %)	60 (68,2 %)	
LIMA n (%)	8 (66,7 %)	51 (58,0 %)	0,565
BMI (Mittelwert $\pm$ SD)	38,08 $\pm$ 3,6	36,35 $\pm$ 5,1	0,26
COPD n (%)	1 (8,3 %)	27 (30,7 %)	0,106
IDDM n (%)	2 (16,7 %)	24 (27,3 %)	0,726
Konventionelle Therapie n	10	40	0,014
Prevena <sup>TM</sup> -Verband n	2	48	

**Tabelle 6:** Einfluss der einzelnen Parameter auf die Entwicklung einer Wundinfektion (univariante Analyse)

	Wundinfektion	Keine Wundinfektion	p-value	O.R. (95 % C.I.)
Konventionelle Therapie (n =)	10	40	0,026	6,0 (1,2–29,0)
Prevena-Verband (n=)	2	48		

**Tabelle 7:** Multivariate Analyse der Risikofaktoren für die Entwicklung einer Wundinfektion

#### 4.3.1 Einfluss der Parametern auf die Entwicklung einer Wundinfektion in den einzelnen Gruppen

Bei den Patienten mit Verwendung der LIMA zeigte sich, dass es in der Gruppe mit konventioneller Wundbehandlung häufiger (7/33 Patienten) zu einer Wundinfektion kam als bei den Patienten mit Wundbehandlung mittels eines Unterdruckverbandes (1/26 Patienten) (21,2 % vs. 3,8 %).

Bei den Patienten mit Diabetes mellitus und COPD war die Inzidenz der Wundinfektionen in der Gruppe I höher als in der Gruppe II (mit DM 12,5 % (1/8 Patienten) vs. 5,5 % (1/18 Patienten) und mit COPD 16,6% (1/6 Patienten) vs. 0 % (0/22 Patienten)). Bei männlichen Patienten in der Gruppe I liegt die Inzidenz der Wundinfektionen bei 20 % und in der Gruppe II bei 6,6 %. Die Wundinfektionen bei weiblichen Patienten waren in Gruppe I (7/33) häufiger als in Gruppe II (1/35) (21,1 % vs. 2,8 %) (Tab. 8).

In der Gruppe I war der BMI bei den Patienten mit Wundinfektionen mit  $37,4 \pm 3 \text{ kg/m}^2$  niedriger als bei den Patienten mit Wundinfektion in der Gruppe II ( $41,5 \pm 3,5 \text{ kg/m}^2$ ).

	Gruppe I (n = 50)		Gruppe II (n = 50)	
	Wundinfektion (n = 10)	Keine Wundinfektion (n = 40)	Wundinfektion (n = 2)	Keine Wundinfektion (n = 48)
LIMA (n = 59)	7	26	1	25
DM (n = 26)	1	7	1	17
COPD (n = 28)	1	5	0	22
Männlich (n = 32)	3	14	1	14
Weiblich (n = 68)	7	26	1	34
Alter	64,9±8,5	67,2±6,32	68,5±9,26	68,3±9,26
BMI	37,4±3,0	34,75±3,58	41,5±3,5	37,69±5,71

**Tabelle 8:** Einfluss der einzelnen Parametern auf die Entwicklung einer Wundinfektion bei den Patienten in Gruppe I und Gruppe II

Bei den Patienten mit Wundinfektion lag das Alter nach konventioneller Wundbehandlung bei 64,9±8,5 Jahren und nach Wundbehandlung mit einem Unterdruckverband bei 68,5±9,26 Jahren.

#### 4.4 Zeitpunkt des Auftretens einer Wundinfektion

Die Wundinfektion wurde bei der Mehrheit der Patienten am 15. postoperativen Tag diagnostiziert (Spannweite 9–45 Tage). Bei den Patienten mit Unterdruckverband wurden die Infektionen erst am 18. bis 20. postoperativen Tag diagnostiziert, während

bei konventioneller Wundbehandlung die mediane Zeit bis zum Auftreten der Wundinfektionen 15,5 Tage betrug (Spannweite 9–45 Tage).

Die Diagnosestellung einer Wundinfektion erfolgte bei der Mehrheit, der durch Hautkeime verursachten Wundinfektionen (zirka 75% 6/8 Patienten) zwischen dem 9. und 17. postoperativen Tag. Im Gegensatz dazu wurden die durch „Nicht- Hautkeime“ (E.coli und E.faecalis) verursachten Wundinfektionen zwischen dem 15. und 20. postoperativen Tag festgestellt.

#### 4.5 Keimspektrum bei Wundinfektionen

Bei 2/100 Patienten (2 %) konnten in der mikrobiologischen Untersuchung keine Keime nachgewiesen werden.

	Insgesamt	Gruppe I	Gruppe II
Negativer m-Befund	2	1	1
Gramnegative Keime			
Escherichia coli	1	0	1
Grampositive Keime			
Koagulase-negative Staphylokokken	7	7	-
Staphylococcus epidermidis*	6	6	-
Staphylococcus haemolyticus	1	1	-
Koagulase-positive Staphylokokken	1	1	-
Staph. aureus + Staph. epidermidis	1	1	-
Andere grampositive Keime			
Enterococcus faecalis	1	1	-

**Tabelle 9:** Ergebnisse der mikrobiologischen Untersuchung der Wundabstriche. m-Befund: mikrobiologische Untersuchung der Wundabstriche, \* in Kombination mit Staphylococcus haemolyticus bei einer Patienten und mit Candida albicans bei einem zweiten Patienten

(S. epid.: Staphylococcus epidermidis, S. hemo.: Staphylococcus haemolyticus, S. aureus: Staphylococcus aureus, C.albicans: Candida albicans)

Bei 1/100 Patienten (1 %) wurden im Wundabstrich gramnegative Keime (*Escherichia coli*) und bei 9/100 Patienten (9 %) grampositive Keime isoliert (Tab. 9). Davon wurden bei 1 Patientin im Wundabstrich *Staphylococcus epidermidis* in Kombination mit *Candida albicans* und bei anderen *Staphylococcus epidermidis* in Kombination mit *Staphylococcus aureus* isoliert.

Bei 1 Patienten wurde im Wundabstrich *Enterococcus faecalis* isoliert.

#### 4.5.1 Keimspektrum (Gruppe I)

Die Mehrheit der Wundinfektionen nach konventioneller Wundbehandlung wurde durch Hautkeime verursacht. Bei 8 von 10 Patienten mit Wundinfektionen wurden im Wundabstrich Hautkeime isoliert (bei 4 Patienten *Staphylococcus epidermidis*, bei 1 Patienten *Staphylococcus haemolyticus* und bei weiteren 3 Patienten jeweils *Staphylococcus haemolyticus* und *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus epidermidis* und *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis* in Kombination mit *Candida albicans*).

Bei 1 Patientin wurden im Wundabstrich andere grampositive Bakterien (*Enterococcus faecalis*) nachgewiesen und bei 1 Patientin konnten keine Keime isoliert werden.

#### 4.5.2 Keimspektrum (Gruppe II)

In der Gruppe II wurde bei 1 Patienten mit prästernalem Wundabszess im Wundabstrich gramnegative Bakterien (*Escherichia coli*) isoliert, bei einem zweiten Patienten konnten keine Keime nachgewiesen werden. In dieser Gruppe trat bei keinem Patienten eine Wundinfektion durch Hautkeime auf.

#### 4.6 Lokalisationen der Wundinfektionen

Die Wundinfektionen waren bei 7 Patienten im kaudalen, bei 4 Patienten im medialen und bei 1 Patienten im kranialen Bereich der Sternotomiewunde lokalisiert. Bei 8 von 8

Frauen waren die medialen und kaudalen Bereiche der Wunde betroffen. In der Gruppe mit konventioneller Wundbehandlung waren die Wundinfektionen bei der Mehrheit der Patienten (9/10 Patienten) in den medialen und kaudalen Bereichen lokalisiert. In der Gruppe II waren die Wundinfektionen bei den beiden oben erwähnten Patienten im medialen Bereich der Wunde lokalisiert.

#### 4.7 Behandlung der Wundinfektionen

Alle Patienten mit Wundinfektion wurden einer antibiotischen Therapie und einer chirurgischen Wundrevision unterzogen. Die chirurgische Therapie beinhaltete Wundtoilette, Débridement und Spülung. Die oberflächlichen Wundinfektionen wurden mit einem V.A.C.-System behandelt. Nach Abklingen der Infektion erfolgte nach ca. 1-wöchiger Behandlung ein sekundärer Wundverschluss. Bei tiefen Wundinfektionen wurde bei allen Patienten eine chirurgische Wundtoilette mit einer V.A.C.-Therapie kombiniert. Die Wunden konnten nach ca. 2-wöchigen Behandlungen sekundär verschlossen werden.

Es kam bei keinem Patienten während der Beobachtungszeit zu einem Rezidiv der Wundinfektion.



## 5 Diskussion

Zahlreiche Studien haben sich bereits mit dem Thema Wundheilungsstörungen nach medianer Sternotomie befasst. Sie ermittelten eine Vielzahl von Risikofaktoren für die Entwicklung einer Wundheilungsstörung/Wundinfektion. Die Inzidenz der WHS nach medianer Sternotomie wird üblicherweise für eine allgemeine Patientengruppe und einen bestimmten Zeitraum berechnet und anschließend werden die Risikofaktoren identifiziert. Die meisten Studien tragen einen retrospektiven Charakter.

Die am häufigsten identifizierten Risikofaktoren sind Adipositas, Diabetes mellitus, ein erhöhtes Lebensalter, die Verwendung der IMA, COPD, Geschlechtszugehörigkeit.

Adipositas ist in der Literatur der am häufigsten identifizierte Risikofaktor nach medianer Sternotomie für die Entwicklung von Wundinfektionen. Die Wundinfektionen bei diesen Patienten werden häufig durch Hautkeime verursacht und treten hauptsächlich in Folge einer durch mechanische Belastung entstandenen Unterbrechung der Kontinuität der Hautwunde auf.

In der aktuellen Studie untersuchten wir Art und Häufigkeit der WHS bei einer Risiko-Patientengruppe mit Adipositas. Das primäre Ziel dieser Studie war, Kenntnisse über die Wundheilung nach medianer Sternotomie bei diesen Patienten zu gewinnen und zwar durch Reduktion der Spannung auf die Hautwunde unter Anwendung eines Unterdruckverbandes. Dafür stellten wir die Wundheilungsergebnisse nach konventioneller Therapie und nach Wundbehandlung mit einem Unterdruckverband einander gegenüber.

Unsere aktuelle Studie zeigt, dass die postoperative Wundversorgung mittels eines Unterdruckverbandes eine signifikante Reduktion der Wundinfektionen im Vergleich zur bisherigen konventionellen Therapie ermöglicht. Diese Behandlungsmethode führt im Vergleich zur konventionellen Wundtherapie zu einer 6-fachen Reduktion der Häufigkeit von Wundinfektionen.

Zwischen beiden Gruppen besteht eine Strukturgleichheit für Alter der Patienten ( $p = 0,341$ ), Geschlechtsverteilung ( $p = 0,668$ ) und Verwendung der LIMA ( $p = 0,155$ ). Zudem ist zu erwähnen, dass bei den Patienten mit Unterdruckverband (Gruppe II) der gemessene BMI ( $p = 0,009$ ), die Anzahl der Patienten mit COPD ( $p < 0,001$ ) und Diabetes mellitus ( $p = 0,023$ ) (DM) signifikant höher waren als in der Gruppe I. Für

unser Patientengut zeigen BMI, DM und COPD keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Wundinfektion. Trotzdem zeigen viele andere Studien, dass alle drei Faktoren das Risiko einer Wundinfektion erhöhen. Trotz dieses signifikanten Unterschieds war die Wundinfektionsrate bei den „Hochrisiko-Patienten“ mit Unterdrucktherapie (Gruppe II) signifikant niedriger als nach konventioneller Wundbehandlung (Gruppe I) ( $p = 0,014$ ).

Eine Unterdruckwundbehandlung nach medianer Sternotomie wurde erstmalig im Jahr 2009 von Atkins et al. beschrieben [60]. Sie berichten über eine zu 100 % infektionsfreie Wundheilung bei 57 Risikopatienten. Allerdings in diese Studie war die Hauptkriterium für unterdruck Wundbehandlung die Risikoschätzung nach dem von Fowler et al. [59] beschriebenen erwarteten Wundinfektionsscore. Zudem wurde in dieser Studie keine Auswertung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe durchgeführt. Dagegen ist unsere Studie auf eine Gruppe von Patienten bezogen, bei denen im postoperativen Verlauf durch das Übergewicht eine enorme Spannung auf die Wunde entsteht. Wir haben den Verband gezielt zur Spannungsreduktion eingesetzt und die Wundheilungsergebnisse einer repräsentativen Kontrollgruppe gegenübergestellt.

## 5.1 Inzidenz der Wundheilungsstörungen

Nach Literaturangaben treten die Wundinfektionen nach herzchirurgischen Eingriffen durch mediane Sternotomie bei 2,6–10 % der Patienten auf. Diese Daten beziehen sich im Gegensatz zu unserem Patientengut auf eine allgemeine Patientengruppe. Viele bisherige Studien haben die Adipositas als bedeutsamen Risikofaktor für die Entwicklung einer Wundinfektion nach medianer Sternotomie identifiziert.

Yap et al. zeigen, dass die Adipositas das Risiko für die Entwicklung einer tiefen Wundinfektion nach medianer Sternotomie auf das 2,4-Fache erhöht; in Kombination mit Diabetes mellitus steigt das Risiko sogar bis auf das 7,2-Fache an [61].

In einer Studie von Loop et al. [10] zeigen die Autoren, dass die Adipositas das Risiko von Wundkomplikationen auf das 2,9-Fache erhöht.

Adipositas ist ein Risikofaktor sowohl für die tiefen als auch für die oberflächlichen Wundinfektionen. Descigil et al. zeigen, dass Adipositas das Risiko für die Entwicklung

oberflächlicher Wundinfektionen bis auf das 4,5-Fache erhöht [62]. Unsere Untersuchung bestätigt diese Theorie. Bei unseren Patienten treten oberflächliche Wundinfektionen nach konventioneller Wundbehandlung mit 14 % häufiger auf als tiefe Wundinfektionen (6 %).

Noyez et al. [5] haben bei 3.834 Patienten nach medianer Sternotomie eine Inzidenz der Wundkomplikationen von 2,6 % beschrieben; diese beinhaltet tiefe Wundinfektionen und operationsbedürftige aseptische Sternumdehiszenzen. In dieser Studie wurden die Patienten mit oberflächlichen Wundinfektionen nicht berücksichtigt. In unserem Hochrisikopatientengut liegt die Inzidenz der Wundkomplikationen nach diesen Kriterien bei 6 %.

Ridderstolpe et al. [6] beschreiben in einer Untersuchung von 3.008 Patienten eine Inzidenz der Wundinfektionen von 9,7 % mit einer Mediastinitisrate von 1,7 %.

Unsere Untersuchung bezieht sich in Vergleich zu diesen Studien auf eine Patientengruppe mit Adipositas, die bereits ein 2,4- bis 4,5-fach erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer Wundinfektion hatten. Bei unserem Patientengut wurde eine vergleichbare Inzidenz der Wundinfektion von 12 % registriert.

Molina et al. [33] berichten bei 1.253 Patienten mit Adipositas über eine Mediastinitisrate von 6,2 % (78/1253). Hier ist zu erwähnen, dass es in unserem Patientengut bei keinen Patienten zur Entwicklung einer Mediastinitis gekommen ist.

Zudem ist zu erwähnen, dass sich viele Studien auf eine retrospektive Untersuchung beziehen.

Das geschätzte Risiko einer Wundinfektion nach Fowler et al. lag in der Gruppe mit Unterdruckwundbehandlung (Gruppe II) bei 4,0 % und bei den Patienten nach konventioneller Wundbehandlung (Gruppe I) bei 2,7 %. Trotzdem kam es bei den Patienten in der Gruppe II zu einer signifikant niedrigeren Wundinfektionsrate als in der Gruppe I (mit 4 % gegenüber 20 %).

#### 5.1.1 Inzidenz der Wundheilungsstörungen nach konventioneller Wundbehandlung (Gruppe I)

Bei unseren Patienten wurde nach konventioneller Wundbehandlung mit 20 % (10/50 Patienten) eine hohe Inzidenz von Wundinfektionen registriert. Allerdings waren die oberflächlichen Wundinfektionen mit 14 % (7/50 Patienten) die häufigste Form. Für

diese erhöhte Inzidenz möchte ich noch mal auf die Studie von Discigil et al. verweisen, die zu dem Ergebnis kam, dass bei adipösen Patienten ein 4,5-fach erhöhtes Risiko für die Entwicklung einer oberflächlichen Wundinfektion besteht.

Eine tiefe Wundinfektion wurde in dieser Gruppe bei 6 % (3/50) der Patienten entwickelt. Bei diesen drei Patienten war die Wundinfektion mit einer partiellen Instabilität des Sternums kombiniert.

Ridderstolpe et al. [6] berichten in einer Studie bei einem allgemeinen Patientengut (n = 3.008 Patienten) über eine Inzidenz der tiefen Wundinfektionen von 3,3 % (97/3.008 Patienten).

Damit liegen unsere Ergebnisse bezüglich der postoperativen Wundinfektionen nach medianer Sternotomie bei einer Hochrisikogruppe mit Adipositas im Rahmen der internationalen Daten.

#### 5.1.2 Inzidenz der Wundheilungsstörungen nach Wundbehandlung mit einem Unterdruckverband (Gruppe II)

Bei den Patienten nach Wundbehandlung mittels eines Unterdruckverbandes wurde im Vergleich zu Gruppe I (konventionelle Wundbehandlung) eine signifikant niedrige Inzidenz der Wundinfektionen von 4 % (2/50 Patienten) registriert. Die Infektionen in dieser Gruppe waren nur von oberflächlicher Lokalisation. Es ist bei keinem Patienten zur Entwicklung einer tiefen Wundinfektion gekommen. Bei 1 Patientin kam es zur Entwicklung einer oberflächlichen Wunddehiszenz im mittleren Wundbereich bei negativem mikrobiologischen Befund. Die Wunde konnte nach Débridement und dreitägiger V.A.C.-Behandlung sekundär verschlossen werden. Ein zweiter Patient entwickelte einen prästernalen Wundabszess bei komplett verheilter Hautwunde. Diese Wunde konnte auch nach Abszessspaltung und 4-wöchiger V.A.C.-Behandlung sekundär verschlossen werden.

## 5.2 Keimspektrum

Die Wundinfektionen nach medianer Sternotomie werden bei 37,8-46% [16, 25, 52] der Patienten durch Hautkeime verursacht [63, 64]. Gardlund et al. [16] zeigen, dass bei

adipösen Patienten mit einer Wundinfektion nach medianer Sternotomie die Koagulase-negativen Staphylokokken (KNS) die häufigsten isolierten Keime sind. Unsere Untersuchung unterstützt diese Theorie.

Wir stellten fest, dass bei unseren Patienten die Wundinfektionen nach konventioneller Wundbehandlung häufig durch Hautkeime verursacht wurden (70 %, 7/10 Patienten).

Zudem ist zu erwähnen, dass es in der Gruppe II bei keinem Patienten zu einer Wundinfektion durch Hautkeime gekommen ist. In dieser Gruppe wurde bei 1 Patienten die Wundinfektion durch einen gramnegativen Keim (*Escherichia coli*) verursacht. Dies spricht nach der Theorie von Gardlund et al. für eine endogene Verbreitung der Infektion im postoperativen Verlauf (Gardlund C-Mechanismus). Bei der zweiten Patientin kam es zu einer Hautwunddehiszenz im mittleren Bereich der Wunde, wobei im Wundabstrich keine Keime isoliert werden konnten. Jedoch nicht jede Wundinfektion kann durch einen Unterdruckwundverband verhindert werden.

Eine in Folge der intraoperativen Kontamination oder eine im postoperativen Verlauf durch endogene Bakterienverbreitung entstandene Wundinfektion (Gardlund B- und C-Mechanismen) kann durch den Unterdruckverband nicht verhindert werden. Eine intraoperative Beachtung der Hygieneregeln und die gezielte antibiotische Therapie der postoperativen Infektionen haben genauso eine wichtige Bedeutung für die Vorbeugung der Wundinfektionen.

Unsere Studie zeigt, dass es bei keinem Patienten mit Unterdruckwundbehandlung zu einer Wundinfektion durch Hautkeime gekommen ist. Das ist damit zu erklären, dass ein Unterdruckwundverband die Spannung auf die Wunde reduziert und eine primäre Hautwundheilung ermöglicht. Durch anhaltende Kontinuität der Hautwunde werden das Eindringen der Hautflora in die tiefen Wundschichten und nachfolgende Wundinfektionen verhindert (Gardlund A-Mechanismus).

### 5.3 Einfluss der einzelnen Parametern auf die Wundheilung

#### 5.3.1 Adipositas

Bei adipösen Patienten besteht durch den Zug der Weichteile eine enorme mechanische Belastung auf die Wunde. Dies begünstigt die Entwicklung einer

Hautwunddehiszenz und führt zu einem gehäuften Auftreten von Wundinfektionen durch das Eindringen der bakteriellen Hautflora in die tiefen Gewebeschichten [15, 16]. Diese Theorie steht im Hintergrund unserer Studie. Grando et al. zeigen in einer Studie, dass eine gewichtadaptierte Antibiotikagabe bei den übergewichtigen herzchirurgischen Patienten zu einer Reduktion der Wundinfektionen führt [34]. In unserem Patientengut erfolgte eine gewichtadaptierte peri-, intra- und postoperative antibiotische Prophylaxe mittels intravenöser Gabe von Cefazolin.

Wir haben in einer früheren Studie gezeigt, dass bei adipösen Patienten ein Hautverschluss mittels 2-Octyl-Cyanoacrylat-Hautkleber (Dermabond®) in Kombination mit einer Donati-Naht im Vergleich zur konventionellen Hautnaht-Technik zu einer signifikanten Reduktion der Wundinfektionen führt [27]. Es bildet sich hier eine mikrobielle Barriere für die exogenen Keime. Trotzdem kam es bei 2/45 Patienten (4,4 %) zu einer Wundinfektion durch Hautkeime. In der aktuellen Studie liegt die Wundinfektionsrate auch bei 4 % (2/50 Patienten), wobei im Gegensatz zur Dermabond® - Studie – die Wundinfektionen bei keinem Patienten durch Hautkeime entstanden ist. Dies zeigt, dass ein Unterdruckverband im Vergleich zur Dermabond®-Technik eine sichere Barrierebildung gegenüber den Hautkeimen ermöglicht und einen besseren Schutz gegen Gardlund A-Infektionen bietet.

Der Unterdruckverband ermöglicht durch Spannungsreduktion eine primäre Hautwundheilung und verringert das Risiko für die Bildung von Dehiszenzen in der Hautwunde. Dadurch bildet sich eine Bakterienbarriere gegen exogene Hautkeime.

Für unsere Patienten mit Adipositas zeigen die bisher aus der Literatur bekannten Risikofaktoren wie Alter der Patienten ( $p = 0,362$ ), Geschlecht ( $p = 0,916$ ), Verwendung der LIMA ( $p = 0,565$ ), BMI ( $p = 0,26$ ), COPD ( $p = 0,106$ ) und Diabetes mellitus ( $p = 0,726$ ) keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Wundinfektion. Der einzige signifikante Risikofaktor für die Entwicklung einer Wundinfektion ( $p = 0,014$ ) war die Art der Wundversorgung (Unterdruckverband vs. konventionelle Wundbehandlung). Die multivariante Analyse weist eine 6-fache Risikoerhöhung für eine Wundinfektion bei konventioneller Therapie im Vergleich zur Behandlung mit einem Unterdruckverband auf.

In der Gruppe II kam es bei 1 Patientin (BMI 62 kg/m<sup>2</sup>) bei ausgeheilter Hautwunde zu einer partiellen Sternumdehiszenz ohne jegliche Zeichen einer Wundinfektion. Eine enorme mechanische Belastung auf die Wunde, die zu einer Sternumdehiszenz führt,

ist auch eine Voraussetzung für die Entwicklung einer Hautwunddehiszenz und nachfolgender sekundärer Wundinfektion durch Hautkeime. Dieser Fall zeigt auch, dass eine mit Unterdruckverband kontinuierlich verheilte Hautwunde das Eindringen der Hautflora in die tiefen Wundschichten und damit auch die Entwicklung einer sekundären Wundinfektion verhindert.

### 5.3.2 Diabetes mellitus

Eine über Jahre bestehender Diabetes mellitus (DM) führt zu zahlreichen mikro- und makroangiopathischen Schäden. Diese führen zu einer Minderdurchblutung des Gewebes. Dadurch werden die Wundheilung und die Abwehrleistungen des Körpers beeinträchtigt [35]. Auch kürzere Phasen der Hyperglykämie, die oft nach Operationen auftreten, führen zu einer gestörten Abwehrfunktion mit einer Störung der Wundheilung [26]. Im intra- und früh postoperativen Verlauf erfolgte bei unseren Patienten die Blutzucker(BZ)-Einstellung mittels intravenöser Gabe von Insulin (Actrapid®). Es wurde bei keinem unserer Patienten eine Entgleisung der BZ-Werte registriert. In unserer Studie war der Anteil der an Diabetes erkrankten Patienten in der Gruppe II signifikant höher ( $p = 0,023$ ) als in der Gruppe I. Im Gegensatz zu vielen Autoren hatte das Vorliegen eines DM bei unseren Patienten keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Wundinfektion ( $p = 0,726$ ).

Ein Unterdruckverband verbessert auch die regionale Durchblutung/Mikrozirkulation [65]. Dies ist eine gute Voraussetzung für die Wundheilung. Hier ist zu erwähnen, dass bei den Patienten mit DM die Inzidenz der Wundinfektionen nach Unterdruckwundbehandlung (Gruppe II) deutlich niedriger war als nach konventioneller Wundbehandlung (1/18 Patienten (5,5 %) vs. 1/8 Patienten (12,5 %)). Ob ein Unterdruckverband das Auftreten von Wundinfektionen bei Patienten mit DM reduziert, kann mit dieser Studie nicht beantwortet werden. Dies ist auf jeden Fall eine Frage, die in der Zukunft untersucht werden sollte.

### 5.3.3 Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung

Bei Patienten mit COPD ist die mechanische Belastung der Wunde durch vermehrtes Husten im postoperativen Verlauf deutlich höher als bei den Patienten mit normaler Lungenfunktion. In der Folge kann es zur Bildung einer Wunddehiszenz kommen, die wiederum für die Entwicklung einer Wundinfektion prädisponiert [36]. Gardlund et al. haben festgestellt, dass die Wundinfektionen auch bei diesen Patienten häufig durch Hautkeime verursacht werden [16]. Bei 28 % (28/100) unserer Patienten lag eine COPD vor. Alle Patienten hatten bereits eine Medikation, die postoperativ konsequent weitergeführt wurde. In dieser Patientengruppe kam es nur bei 1/28 Patienten (3,6 %) zu einer Wundinfektion. Die COPD wird in den meisten bisherigen Studien als Risikofaktor für die Entwicklung einer Wundinfektion nach medianer Sternotomie identifiziert [12]. In der Gruppe II mit Unterdruckverband war die Patientenzahl mit COPD signifikant höher ( $p < 0,001$ ) als in der Gruppe I mit konventioneller Wundbehandlung (44 % vs. 12 %).

In unserer Studie zeigte die COPD keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Wundinfektion ( $p = 0,106$ ). Dies ist wahrscheinlich mit der Anwendung des Unterdruckverbandes zu erklären. Wir haben 78,6 % der Patienten mit COPD (22/28 Patienten) mit einem Unterdruckverband behandelt. Hier kam es bei keinem Patienten zu einer Wundinfektion (0/22 Patienten). Dagegen trat in der Gruppe I bei 1/6 Patienten mit COPD (16,7 %) eine Wundinfektion auf. Aufgrund der niedrigen Zahlen bleiben wir hier bei der statistischen Auswertung zurückhaltend. Ob der Unterdruckverband die durch Gardlund A-Mechanismus auftretenden Wundinfektionen bei Patienten mit COPD reduziert, ist aufgrund der kleinen Patientenzahl in der aktuellen Studie nicht zu klären. Dies ist eine offen bleibende Frage, die wir in Zukunft untersuchen werden.

### 5.3.4 Alter der Patienten

Mit zunehmendem Alter nimmt die Immunität ab und der Stoffwechsel verlangsamt sich [66, 67]. Je älter die Patienten sind, umso mehr Erkrankungen weisen sie zudem meist auf. Bei den Patienten steigt das Risiko einer postoperativen Wundinfektion ab dem 65. Lebensjahr an [42]. Das Alter unserer Patienten lag bei  $67,5 \pm 8,14$  Jahren (Mittelwert



± SD). Zwischen den Gruppen bestand kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,341$ ) (Gruppe I:  $66,7 \pm 6,94$  und Gruppe II:  $69,5 \pm 9,19$  Jahre). Durch die gleichmäßige Verteilung zeigte das Alter der Patienten in dieser Studie keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Wundinfektion ( $p = 0,362$ ).

### 5.3.5 Verwendung der Arteria mammaria interna (IMA) als Bypassgraft

Nach Bypassoperation weisen die IMA-Grafts im Vergleich zu Venengrafts bessere Langzeitergebnisse auf.

Die Arteria mammaria interna ist das wichtigste blutversorgende Gefäß des Sternums [37]. Die Verwendung der A. mammaria interna als Bypassgraft führt zu einem deutlich reduzierten Blutfluss in diesem Bereich. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass die Mobilisation der A. mammaria interna aus der Thoraxwand das Risiko einer Wundinfektion erhöht [5, 25]. Eine beidseitige Mobilisation der A. mammaria interna wird in der Literatur oft als unabhängiger Risikofaktor für eine Wundinfektion identifiziert [4, 21, 39]. Bei keinem unserer Patienten wurde eine beidseitige IMA verwendet. Es gibt auch zahlreiche Diskussionen darüber, dass die Technik der Präparation der IMA (skelettiert versus am Pedikel) eine wesentliche Rolle für die Entwicklung der Wundinfektionen spielt [40, 41]. In unserer Klinik wird die IMA grundsätzlich mit Pedikel präpariert. Daher steht für unser Patientengut diese Frage nicht zur Diskussion.

Unsere Studie zeigte, dass die Verwendung der LIMA bei unserem Patientengut keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Wundinfektion hat ( $p = 0,726$ ). Die LIMA wurde in beiden Gruppen gleichmäßig verwendet ( $p = 0,155$ ) (Gruppe I: 66 % (33/50), Gruppe II: 52 % (26/50) Patienten).

Petzina et al. berichten, dass sich bereits während der V.A.C.-Therapie die Durchblutung des peristernalen Gewebes durch negativen Druck nach IMA-Präparation verbessert [65]. Ausgehend von dieser Theorie ist zu erwähnen, dass der Prevena™-Verband auch durch den negativen Druck eine Verbesserung der regionalen Durchblutung ermöglicht. Dies bietet nach IMA-Präparation eine optimale Bedingung für die Wundheilung. Hier ist zu erwähnen, dass es bei den Patienten mit Unterdruckverband nur bei 1 von 26 Patienten (3,8 %) nach IMA-Präparation zu einer Wundinfektion kam. Dagegen trat die Wundinfektion in der Gruppe I bei 21,2 % (7 von

33 Patienten) nach IMA-Präparation auf. Der Einfluss des Unterdruckverbandes auf die Wundheilung nach LIMA-Präparation soll auch in Zukunft genau untersucht werden.

### 5.3.6 Geschlecht

Manche Studien zeigen, dass es bei Männern häufiger zu einer Wundinfektion nach medianer Sternotomie kommt als bei Frauen [21, 31]. Dagegen wird in vielen anderen Studien das Geschlecht nicht als Risikofaktor identifiziert [4-6, 25]. Unsere Studie zeigt auch, dass das Geschlecht kein Risikofaktor für Wundinfektionen ist ( $p = 0,916$ ). Trotzdem treten bei unseren Patienten die Wundinfektionen bei den weiblichen Patienten mit konventioneller Wundbehandlung häufiger auf (21,1 %) als mit Unterdrucktherapie (2,9 %). Bei adipösen Frauen entsteht durch die ausgeprägten Brustgrößen eine zusätzliche mechanische Belastung auf die Wunde. Copeland et al. berichten, dass bei Frauen mit Makromastie im Vergleich zu Frauen mit normalen Brustgrößen ein über 38,5-fach erhöhtes Risiko für eine Wundinfektion nach medianer Sternotomie besteht [43]. Als alternative Therapie wurde von Autoren eine Mammareduktionsplastik vorgeschlagen [68].

Es wurde keine genaue Unterteilung der Brustgrößen bei unseren weiblichen Patienten durchgeführt.

Unsere Untersuchung zeigt, dass Wundinfektionen bei adipösen weiblichen Patienten mit Unterdruckwundverband seltener sind (2,9 %) als nach konventioneller Wundbehandlung (21,1 %).

### 5.4 Lokalisation der Wundinfektionen

Die Lokalisation der Wundinfektionen lag bei der Mehrheit der Patienten im kaudalen ( $n = 7$ ) und im medialen Bereich ( $n = 4$ ). Bei 1 Patienten trat die Wundinfektion im kranialen Bereich der Sternotomiewunde auf. Bei 8 von 8 Frauen waren die medialen und kaudalen Bereiche der Wunde betroffen. In der Gruppe mit konventioneller Wundbehandlung waren die Wundinfektionen auch bei der Mehrheit der Patienten (9/10 Patienten) in den medialen und kaudalen Bereichen lokalisiert.

Dies zeigt, dass sich bei diesen Patienten der Problembereich am medialen und distalen Wundpol befindet, wo die höchste Spannung durch Übergewicht, Atemexkursion und zusätzliche Belastung durch Brüste entsteht.

#### 5.5 Zeitpunkt des Auftretens einer Wundinfektion

Die Wundinfektion wurde bei der Mehrheit der Patienten am 15. postoperativen Tag diagnostiziert (Spannweite 9–45 Tage). Die aktuelle Studie zeigt, dass die Mehrheit der durch Hautkeime verursachten Wundinfektionen (75%, 6 von 8 Patienten) zwischen dem 9. und 17. postoperativen Tag festgestellt wurden. Im Unterschied dazu wurden die durch „Nicht-Hautkeime“ (E.coli und E.faecalis) verursachten Wundinfektionen zwischen dem 15. und 20. postoperativen Tag diagnostiziert.

In dieser Studie treten damit die durch Hautkeime verursachten Wundinfektionen zeitlich früher auf als die durch „Nicht-Hautkeime“ verursachten Infektionen.

Eine mögliche Erklärung könnte darin liegen, dass die Wundkontamination durch Hautkeime unmittelbar im früh postoperativen Verlauf infolge der nicht adäquat verheilten Hautwunde erfolgt.

Jedoch aufgrund der kleinen Patientengruppe dieser Studie ist eine statistisch relevante Aussage nicht möglich.

Ob tatsächlich eine vom Erregerspektrum zeitliche Abhängigkeit des Auftretens der sternalen Wundinfektionen besteht, müsste in Zukunft an einer größeren Patientengruppe untersucht werden.

## 6 Zusammenfassung

Postoperative Wundinfektionen nach medianer Sternotomie sind relativ seltene Komplikationen. Jedoch sind sie mit erhöhter Morbidität, Mortalität und Behandlungskosten verbunden.

Bestimmte Faktoren können das Auftreten dieser Komplikationen erheblich beeinflussen. Adipositas ist der am häufigsten identifizierte Risikofaktor. Viele bisherige Studien zeigen, dass Adipositas das Risiko einer Wundinfektion nach medianer Sternotomie auf das 2,0- bis 7,2-Fache erhöht [4, 32, 61, 62].

Bei diesen Patienten besteht im postoperativen Verlauf durch Übergewicht eine enorme mechanische Belastung der Wunde. Diese führt zu einer Unterbrechung der Hautwundkontinuität und erleichtert das Eindringen der Hautkeime in die tiefen Wundschichten. Damit erhöht sich das Risiko für die Entwicklung einer Wundinfektion (Gardlund A-Mechanismus).

Für diese Patienten wurden bisher zahlreiche prophylaktische Maßnahmen wie z. B. dem Körpergewicht angepasste Antibiotikatherapie, Sternumosteosynthese mit Platten, Thoraxwandstabilisierung durch Tragen einer Weste und auch zahlreiche Hautverschlussmechanismen beschrieben.

Bei adipösen Patienten nach medianer Sternotomie reichen die herkömmlichen prophylaktischen Maßnahmen nicht aus, um postoperative Wundinfektionen zu verhindern.

Eine neue Methode zur Vorbeugung der postoperativen Wundinfektionen ist die Wundbehandlung mittels eines Unterdruckverbandes. Ein Unterdruckverband nach medianer Sternotomie ermöglicht durch Spannungsreduktion eine primäre, ununterbrochene Heilung der Hautwunde. Diese verhindert im postoperativen Verlauf durch anhaltende Kontinuität der Hautnaht das Eindringen der Hautflora in die tiefen Wundschichten.

Ziel dieser Studie war es, Kenntnisse über den Einfluss/die Effektivität eines Unterdruckverbandes auf die Wundheilung bei einer Risiko-Patientengruppe mit Adipositas zu gewinnen. Dafür haben wir prospektiv zwei vergleichbare Gruppen gebildet. Die Wundbehandlung erfolgte bei der einen Gruppe mit der bisherigen konventionellen Therapie, bei der zweiten Gruppe verwendeten wir einen

Unterdruckverband. Anschließend wurden die Ergebnisse der Wundheilung einander gegenübergestellt und diskutiert.

Unsere vorliegende Studie zeigt, dass Wundinfektionen bei adipösen herzchirurgischen Patienten nach medianer Sternotomie unter konventioneller Wundbehandlung häufiger auftreten (20 %) als bei einer bisher aus der Literatur bekannten allgemeinen Patientengruppe (2,6–10,1 %). Des Weiteren stellen wir in unserer Studie fest, dass die Mehrheit der Wundinfektionen bei diesen Patienten durch Hautkeime verursacht wird (70 %, 7/10 Patienten).

Bei den adipösen Patienten mit Wundbehandlung unter Anwendung eines Unterdruckverbandes war im Vergleich zur konventionellen Wundbehandlung eine signifikant niedrigere Inzidenz von Wundinfektionen aufgetreten (2/50 vs. 10/50 Patienten ( $p = 0,014$ )). Zudem entstanden bei diesen Patienten keine Wundinfektionen durch Hautkeime, sondern ausschließlich mit Keimen, die eine intraoperative Kontamination nahe legen.

Somit konnten in unserer Studie die Wundinfektionen bei einem Großteil der Patienten mit Adipositas mittels Anwendung eines Unterdruckwundverbandes verhindert werden. Diese Methode ermöglicht bei adipösen Patienten nach medianer Sternotomie eine deutliche Reduktion der Wundinfektionen im Vergleich zur bisherigen konventionellen Wundbehandlung.

Jedoch bietet ein Unterdruckverband keinen 100%igen Schutz gegenüber Wundinfektionen. Die durch intraoperative Kontamination (Gardlund B-Mechanismus) oder durch postoperative endogene Verbreitung der Infektion (Gardlund C-Mechanismus) entstandenen Wundinfektionen können durch diesen Verband nicht verhindert werden. Eine intraoperative Beachtung der Hygieneregeln und die gezielte antibiotische Therapie der postoperativen Infektionen haben eine ebenso wichtige Bedeutung für die Vorbeugung der Wundinfektionen.

In Anbetracht der guten Wundheilungsergebnisse durch diese Methode ist auch eine Ersparung der in Folge einer Wundinfektion auftretenden zusätzlichen Kosten möglich. Somit empfehlen wir die Verwendung eines Unterdruckverbandes für die postoperative Wundbehandlung bei adipösen Patienten nach medianer Sternotomie.

## 7 Literatur

1. Blatchford, J.W., 3rd, *Ludwig Rehn: the first successful cardiorrhaphy*. Ann Thorac Surg, 1985. **39**(5): p. 492-5.
2. Dalton, M.L. and S.R. Connally, *H. Milton: visionary surgeon*. Am J Surg, 1993. **165**(3): p. 355-7.
3. Julian, O.C., et al., *The median sternal incision in intracardiac surgery with extracorporeal circulation; a general evaluation of its use in heart surgery*. Surgery, 1957. **42**(4): p. 753-61.
4. Lu, J.C., et al., *Risk factors for sternal wound infection and mid-term survival following coronary artery bypass surgery*. Eur J Cardiothorac Surg, 2003. **23**(6): p. 943-9.
5. Noyez, L., et al., *Sternal wound complications after primary isolated myocardial revascularization: the importance of the post-operative variables*. Eur J Cardiothorac Surg, 2001. **19**(4): p. 471-6.
6. Ridderstolpe, L., et al., *Superficial and deep sternal wound complications: incidence, risk factors and mortality*. Eur J Cardiothorac Surg, 2001. **20**(6): p. 1168-75.
7. Jakob, H.G., et al., *The endogenous pathway is a major route for deep sternal wound infection*. Eur J Cardiothorac Surg, 2000. **17**(2): p. 154-60.
8. El Oakley, R.M. and J.E. Wright, *Postoperative mediastinitis: classification and management*. Ann Thorac Surg, 1996. **61**(3): p. 1030-6.
9. Mangram, A.J., et al., *Guideline for Prevention of Surgical Site Infection, 1999. Centers for Disease Control and Prevention (CDC) Hospital Infection Control Practices Advisory Committee*. Am J Infect Control, 1999. **27**(2): p. 97-132; quiz 133-4; discussion 96.
10. Loop, F.D., 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): p. 179-86; discussion 186-7.
11. Antunes, P.E., et al., *Mediastinitis after aorto-coronary bypass surgery*. Eur J Cardiothorac Surg, 1997. **12**(3): p. 443-9.
12. Braxton, J.H., et al., *Mediastinitis and long-term survival after coronary artery bypass graft surgery*. Ann Thorac Surg, 2000. **70**(6): p. 2004-7.
13. Risnes, I., et al., *Mediastinitis after coronary artery bypass grafting risk factors and long-term survival*. Ann Thorac Surg. **89**(5): p. 1502-9.

14. Karra, R., et al., *Risk factors for 1-year mortality after postoperative mediastinitis*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2006. **132**(3): p. 537-43.
15. Milano, C.A., et al., *Mediastinitis after coronary artery bypass graft surgery. Risk factors and long-term survival*. Circulation, 1995. **92**(8): p. 2245-51.
16. Gardlund, B., C.Y. Bitkover, and J. Vaage, *Postoperative mediastinitis in cardiac surgery - microbiology and pathogenesis*. Eur J Cardiothorac Surg, 2002. **21**(5): p. 825-30.
17. Farinas, M.C., et al., *Suppurative mediastinitis after open-heart surgery: a case-control study covering a seven-year period in Santander, Spain*. Clin Infect Dis, 1995. **20**(2): p. 272-9.
18. Trouillet, J.L., et al., *Acute poststernotomy mediastinitis managed with debridement and closed-drainage aspiration: factors associated with death in the intensive care unit*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2005. **129**(3): p. 518-24.
19. Suzuki, S., et al., *[C-reactive protein, white blood cell and body temperature following cardiovascular surgery, as predicting factors of postoperative infection]*. Kyobu Geka, 2006. **59**(13): p. 1146-53.
20. Miholic, J., et al., *Early prediction of deep sternal wound infection after heart operations by alpha-1 acid glycoprotein and C-reactive protein measurements*. Ann Thorac Surg, 1986. **42**(4): p. 429-33.
21. Borger, M.A., et al., *Deep sternal wound infection: risk factors and outcomes*. Ann Thorac Surg, 1998. **65**(4): p. 1050-6.
22. Benlolo, S., et al., *Sternal puncture allows an early diagnosis of poststernotomy mediastinitis*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2003. **125**(3): p. 611-7.
23. Jolles, H., et al., *Mediastinitis following median sternotomy: CT findings*. Radiology, 1996. **201**(2): p. 463-6.
24. Elenbaas, T.W., et al., *Preoperative atrial fibrillation and elevated C-reactive protein levels as predictors of mediastinitis after coronary artery bypass grafting*. Ann Thorac Surg. **89**(3): p. 704-9.
25. Stahle, E., et al., *Sternal wound complications--incidence, microbiology and risk factors*. Eur J Cardiothorac Surg, 1997. **11**(6): p. 1146-53.
26. Swenne, C.L., et al., *Peri-operative glucose control and development of surgical wound infections in patients undergoing coronary artery bypass graft*. J Hosp Infect, 2005. **61**(3): p. 201-12.
27. Grauhan, O., et al., *Cyanoacrylate-sealed Donati suture for wound closure after cardiac surgery in obese patients*. Interact Cardiovasc Thorac Surg.

28. Gorlitzer, M., et al., *A newly designed thorax support vest prevents sternum instability after median sternotomy*. Eur J Cardiothorac Surg, 2009. **36**(2): p. 335-9; discussion 339.
29. Penketh, A.R., et al., *Antibiotic prophylaxis for coronary artery bypass graft surgery*. Lancet, 1985. **1**(8444): p. 1500.
30. Wigfield, C.H., et al., *Is extreme obesity a risk factor for cardiac surgery? An analysis of patients with a BMI > or = 40*. Eur J Cardiothorac Surg, 2006. **29**(4): p. 434-40.
31. Eklund, A.M., et al., *Mediastinitis after more than 10,000 cardiac surgical procedures*. Ann Thorac Surg, 2006. **82**(5): p. 1784-9.
32. Olsen, M.A., et al., *The risk factors for deep and superficial chest surgical-site infections after coronary artery bypass graft surgery are different*. J Thorac Cardiovasc Surg, 2002. **124**(1): p. 136-45.
33. Molina, J.E., R.S. Lew, and K.J. Hyland, *Postoperative sternal dehiscence in obese patients: incidence and prevention*. Ann Thorac Surg, 2004. **78**(3): p. 912-7; discussion 912-7.
34. Grando, J., et al., *Weight as a risk factor of mediastinitis after cardiac surgery in context of insufficient dosage of prophylactic antibiotic*. Ann Thorac Surg, 2005. **80**(1): p. 383-4; author reply 384.
35. Kohli, M., et al., *A risk index for sternal surgical wound infection after cardiovascular surgery*. Infect Control Hosp Epidemiol, 2003. **24**(1): p. 17-25.
36. Bitkover, C.Y. and B. Gardlund, *Mediastinitis after cardiovascular operations: a case-control study of risk factors*. Ann Thorac Surg, 1998. **65**(1): p. 36-40.
37. Arnold, M., *The surgical anatomy of sternal blood supply*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1972. **64**(4): p. 596-610.
38. Ku, C.H., et al., *Risk factors for sternal and leg surgical site infections after cardiac surgery in Taiwan*. Am J Epidemiol, 2005. **161**(7): p. 661-71.
39. Culliford, A.T., et al., *Sternal and costochondral infections following open-heart surgery. A review of 2,594 cases*. J Thorac Cardiovasc Surg, 1976. **72**(5): p. 714-26.
40. Choo, S.J., et al., *Does bilateral pedicle internal thoracic artery harvest increase the risk of mediastinitis?* Yonsei Med J, 2009. **50**(1): p. 78-82.
41. Milani, R., et al., *Double skeletonized internal thoracic artery vs. double conventional internal thoracic artery in diabetic patients submitted to OPCAB*. Rev Bras Cir Cardiovasc, 2008. **23**(3): p. 351-7.



42. Minohara, S., et al., *[Risk factors and therapeutic methods for sternal wound infection following cardiac surgery]*. Nihon Kyobu Geka Gakkai Zasshi, 1993. **41**(8): p. 1281-5.
43. Copeland, M., et al., *Breast size as a risk factor for sternal wound complications following cardiac surgery*. Arch Surg, 1994. **129**(7): p. 757-9.
44. Arbulu, A., et al., *Spontaneous right ventricular rupture after sternal dehiscence: a preventable complication?* Eur J Cardiothorac Surg, 1996. **10**(2): p. 110-5.
45. Klesius, A.A., et al., *Successful treatment of deep sternal infections following open heart surgery by bilateral pectoralis major flaps*. Eur J Cardiothorac Surg, 2004. **25**(2): p. 218-23.
46. Graf, K., et al., *Economic aspects of deep sternal wound infections*. Eur J Cardiothorac Surg. **37**(4): p. 893-6.
47. de Lissovoy, G., et al., *Surgical site infection: incidence and impact on hospital utilization and treatment costs*. Am J Infect Control, 2009. **37**(5): p. 387-97.
48. Petzina, R., et al., *Negative pressure wound therapy for post-sternotomy mediastinitis reduces mortality rate and sternal re-infection rate compared to conventional treatment*. Eur J Cardiothorac Surg. **38**(1): p. 110-3.
49. Tanner, J., D. Woodings, and K. Moncaster, *Preoperative hair removal to reduce surgical site infection*. Cochrane Database Syst Rev, 2006. **3**: p. CD004122.
50. Hayek, L.J., J.M. Emerson, and A.M. Gardner, *A placebo-controlled trial of the effect of two preoperative baths or showers with chlorhexidine detergent on postoperative wound infection rates*. J Hosp Infect, 1987. **10**(2): p. 165-72.
51. Driever, R., et al., *Surgical glove perforation in cardiac surgery*. Thorac Cardiovasc Surg, 2001. **49**(6): p. 328-30.
52. Ennker, I.C., et al., *Surgical debridement, vacuum therapy and pectoralis plasty in poststernotomy mediastinitis*. J Plast Reconstr Aesthet Surg, 2009. **62**(11): p. 1479-83.
53. Sjogren, J., et al., *Clinical outcome after poststernotomy mediastinitis: vacuum-assisted closure versus conventional treatment*. Ann Thorac Surg, 2005. **79**(6): p. 2049-55.
54. <http://kci-medical.de/DE-GER/prevena>. *Prevena Incision Management System-Broschüre (PDF,522KB)*. 2012 [cited DSL#09-03-193.PRE.DE(6/10)]; Available from: <http://kci-medical.de/DE-GER/prevena>.

55. Karabay, O., et al., *Intracutaneous versus transcutaneous suture techniques: comparison of sternal wound infection rates in open-heart surgery patients*. Tex Heart Inst J, 2005. **32**(3): p. 277-82.
56. Hochberg, J., K.M. Meyer, and M.D. Marion, *Suture choice and other methods of skin closure*. Surg Clin North Am, 2009. **89**(3): p. 627-41.
57. Iavazzo, C., et al., *Sutures versus staples for the management of surgical wounds: a meta-analysis of randomized controlled trials*. Am Surg. **77**(9): p. 1206-21.
58. Rabe, K.F., et al., *Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary*. Am J Respir Crit Care Med, 2007. **176**(6): p. 532-55.
59. Fowler, V.G., Jr., et al., *Clinical predictors of major infections after cardiac surgery*. Circulation, 2005. **112**(9 Suppl): p. I358-65.
60. Atkins, B.Z., et al., *Does Negative Pressure Wound Therapy Have a Role in Preventing Poststernotomy Wound Complications?* Surgical Innovation, 2009. **16**(2): p. 140-146.
61. Yap, C.H., M. Mohajeri, and M. Yii, *Obesity and early complications after cardiac surgery*. Med J Aust, 2007. **186**(7): p. 350-4.
62. Discigil, G., et al., *Obesity and open-heart surgery in a developing country*. Anadolu Kardiyol Derg, 2008. **8**(1): p. 22-6.
63. De Feo, M., et al., *Variables predicting adverse outcome in patients with deep sternal wound infection*. Ann Thorac Surg, 2001. **71**(1): p. 324-31.
64. Mossad, S.B., et al., *Coagulase-negative staphylococcal sternal wound infections after open heart operations*. Ann Thorac Surg, 1997. **63**(2): p. 395-401.
65. Petzina, R., et al., *Effect of vacuum-assisted closure on blood flow in the peristernal thoracic wall after internal mammary artery harvesting*. Eur J Cardiothorac Surg, 2006. **30**(1): p. 85-9.
66. Meyer, K.C., *The role of immunity and inflammation in lung senescence and susceptibility to infection in the elderly*. Semin Respir Crit Care Med. **31**(5): p. 561-74.
67. Aspinall, R., et al., *Immunity in the elderly: the role of the thymus*. J Comp Pathol. **142 Suppl 1**: p. S111-5.
68. Copeland, M., et al., *Macromastia as a factor in sternal wound dehiscence following cardiac surgery: management combining chest wall reconstruction and reduction mammoplasty*. J Card Surg, 1992. **7**(3): p. 275-8.

## **8 Danksagung**

Hiermit möchte ich mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. med O. Grauhan für die großartige Unterstützung bei der Erarbeitung und der Fertigstellung dieser Dissertation bedanken. Er war mir ein Doktorvater im besten Sinne des Wortes.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Dr. h. c. mult. R. Hetzer für die Überlassung des Themas und die mir gegebene Möglichkeit am Deutschen Herzzentrum Berlin wissenschaftlich tätig zu sein.

Mein Dank gilt weiterhin unserem Wundmanager Herrn T. Blum, dem gesamten Op.-Pflegepersonal sowie Frau J. Stein für die wertvollen Hinweise bei der statistischen Bearbeitung der Untersuchungsergebnisse.

Schließlich möchte ich meiner Frau und unseren Kindern für die Geduld, das Verständnis und die mentale Unterstützung danken.

Ich widme diese Arbeit meinem Vater, Prof.Dr.rer.nat. L.Navasardyan, dem die Fertigstellung der Dissertation ein Herzenswunsch war.

## **9 Eidesstattliche Erklärung**

„Ich, Artashes Navasardyan, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Wundmanagement bei adipösen Patienten nach medianer Sternotomie mittels Anwendung eines unterdruck Wundverbandes selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Berlin, den 20.08.2012

Artashes Navasardyan

## **Lebenslauf**

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht

## Publikationsliste

R.Petzina, J.Hoffmann, **A.Navasardyan**, M.Malmsjö, C.Stamm, A.Unbehaun, R.Hetzer  
„Negative pressure wound therapie for post-sternotomy Mediastinitis reduces mortality rate and sternal re-infection rate compared to conventional treatment”  
Europran Journal of Cardio-thoracic Surgery, 2010. 38(1):p.110-3

O.Grauhan, **A.Navasardyan**, M.Hofmann, P.Müller, M.Hummel, R.Hetzer  
“Cyanoacrylate-sealed Donati suture for wound closure after cardiac surgery in obese patients”  
Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery. Jahr 2010; 11(6):763-7.

**Navasardyan A**, Grauhan O, Qedra N, Buz S, Krabatsch T, Hetzer R.  
“Twenty years' experience with poststernotomy mediastinitis after coronary artery bypass grafting: Risk factors for mortality and outcomes after negative pressure wound therapy and conventional treatment”  
Tagung: 20th World Congress of the World Society of Cardio-Thoracic Surgeons.  
Tagungsort:Chennai, India, Datum: 20.-23.10.2010. Zeitschrift:Heart Surgery Forum  
Jahr:2010; Ausgabe:13(Suppl 2): Seiten:S71-72.

**Navasardyan A**, Grauhan O, Müller P, Hetzer R.  
“A new method for prevention of wound infection after median sternotomy”  
Tagung: 21st World Congress of the World Society of Cardio-Thoracic Surgeons.  
Tagungsort:Berlin, Datum:12.-15.6.2011.  
Zeitschrift:Heart Surgery Forum Jahr:2011; Ausgabe:14(Suppl 2): Seiten:S79.

Grauhan O, **Navarsadyan A**, Hussmann J, Hetzer R.  
“Infectious erosion of aorta ascendens during vacuum-assisted therapy of Mediastinitis”  
Interactive Cardiovascular and Thoracic Surgery. Jahr 2010; 11(4): 493-495.