

Aus dem Fachbereich Plastische Chirurgie
der Universitätsklinik für Plastische, Ästhetische und Handchirurgie der
Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

*Retrospektive Analyse komplexer plastischer Defektdeckungen bei
Sternumosteomyelitis nach kardiochirurgischem Eingriff an 152 Patienten*

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Iakovos Georgiou

aus Larnaka, Zypern

Magdeburg 2024

Dokumentationsblatt

Bibliographische Beschreibung

Georgiou, Iakovos:

Retrospektive Analyse komplexer plastischer Defektdeckungen bei Sternumosteomyelitis nach kardiochirurgischem Eingriff an 152 Patienten – 2024 – 61 Bl., 12 Abb., 13 Tab., 3 Anl.

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Dissertation

Kurzreferat

Die Defektrekonstruktion bei sternalen Osteomyelitiden nach kardiochirurgischen Interventionen stellt trotz der verschiedenen rekonstruktiven Optionen eine Herausforderung für die Wiederherstellungschirurgie dar. In der Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Mikrochirurgie/Handchirurgie, Klinikum Ernst von Bergmann in Potsdam wurden zwischen 2009 und 2019 insgesamt 152 Patienten mit Sternaldefekten behandelt. Es erfolgte eine retrospektive Analyse um die Komplikationsraten von freien gegen gestielte Lappenplastiken hinsichtlich der primären Endpunkte Gesamtüberleben und Liegedauer nach Rekonstruktion zu vergleichen. Zwischen den "workhorse flaps" freier ALT- und gestielter Latissimus dorsi Lappenplastik, sowie zwischen myokutanen und fasziokutanen Lappenplastiken erfolgte ein separater Vergleich. Es wurden keine signifikanten Unterschiede bei den Endpunkten festgestellt, wenn gestielte mit freien Lappenplastiken, sowie freien ALT mit gestielten Latissimus dorsi Lappenplastiken verglichen wurden ($p < ,05$), obwohl die Defektgröße bei Patienten der freien Lappenplastik-Gruppe größer war und das Risikoprofil der ALT Lappenplastik-Gruppe höher war. Beim Vergleich der myokutanen mit der fasziokutanen Lappengruppe zeigte sich, dass entgegen der langjährigen Annahme, dass Muskellappen bei der Behandlung von Osteomyelitis überlegen sind, die beiden Gruppen vergleichbare Ergebnisse in Bezug auf die Dauer des Krankenhausaufenthalts und die Sterblichkeit im Krankenhaus aufwiesen. Die Analyse zeigt, dass die freie Lappenplastik bei geeigneter Patientenauswahl eine erfolgreiche Alternative zur Defektrekonstruktion bei Sternumosteomyelitis sein kann. Ein auf der Analyse basierender neuer Behandlungsalgorithmus für die Wahl des chirurgischen Verfahrens zur patientenspezifischen Defektdeckung bei Sternumosteomyelitis wird dargestellt.

Schlüsselwörter: Tiefe sternale Wundinfektion, Sternumosteomyelitis, Wundinfektion, freie Lappenplastikrekonstruktion, fasziokutaner Lappen, myokutaner Lappen.

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	3
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	5
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	6
<i>Tabellenverzeichnis</i>	7
1 Einführung	8
1.1 Definition.....	8
1.2 Sterblichkeitsrate, Risikofaktoren.....	9
1.3 Lappenplastiken für die Rekonstruktion von TSWI Defekten.....	10
1.4 Infektionskontrolle vor der Rekonstruktion.....	15
1.5 Interdisziplinäre Behandlung.....	17
1.6 Aktuelle Studie	17
2 Material und Methoden	19
2.1 Studiendesign.....	19
2.2 Ethik und Datenschutz	19
2.3 Klinisches Management und Algorithmus zur Lappenauswahl.....	20
2.3.1 Überweisung vom Herzzentrum, Indikationsstellung	20
2.3.2 Interdisziplinäres TSWI Team	20
2.3.3 Bildmorphologische Untersuchung, Debridement, Entfernung Osteosynthesematerial	20
2.3.4 Antibiotikatherapie.....	21
2.3.5 Ernährungsberatung, Blutzucker Einstellung, Physiotherapie	21
2.3.6 Auswahl Lappenplastik.....	21
2.4 Datenerfassung	24
2.5 Statistische Analyse	24
3 Ergebnisse	25
3.1 Inkludierte Patienten.....	25
3.2 Ausgangskriterien nach Art der verwendeten Lappenplastik	28

3.3 Postoperative Resultate, Komplikationen und chirurgische Revisionen	30
3.4 Kovariablen für den Postrekonstruktionsverlauf.....	31
4 Diskussion.....	34
4.1 Freie Lappen zur Deckung von Sternumdefekten	35
4.2 Der freie ALT im Vergleich mit dem gestielten Latissimus dorsi Lappen.....	36
4.3 Vorteile von Muskellappen bei Osteomyelitis des Sternums?.....	39
4.4 Prädiktoren für das Outcome	41
4.5 Behandlungsalgorithmus.....	43
4.6 Empfängergefäß bei der freien Lappenrekonstruktion von TSWI-Wunden.....	44
4.7 Limitationen	45
5 Zusammenfassung.....	46
6 Literaturverzeichnis.....	47
7 Danksagungen	52
8 Ehrenerklärung	53
9 Lebenslauf	54
10 Anlagen.....	59

Abkürzungsverzeichnis

- BMI: Body-Mass-Index
- CABG: Coronary Artery Bypass Graft, koronarer Bypass
- CDC: Centers for Disease Control and Prevention
- COPD: chronisch obstruktive Lungenerkrankung
- DFF: Double free flap
- DSS: Bildung von Seromen an der Spenderstelle
- fALT: freier anterolaterale Oberschenkel Lappen
- FC: fasziokutaner Lappen
- fTMG: transverser-Musculus-gracilis Lappen
- ICU: Intensivstation
- ITA: Arteria thoracica interna
- LD: Latissimus-dorsi-Lappen
- LOS: Krankenhausaufenthaltsdauer
- MC: myokutaner Lappen
- PMM: Pectoralis-major-Lappen
- präReko-ICU: intensivmedizinischer Überwachung vor Rekonstruktion
- RA: Rectus-abdominis-Lappen
- TSWI: tiefe sternale Wundinfektionen
- VAC: Vakuumtherapie
- VRAM: Vertical Rectus Abdominis Muskel Lappen
- WG: Wundgröße

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Beispiel einer tiefen sternalen Wundinfektion nach kardiochirurgischem Eingriff

Abbildung 2: Intraoperative Bilder eines Omentum majus Lappens (oben: das Set-up für die laparoskopische Hebung des Lappens, unten: Lappen Platzierung mit Hauttransplantation)

Abbildung 3: Intra- und postoperative Bilder eines Rectus abdominis Lappens

Abbildung 4: Intra- und postoperative Bilder eines Latissimus dorsi Lappens

Abbildung 5: Intra- (links und mittig) und postoperative (rechts) Bilder eines anterolateralen Oberschenkellappens (anteriolateral thigh flap, fALT)

Abbildung 6: Intraoperative Bilder vor (links) und nach (mittig) Debridements einer tiefen sternalen Wundinfektion, sowie Einsatz von Vakuumtherapie (rechts)

Abbildung 7: Der Behandlungsalgorithmus des Zentrums unterstützt die Lappenauswahl bei der Rekonstruktion von Defekten nach tiefen sternalen Wundinfektionen [22]

Abbildung 8: Schlussfolgerungen aus dem Vergleich der freien und gestielten Lappengruppen

Abbildung 9: Extremes Beispiel einer Patientin mit einer tiefen sternalen Wundinfektion und teil-nekrotischen Brüsten bei Mammahypertrophie

Abbildung 10: Postoperative Bilder nach gestieltem Latissimus dorsi Lappen bei einer Patientin mit einer tiefen sternalen Wundinfektion und Mammahypertrophie mit postoperativen Lappen-Teilverlust (links) und Hebeareal Dehiszenz (rechts)

Abbildung 11: Postoperative Bilder nach freiem anterolateralen Oberschenkel-Lappen bei einer Patientin mit einer tiefen sternalen Wundinfektion und Mammahypertrophie

Abbildung 12: Präparation der Arteria thyroidea superior

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: CDC Kriterien für die Definition von TSWI

Tabelle 2: Vor- und Nachteile häufig verwendeter Lappenplastiken bei der Rekonstruktion von tiefen sternalen Wundinfektionswunden

Tabelle 3: Ziele und Merkmale der aktuellen Studie

Tabelle 4: Rekonstruktionstechniken, die bei der Rekonstruktion von tiefen sternalen Wundinfektion-Defekten in unserer Klinik durchgeführte wurden

Tabelle 5: Ausgangsmerkmale von Patienten, die mit einer tiefen sternalen Wundinfektion (TSWI, n=165) aufgenommen wurden, und Patienten, die sich nach einer TSWI einer Rekonstruktion unterzogen haben (n=152) [22]

Tabelle 6: Prä-, intra- und postoperative Merkmale von Patienten in den (1) Gruppen mit gestielten/freien Lappen, (2) Gruppen mit pLD/fALT-Lappen und (3) Gruppen mit fasziokutanen/myokutanen Lappen [22]

Tabelle 7: Chirurgische Komplikationen nach Defektabdeckung mit Gruppenvergleich [22]

Tabelle 8: Revisionseingriffe und deren Verteilung pro Gruppe mit Gruppenvergleichen [22]

Tabelle 9: Korrelation zwischen Wundgröße und Komplikationen sowie Outcome nach Rekonstruktion [22]

Tabelle 10: Verteilung der Wundlokalisation je nach Lappengruppe [22]

Tabelle 11: Indikationen für freie Lappenplastik bei TSWI Wunde

Tabelle 12: Variablen zur Vorhersage der Dauer des Krankenhausaufenthalts (LOS) nach der Rekonstruktion [22]

Tabelle 13: Die Arteria thyroidea superior als Anschlussgefäß bei der Rekonstruktion von TSWI Wunden

1 Einführung

Die mediane Sternotomie-Inzision wird seit vielen Jahrzehnten als Standardinzision für kardiothorakale Eingriffe betrachtet [1,2]. Tiefe sternale Wundinfektionen (TSWI, Abbildung 1) sind eine gefürchtete Komplikation bei medianen Sternotomien [5] und treten mit einer Inzidenz von 0,5-6 % aller medianen Sternotomie-Inzisionen auf [3,4]. Diese Komplikationen sind bei den häufig multimorbiden Patienten mit einer hohen Morbidität und Mortalität assoziiert [4,6]. Die Komplexität der zu berücksichtigenden Faktoren bei einem kurativen Therapieansatz erfordert, insbesondere bei ausgeprägten Defekten, häufig eine plastisch-chirurgische Mitbehandlung, bzw. Behandlungsleitung.

Abbildung 1: Beispiel einer tiefen sternalen Wundinfektion nach kardiochirurgischem Eingriff



1.1 Definition

Die *Centers for Disease Control and Prevention* (CDC) stellen Richtlinien und Kriterien zur Definition von TSWI bereit. Diese Kriterien basieren auf mikrobiologischen Ergebnissen, klinischen Symptomen sowie intraoperativen und radiologischen Befunden [6,7]. Die entsprechenden Kriterien sind in Tabelle 1 aufgeführt:

Tabelle 1: CDC Kriterien für die Definition von TSWI

1. Organismen werden aus Gewebe oder Flüssigkeit kultiviert, die während einer Operation oder Nadelaspiration aus dem Mediastinum des Patienten gewonnen wurden
2. Hinweise auf eine Mediastinitis werden entweder während einer Operation oder anhand von histopathologischen Befunden festgestellt
3. Der Patient zeigt mindestens eines der folgenden Symptome ohne andere erkennbare Ursache: Fieber (>38 °C), Brustschmerzen oder Instabilität des Brustbeins; UND mindestens eines der folgenden: a. Eitriges Sekret aus dem Mediastinalbereich b. Positive Kulturen aus Blut oder vom Sekret aus dem Mediastinalbereich c. Erweiterung des Mediastinums im Thorax-Röntgenbild
4. Ein Patient im Alter von unter 1 Jahr zeigt mindestens eines der folgenden Symptome ohne andere erkennbare Ursache: Fieber (> 38 °C), Unterkühlung (<37 °C), Apnoe, Bradykardie oder Sternuminstabilität; UND mindestens eines der folgenden: a. Eitriges Sekret aus dem Mediastinalbereich b. Positive Kulturen aus Blut oder vom Sekret aus dem Mediastinalbereich c. Erweiterung des Mediastinums im Thorax-Röntgenbild

1.2 Sterblichkeitsrate, Risikofaktoren

Es wurden mehrere Risikofaktoren identifiziert, die das Risiko einer TSWI erhöhen. Diese Risikofaktoren können je nach individuellen Merkmalen des Patienten und dem spezifischen chirurgischen Eingriff variieren. Zu diesen Risikofaktoren gehören das weibliche Geschlecht, fortgeschrittenes Alter, Adipositas, Diabetes mellitus Typ 2, chronisch obstruktive Lungenerkrankung (COPD) und das Vorhandensein eines koronaren Bypass (*Coronary Artery Bypass Graft, CABG*) [3,17].

In der Vergangenheit wurden bei TSWI nach medianer Sternotomie Sterblichkeitsraten von bis zu 50% berichtet [6]. Allerdings haben sich die Ergebnisse aufgrund von Fortschritten bei den Behandlungsstrategien und zunehmender Erfahrung in der Wundbehandlung deutlich verbessert. Die Behandlungsmethoden reichen von der Instillation antibiotischer Lösungen in die Wunde bis hin zu seriellen Débridements, Unterdruck-Wundtherapie und Rekonstruktion der Defekte durch Lappenplastiken [8–15]. Mit der Verbesserung der Behandlungsmöglichkeiten ist die Mortalität in einigen Berichten unter 20% gesunken [16]. Die Mortalität wird jedoch weiterhin von verschiedenen Risikofaktoren beeinflusst [6].

1.3 Lappenplastiken für die Rekonstruktion von TSWI Defekten

Die Auswahl der geeigneten Lappenplastik zur Deckung sternaler Defekte hängt von verschiedenen Faktoren ab, wie dem Ausmaß und der Lage der Wunde, sowie patientenspezifischen Überlegungen. Es wurden hierzu verschiedene gestielte Lappenplastiken beschrieben, darunter der Pectoralis Major Lappen, der Latissimus dorsi Lappen, der Omentum majus Lappen und der Rectus abdominis Lappen [18–21]. Darüber hinaus wurden auch freie Lappenplastiken verwendet [22–26]. Jede Lappenplastik hat seine spezifischen Vor- und Nachteile [27] (siehe Tabelle 2). Es ist jedoch noch keine *ideale* Lappenplastik identifiziert worden, und es gibt keinen universell verwendbaren und standardisierten Algorithmus, der bei der Auswahl der Lappenplastik unterstützt.

Seit den frühen 1980er Jahren gilt der Pectoralis major Lappen (PMM) als bevorzugte Lappenplastik zur Rekonstruktion sternaler Defekte [12]. Die Hebung dieses Lappens ist relativ einfach und es bietet robustes Muskelgewebe, um den Knochendefekt zu füllen. Dadurch wird die lokale Blutversorgung im Defektareal verbessert und die systemische Bioverfügbarkeit von Antibiotika in diesem Bereich erhöht. Es gibt jedoch einige Einschränkungen im Zusammenhang mit dem PMM. Zum einen befindet die Lappenplastik sich in unmittelbarer Nähe zur "Infektionszone", was problematisch sein kann. Zum anderen erreicht der PMM auch bei maximaler Mobilisation und Desinsertion an der Crista tuberculi majoris des Humerus das kaudale Drittel des Sternums nicht zuverlässig. Zudem fungiert der Muskel als akzessorischer Atemmuskel, was bei Patienten mit Ateminsuffizienz zu Problemen führen kann [12,28–30].

Das Omentum majus (Abbildung 2) kann ebenfalls als gestielter Lappen mit oder ohne Hauttransplantation verwendet werden. Die Entnahme des Gewebes erfolgt in der Regel laparoskopisch. Es ist jedoch zu beachten, dass dies den Zugang zur Bauchhöhle erfordert und möglicherweise intraabdominale Schwierigkeiten mit sich bringen kann – nach der Operation besteht das Risiko eines Bauchwandbruchs sowie das Risiko einer intraabdominalen Ausbreitung der Infektion. Zudem kann eine frühere abdominale Operation den Einsatz des Omentum majus als rekonstruktive Option ausschließen [20].

Abbildung 2: Intraoperative Bilder eines Omentum majus Lappens (oben: das Set-up für die laparoskopische Hebung des Lappens, unten: Lappen Platzierung mit Hauttransplantation)



Der Rectus abdominis Lappen (RA) stellt kräftiges Muskelgewebe für die Auffüllung von Defekten nach TSWI zur Verfügung. Er eignet sich auch besser zur Abdeckung des problematischen kaudalen Drittels des Sternums [13,14]. Die Hebung des RA kann jedoch auch mit abdominalen Komplikationen verbunden sein, wie z.B. einer Schwäche der Bauchdecke und der Möglichkeit einer Herniation. Zudem ist die Blutversorgung des ipsilateralen RA aufgrund der Entnahme der *Arteria thoracica interna* (ITA) bei CABG – einer häufigen Indikation für eine mediane Sternotomie – weniger zuverlässig [31]. Ein weiterer Nachteil des RA ist die postoperative Beeinträchtigung der Lungenfunktion [32], weshalb die Wahl dieses Lappens bei Patienten mit COPD oder respiratorischer Insuffizienz nicht ideal ist.

Abbildung 3: Intra- und postoperative Bilder eines Rectus abdominis Lappens



Der Latissimus dorsi (LD), der größte gestielte Muskellappen am Rumpf, bietet ein großes Volumen gut vaskularisiertes Muskelgewebe [19]. Ein Nachteil besteht jedoch darin, dass nach Mobilisation der Lappenplastik in das Defektareal ein relativ großer Teil des LD Muskels unterhalb des M. pectoralis liegt und somit nicht direkt im Defekt selbst verwendet werden kann. Dies führt zu einer ineffizienten Nutzung des Lappengewebes, insbesondere bei Wunden im kaudalen Drittel des Sternums [23]. Die Verwendung dieses Lappens erfordert meist eine intraoperative Umlagerung des Patienten und geht mit dem Verlust eines akzessorischen Atemmuskels einher. Außerdem wird meist nur eine Lungenseite suffizient ventiliert während der Hebung, was das Auftreten von Pneumonie postoperativ begünstigen kann. Darüber hinaus besteht eine erhöhte Inzidenz postoperativer Serombildung an der Spenderstelle (*Donor Site Seroma*, DSS) [33].

Abbildung 4: Intra- und postoperative Bilder eines Latissimus dorsi Lappens



Eine Vielzahl von Autoren hat über die Verwendung freier Lappenplastiken zur Rekonstruktion von Defektwunden nach TSWI berichtet, darunter der freie Tensor Fascia Lata Lappen, der freie Latissimus dorsi Lappen und der freie VRAM Lappen (*Vertical rectus abdominis muscle*) [22–26]. Bei der Verwendung freier Lappenplastiken stellt die Auswahl der optimalen Empfängergefäße für die Anastomose ein Diskussionsthema dar. Bei vielen TSWI-Patienten wurde die ITA für eine koronare Bypass-Operation entnommen oder es wurden mehrere Débridement-Eingriffe durchgeführt, die möglicherweise zu einer Schädigung der ITA führten. Dadurch kann die ITA als mögliche Empfängergefäßoption ausgeschlossen sein. Zudem erschwert die Nähe des Infektionsgebiets die Verwendung der ITA. Daher wurden alternative Optionen beschrieben, darunter die Verwendung von arteriovenösen Loops, der gastroepiploischen Gefäße sowie der Gefäße im Halsbereich [22–26,34–36].

Tabelle 2: Vor- und Nachteile häufig verwendeter Lappenplastiken bei der Rekonstruktion von tiefen sternalen Wundinfektionswunden

Art der Lappenplastik	Vorteile	Nachteile
<i>Pectoralis major</i>	<ul style="list-style-type: none"> - sichere Durchblutung (nicht ITA) - robustes Muskelgewebe 	<ul style="list-style-type: none"> - akzessorischer Atemmuskel - nicht gut geeignet für untere Drittel Defekte
<i>Latissimus dorsi</i>	<ul style="list-style-type: none"> - sichere Durchblutung (nicht ITA) - großes Volumen von Muskelgewebe 	<ul style="list-style-type: none"> - akzessorischer Atemmuskel - nicht gut geeignet für untere Drittel Defekte - Umlagerung intraoperativ - „Muscle waste“ hinter M. pectoralis major
<i>Omentum majus</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Gut durchblutetes Gewebe mit hoher immunologischer Aktivität - Gut dreidimensional anpassbar 	<ul style="list-style-type: none"> - Zugang zur Bauchhöhle mit möglichen intraabdominalen Komplikationen z.B. Hernie, Peritonitis
<i>Rectus abdominis</i>	<ul style="list-style-type: none"> - gut geeignet für untere Drittel Defekte 	<ul style="list-style-type: none"> - akzessorischer Atemmuskel - nicht gut geeignet für obere Drittel Defekte - Durchblutung über ITA, möglicherweise verletzt/fehlt
<i>Freie Lappen (z.B. freier anterolaterale Oberschenkel Lappen, fALT)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Abseits der Infektionszone - Flexiblere Platzierung des Lappengewebes - Vermeidet die Entnahme eines akzessorisches Atemmuskels 	<ul style="list-style-type: none"> - Längere Operationszeit - Größeres Operationsteam erforderlich - Höhere Lappenverlustrate als gestielten Lappen

Eine weitere Diskussion bei der Behandlung von Defektwunden nach TSWI und Osteomyelitis bezieht sich auf die Wahl des Gewebes für die Rekonstruktion. Obwohl lange Zeit angenommen wurde, dass Muskellappen bei knöchernen Infektionen zu bevorzugen seien, wurde in mehreren Berichten kürzlich über den erfolgreichen Einsatz von fasziokutanen Lappenplastiken zur Defektdeckung von Wunden nach Osteomyelitis berichtet [22,23,37,38]. Ein Beispiel für einen solchen Lappen ist der anterolaterale Oberschenkellappen (*anteriolateral thigh flap*, fALT), der erstmals 1984 von Song et al. beschrieben wurde [39]. Der fALT ist ein vielseitiger Perforatorlappen mit einer relativ großen Hautinsel und einem langen Stiel von bis zu 16 cm [41]. Ein weiteres Merkmal dieses Lappens ist die vergleichsweise einfache Dissektion und vor allem die geringe Morbidität an der Entnahmestelle [40,41].

Abbildung 5: Intra- (links und mittig) und postoperative (rechts) Bilder eines anterolateralen Oberschenkellappens (*anteriolateral thigh flap*, fALT)



1.4 Infektionskontrolle vor der Rekonstruktion

Unabhängig von der gewählten Art der Lappenplastik besteht ein allgemein anerkanntes Konzept darin, vor der Rekonstruktion des Defekts eine ordnungsgemäße Infektionskontrolle sicherzustellen. Hierzu gehören verschiedene Aspekte wie die Bekämpfung von Biofilmen auf Fremdmaterial, die Durchführung von seriellen Débridements, die Anwendung von Unterdruck-Wundtherapie, sowie ggfs. die Verabreichung einer systemischen Antibiotikatherapie bei nachgewiesener Sternumosteomyelitis [6].

Aufgrund des Vorhandenseins von einem Biofilm auf körperfremdem Osteosynthesematerial und knöchernen Sequestern wird die Wirkung systemischer Antibiotika erheblich reduziert und bietet lediglich eine suppressive, nicht aber kurative Wirkung [6]. Daher ist es vor der Rekonstruktion unerlässlich, das gesamte infizierte Material zu entfernen, um einen infektionsfreien Zustand zu erreichen. Das Einbringen von neuem Osteosynthesematerial in die Wunde vor der Rekonstruktion wird häufig vermieden, um das Infektionsrisiko nach der Rekonstruktion zu verringern. Dies gilt insbesondere bei chronischen TSWI (Wunde vorhanden seit mehr als 4-6 Wochen), bei dem die Granulationsnarbe ausreichende Sternumstabilität bietet.

Ein weiterer wichtiger Aspekt in der Behandlung von TSWI ist der Einsatz der Unterdruck-Wundtherapie (*negative pressure wound therapy / Vacuum assisted closure, VAC*). Diese Methode wird zwischen den seriellen Débridements angewendet, um die Wunde vor der Rekonstruktion zu konditionieren, die Perfusion durch Angiogenese zu verbessern und die Bakterienlast zu reduzieren. Sie trägt auch zur Stabilisierung des Brustkorbs bei und fördert die Bildung von Granulationsgewebe. Bei der VAC-Therapie für TSWI, und besonders wenn das Perikard frei liegt, ist es wichtig, den Unterdruck auf einen relativ niedrigen Wert (zwischen 50 und 100 mmHg) einzustellen, um Blutungen, Fistelbildung und Verletzungen des Herzbeutelgewebes zu vermeiden. Das System wird in der Regel alle 3-7 Tage zwischen aufeinanderfolgenden Débridements gewechselt, und die Rekonstruktion erfolgt erst nach einer zufriedenstellenden Reinigung der Wunde [6,10]. Es gibt sowohl geschlossene, als auch Spül-VAC-Systeme, wobei letzteres den Vorteil hat, dass Antibiotika wie Rifampicin in die Wunde installiert werden. In der Literatur wurde beschrieben, dass beide Systeme in der TSWI-Therapie eingesetzt werden. Eine Studie zeigte, dass bei der Anwendung des Spülsystems im Vergleich zum geschlossenen System höhere Behandlungskosten anfallen [10].

Die Verwendung von Antibiotika spielt eine entscheidende Rolle bei der Behandlung von TSWI sowie bei jeder Form von Osteomyelitis. Während des chirurgischen Eingriffs werden nach dem Debridement, der Spülung der Wunde und dem Wechsel der Handschuhe für das gesamte OP-Team Proben entnommen, die mikrobiologisch und histologisch untersucht werden. Die Auswahl der Antibiotika basiert auf den Ergebnissen dieser Proben und richtet sich nach dem Antibiogramm. Die

Antibiotikatherapie wird in der Regel bei positiven Knochenproben über einen Zeitraum von mindestens 6 Wochen durchgeführt. Bei negativen Knochenproben wird die Antibiotikatherapie für 2 Wochen postoperativ empfohlen. [6,15].

1.5 Interdisziplinäre Behandlung

Aufgrund der Komplexität der Patienten mit TSWI, die häufig multimorbid sind und eine umfangreiche Patienten- und Operationsanamnese aufweisen, ist eine interdisziplinäre Einzelfallbesprechung erforderlich, um eine angemessene und zeitnahe Behandlung zu gewährleisten. Das interdisziplinäre Team setzt sich üblicherweise aus Herz-Thorax-Chirurgen, Plastischen Chirurgen, Radiologen, Infektiologen, Anästhesisten und Intensivmedizinern zusammen. In diesen Besprechungen werden verschiedene Themen erörtert, darunter frühere Herz-Thorax-Operationen, Entfernung von Implantaten, Ausmaß der Osteomyelitis und Infektionskontrolle, Art der Rekonstruktion sowie Art und Dauer der Antibiotikatherapie. Diese Diskussionen dienen als Grundlage für fundierte Entscheidungen zur optimalen Behandlung der Patienten [6,22].

1.6 Aktuelle Studie

In dieser Studie wurden die retrospektiv analysierten Daten von Patienten aus einem Zentrum für plastische Chirurgie untersucht. Das Hauptziel der Studie lag auf der Untersuchung von Unterschieden in den postoperativen Ergebnissen nach der Deckung eines TSWI-Defekts mit:

- 1) gestielten oder freien Lappenplastiken
- 2) gestielten Latissimus dorsi (pLD) oder freien anterolateralen Oberschenkel (fALT) Lappenplastiken - den beiden "workhorse flaps" des Zentrums
- 3) fasziokutanen (FC)- oder myokutanen (MC) Lappen.

Unter Berücksichtigung des standardisierten Behandlungsalgorithmus für Patienten mit TSWI und der individuellen Entscheidung über die Rekonstruktionsmethode war unsere Hypothese, dass keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die definierten primären Endpunkte (1) Krankenhausaufenthaltsdauer (LOS) nach der Rekonstruktion und (2) die Krankenhaussterblichkeit festgestellt werden würden.

Die sekundären Ziele der Studie bestanden darin, die spezifischen Komplikationsraten und Revisionsraten im Zusammenhang mit den verwendeten Lappenplastiken zu ermitteln. Unsere Hypothese lautete, dass die in der Literatur beschriebenen typischen Komplikationen im Zusammenhang mit den verwendeten Lappen in unserer Stichprobe bestätigt werden würden. Zusätzlich stellten wir die Hypothese auf, dass die Rate postoperativer Infektionen im Empfängerareal bei fasziokutanen Lappen im Vergleich zu myokutanen Lappen höher sein würde.

Das dritte Ziel dieser Studie bestand darin, den Einfluss präoperativer Risikofaktoren auf die primären Endpunkte Krankenhausaufenthaltsdauer nach Rekonstruktion und die Sterblichkeit im Krankenhaus zu untersuchen. Unsere Hypothese lautete, dass fortgeschrittenes Alter, ein höherer Body-Mass-Index (BMI), weibliches Geschlecht, das Vorliegen von Komorbiditäten wie Diabetes mellitus Typ 2 oder COPD, eine größere Wundgröße und die Notwendigkeit präoperativer intensivmedizinischer Überwachung (präReko-ICU) mit einer längeren LOS nach der Rekonstruktion und einer erhöhten Sterblichkeit im Krankenhaus assoziiert wären.

Tabelle 3: Ziele und Merkmale der aktuelle Studie

Art der Studie	Monozentrische, retrospektive, vergleichende Beobachtungsstudie
Vergleichende Analysen zwischen:	<ol style="list-style-type: none"> 1. gestielten vs freien Lappen 2. pLD- vs fALT-Lappen 3. FC- vs MC-Lappen.
Primäre Endpunkte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Länge des Krankenhausaufenthalts nach der Rekonstruktion 2. Mortalitätsrate während des Krankenhausaufenthaltes
Sekundäre Endpunkte	<ol style="list-style-type: none"> 1. Postoperative Komplikationen 2. Revisionseingriffe
Weitere Ziele	Einfluss präoperativer Risikofaktoren auf das Outcome

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Eine monozentrische retrospektive Studie wurde in der Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Mikrochirurgie / Handchirurgie des Klinikums Ernst von Bergmann in Potsdam durchgeführt. Dabei wurden Patientenakten von Januar 2009 bis Dezember 2020 analysiert. In die Studie wurden alle Patienten der Klinik eingeschlossen, bei denen nach einem kardiothorakalen Eingriff eine TSWI nach medianer Sternotomie diagnostiziert wurde. Das Ziel der Studie bestand darin, das Ergebnis verschiedener Methoden der plastischen Defektdeckung bei dieser Patientengruppe zu vergleichen.

Alle eingeschlossenen Patienten wurden hinsichtlich der in Tabelle 3 aufgeführten primären und sekundären Endpunkte analysiert. Die Patienten wurden entsprechend der durchgeführten Rekonstruktionsmethode in verschiedene Gruppen unterteilt, und es wurde eine vergleichende statistische Analyse zwischen den Gruppen durchgeführt. Für jeden Patienten wurden relevante prä-, peri- und post-operative Parameter erfasst. Als primäre Endpunkte wurden (1) die Krankenhausaufenthaltsdauer nach der Rekonstruktion („length of hospital stay“, LOS) und (2) die Mortalitätsrate während des Krankenhausaufenthalts definiert. Sekundäre Endpunkte umfassten postoperative Komplikationen und die Notwendigkeit einer chirurgischen Revision. Die Nachverfolgung der primären und sekundären Endpunkte war dabei zeitlich beschränkt auf den jeweiligen Krankenhausaufenthalt der plastischen Defektdeckung der TSWI.

2.2 Ethik und Datenschutz

Die Patientendaten wurden pseudonymisiert verarbeitet, gemäß den gesetzlichen Anforderungen des Bundeslandes Brandenburg. Alle Patienten haben schriftlich der Publikation ihrer Studiendaten und Bilder zugestimmt. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Brandenburger Landesärztekammer genehmigt (Zulassungsnummer: 2021-2080-BO-ff, Zulassungsdatum: 09.06.2021).

2.3 Klinisches Management und Algorithmus zur Lappenauswahl

2.3.1 Überweisung vom Herzzentrum, Indikationsstellung

Alle in diese Studie eingeschlossenen Patienten wurden von spezialisierten Herzzentren überwiesen, basierend auf der Diagnose TSWI gemäß den Richtlinien des CDC, bei denen die mediane Sternotomie mehr als sechs Wochen vor der Überweisung durchgeführt wurde. Vor der Überweisung in unser Zentrum hatten alle Patienten bereits chirurgische Debridements durchlaufen. In einigen Fällen war zuvor auch ein erfolgloser Rekonstruktionsversuch mit einem PMM Lappen unternommen worden. Die Indikation für den chirurgischen Eingriff bestand in der Infektionskontrolle, der Reduzierung des Sepsisrisikos, der Abdeckung der Wunde im Sternalbereich zum Schutz vitaler Strukturen sowie der Verbesserung der sternalen Stabilität.

2.3.2 Interdisziplinäres TSWI Team

Vor der Durchführung der Therapieplanung wurde jeder Fall innerhalb eines interdisziplinären Teams diskutiert, bestehend aus plastischen Chirurgen, Kardiologen, Anästhesisten, Radiologen und Intensivmedizinern. Es fanden regelmäßige Konferenzen mit dem Team der zuweisenden Kardiochirurgen statt.

2.3.3 Bildmorphologische Untersuchung, Debridement, Entfernung Osteosynthesematerial

Zur Beurteilung des Ausmaßes der Osteomyelitis im Sternum, einer Mediastinitis oder Identifikation retrosternaler Abszessformationen wurde bei Aufnahme eine Computertomographie durchgeführt, die auch bei der Operationsplanung unterstützend wirkte. Serielle chirurgische Debridements wurden durchgeführt, um die Infektion zu sanieren (Abbildung 6). Dieser Prozess umfasste eine totale/subtotale Sternektomie (basierend auf intraoperativen und computertomographischen morphologischen Beurteilungen), das Entfernen aller Osteosynthesematerialien (zur Beseitigung von Biofilmen) und den Einsatz von Vakuumtherapie zwischen den Debridements.

Abbildung 6: Intraoperative Bilder vor (links) und nach (mittig) Debridements einer tiefen sternalen Wundinfektion, sowie Einsatz von Vakuumtherapie (rechts)



2.3.4 Antibiotikatherapie

Bei Patienten mit histopathologisch gesicherter sternaler Osteomyelitis wurde eine Antibiotikatherapie für mindestens sechs Wochen durchgeführt. Die Auswahl der Antibiotika erfolgte basierend auf mikrobiologischen Befunden von Gewebeprobe, die während der Operation unter sterilen Bedingungen nach Debridement, Spülung und Handschuhwechsel des Operationsteams entnommen wurden. Das individuelle Therapieregime wurde in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung für Infektiologie festgelegt. Die am häufigsten identifizierten Erreger waren Staphylokokken, Streptokokken, Enterokokken und/oder Pseudomonaden. Vor Beginn der Antibiotikatherapie wurden die Erreger auf ihre Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Antibiotika getestet.

2.3.5 Ernährungsberatung, Blutzucker Einstellung, Physiotherapie

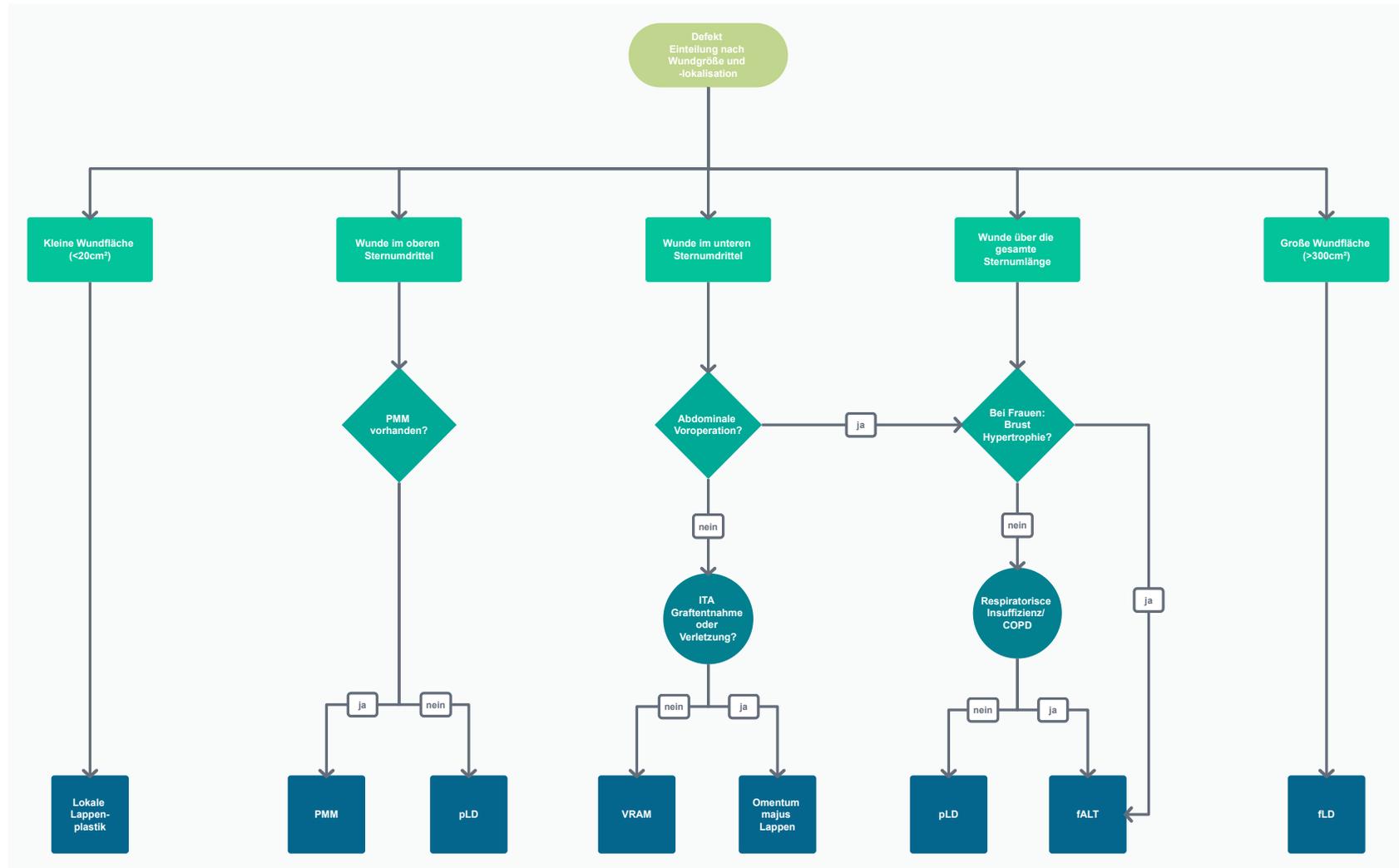
Vor der Rekonstruktionsoperation wurden alle Patienten einer ernährungsmedizinischen Untersuchung durch einen Ernährungsberater unterzogen. Bei festgestellten Unter- oder Mangelerscheinungen wurden Nahrungsergänzungsmittel substituiert. Patienten mit diagnostiziertem Diabetes erhielten eine endokrinologische Konsultation, um die perioperativen Blutzuckerwerte zu optimieren. Eine besondere Gewichtung wurde auf die physiotherapeutische Betreuung und Atemübungen gelegt.

2.3.6 Auswahl Lappenplastik

Die Wahl der geeigneten Lappenplastik für die Rekonstruktion der Thoraxwand basierte auf verschiedenen Faktoren, wie der endgültigen Wundgröße nach seriellem Debridement, der Position des Defekts am Sternum, den individuellen Komorbiditäten

des Patienten und früheren Operationen. Zur Vereinfachung dieses Entscheidungsprozesses wurde ein zentrumsspezifischer Algorithmus entwickelt (siehe Abbildung 1 [22]). Standardisierte Operationsverfahren wurden für die Entnahme des Lappens angewendet. Bei der Entnahme von Latissimus dorsi (LD) oder anterolateralen Oberschenkel- (ALT) Lappen wurde die nicht-dominante Seite bevorzugt. Für die Anastomose wurde die A. thyroidea superior bevorzugt, es sei denn, es gab eine relevante Diskrepanz zwischen den Gefäßdiametern. In diesen Fällen wurde als Alternative die A. und V. facialis verwendet.

Abbildung 7: Der Behandlungsalgorithmus des Zentrums unterstützt die Lappenauswahl bei der Rekonstruktion von Defekten nach tiefen sternalen Wundinfektionen [22]



2.4 Datenerfassung

Für die Durchführung der retrospektiven Analyse wurden die vorhandenen Daten aus elektronischen Dokumentationen, Patientenakten und bildgebenden Untersuchungen verwendet. Alle Daten wurden pseudonymisiert mittels Microsoft Excel for MAC Version 16.26 (One Microsoft Way, Redmond, WA 98052-6399) gesammelt, um eine strukturierte Erfassung und Verarbeitung zu ermöglichen.

2.5 Statistische Analyse

Zur Untersuchung der Daten auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test mit einem Signifikanzniveau von $p < .05$ genutzt. Da die meisten Variablen kein Gaußsches Verteilungsmuster aufwiesen, wurde für die weiteren Analysen nicht-parametrische Testverfahren angewandt. Der Mann-Whitney-Test wurde verwendet, um zwei Gruppen miteinander zu vergleichen, während der Kruskal-Wallis-Test für den Vergleich von mehr als zwei Gruppen verwendet wurde. Kategoriale Variablen wurden mittels Chi-Quadrat-Test oder, falls erforderlich, mittels exaktem Fisher-Test analysiert. Zusammenhänge zwischen kontinuierlichen Variablen wurden mit dem Spearman-Korrelationskoeffizienten ermittelt.

Auf der Grundlage der signifikanten Ergebnisse der univariaten Analyse wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt, um zu untersuchen, ob bestimmte Variablen eine Vorhersage für die primären Endpunkte LOS nach Rekonstruktion und Mortalitätsrate während des Krankenhausaufenthalts ermöglichen. Vor der Durchführung der Regressionsanalyse wurden Annahmen wie Normalverteilung, Linearität, Homogenität der Variablen, das Fehlen von Multikollinearität und das Fehlen von Messfehlern überprüft. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < ,05$ festgelegt. Die Effektgröße wurde mittels Pearsons Korrelationskoeffizient als r^{35} ermittelt. Die statistische Analyse wurde mit der IBM SPSS Statistiksoftware für Macintosh (Version 26) durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Inkludierte Patienten

In der Zeitspanne von Januar 2009 bis Dezember 2020 wurden insgesamt N=165 Patienten mit TSWI in der Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Mikrochirurgie / Handchirurgie des Klinikums Ernst von Bergmann in Potsdam behandelt. Von diesen Patienten wurden N=152 nach ausreichender Infektionskontrolle mit einer der N=12 verschiedenen Rekonstruktionstechniken (siehe Tabelle 4) zur Defektdeckung der TSWI-Wunde versorgt. Bei N=13 Patienten wurde keine plastische Rekonstruktion durchgeführt, bevor sie entlassen wurden oder verstarben.

Von der Gesamtzahl der Patienten verstarben während ihres Krankenhausaufenthalts N=29 (17,6%) Patienten. Davon verstarben N=9 (5,5%) vor dem Rekonstruktionsversuch und N=20 (13,2%) nach dem Rekonstruktionsversuch. Die spezifischen Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Tabelle 4: Rekonstruktionstechniken, die bei der Rekonstruktion von tiefen sternalen Wundinfektion-Defekten in unserer Klinik durchgeführte wurden

<i>Lokale Lappen</i>	Lokale Propeller Lappen	17
<i>Gestielte Lappen</i>	pLD	52
	PMM	18
	pVRAM	15
	Omentum majus	3
	pLD und PMM	1
<i>Freie Lappen</i>	fALT	24
	fLD	12
	DFF	6
	fTMG	2
	fVRAM	2
pLD: Latissimus dorsi-Lappen, gestielt; PMM: Pectoralis major Lappen; pVRAM: Vertical rectus abdominis Muskellappen, gestielt; fALT: freier anterolaterale Oberschenkel Lappen, fLD: Latissimus dorsi Lappen, frei; DFF: Double free flap, fTMG: transverser Musculus gracilis Lappen, frei; fVRAM: Vertical rectus abdominis Muskellappen, frei		

Tabelle 5: Ausgangsmerkmale von Patienten, die mit einer tiefen sternalen Wundinfektion (TSWI, n=165) aufgenommen wurden, und Patienten, die sich nach einer TSWI einer Rekonstruktion unterzogen haben (n=152) [22]

Parameter	Gesamteinweisungen (n=165)	Patienten mit Rekonstruktions-Operation (n=152)
Alter: <i>M ± SD, Mdn, min, max</i>	68,5 ± 9,7, 70, 37, 86	67,8 ± 9,6, 69, 37, 84
Geschlecht: <i>männlich / weiblich:</i> <i>n(%)</i>	117 (70,9%) / 48 (29,1%)	110 (72,4%) / 42 (27,6%)
BMI (n = 140/134): <i>M ± SD, Mdn,</i> <i>min, max</i>	30,1 ± 5,3, 29,7, 19,5, 47,3	30,1 ± 5,3, 29,6, 19,5, 47,3
COPD: <i>n(%)</i>	35 (21,2%)	33 (21,7%)
Nikotinabusus (aktuell/Zustand nach): <i>n(%)</i>	37 (22,4%)	36 (23,7%)
Diabetes: <i>n(%)</i>	100 (60,6%)	92 (60,5%)
Perioperative Medikamente		
ASS	158 (95,8%)	146 (96,1%)
Clopidogrel	12 (7,3%)	11 (7,2%)
Sonstig (Heparin - therapeutisch, Argatroban)	53 (32,3%)	48 (31,6%)
Indikation für mediane Sternotomie: <i>n(%)</i>		
CABG	121 (73,3%)	113 (74,3%)
CABG & biologischer Aortenklappenersatz	13 (7,9%)	13 (8,6%)
Biologischer Aortenklappenersatz	12 (7,3%)	11 (7,2%)
CABG & sonstige Indikation	7 (4,2%)	6 (3,9%)
Sonstige Indikation ¹	12 (7,3%)	9 (5,9%)
Wundlokalisation (n = 124/124): <i>n(%)</i>		
Oberes, mittleres und unteres Sternumdrittel	84 (67,7%)	84 (67,7%)
Mittleres und unteres Sternumdrittel	20 (16,1%)	20 (16,1%)
Oberes und mittleres Sternumdrittel	10 (8,1%)	10 (8,1%)
Mittleres Sternumdrittel	6 (4,8%)	6 (4,8%)
Oberes Sternumdrittel	2 (1,6%)	2 (1,6%)
Unteres Sternumdrittel	2 (1,6%)	2 (1,6%)

Tabelle 5 (fortgesetzt):

Parameter	Gesamteinweisungen (n=165)	Patienten mit Rekonstruktions-Operation (n=152)
Wundgröße (cm²) (n = 115/111) <i>M ± SD, Mdn, min, max</i>	168,7 ± 132,3, 144, 6, 750	172 ± 133,1, 144, 6, 750
Histologische Bestätigung einer sternalen Osteomyelitis (n = 161/152)	156 (96,9%)	147 (96,7%)
ASA (n = 157/152): 2 / 3 / 4: n(%)	5 (3,2%) / 142 (90,4%) / 10 (6,4%)	5 (3,3%) / 138 (90,8%) / 9 (5,9%)
Gesamte LOS (verstorbene Patienten ausgeschlossen, n = 29/20), (Tage): M ± SD, Mdn, min, max	41,3 ± 20,1, 38, 3, 119	41,8 ± 20,0, 38, 6, 119
LOS nach Rekonstruktion (verstorbene Patienten ausgeschlossen, n = 29/20), (Tage): M ± SD, Mdn, min, max	26,3 ± 17,1, 22, 2, 105	26,3 ± 17,1, 22, 2, 105
Mortalität im Krankenhaus		
Exitus letalis nach Verlegung in unser Zentrum, aber vor der Rekonstr. ² : n(%)	9 (5,5%)	-
Exitus letalis nach Rekonstr. ³ : n(%)	20 (12,1%)	20 (13,2%)
Gesamtmortalität: n(%)	29 (17,6%)	-

¹ Weitere Indikationen waren der mechanische Aorten- oder Mitralklappenersatz, die Resektion eines apikalen Aneurysmas oder eine Kombination von Indikationen.

² Todesursache vor der Rekonstruktion: Multiorganversagen aufgrund einer Sepsis infolge einer sternalen Osteomyelitis (4 von 9, 44,4 %), Blutungskomplikationen (3 von 9, 33,3 %) und kardialen Ursprungs (2 von 9, 22,2 %).

³ Todesursache nach Rekonstruktion: Ateminsuffizienz (9 von 20, 45 %), Multiorganversagen durch Sepsis (9 von 20, 45 %) und dekompensierte Herzinsuffizienz (2 von 20, 10 %)

Abkürzungen; ASA: Klassifizierungssystem für den physischen Status der American Society of Anesthesiologists, LOS: Länge des Krankenhausaufenthalts, TSWI: tiefe sternale Wundinfektion.

3.2 Ausgangskriterien nach Art der verwendeten Lappenplastik

Die Wahl, welche Lappenplastik bei der Rekonstruktion verwendet wurde, basierte auf unserem eigenen Zentrumsalgorithmus. Nur eine Minderheit der Fälle wurde bei geringem Defektausmaß mit einem lokalen Lappen behandelt (N=17; 11,2 %). Die Mehrheit der Patienten (N=135; 88,8%) wiesen größere Wunddefekte auf, die mit einem gestielten Lappen (N=89; 58,6%) oder einem freien Lappen (N=46; 30,3%) rekonstruiert wurden. In Fällen, wo gestielte Lappenplastiken durchgeführt wurden, erhielten 52 (58,4%) einen gestielten Latissimus dorsi Lappen (pLD), während in der Gruppe der Patienten mit freiem Lappen 24 (52,2%) einen freien anterolateralen Oberschenkelappen (*free anterolateral thigh flap*, fALT) erhielten. Diese beiden Lappenplastiken werden im Studienzentrum entsprechend häufig für die Rekonstruktion von TSWI-Defekten eingesetzt und gelten daher als "*workhorse flaps*". Die Patientenmerkmale, Verteilung zwischen gestieltem oder freiem Lappen, pLD oder fALT und muskulokutanem (MC) oder fasziokutanem (FC) Lappen sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Prä-, intra- und postoperative Merkmale von Patienten in den (1) Gruppen mit gestielten/freien Lappen, (2) Gruppen mit pLD/fALT-Lappen und (3) Gruppen mit fasziokutanen/myokutanen Lappen [22]

	Gestielt vs. frei		pLD vs. fALT		Fasziokutan (FC) vs. myokutan (MC)	
	Gestielt (n=89)	Frei (n=46)	pLD (n=52)	fALT (n=24)	MC (n=101)	FC (n=24)
Alter: Mdn (min-max)	69 (42-84)	70 (49-82)	71 (48-84)	69 (50-79)	69 (42-84)	69 (50-79)
Geschlecht: männlich / weiblich: n (%)	65 (73) / 24 (27)	31 (67,4) / 15 (32,6)	37 (71,2) / 15 (28,8)	11 (45,8) / 13 (54,2)*	77 (76,2) / 24 (23,8)	11 (45,8) / 13 (54,2)**
BMI (kg/m ²): Mdn (min-max)	29,9 (20,8-46,4)	29,5 (19,5-47,3)	30,1 (21,9-43,8)	30 (19,5-47,3)	29,7 (20,8-46,4)	30 (19,5-47,3)
COPD (y/n): n (%)	21 (23,6)	10 (21,7)	12 (23,1)	3 (12,5)	25 (24,8)	3 (12,5)
Diabetes (y/n): n (%)	58 (65,2)	26 (56,5)	35 (67,3)	12 (50)	66 (65,3)	12 (50)
Debridement-Zahl vor Reko.: Mdn (min-max)	2 (0-5)	2 (0-9)	2 (0-5)	3 (0-9)*	2 (0-5)	3(0-9)**
Wundgröße (cm ²): Mdn (min-max)	144 (12-375)	209 (65-750)**	180 (30-375)	160 (90-360)	165 (8-750)	160 (90-360)
Schnitt-Naht Zeit (Min): Mdn (min-max)	234 (95-441)	384 (209-951)***	279 (125-441)	368 (221-533)***	248 (65-951)	368 (221-533)***
Prä-Reco. ICU- Therapie (j/n): n (%)	17 (19,1)	12 (26,1)	11 (21,2)	5 (20,8)	23 (22,8)	5 (20,8)
Post-Reco. ICU- Therapie (Tage): Mdn (min-max) ¹	4 (1-74)	3 (1-57)	3 (1-74)	3 (1-57)	4 (1-74)	3 (1-57)
Post-Reco. Pneumonie (j/n): n (%) ²	12 (13,5)	14 (30,4)*	9 (17,3)	7 (29,2)	16 (15,8)	7 (29,2)
Gesamte LOS ³ (days): Mdn (min-max)	38 (18-96)	47,5 (19-119)*	39,5 (18-96)	46 (19-103)	38 (14-96)	46 (19-103)
LOS nach Reko. ³ , (Tage): Mdn (min-max)	23 (7-89)	28 (10-105)	24,5 (10-89)	26 (10-82)	23 (7-89)	26 (10-82)
Mortalität im Krankenhaus (y/n): n (%)	10 (11,2)	8 (17,4)	6 (11,5)	3 (12,5)	13 (12,9)	3 (12,5)

pLD: gestielte Latissimus dorsi Lappen; fALT: *free anterolateral thigh flap*; COPD: Chronische Obstruktive Pulmonale Krankheit; ICU: Intensivstation; LOS: Krankenhausaufenthaltdauer; Reko.: Rekonstruktion; *** $p < ,001$, ** $p < ,01$, * $p < ,05$

¹ Nur Patienten, die nach der Rekonstruktion auf der Intensivstation aufgenommen wurden (61,8 % und 80,8 % der Gruppe mit gestielten und pLD Lappen, 100 % aus der Gruppe mit freien, fALT und fasziokutanen Lappen bzw. 67,3 % der Gruppen mit myokutanen Lappen), wurden in die Berechnung einbezogen und nicht die gesamte Kohorte.

²Relatives Risiko einer Lungenentzündung nach Rekonstruktion bei Patienten in der Gruppe mit gestieltem Lappen im Vergleich zur Gruppe mit freiem Lappen = 0,44 (95 %-KI: 0,22–0,88). Dies bedeutet, dass das Risiko einer Lungenentzündung nach Rekonstruktion mit gestieltem Lappen 44 % im Vergleich zu Rekonstruktion mit freiem Lappen beträgt.

³Verstorbene Patienten ausgeschlossen.

3.3 Postoperative Resultate, Komplikationen und chirurgische

Revisionen

Bei einem Vergleich zwischen (1) gestielten und freien Lappen, (2) pLD und fALT Lappen, sowie (3) muskulokutanen (MC) und fasziokutanen (FC) Lappen wurden keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der primären Endpunkte (LOS nach Rekonstruktion und Mortalitätsrate während des Krankenhausaufenthalts) festgestellt (Tabelle 6). Die Häufigkeit spezifischer Komplikationen und die Notwendigkeit chirurgischer Revisionen sind in den Tabellen 7 und 8 aufgeführt.

Tabelle 7: Chirurgische Komplikationen nach Defektabdeckung mit Gruppenvergleich [22]

	Gesamt	Gestielt vs. frei		pLD vs. fALT		MC vs. FC	
	(n=135)	Gestielt (n=89)	Frei (n=46)	pLD (n=52)	fALT (n=24)	MC (n=101)	FC (n=24)
Totaler Lappenverlust	6 (4,4)	1 (1,1)	5 (10,9)*	0 (0)	2 (8,3)	3 (3)	2 (8,3)
Lappen-Teilverlust / Dehiszenz Empfängerareal	65 (48,1)	43 (48,3)	22 (48,9)	26 (50)	11 (45,8)	49 (48,5)	11 (45,8)
Dehiszenz Hebeareal	19 (14,1)	12 (13,5)	7 (15,2)	9 (17,3)	2 (8,3)	13 (12,9)	2 (8,3)
Serom - Empfängerareal	10 (7,4)	6 (6,7)	4 (8,7)	4 (7,7)	4 (16,7)	6 (5,9)	4 (16,7)
Serom - Hebeareal	14 (10,4)	13 (14,6)	1 (2,2)*	13 (25)	0 (0)*	14 (13,9)	0 (0)*
Hämatom - Empfängerareal	25 (18,5)	13 (14,6)	12 (26,1)	5 (9,6)	10 (41,7)*	14 (13,9)	10 (41,7)*
Hämatom - Hebeareal	10 (7,4)	8 (9)	2 (4,3)	8 (15,4)	2 (8,3)	8 (7,9)	2 (8,3)
Wundinfektion - Empfängerareal	14 (10,4)	13 (14,6)	1 (2,2)*	6 (11,5)	0 (0)	14 (13,9)	0 (0)*
Wundinfektion - Hebeareal	6 (4,4)	4 (4,5)	2 (4,3)	3 (5,8)	0 (0)	4 (4)	0 (0)

Die Daten werden absolut (in Prozent) dargestellt. *Exakter Fisher-Test (2x2-Tabelle): $p < ,05$ (+1-seitig)

pLD: gestielter Latissimus dorsi Lappen, fALT: freier anterolateraler Oberschenkellappen. FC: Fasziokutaner Lappen. MC: Myokutaner Lappen

Tabelle 8: Revisionseingriffe und deren Verteilung pro Gruppe mit Gruppenvergleichen [22]

	Gesamt (n=135)	Gestielt vs. frei		pLD vs. fALT		MC vs. FC	
		Gestielt (n=89)	Frei (n=46)	pLD (n=52)	fALT (n=24)	MC (n=101)	FC (n=24)
Debridement – Empfängerareal	32 (23,7)	17 (19,1)	15 (32,6)	10 (19,2)	7 (29,2)	20 (19,8)	7 (29,2)
Revision Lappenplastik	8 (5,9)	1 (1,1)	7 (15,2)*	1 (1,9)	3 (12,5)	5 (5)	3 (12,5)
Hämatomausräumung - Empfängerareal	19 (14,1)	13 (14,6)	6 (13,0)	7 (13,5)	5 (20,8)	13 (12,9)	5 (20,8)
Seromausräumung - Empfängerareal	9 (6,7)	7 (7,9)	2 (4,3)	5 (9,6)	1 (4,2)	8 (7,9)	1 (4,2)
Seromausräumung - Hebeareal	13 (9,6)	12 (13,5)	1 (2,2)*	12 (23,1)	0 (0)*	13 (12,9)	0 (0)
Debridement – Hebeareal	6 (4,4)	2 (2,2)	4 (8,7)	2 (3,8)	0 (0)	2 (2)	0 (0)
Sekundäre Rekonstruktion Restdefekt†	43 (31,9)	25 (28,1)	18 (39,1)	14 (26,9)	6 (25)	32 (31,7)	6 (25)

Die Daten werden absolut (in Prozent) dargestellt. *Exakter Fisher-Test (2x2-Tabelle): $p < ,05$, $+ p = ,06$

† Sekundärverschluss, Hauttransplantation, lokaler/gestielter/freier Lappen

pLD: gestielter Latissimus-dorsi-Lappen. fALT: freier anterolateraler Oberschenkellappen. FC: Faszioskutaner Lappen. MC: Myokutaner Lappen.

3.4 Kovariablen für den Postrekonstruktionsverlauf

In einer univariaten Analyse wurde der Einfluss der Wundgröße (in cm^2) auf die primären und sekundären Endpunkte untersucht. Bei den Patienten, die eine Defektabdeckung mit einem gestielten oder freien Lappen erhielten (N=135), wurde festgestellt, dass die Wundgröße in der Gruppe mit freien Lappen größer war als in der Gruppe mit gestielten Lappen ($U=723,5$, $z=-2,612$, $p < ,01$). Es wurden mehrere Beobachtungen hinsichtlich der Wundgröße gemacht, die in Tabelle 9 aufgeführt sind.

Tabelle 9: Korrelation zwischen Wundgröße und Komplikationen sowie Outcome nach Rekonstruktion [22]

Parameter und Wundgröße (cm²)	Schlussfolgerung
Inzidenz von Komplikationen nach der Rekonstruktion Aufgetreten - <i>Mdn</i> = 180, <i>range</i> = 725 Nicht aufgetreten - <i>Mdn</i> = 120, <i>range</i> = 363	Patienten mit einem größeren WG waren anfälliger für die Entwicklung einer chirurgischen Komplikation nach der Rekonstruktion (<i>U</i> = 761, <i>z</i> = -2,331, <i>p</i> = ,02)
Inzidenz einer Dehiszenz an der Entnahmestelle nach Lappenanhebung Aufgetreten - <i>Mdn</i> = 220, <i>range</i> = 396 Nicht aufgetreten - <i>Mdn</i> = 160, <i>range</i> = 738	Patienten mit einem größeren WG waren anfälliger für die Entwicklung einer Dehiszenz an der Entnahmestelle nach Lappenanhebung (<i>U</i> = 418, <i>z</i> = -2,075, <i>p</i> = ,038)
Inzidenz von Revisionsoperationen aufgrund einer chirurgischen Komplikation Aufgetreten - <i>Mdn</i> = 180, <i>range</i> = 720 Nicht aufgetreten - <i>Mdn</i> = 130, <i>range</i> = 363	Bei Patienten mit einem größeren WG war die Wahrscheinlichkeit höher, dass eine Revisionsoperation aufgrund einer chirurgischen Komplikation erforderlich war (<i>U</i> = 834, <i>z</i> = -2,706, <i>p</i> = ,007)
Erfordernis Intensivstation-Therapie direkt vor der Rekonstruktion Ja - <i>Mdn</i> = 198, <i>range</i> = 685 Nein - <i>Mdn</i> = 144, <i>range</i> = 464	Bei Patienten mit einem größeren WG war die Wahrscheinlichkeit höher, dass sie unmittelbar vor der Rekonstruktion Therapie auf die Intensivstation benötigten (<i>U</i> = 513, <i>z</i> = -2,415, <i>p</i> = ,016)
Exitus letalis im Krankenhaus Ja - <i>Mdn</i> = 225, <i>range</i> = 510 Nein - <i>Mdn</i> = 160, <i>range</i> = 738	Bei Patienten mit einem größeren WG war die Wahrscheinlichkeit höher, dass sie während des Krankenhausaufenthalts verstarben (<i>U</i> = 345, <i>z</i> = -2,218, <i>p</i> = ,027)
Gesamte LOS / LOS nach Rekonstruktion	Bei Patienten mit einem größeren WG war die Wahrscheinlichkeit höher, dass sie ein längeres Gesamt-LOS (<i>r_s</i> = ,326, <i>p</i> = ,002) sowie LOS nach der Rekonstruktion (<i>r_s</i> = ,397, <i>p</i> < ,001) benötigten.

WG: Wundgröße; LOS: Krankenhausaufenthaltdauer

Die Lokalisation der Wunde, aufgeteilt in (1) die oberen zwei Drittel, (2) die unteren zwei Drittel oder (3) das gesamte Sternum, zeigte ebenfalls einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen der gestielten und freien Lappenplastiken ($\chi^2(2) = 9,428$, *p* < ,01; Fisher–Freeman–Halton exact test = 10,13, *p* < ,004). Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Verteilung der Wundlokalisation je nach Lappengruppe [22]

	Gestielt vs. frei		pLD vs. fALT		MC vs. FC	
	Gestielt	Frei	pLD	fALT	MC	FC
Gesamte Sternumlänge	66,7%	92,1%	78,7%	88,9%	72,8%	88,9%
Obere zwei Drittel Sternum	9,7%	5,3%	10,6%	11,1%	8,6%	11,1%
Untere zwei Drittel Sternum	23,6%	2,6%	10,6%	0%	18,5%	0%

In Bezug auf die LOS nach der Rekonstruktion wurde ein signifikanter Effekt zwischen Patienten mit unterschiedlichen Wundlokalisationen festgestellt ($H(2) = 9,619$, $p = ,008$). Eine Post-hoc-Analyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen Patienten in der Gruppe mit Wunden im Bereich der unteren zwei Drittel des Sternums im Vergleich zu Patienten mit Wunden, die das gesamte Sternum betrafen ($p = ,006$, *Bonferroni-adjusted*). In den anderen Gruppenvergleichen wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt.

Es wurde beobachtet, dass die Mortalitätsrate nach der Lappenrekonstruktion höher war, wenn vor der Operation eine Intensivstationsbetreuung erforderlich war. Von den Patienten, die direkt vor der Rekonstruktions-Operation auf der Intensivstation betreut wurden, verstarben N=12 von 29 Patienten (41,4%). Im Gegensatz dazu verstarben nur N=6 von 106 Patienten (5,7%), die vor der Operation keine Intensivstationsbetreuung benötigten (*exakter Fisher-Test*, $p < ,001$). Das relative Risiko, während der Operation zu versterben, war 7,3-mal höher (95%-Konfidenzintervall: 3-18) für einen Patienten, der direkt von der Intensivstation in den Operationssaal gebracht wurde, im Vergleich zu einem Patienten, der die Nacht vor der Rekonstruktionsoperation auf der Normalstation verbracht hatte. Die Indikationen für die Intensivstationsbetreuung vor der Operation waren nicht-invasive Beatmung aufgrund von Ateminsuffizienz (N=22 von 29 Patienten, 75,9%), Einsatz von Katecholaminen zur Kreislaufunterstützung (N=3 von 29 Patienten, 10,3%), perioperatives Delirium (N=1 von 29 Patienten, 3,4%) oder eine Kombination dieser Indikationen (N=3 von 29 Patienten, 10,3%).

4 Diskussion

Die Rekonstruktion von TSWI-Wunden bleibt herausfordernd, insbesondere nach vorangegangenem frustriertem Rekonstruktionsversuch. Trotz größerer Defektausmaße in der Gruppe, die mit freien Lappenplastiken behandelt wurde, ergaben die Vergleiche zwischen den Gruppen, in denen eine Wundabdeckung mittels gestielter oder freier Lappenplastik nach medianer Sternotomie durchgeführt wurde, keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Krankenhausaufenthaltsdauer nach der Rekonstruktion und der Sterblichkeitsrate im Krankenhaus. Dies gilt trotz einer erhöhten Lappenverlustrate und einer längeren Operationszeit in der Gruppe mit freiem Lappen.

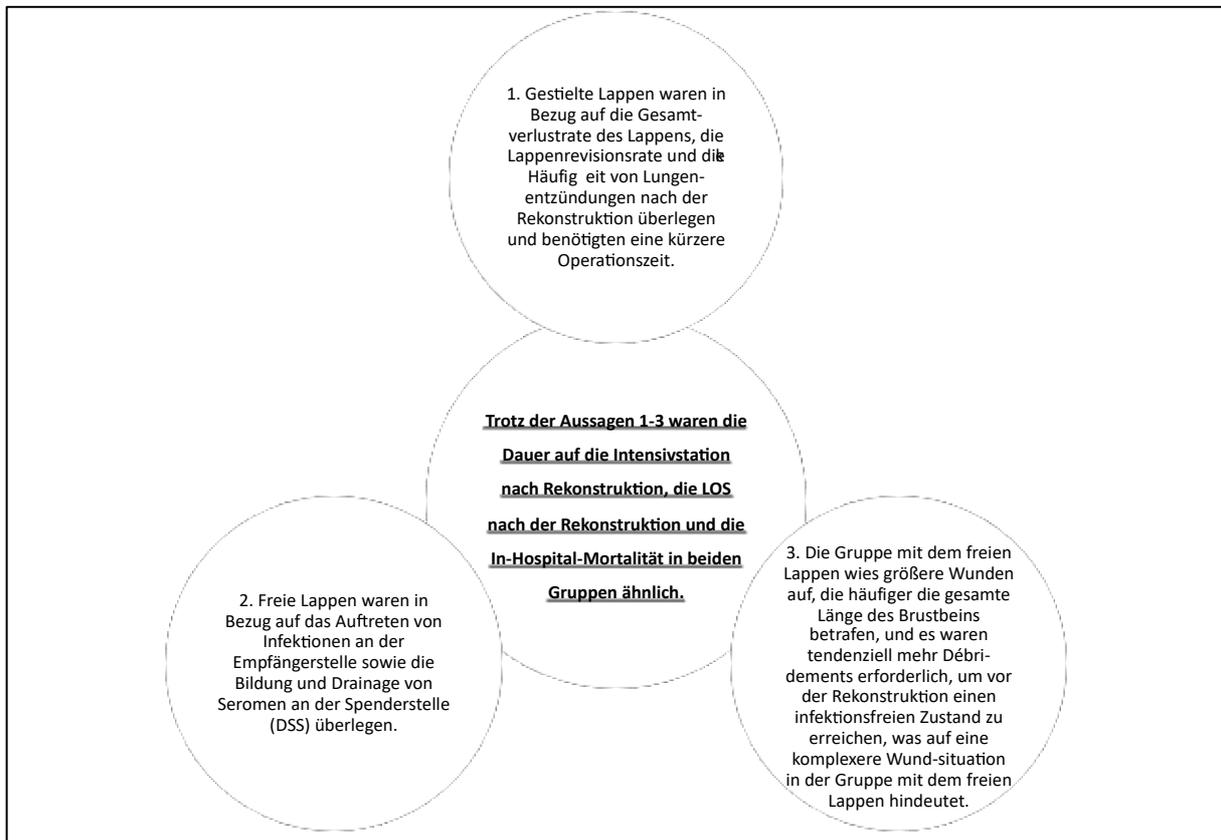
Um potenzielle Einflussfaktoren zu berücksichtigen, wurde ein Vergleich zwischen den "*workhorse flaps*" des Zentrums, dem gestielten Latissimus dorsi Lappen (pLD) und dem freien anterolateralen Oberschenkelappen (fALT), durchgeführt. Trotz des höheren Risikoprofils in der fALT-Gruppe, was durch einen erhöhten Anteil weiblicher Patienten als unabhängiger Risikofaktor gekennzeichnet war, wurden ähnliche Ergebnisse hinsichtlich der primären Endpunkte erzielt. Dies legt nahe, dass der Einsatz eines freien Lappens eine sinnvolle Ergänzung zur Defektrekonstruktion bei TSWI darstellt.

In dieser Studie wurde auch untersucht, ob bei der Defektrekonstruktion von TSWI ein myokutaner (MC) Lappen im Vergleich zu einem fasziokutanen (FC) Lappen Vorteile in Bezug auf postoperative Infektionen bietet. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass FC-Lappen in Bezug auf die Infektionskontrolle genauso wirksam waren wie MC-Lappen.

Die Ergebnisse betonen die Vorteile des umfassenden Behandlungsalgorithmus, der in unserem Zentrum entwickelt wurde. Durch die Anwendung dieses Algorithmus können auch komplexe Wunden mit vorherigem Lappenverlust und gleichzeitigem Vorliegen erheblicher Komorbiditäten erfolgreich behandelt werden.

4.1 Freie Lappen zur Deckung von Sternumdefekten

Vergleicht man gestielte mit freien Lappen, so lassen sich folgende Aussagen treffen:
Abbildung 8: Schlussfolgerungen aus dem Vergleich der freien und gestielten Lappengruppen



LOS: Krankenhausaufenthaltsdauer

Ein möglicher Grund für die geringere Inzidenz von Empfängerstelleninfektionen in der Gruppe der freien Lappen könnte darin liegen, dass bei diesen Patienten keine Tunnelierung für den Lappenstiel unter minderperfundiertem Gewebe erforderlich ist, insbesondere nach der Entnahme der A. thoracica interna (ITA). Dies kann zu einer geringeren lokalen Infektionsrate führen. Die größere Flexibilität bei der Platzierung von freien Lappen im Vergleich zu gestielten Lappen ermöglicht auch eine effizientere Positionierung des zentralen Teils des Lappens über den problematischsten Bereichen der Wunde. Ein weiterer Unterschied besteht in der signifikant höheren Rate von Seromen an der Spenderstelle (DSS) bei gestielten Lappen. Dies ist wahrscheinlich auf den höheren Anteil von LD-Lappen in der gestielten Lappengruppe im Vergleich zur freien Lappengruppe zurückzuführen (58,4 % vs. 26,1 %, $p < ,05$),

wobei die Bildung von DSS eine bekannte, häufige Komplikation bei LD-Lappen ist [19].

Die beobachtete höhere Rate an postoperativen Pneumonien bei der Verwendung freier Lappen im Vergleich zu gestielten Lappen konnte nicht allein durch die längere Schnitt-Naht-Zeit und die damit verbundene längere intraoperative Beatmungszeit erklärt werden. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte das seit vielen Jahren praktizierte perioperative Management in der freien Lappenchirurgie sein, wie beispielsweise die verzögerte Mobilisierung der Patienten nach der Operation. Im Laufe der Zeit wurde das postoperative Behandlungsregime des Zentrums daher angepasst, um Patienten nach freier Lappenplastik so früh wie möglich mobilisieren zu können.

4.2 Der freie ALT im Vergleich mit dem gestielten Latissimus dorsi

Lappen

Beim Vergleich der gestielten LD-Lappengruppe mit der freien ALT-Lappengruppe zeigte sich eine Ähnlichkeit in Bezug auf die Ausgangscharakteristika der Wundgröße und -lokalisation. Dies ermöglichte einen besseren Vergleich der postoperativen Komplikationen und der Notwendigkeit einer chirurgischen Revision. In der gestielten LD-Gruppe war die Häufigkeit von DSS-Bildung und Drainagen höher, während in der freien ALT-Gruppe die Bildung von Hämatomen an der Empfängerstelle häufiger auftrat. Zudem wurde eine längere Operationszeit in der freien ALT-Gruppe festgestellt. Allerdings hatten diese lappenspezifischen Unterschiede keinen Einfluss auf die untersuchten primären Endpunkte, wie die Dauer des Krankenhausaufenthalts nach der Rekonstruktion, die Sterblichkeitsrate im Krankenhaus sowie die Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation nach der Rekonstruktionsoperation.

Ein signifikanter Unterschied in den Ausgangsmerkmalen zwischen der gestielten LD- und der freien ALT-Lappengruppe bestand in der Geschlechterverteilung. Die freie ALT-Gruppe wies einen höheren Anteil weiblicher Patienten auf im Vergleich zur gestielten LD-Gruppe. Dieser Unterschied sollte bei der Betrachtung der chirurgischen Ergebnisse berücksichtigt werden, da das weibliche Geschlecht als unabhängiger Risikofaktor mit erhöhten Morbiditäts- und Mortalitätsraten bei der Rekonstruktion von TSWI-Defekten assoziiert ist [42]. Die ungleiche Verteilung der Geschlechter in den

beiden Gruppen könnte auch auf einen Selektionsbias aufgrund des Behandlungsalgorithmus unseres Zentrums für TSWI zurückzuführen sein. Gemäß diesem Algorithmus bevorzugen wir bei weiblichen Patienten mit Mammahypertrophie den Einsatz des freien ALT-Lappens gegenüber dem gestielten LD-Lappen, um die Gesamtkomplikationsrate zu senken [16]. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass das Brustgewebe nach der Entnahme der ITA für koronare Bypassoperationen eine verminderte Durchblutung aufweisen kann, was auch bei einigen der im Rahmen dieser Studie untersuchten Patienten der Fall war [43]. Das minderperfundierte Brustgewebe, insbesondere in der Nähe der Defektzone, war bei mehreren Patientinnen ebenfalls infiziert (Abbildung 9). Die Untertunnelung des gestielten LD-Lappens unter dem infizierten Brustgewebe könnte das Risiko einer lokalen Wundinfektion, eines teilweisen Lappenverlusts, einer lokalen Wunddehiszenz oder einer Dehiszenz an der Entnahmestelle erhöhen. Das Anheben des gestielten LD-Lappens und das Untertunneln des Pectoralis-Muskels könnten die Durchblutung des Brustgewebes weiter beeinträchtigen, insbesondere bei Frauen nach der ITA-Entnahme, da die akzessorische Blutversorgung der Brust zusätzlich belastet wird. Daher vermeiden wir durch die Verwendung des freien ALT-Lappens in ausgewählten Fällen von Frauen mit Mammahypertrophie die Untertunnelung des Gewebes unter der minderperfundierten und potenziell infizierten hypertrophen Brust.

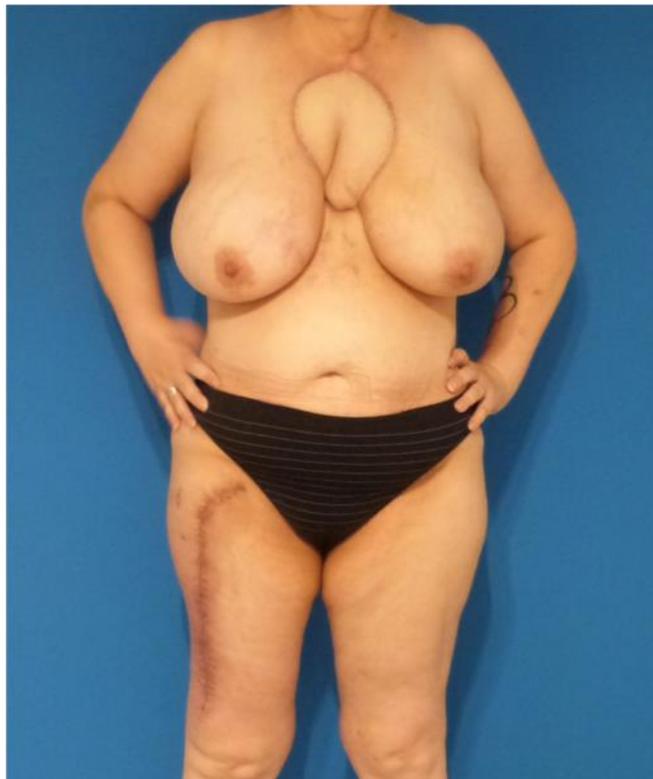
Abbildung 9: Extremes Beispiel einer Patientin mit einer tiefen sternalen Wundinfektion und teil-nekrotischen Brüsten bei Mammahypertrophie



Abbildung 10: Postoperative Bilder nach gestieltem Latissimus dorsi Lappen bei einer Patientin mit einer tiefen sternalen Wundinfektion und Mammahypertrophie mit postoperativen Lappen-Teilverlust (links) und Hebeareal Dehiszenz (rechts)



Abbildung 11: Postoperative Bilder nach freiem anterolateralen Oberschenkel-Lappen bei einer Patientin mit einer tiefen sternalen Wundinfektion und Mammahypertrophie



Im Rahmen des Behandlungsalgorithmus unseres Zentrums wurden neben der Mammahypertrophie drei weitere wichtige Indikationen für die Verwendung von freien Lappen bei der Rekonstruktion identifiziert: (1) ein vorheriger erfolgloser Rekonstruktionsversuch mit einem gestielten Lappen, (2) eine sehr große Defektgröße und (3) eine beeinträchtigte Atemfunktion. Diese Indikationen sind in Tabelle 11 dargestellt.

Tabelle 11: Indikationen für freie Lappenplastik bei TSWI Wunde

- Regionale Lappen aufgrund früherer Operationen nicht möglich
- Große Wunde und/oder Wunde über die gesamte Länge des Sternums
- Weibliche Patienten mit Brusthypertrophie
- Beeinträchtigte Atmungsfunktion, COPD

TSWI: tiefe sternale Wundinfektionen; COPD: chronisch obstruktive Lungenerkrankung

Viele Patienten, die in unser Zentrum mit einer TSWI überwiesen wurden, hatten bereits erfolglose Rekonstruktionsversuche mit gestielten Lappen, insbesondere dem Pectoralis major Muskel (PMM), hinter sich, weshalb dieser Ansatz ausgeschlossen wurde. Zudem wiesen viele Patienten große Defekte auf, die mit einem einzelnen gestielten Lappen nicht ausreichend bedeckt werden konnten. Obwohl der gestielte Latissimus dorsi (LD)-Lappen die Rekonstruktion mittelgroßer bis großer Defekte ermöglichen kann, ist seine Verwendung im unteren Drittel der Wunde ungünstig, da ein Großteil des Lappengewebes unterhalb des Musculus pectoralis verloren geht [23]. Im Vergleich dazu ermöglicht die Verwendung eines freien Lappens eine bessere Abdeckung des Hauptdefekts mit gut durchblutetem Gewebe, da der Lappen flexibler positioniert werden kann [36]. Bei großen Wunden, die einen einzelnen gestielten Lappen nicht ausreichend abdecken kann, ist die Verwendung eines freien Lappens im Vergleich zur Kombination mehrerer gestielter Lappen bevorzugt [25,36]. Schließlich ist zu beachten, dass bei gängigen gestielten Lappenrekonstruktionen für Sternumwunden ein akzessorischer Atemmuskel, wie der Pectoralis-, Latissimus-dorsi- oder Rectus-abdominis-Muskel, geopfert werden muss. Dies kann insbesondere bei Patienten mit chronisch-obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) oder Ateminsuffizienz nachteilig sein. Bei solchen Patienten ermöglicht die Verwendung eines freien Lappens wie dem ALT die Schonung der akzessorischen Atemmuskeln und kann eine Verschlechterung der Atemfunktion vermeiden [33].

4.3 Vorteile von Muskellappen bei Osteomyelitis des Sternums?

Es wurde lange Zeit angenommen, dass Muskellappen bei der Behandlung von Osteomyelitiswunden überlegen sind, da sie den debridierten Knochen mit gut durchblutetem Gewebe versorgen können [44,45]. In jüngster Zeit sind jedoch Zweifel an diesem Konzept aufgekommen, da mehrere Studien vergleichbare Ergebnisse zwischen myokutanen und fasziokutanen Lappen bei der Behandlung von

Osteomyelitis berichtet haben [46,47]. Diese Ergebnisse wurden auch in Ihrer Studie bestätigt, in der die Ergebnisse der fasziokutanen Lappen-Gruppe (fALT) mit denen der myokutanen Lappen-Gruppe (gestielte oder freie Muskel-Lappen wie Latissimus dorsi, Rectus abdominis, Pectoralis major und transversaler myokutaner Gracilis-Lappen) vergleichbar waren.

Entgegen der langjährigen Annahme, dass Muskellappen bei Osteomyelitiswunden besser sind als Nicht-Muskellappen, zeigte Ihre Studie tatsächlich eine höhere Rate an Infektionen an der Empfängerstelle in der myokutanen Lappen-Gruppe im Vergleich zur fasziokutanen Lappen-Gruppe. Es ist wichtig anzumerken, dass alle Lappen in der fasziokutanen Lappen-Gruppe als freie Lappen verwendet wurden, während die Mehrheit der Lappen in der myokutanen Lappen-Gruppe als gestielte Lappen verwendet wurden. Die bessere Positionierung der freien Lappen ermöglicht eine optimale Abdeckung des debridierten knöchernen Gewebes des Brustbeins, was die Überlegenheit der fasziokutanen Lappen gegenüber den Muskellappen in Bezug auf Infektionen an der Empfängerstelle erklären könnte.

Daraus lässt sich schließen, dass sowohl myokutane als auch fasziokutane Lappen zur Behandlung von Osteomyelitis des Sternums verwendet werden können, wobei eine wichtige Voraussetzung ein angemessenes Wunddebridement vor der Rekonstruktion ist. Die Entscheidung für den Einsatz eines bestimmten Lappens sollte individuell getroffen werden, unter Berücksichtigung der spezifischen Merkmale des Patienten und der Wundbedingungen.

Obwohl vergleichende Studien zwischen muskulären und nicht-muskulären Lappen zur Brustwandrekonstruktion nach Sternum-Osteomyelitis fehlen, gibt es begrenzte Berichte über die erfolgreiche Behandlung von TSWI mit fasziokutanen Lappen [23,38]. Diese Berichte deuten darauf hin, dass fasziokutane Lappen eine potenziell wirksame Option für die Rekonstruktion von TSWI sein können. Um definitivere Aussagen treffen zu können, sind weitere Studien wie die aktuelle [22] erforderlich, die die Ergebnisse der TSWI-Wundrekonstruktion mit myokutanen und fasziokutanen Lappen vergleichen. Somit wird die Entscheidungsfindung in der klinischen Praxis verbessert.

4.4 Prädiktoren für das Outcome

In unserer Patientenkohorte stellten sich die Wundgröße und die Notwendigkeit einer präoperativen Intensivtherapie (präReko-ICU) als signifikante Prädiktoren für den Krankenhausaufenthalt (LOS) nach der Defektabdeckung heraus. Größere Wunden waren mit einem erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen, eine höhere Revisionsrate und eine erhöhte Krankenhaussterblichkeit assoziiert (Tabelle 9). Durch die Anwendung einer hierarchischen multiplen Regression wurde ein lineares Regressionsmodell entwickelt, um das LOS nach der Rekonstruktion basierend auf der Wundgröße vorherzusagen. Anhand dieses Modells wurde eine Formel zur Vorhersage des LOS nach der Rekonstruktion erstellt, die es ermöglicht, dass für jeden Patienten ein geschätzter Aufenthalt von ca. 20 + x Tagen (x berechnet nach Wundgröße, siehe Tabelle 12) angenommen werden kann. Obwohl die Anwendbarkeit der Formel auf andere Zentren möglicherweise nicht einheitlich ist, kann die Methodik zur Ableitung der Formel leicht an die Bedürfnisse anderer Zentren angepasst werden. Dadurch könnten auch andere Zentren ihre eigene Formel entwickeln, um den geschätzten LOS ihrer Patienten mit TSWI nach der Rekonstruktion zu bestimmen.

Tabelle 12: Variablen zur Vorhersage der Dauer des Krankenhausaufenthalts (LOS) nach der Rekonstruktion [22]

Multiple (hierarchische) Regression: Vorhersage der Dauer des Krankenhausaufenthalts nach der Rekonstruktion (n = 81)			
	B	SE B	β
Schritt 1			
Konstant	19,494	2,603	
Wundgröße	0,041	0,014	,309**
Schritt 2			
Konstant	22,699	3,322	
Wundgröße	0,029	0,016	,217
Gesamte Sternum vs unterer Bereich	-6,001	3,85	-,190
Gesamte Sternum vs oberer Bereich	-2,692	5,579	-,023
$R^2 = ,095$ für Schritt 1 ($F(1,79) = 8,311, p = ,005$), $\Delta R^2 = ,028$ für Schritt 2 ($F_{\text{change}}(2,79) = 1,232, p > ,05$). ** $p < ,01$.			

Basierend auf den univariaten Analysen wurden die Variablen Wundgröße und Wundlokalisierung verwendet, um die LOS nach der Rekonstruktion in einer hierarchischen multiplen Regression vorherzusagen. Eingeschlossen wurden Patienten, die einen gestielten oder freien Lappen erhalten hatten (N=135). Patienten, die vor oder nach der Rekonstruktion verstarben, wurden ausgeschlossen (n=29), wohingegen ein Outlier in das Outcome (z-Score=3,7) und vier Outlier mit standardisierten Residuen >3 identifiziert und aus der Analyse ausgeschlossen wurden. Wie in der Tabelle angegeben, war nur die variable Wundgröße allein (Schritt 1) in der Lage, die LOS nach der Rekonstruktion signifikant vorherzusagen. Insbesondere schätzt das Modell, dass bei einer Vergrößerung unseres Prädiktors (Wundgröße) um 1 cm² das Modell vorhersagt, dass die LOS nach der Rekonstruktion ebenfalls um 0,041 Tage zunehmen wird. Unter der Annahme, dass die Wunde eines Patienten beispielsweise 50 cm² groß ist, würde die geschätzte LOS nach der Rekonstruktion 21,5 (±SE von 3,3) Tagen betragen (d. h. 19,494_{Tage} + {0,041_{Tage} * 50_{cm2}}). Wenn jedoch die Wundgröße und die Wundlokalisierung in das Modell einbezogen wurden (Schritt 2), konnten keine wesentlichen weiteren Abweichungen erklärt werden, wohingegen die variable Wundgröße ebenfalls zu einem nicht signifikanten Prädiktor wurde.

Formel: LOS nach Rekonstruktion (Tage) = 19,494_{Tage} + (0,041_{Tage} * Wundgröße_{cm2})
(SE)

Es wurde festgestellt, dass eine vorherige Behandlung auf der Intensivstation unmittelbar vor der Rekonstruktionsoperation (präReko-ICU) die Sterblichkeitsrate signifikant vorhersagen kann. In dieser Studie zeigte sich, dass Patienten, die die Nacht vor der Rekonstruktion auf der Intensivstation verbrachten, ein 7,3-fach höheres relatives Sterberisiko aufwiesen. Es konnte jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen präReko-ICU-Therapie und einer längeren Aufenthaltsdauer nach der Defektabdeckung festgestellt werden.

Die vorliegende Studie ergab, dass bekannte Risikofaktoren wie Alter, weibliches Geschlecht, BMI, COPD und Diabetes [42,48] keinen signifikanten Einfluss auf die untersuchten primären Endpunkte der Studie, nämlich die Aufenthaltsdauer nach der Rekonstruktion und die Sterblichkeit im Krankenhaus, hatten. Um potenzielle negative

Auswirkungen des weiblichen Geschlechts und von COPD auf den postoperativen Verlauf zu minimieren, wurde in unserem Zentrum ein Algorithmus entwickelt. Dieser Algorithmus berücksichtigt diese Parameter und sieht die bevorzugte Verwendung von freien Lappenrekonstruktionen bei Patienten mit diesen Risikofaktoren vor. Durch die Integration dieser Parameter in den Algorithmus und die gezielte Auswahl der Rekonstruktionsmethode konnte das Risiko bei diesen Patientengruppen reduziert werden.

Der entwickelte Algorithmus (siehe Abbildung 1) berücksichtigt das weibliche Geschlecht und COPD als Parameter und priorisiert die Verwendung von freien Lappenrekonstruktionen bei Patienten mit diesen Risikofaktoren. Dieser Algorithmus kann eine wertvolle Methode sein, um das Ergebnis der ausgewählten Patientengruppen zu verbessern. Es ist jedoch von großer Bedeutung, dass dieser Algorithmus kontinuierlich überprüft, validiert und gegebenenfalls an die spezifischen Bedürfnisse und Gegebenheiten des Patientenkollektivs angepasst wird.

4.5 Behandlungsalgorithmus

Obwohl es keinen allgemein anerkannten Behandlungsalgorithmus für die Rekonstruktion dieser oft komplexen Defekten gibt, haben mehrere Zentren über ihre eigenen Behandlungsstrategien berichtet [49–52]. Das Patientenkollektiv dieser Studie unterscheidet sich von den Arbeiten anderer Zentren insofern, dass bei 96,9% aller Patienten eine histologische Bestätigung der sternalen Osteomyelitis vorlag und dass die Patienten wesentlich größere Wundflächen aufwiesen (Median von 144 cm²).

Die Rekonstruktion von TSWI-Defekten mittels freier Lappenplastik wurde sowohl in der vorliegenden Studie als auch in einigen anderen Studien gezeigt [25,36,53] als eine mögliche Alternative zu gestielten Lappen mit vergleichbaren Ergebnissen zwischen den beiden Gruppen. Insbesondere der freie ALT bietet aufgrund der genannten Vorteile eine attraktive Option [39,41,54] und sollte daher in den auf Tabelle 11 aufgeführten Situationen in Betracht gezogen werden.

Der PMM wird als Lappen der ersten Wahl zur Behandlung von TSWI-Defekten angesehen, da er über einen zuverlässigen Stiel verfügt (der nicht durch die Entnahme der ITA beeinträchtigt wird), einen ausreichenden Rotationsbogen zu allen Bereichen

des Brustbeins mit Ausnahme des untersten Teils aufweist [29] und leicht zu präparieren ist. Es wurden sogar endoskopisch unterstützte Methoden für die Entnahme beschrieben [55]. Der Grund für die scheinbar geringe Anwendungshäufigkeit des Lappens in unserem Patientenkollektiv liegt darin, dass eine beträchtliche Anzahl unserer Patienten bereits einen erfolglosen Rekonstruktionsversuch mit dem PMM-Lappen in ihren zuweisenden Herzzentren hinter sich hatte.

4.6 Empfängergefäß bei der freien Lappenrekonstruktion von TSWI-Wunden

Es gibt weiterhin eine laufende Diskussion über das optimale Empfängergefäß bei der freien Lappenrekonstruktion von TSWI-Wunden, wobei verschiedene Optionen in der Literatur beschrieben wurden, darunter die Arteria thyroidea superior (Abbildung 12) und inferior, die Arteria mammaria interna, die Arteria carotis communis, die Arteria cervicalis transversalis, die Arteria gastroepiploica und arteriovenöse Loops [23–25,34–36,56]. In unserem Zentrum bevorzugen wir aus folgenden Gründen die Verwendung der Arteria thyroidea superior:

Tabelle 13: Die Arteria thyroidea superior als Anschlussgefäß bei der Rekonstruktion von TSWI Wunden

Die Präparation ist relativ einfach und schnell

Es wird kein arteriovenöser Gefäß-Loop benötigt, was eine einzeitige Rekonstruktion ermöglicht [25,33,36]

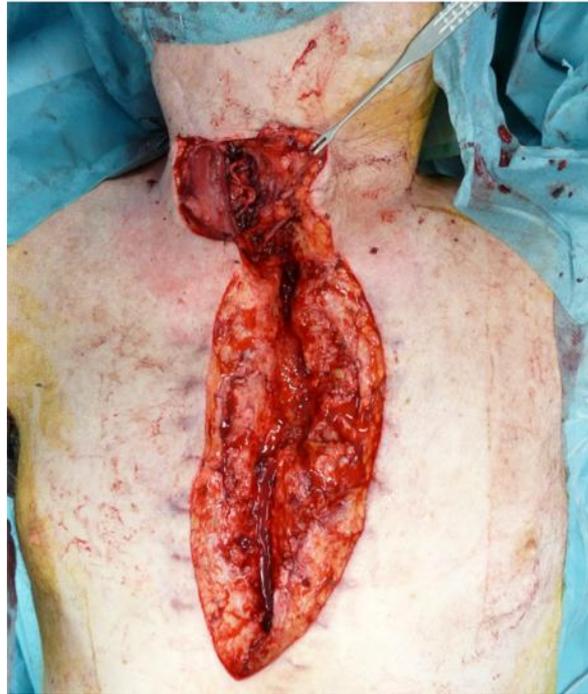
Das Gefäß liegt abseits der Infektionszone [57]

Mehrere Möglichkeiten für eine venöse Anastomose im Halsbereich

Keine weitere Unterbrechung der Blutversorgung des Sternums (wie z.B. bei der Verwendung der ITA als Empfängergefäß [58])

TSWI: tiefe sternale Wundinfektionen; ITA: Arteria thoracica interna

Abbildung 12: Präparation der Arteria thyroidea superior



4.7 Limitationen

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf eine spezifische, risikoreiche Untergruppe von Patienten mit thorakalen Defektwunden nach kardiochirurgischem Eingriff, nämlich solche mit einer TSWI, bei denen die Primärrekonstruktion fehlgeschlagen ist und bei denen eine bestätigte Osteomyelitis und ausgedehnte Wundflächen vorliegen. Es ist anzumerken, dass die Ergebnisse möglicherweise nicht auf alle Patienten mit TSWI generalisierbar sind. Dennoch bietet der präsentierte Algorithmus Empfehlungen zur Lappenauswahl für die Rekonstruktion von TSWI-Wunden, die auch für Patienten ohne ein solches spezifisches Risikoprofil relevant sein können. Daher kann der Algorithmus bei der Rekonstruktion von TSWI-Wunden im Allgemeinen angewendet werden.

Eine weitere Einschränkung der vorliegenden Studie besteht darin, dass nicht alle rekonstruktiven Verfahren von demselben Operateur durchgeführt wurden, was potenziell die Vergleichbarkeit der Ergebnisse beeinflussen kann. Zudem ist die ungleiche Verteilung der Geschlechter in den Gruppen der freien ALT- und gestielten LD-Lappen eine Form von Selektions-Bias. Weitere Einschränkungen beinhalten den retrospektiven Charakter der Studie, die Verwendung von Daten aus einem einzelnen Krankenhaus, sowie Probleme bei der vollständigen Erfassung der Daten aufgrund einiger fehlender Werte für relevante Parameter.

5 Zusammenfassung

Trotz Fortschritten in der Behandlung von tiefen sternalen Wundinfektionen (TSWI) verbleibt die Sternumosteomyelitis eine gefürchtete Komplikation nach medianer Sternotomie mit hoher Morbidität und Mortalität. Die vorliegende Studie hat einen neuen Behandlungsalgorithmus für die Rekonstruktion dieser komplexen Wunden vorgeschlagen. Eine freie Lappenrekonstruktion bei TSWI-Defekten sollte in folgenden Fällen in Betracht gezogen werden: (a) regionale Lappen sind aufgrund früherer Operationen nicht möglich; (b) es liegt eine sehr große Wundfläche und/oder eine Wunde über die gesamte Länge des Sternums vor; (c) weibliche Patienten mit Mammahypertrophie sind betroffen; (d) Patienten zeigen eine eingeschränkte Atemfunktion oder chronische pulmonale Lungenerkrankung. Bei der Untersuchung möglicher Prädiktoren für das Behandlungsergebnis erwiesen sich die Wundgröße und die Notwendigkeit einer intensivmedizinischen Behandlung vor der Rekonstruktion als die wichtigsten Faktoren. Eine Untergruppenanalyse ergab vergleichbare chirurgische Ergebnisse für myokutane und fasziokutane Lappen, wobei eine höhere Rate an postoperativen lokalen Wundinfektionen bei myokutanen Lappen festgestellt wurde. Insbesondere bei großen Defekten erwiesen sich freie Lappen als mögliche Option zur Deckung des Defekts nach TSWI. Die Patienten in der Gruppe mit freiem anterolateralen Oberschenkel (ALT)-Lappen zeigten vergleichbare Behandlungsergebnisse wie die Patienten in der Gruppe mit gestielten Latissimusdorsi-Lappen. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass freie Lappen im Allgemeinen und insbesondere der freie ALT-Lappen nicht nur eine mögliche Option im Behandlungsrepertoire bei der Behandlung von TSWI darstellen, sondern auch in einen noch fehlenden standardisierten Behandlungsalgorithmus aufgenommen werden sollten.

6 Literaturverzeichnis

1. Milton H. Mediastinal surgery. *Lancet* 1897;1:872-5.
2. Dalton ML, Connally SR, Sealy WC. Julian's reintroduction of Milton's operation. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1992;53:532-3.
3. Group PMS. Risk factors for deep sternal wound infection after sternotomy: a prospective, multicenter study. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 1996;111:1200-7.
4. Hever P, Singh P, Eiben I, Eiben P, Nikkhah D. The Management of Deep Sternal Wound Infection: Literature Review and Reconstructive Algorithm. *Jpras Open*.
5. Breyer RH, Mills SA, Hudspeth AS, Johnston FR, Cordell AR. A Prospective Study of Sternal Wound Complications. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1984;37:412-6.
6. Harder Y, Krapf J, Rieck B, Schaefer DJ, Djedovic G, Kutschka I, et al. Der tiefe sternale Wundinfekt nach Sternotomie. *Handchirurgie Mikrochirurgie Plast Chir*. 2021;53:519-25.
7. Horan TC, Andrus M, Dudeck MA. CDC/NHSN surveillance definition of health care-associated infection and criteria for specific types of infections in the acute care setting. *Am J Infect Control*. 2008;36:309-32.
8. Bryant LR, Spencer FC, Trinkle JK. Treatment of median sternotomy infection by mediastinal irrigation with an antibiotic solution. *Annals of surgery*. 1969;169:914-20.
9. D Scully HE, Leclerc Y, Martin RD, Tong CP, Goldman BS, Weisel RD, Mickleborough LL, Baird RJ. Comparison between antibiotic irrigation and mobilization of pectoral muscle flaps in treatment of deep sternal infections. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1985;90:523-31.
10. Luckraz H, Murphy F, Bryant S, Charman SC, Ritchie AJ. Vacuum-assisted closure as a treatment modality for infections after cardiac surgery. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2003;125:301-5.
11. Domkowski PW, Smith ML, Jr DLG, Drye C, Wooten MK, Levin LS, et al. Evaluation of vacuum-assisted closure in the treatment of poststernotomy mediastinitis. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2003;126:386-9.
12. Jurkiewicz MJ, Bostwick J, Hester TR, Bishop JB, Craver J. Infected median sternotomy wound. Successful treatment by muscle flaps. *Ann Surg*. 1980;191:738-44.
13. Pairolero PC, Arnold PG. Management of recalcitrant median sternotomy wounds. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 1984 Sep;88(3):357-64.

14. Nahai F, Rand RP, Hester TR, Bostwick J, Jurkiewicz MJ. Primary treatment of the infected sternotomy wound with muscle flaps: a review of 211 consecutive cases. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1989;84:434–41.
15. Jones G, Jurkiewicz MJ, Bostwick J, Wood R, Bried JT, Culbertson J, et al. Management of the infected median sternotomy wound with muscle flaps. The Emory 20-year experience. *Ann Surg*. 1997;225:766-76-discussion 776-8.
16. Landes G, Harris PG, Sampalis JS, Brutus J-P, Cordoba C, Ciaburro H, et al. Outcomes in the Management of Sternal Dehiscence by Plastic Surgery. *Ann Plast Surg*. 2007;59:659–66.
17. Lemaignan A, Birgand G, Ghodhbane W, Alkhoder S, Lolom I, Belorgey S, et al. Sternal wound infection after cardiac surgery: incidence and risk factors according to clinical presentation. *Clinical Microbiology and Infection*. 2015;21:674.e11-674.e18.
18. Li Y-H, Zheng Z, Yang J, Su L-L, Liu Y, Han F, et al. Management of the extensive thoracic defects after deep sternal wound infection with the rectus abdominis myocutaneous flap. *Medicine*. 2017;96:e6391-5.
19. Spindler N, Kade S, Spiegl U, Misfeld M, Josten C, Mohr F-W, et al. Deep sternal wound infection – latissimus dorsi flap is a reliable option for reconstruction of the thoracic wall. *BMC Surg*. 2019;19:1–10.
20. Weinzweig N, Yetman R. Transposition of the Greater Omentum for Recalcitrant Median Sternotomy Wound Infections. *Ann Plas Surg*. 1995;34:471–7.
21. Kolbenschlag J, Hörner C, Sogorski A, Goertz O, Ring A, Harati K, et al. Sternal Reconstruction with the Omental Flap? Acute and Late Complications, Predictors of Mortality, and Quality of Life. *J Reconstr Microsurg*. 2018;34:376–82.
22. Georgiou I, Ioannou CI, Schmidt J, Eschborn J, Mostofizadeh-Haghighi G, Infanger M, et al. Free Flaps in Sternal Osteomyelitis After Median Sternotomy: A Center's 12-Year Experience. *J Reconstr Microsurg*. 2022;
23. Dornseifer U, Kleeberger C, Ehrl D, Herter F, Ninkovic M, Iesalnieks I. Arteriovenous Loop–Independent Free Flap Reconstruction of Sternal Defects after Cardiac Surgery. *J reconstr Microsurg*. 2016;32:506–12.
24. Banic A, Ris HB, Erni D, Striffeler H. Free latissimus dorsi flap for chest wall repair after complete resection of infected sternum. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1995;60:1028–32.
25. Reichenberger MA, Harenberg PS, Pelzer M, Gazyakan E, Ryssel H, Germann G, Engel H. Arteriovenous loops in microsurgical free tissue transfer in reconstruction of central sternal defects. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010 Dec;140(6):1283-7
26. Brown R, McCall T, Neumeister M. Use of Free-Tissue Transfer in the Treatment of Median Sternotomy Wound Infections: Retrospective Review. *J Reconstr Microsurg*. 1999;15:171–5.

27. Levy AS, Ascherman JA. Sternal Wound Reconstruction Made Simple. *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2019;7:e2488-6.
28. Arnold PG, Pairolero PC. Use of Pectoralis Major Muscle Flaps to Repair Defects of Anterior Chest Wall. *Plast Reconstr Surg*. 1979;63:205–13.
29. Pairolero PC, Arnold PG, Harris JB. Long-term results of pectoralis major muscle transposition for infected sternotomy wounds. *Annals of surgery*. 1991;213:583-9-discussion 589-90.
30. Schulman NH, Subramanian V. Sternal Wound Reconstruction: 252 Consecutive Cases. The Lenox Hill Experience. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2004;114:44–8.
31. Hallock GG. Viability of the vertical rectus abdominis musculocutaneous flap in the rat following prior internal mammary artery ligation. *Eur J Plast Surg*. 1996;19:289–92.
32. Cohen M, Yaniv Y, Weiss J, Greif J, Gur E, Wertheim E, Shafir R. Median sternotomy wound complication: the effect of reconstruction on lung function. *Ann Plast Surg*. 1997;39(1):36-43.
33. Beier JP, Horch RE. Sternumosteomyelitis – chirurgische Behandlungskonzepte. *Der Chirurg*. 2016;1–14.
34. Wettstein R, Erni D, Berdat P, Rothenfluh D, Banic A. Radical sternectomy and primary musculocutaneous flap reconstruction to control sternal osteitis. *The Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2002;123:1185–90.
35. Engel H, Pelzer M, Sauerbier M, Germann G, Heitmann C. An innovative treatment concept for free flap reconstruction of complex central chest wall defects—The cephalic-thoraco-acromial (CTA) loop. *Microsurgery*. 2007;27:481–6.
36. Taeger CD, Horch RE, Arkudas A, Schmitz M, Stübinger A, Lang W, et al. Combined free flaps with arteriovenous loops for reconstruction of extensive thoracic defects after sternal osteomyelitis. *Microsurgery*. 2015;36:121–7.
37. Shih Y-J, Chang S-C, Wang C-H, Dai N-T, Chen S-G, Chen T-M, et al. A Simple Protocol for the Management of Deep Sternal Surgical Site Infection: A Retrospective Study of Twenty-Five Cases. *Surgical Infections*. 2014;15:815–20.
38. Kannan RY. The internal mammary artery perforator flap and its subtypes in the reconstruction of median sternotomy wounds. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;152:264–8.
39. Song YG, Chen GZ, Song YL. The free thigh flap: a new free flap concept based on the septocutaneous artery. *Br J Plast Surg*. 1984;37:149–59.
40. Koshima I, Fukuda H, Utunomiya R, Soeda S. The anterolateral thigh flap; variations in its vascular pedicle. *Br J Plast Surg*. 1989;42:260–2.

41. Candia MD, Lie K, Kumiponjera D, Simcock J, Cormack GC, Malata CM. Versatility of the anterolateral thigh free flap: the four seasons flap. *Eplasty*. 2012;12:e21.
42. Kozlow JH, Patel SP, Jejurikar S, Pannucci CJ, Cederna PS, Brown DL. Complications after sternal reconstruction: a 16-y experience. *The Journal of surgical research*. 2015;194:154–60.
43. Wong MS, Kim J, Yeung C, Williams SH. Breast necrosis following left internal mammary artery harvest: a case series and a comprehensive review of the literature. *Ann Plast Surg*. 2008;61:368–74.
44. Mathes SJ, Alpert BS, Chang N. Use of the muscle flap in chronic osteomyelitis: experimental and clinical correlation. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 1982;69:815–29.
45. Ghods M, Grabs R, Kersten C, Chatzopoulos PP, Geomelas M. A Modified Free Muscle Transfer Technique to Effectively Treat Chronic and Persistent Calcaneal Osteomyelitis. *Ann Plast Surg*. 2012;68:599–605.
46. Salgado CJ, Mardini S, Jamali AA, Ortiz J, Gonzales R, Chen H-C. Muscle versus Nonmuscle Flaps in the Reconstruction of Chronic Osteomyelitis Defects. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2006;118:1401–11.
47. Yazar S, Lin C-H, Lin Y-T, Ulusal AE, Wei F-C. Outcome Comparison between Free Muscle and Free Fasciocutaneous Flaps for Reconstruction of Distal Third and Ankle Traumatic Open Tibial Fractures. *Plastic and Reconstructive Surgery*. 2006;117:2468–75.
48. Cotogni P, Barbero C, Rinaldi M. Deep sternal wound infection after cardiac surgery: Evidences and controversies. *World J Crit Care Med*. 2015;4:265–10.
49. Oakley RME, Wright JE. Postoperative mediastinitis: classification and management. *The Annals of Thoracic Surgery*. 1996;61:1030–6.
50. Weinand C, Xu W, Perbix W, Theodorou P, Lefering R, Spilker G. Deep sternal osteomyelitis: An algorithm for reconstruction based on wound width. *Journal of Plastic Surgery and Hand Surgery*. 2013;47:355–62.
51. Ennker I, Bär A, Florath I, Ennker J, Vogt P. In Search of a Standardized Treatment for Poststernotomy Mediastinitis. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;59:15–20.
52. Cauley RP, Barron S, Slatnick B, Maselli A, Kang C, Delvalle D, et al. An Algorithmic Approach to the Surgical Management of Sternal Dehiscence: A Single-Center Experience. *J Reconstr Microsurg*. 2021;38:671–82.
53. Hauser J, Steinau HU, Ring A, Lehnhardt M, Tilkorn DJ. [Sternal osteomyelitis. Etiology, diagnostics and operative therapy concepts]. *Chirurg*. 2014;85:357-65-quiz 366–7.

54. Koshima I, Fukuda H, Soeda S. Free combined anterolateral thigh flap and vascularized iliac bone graft with double vascular pedicle. *J reconstr Microsurg.* 1989;5:55–61.
55. Lin C-H, Lin C-H, Tsai F-C, Lin P-J. Unilateral Pedicled Pectoralis Major Harvested by Endoscopic-Assisted Method Achieves Adequate Management of Sternal Infection and Mediastinitis. *J Reconstr Microsurg.* 2019;35:705–12.
56. Ehl D, Broer PN, Ninkovic M, Giunta RE, Moellhoff N. Extending the Indication of the Superior Thyroid Artery as a Recipient Vessel for Complex Upper Body Defects. *Ann Plas Surg.* 2020;86:551–6.
57. Chiang IH, Chen SG, Wang CH. Treatment of Sternal Wound Infection Using a Free Myocutaneous Flap. *Ann Thorac Surg.* 2015;100:1907–10.
58. Knudsen FW, Andersen M, Niebuhr U, Nielsen PL, Krag C. The Role of the Internal Thoracic Artery in the Sternal Blood Supply. *Scand J Thorac Card.* 1993;27:3–8.

7 Danksagungen

Ich möchte das gesamte Team der Plastischen Chirurgie im Klinikum Ernst von Bergmann in Potsdam herzlich danken. Insbesondere hat mich mein Kollege und Freund Dr. med. Philipp Kruppa bei dem Projekt sehr unterstützt. Besonderen Dank an meinen Promotionsbetreuer Prof. Dr. med. Manfred Infanger für die Möglichkeit und seine Unterstützung während des gesamten Prozesses. Ein herzliches Dankeschön auch an meinen ehemaligen Chefarzt und Mentor PD Dr. med. Mojtaba Ghods für seine Begleitung durch die Jahre.

8 Ehrenerklärung

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

„Retrospektive Analyse komplexer plastischer Defektdeckungen bei Sternum-osteomyelitis nach kardiochirurgischem Eingriff an 152 Patienten“

in der Universitätsklinik für Plastische, Ästhetische und Handchirurgie der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit Unterstützung durch Prof. Dr. med. Manfred Infanger ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Limassol, den 29.06.2024



Iakovos Georgiou

9 Lebenslauf

Zur Person

Name: MUDr. Iakovos Georgiou
Geburtsdatum: 07.11.1986
Geburtsort: Larnaka, Zypern

Ausbildungsweg

04/2022: Facharzt für Plastische, Rekonstruktive und Ästhetische Chirurgie, Landesärztekammer Brandenburg
06/2014: Approbation als Arzt von LaGeSo, Berlin
08/2013 – 04/2014: Sprachkurs für Deutsch, Berlin
09/2007 – 06/2013: Studium an der Karlsuniversität in Prag, Tschechien
Abschluss: MUDr., Doktor der Medizin
07/2005 – 08/2007: Militärdienst (Dienstgrad Feldwebel) in Larnaka, Zypern
09/1998 – 06/2005: Gymnasium "American Academy" in Larnaka, Zypern
A-Levels: Mathematik, Chemie, Biologie, Griechisch

Berufliche Tätigkeit

05/2023 – : Chefarzt der Klinik für Plastische Chirurgie, German Medical Institute, in Limassol, Zypern
01/2023 – 04/2023: Privatpraxis für Plastische Chirurgie in Larnaka, Zypern
06/2022 – 12/2022 : Oberarzt in der Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie Klinik Ernst von Bergmann in Bad Belzig (Chefarzt PD Dr. Ghods)

- 01/2022 – 05/2022 : Funktionsoberarzt in der Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Chirurgie Klinik Ernst von Bergmann in Bad Belzig (Chefarzt PD Dr. Ghods)
- 04/2018 – 12/2021 : Assistenzarzt in der Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive Mikrochirurgie & Handchirurgie Klinikum Ernst von Bergmann in Potsdam (Chefarzt PD Dr. Ghods)
- 05/2018 – 05/2020: Wissenschaftlicher Mitarbeiter Helmholtz Institut Teltow (Institutsleiter Prof. Lendlein) (Teilzeitbeschäftigung)
- 06/2017 – 04/2018: Assistenzarzt in der Sinis Klinik für Plastische und Ästhetische Chirurgie in Berlin (Klinikdirektor Prof. Sinis)
- 06/2016 – 05/2017: Assistenzarzt in der Klinik für Unfallchirurgie der Medizinischen Hochschule Hannover (Klinikdirektor Prof. Krettek)
- 11/2014 – 05/2016: Assistenzarzt in der chirurgischen Abteilung der Sophien Klinik Hannover (Leitender Arzt der Abteilung Chirurgie Dr. Young)

Fellowships, Masterclasses und Hospitationen

- 03/2024: Ästhetische Brustrekonstruktion Masterclass, Madrid (Dr. Antonio Tejerina)
- 07/2023: Hospitation mit Hauptfokus die rekonstruktive und ästhetische Brustchirurgie, Helios Hospital, Berlin-Buch (PD Dr. Oliver Thamm)
- 06/2023: Hospitation mit Hauptfokus die mikrochirurgische Brustrekonstruktion, Sana Hospital, Gerresheim (Prof. Dr. Chris Andree)
- 11/2022: Hospitation mit Hauptfokus die Hauttumoren, Klinikum Gütersloh (Dr. Albrecht Krause-Bergmann)
- 07-09/2022: ISAPS Fellowship, ästhetische Gesicht- und Brustchirurgie Villa Bella, Saló (Prof. Giovanni Botti und Dr. Chiara Botti)

Publikationen

→ **I Georgiou**. Commentary: The Superior Lateral Genicular Artery Flap for Reconstruction of Knee and Proximal Leg Defects. February 2024. CC BY 4.0; Arch Plast Surg 2022; 49(01): V1, DOI: 10.1055/s-0043-1777217

→ **I Georgiou**; C I Ioannou; J Schmidt (MD)¹; J Eschborn; G Mostofizadeh-Haghighi; M Infanger; M Ghods; P Kruppa. Free flaps in sternal osteomyelitis after median sternotomy – a center’s 12-year experience. 2023 Jan 24. doi: 10.1055/s-0043-1761208.

→ German ISAPS members implement partnership with São Tomé and Príncipe establishing the development for future missions. September 2022, ISAPS News, Volume 16, Number 3, pages 34-35

→ Kruppa P, **Georgiou I**, Schmidt J, Infanger M, Ghods M. A 10-Year Retrospective before-and-after Study of Lipedema Surgery: Patient-Reported Lipedema-Associated Symptom Improvement after Multistage Liposuction. Plastic and Reconstructive Surgery. January 2022. DOI: 10.1097/PRS.00000000000008880

→ Eschborn J, Kruppa P, **Georgiou I**, Infanger M, Ghods M. Long-term Results After Autologous Fat Transfer for Treatment of Chronic Lower Extremity Wounds. The International Journal of Lower Extremity Wounds. June 2021. doi:10.1177/15347346211027684

→ Schmidt, J., Kruppa, P., **Georgiou, I.**, Ghods, M. Management of Large Volume Liposuction in Lipedema Patients with von Willebrand Disease: A Systematic Review and Treatment Algorithm. Clin Hemorheol Microcirc.; 2021 Apr 1. doi: 10.3233/CH-201063.

→ Ghods, M., **Georgiou, I.**, Schmidt, J. Kruppa, P. Disease progression and comorbidities in lipedema patients - a 10-year retrospective analysis; Dermatol Ther; 2020 Nov 13;e14534. doi: 10.1111/dth.14534.

→ **Georgiou, I.**, Kruppa, P., Schmidt, J., Ghods, M. Liposuction for Lipedema: Functional Therapy or Aesthetic Procedure?. *Aesth Plast Surg* (2020). <https://doi.org/10.1007/s00266-020-01910-z>

→ Ghods M, **Georgiou I**, Kruppa P; Aktueller Stand der chirurgischen Behandlung des Lipödems; *derm* 4/2020; 340

→ Kruppa P, **Georgiou I**, Biermann N, Prantl L, Klein-Weigel P, Ghods M; Lipedema – Pathogenesis, diagnosis and treatment options. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117: 396–403. DOI: 10.3238/arztebl.2020.0396

→ **Georgiou I**, Kruppa P, Ghods M; Use of a Total Leg Fillet Flap to Cover Multiple Pelvic Pressure Ulcers. *Plast Reconstr Surg Glob Open* 2019;7:e2084; doi: 10.1097/GOX.0000000000002084

→ Ghods M, Kruppa P, Thiels K, **Georgiou I**; Pedicled Anterolateral Thigh Flaps and Their Use in Abdominal Wall Reconstruction - A Case Series. *Adv Plast Reconstr Surg*, 2018; 2(4): 225-229; doi: 10.31700/2572-6684.000153

Vorträge, Keynote Speeches

→ Moderator for the liposuction live masterclass surgery session, 4.-7. October 2023; 1st Lipedema World Congress, Potsdam, Germany

→ Free Flaps in Sternal Osteomyelitis After Median Sternotomy: A Center's 12-Year Experience, poster presentation. 27.-29. May 2023; 1st Mediterranean Conference of Plastic Surgery Innovations; Limassol, Cyprus.

→ Persistent lipedema in patients after bariatric surgery. 28.05.2022; Lipoedema Conference, UK

→ Free Flap Reconstruction in Sternal Osteomyelitis after Cardiothoracic Procedures - a Single Center's 12-Year Experience. 22.10.2021; Plastic Surgery The Meeting, Atlanta – virtual (On-Demand)

→ 12 year experience in defect reconstruction of sternal osteomyelitis wounds using free flaps. 15.10.2021; 51st annual DGPRÄC/25th annual VDÄPC congress, Potsdam

→ Multimorbid patient with extensive multiple recurrent decubitus ulcers. 14.10.2021; 51st annual DGPRÄC/25th annual VDÄPC congress, Potsdam

→ 10-year experience in the surgical treatment of lipedema - the Potsdam concept.
01.10.2020; Clinical Congress 2020, Chicago, Illinois – virtual

→ Pedicled Anterolateral Thigh Flaps and Their Use in Abdominal Wall Reconstruction.
28.09.2019; 50. Jahrestagung der DGPRÄC & 24. Jahrestagung der VDÄPC,
Hamburg

Mitgliedschaften

→ CySPRAS (Cyprus Society of Plastic, Reconstructive and Aesthetic Surgery)

→ ISAPS (International Society of Aesthetic Plastic Surgery, associate member)

→ DGPRÄC (Deutsche Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und
Ästhetischen Chirurgen)

→ Interplast – Germany e.V.

→ Lipoedema UK

→ Founding member of the Ambassador Program for the journal Archives of Plastic
Surgery and journal reviewer

Limassol, den 29.06.2024



Iakovos Georgiou

10 Anlagen

Anlage 1: Erklärung zur strafrechtlichen Verurteilung

Erklärung zur strafrechtlichen Verurteilung

Ich erkläre hiermit, nicht wegen einer Straftat verurteilt worden zu sein, die Wissenschaftsbezug hat.

Limassol, den 29.06.2024

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'G' followed by a horizontal line and a vertical stroke.

Iakovos Georgiou

Anlage 2: Bewertung ausländischer Bildungsnachweise



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG



MEDIZINISCHE
FAKULTÄT

Dekanat der Medizinischen Fakultät, Leipziger Str. 44, 39120 Magdeburg

Herrn
Iakovos Georgiou
cc. Anika Pantke - Chefarztsekretariat
Klinik für Plastische, Ästhetische und Rekonstruktive
Mikrochirurgie/Handchirurgie
Klinikum Ernst von Bergmann
Charlottenstr. 72
14467 Potsdam

Dekanat

Promotionskommission

Otto-von-Guericke-Universität
Medizinische Fakultät
Leipziger Str. 44
39120 Magdeburg

Telefon: +49 391 67-15751
Telefax: +49 391 67-15310

kerstin.schumacher@med.ovgu.de
www.med.uni-magdeburg.de/dek.html

Ihre Zeichen, Ihre Nachricht vom: Unsere Zeichen: Durchwahl: Datum:
09.12.2022

Bewertung ausländischer Bildungsnachweise

Sehr geehrter Herr Georgiou,

Sie informierten uns darüber, dass Sie beabsichtigen, in Deutschland zu promovieren. Die einschlägigen Promotionsordnungen gestatten dies im Allgemeinen, wenn ein äquivalenter Hochschulabschluss nachgewiesen werden kann. Letzteres überprüft eine dafür zuständige Zentralstelle für Ausländisches Bildungswesen in Bonn. Wir haben uns erlaubt, Ihre mitgereichten Unterlagen zu dieser Prüfung heranzuziehen.

Nach Informationen der Zentralstelle für Ausländisches Bildungswesen wird erklärt, dass Ihr Studienabschluss für Medizin an der Karlsuniversität in Prag/Tschechien, gleichwertig mit der deutschen ärztlichen Prüfung ist. Insofern sind wesentliche Voraussetzungen gegeben, dass Sie nach Fertigstellung Ihrer Dissertation diese als Promotionsleistung zum Dr. med. an unserer Fakultät einreichen können.

Die übrigen Details für Ihr Promotionsvorhaben entnehmen Sie bitte der beigelegten Promotionsordnung unserer Fakultät.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. med. Mawrin
Vorsitzender der Promotionskommission

Anlage 3 (als Anhang): I Georgiou; C I Ioannou; J Schmidt; J Eschborn; G Mostofizadeh-Haghighi; M Infanger; M Ghods; P Kruppa. Free flaps in sternal osteomyelitis after median sternotomy – a center’s 12-year experience. 2023 Jan 24. doi: 10.1055/s-0043-1761208.