

AUS DER ABTEILUNG FÜR THORAXCHIRURGIE

Prof. Dr. med. Hans-Stefan Hofmann

DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

KONSERVATIVE UND OPERATIVE VERSORGUNG VON RIPPENFRAKTUREN

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Luisa Forstner

2023

AUS DER ABTEILUNG FÜR THORAXCHIRURGIE

Prof. Dr. med. Hans-Stefan Hofmann

DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

KONSERVATIVE UND OPERATIVE VERSORGUNG VON RIPPENFRAKTUREN

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Luisa Forstner

2023

Dekan:	Prof. Dr. Dirk Hellwig
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Hans-Stefan Hofmann
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Christian Schulz
Tag der mündlichen Prüfung:	16.10.2023

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	6
1.1. Anatomischer Aufbau und Atemmechanik	6
1.2. Epidemiologie.....	8
1.3. Ätiologie	8
1.4. Diagnostik	10
1.5. Klassifikation	12
1.6. Konservative Therapie	14
1.7. Komplikationen.....	18
1.8. Operative Frakturversorgung	20
1.9. Ziele und Fragestellung der Dissertation.....	28
2. Material und Methoden	29
2.1. Studiendesign	29
2.2. Datenerhebung	29
2.3. Übersicht der erhobenen Parameter	30
2.4. Statistische Analyse	31
3. Ergebnisse.....	32
3.1. Zusammensetzung des Patientenkollektivs	32
3.2. Frakturbezogene Daten.....	34
3.3. Krankenhausaufenthalt	38
3.4. Therapiebezogene Parameter / Outcome	43
4. Diskussion	57
4.1. Limitationen der Studie.....	62
5. Zusammenfassung	63
6. Anhang	65
6.a. Abbildungsverzeichnis.....	65
6.b. Tabellenverzeichnis.....	66
7. Literaturverzeichnis.....	67
8. Danksagung.....	

Artt..... Articulationes
 BB.....Barmherzige Brüder
 CI..... Siehe Konfidenzintervall
 COPD.....chronic obstructive pulmonary disease
 COX..... Cyklooxygenasen
 CT.....Computertomografie
 DMV..... duration of mechanical ventilation, dt. Beatmungsdauer
 dt. deutsch
 ECOG..... Eastern Cooperative Oncology Group
 EK..... Erythrozytenkonzentrat
 ES..... gepoolte Odds Ratio
 h-LOS.....hospital-length of stay
 HTX Hämatothorax
 ICD..... International Classification of Diseases and Related Health Problems
 ICR Interkostalraum
 ICU-LOS..... intensive care unit-length of stay
 IQR Interquartilsabstand
 ISS..... injury severity score
 iv..... intravenös
 KH..... Krankenhaus
 KI..... Konfidenzintervall
 M. Musculus
 Mm..... Musculi
 n.....Anzahl
 NSAR..... nichtsteroidales Antirheumatikum
 O2..... Sauerstoff
 OP Operation
 OR Odds Ratio
 p-a posterior-anterior
 PCA patient-controlled analgesia
 PDK Periduralkatheter
 PEEP positive endexpiratory pressure
 PTX..... Pneumothorax
 QUALY quality-adjusted life year

RCTrandomized controlled trial
Sig. Signifikanz
SpO2Sauerstoffsättigung
SSRFsurgical stabilization of rib fractures
SD..... Standardabweichung
TSDThoraxsaugdrainage
VAS visuelle Analogskala
VATS video assisted thoracoscopic surgery
vs..... versus

1. Einleitung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Gegenüberstellung von konservativer und operativer Versorgung von Patienten mit Rippenfrakturen. Als Datengrundlage diente ein Patientenkollektiv aus dem Krankenhaus (KH) Barmherzige Brüder (BB) Regensburg, welches retrospektiv anhand verschiedener Variablen hinsichtlich Outcomes und Charakteristika untersucht wurde.

Gerade bei älteren Patienten zeigen Rippenfrakturen eine hohe Prävalenz. Der Anteil der 67-jährigen Personen und älter an der Gesamtbevölkerung Deutschlands betrug im Jahr 2020 19,5%. In 40 Jahren soll diese Zahl nach Daten der Bundeszentrale für politische Bildung auf 27,4% steigen (1). Durch diesen Zuwachs der älteren Bevölkerungsgruppen, verbunden mit einer höheren Lebenserwartung/Aktivität im Alter, werden diese Verletzungen in Zukunft sicherlich ein noch häufigeres Krankheitsbild darstellen und ein adäquates Behandlungskonzept wird gefragt sein werden.

Im Folgenden wird eine Einführung in die Thematik der Rippenfrakturen gegeben, welche als Basis für die spätere Analyse und Diskussion dieser Dissertation dient.

1.1. Anatomischer Aufbau und Atemmechanik

Der knöcherner Anteil des menschlichen Thorax besteht aus dem Sternum, zwölf Rippenpaaren und der Brustwirbelsäule mit insgesamt zwölf Segmenten. Die Rippen eins bis sieben werden als „Costae verae“ (dt. echt) bezeichnet, da sie direkt über Knorpel am Brustbein befestigt sind. Die darunter liegenden drei Rippen werden als

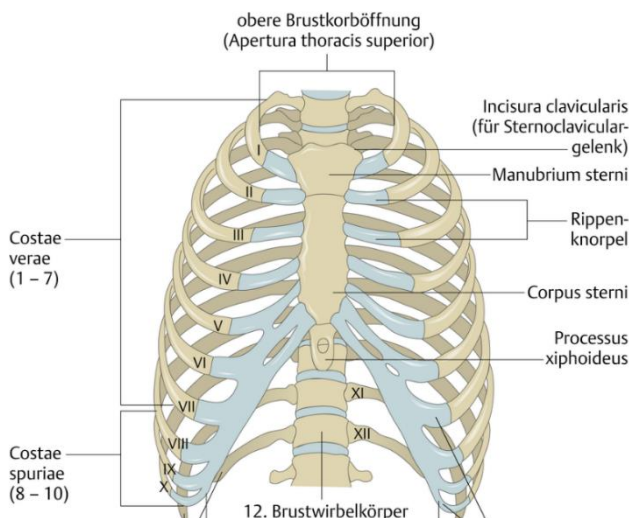


Abbildung 1: knöcherner Aufbau des Thorax (2)

„Costae spuriae“ (dt. falsch) definiert, da sie indirekt über den Arcus costalis an der siebten Rippe mit dem Sternum verbunden sind. Die am kaudal gelegenen Rippen elf und zwölf werden als „Costae fluctuantes“ (dt. frei) benannt, da sie frei im Brustraum enden und keine Verknüpfung zum Brustbein besitzen (2). Am Unterrand einer jeden Rippe verläuft ein Gefäß-Nerven-Bündel, bestehend aus Vene, Arterie und Interkostalnerv. Ventral befinden sich zwischen den Rippen und dem Brustbein knorpelige Strukturen. Hier wird zwischen Synchondrosen und den Artt. sternocostales unterschieden. Erstere bestehen aus hyalinem Knorpel und sind Verwachsungen, welche die Rippen eins, sechs und sieben am Sternum verknüpfen. Letztere sind echte Kugelgelenke, inklusive Gelenkspalt, Bändern, Membran und Kapsel, die die Rippenpaare zwei bis fünf straff ventral stabilisieren. Dorsal lassen sich ebenfalls echte Gelenke, die Artt. costovertebrales, am Übergang zur Brustwirbelsäule finden. All diese oben genannten Gelenke unterstützen den Körper bei der In- und Expiration. Bei der Einatmung vergrößert sich der sagittale und transversale Thoraxdurchmesser, die Costovertebralgelenke drehen sich entlang einer Achse durch den Rippenhals nach oben und die Interkostalmuskulatur wird aktiviert. Während im Ruhezustand fast ausschließlich die Bauchatmung mittels Zwerchfell eingesetzt wird, kommt bei körperlicher Anstrengung zusätzlich die Brustatmung mit den Mm. intercostales externi und der Atemhilfsmuskulatur hinzu (3). Bei der Ausatmung senken sich die sternalen Rippenenden und der Thorax wird wieder flacher und schmaler. Dieser Prozess wird vor allem passiv durch elastische Rückstellkräfte der Bänder, den Sog der Lunge und die Entspannung des Zwerchfells ausgeführt. Als Unterstützung bei forcierter Expiration können zudem die Mm. intercostales interni, Mm. intercostales intimi und Mm. subcostales aktiviert werden.

Zusammenfassend bilden der knöcherne Thorax und seine muskulären Wandstrukturen, inklusive der Bänder und Gelenke, eine feste, stabile Hülle, die Atembewegungen ermöglicht und damit Voraussetzung für die normale Atmung ist. Dies wird besonders deutlich bei schweren Thoraxverletzungen, wie Rippenserienfrakturen, bei denen es infolge der instabilen Thoraxwand meist zu einer paradoxen Atmung kommt. Durch die daraus resultierende Pendelluft kommt es zu einer vermehrten Totraumventilation, einem herabgesetzten alveolären Gasaustausch und damit zur Ateminsuffizienz. In der Regel müssen die Patienten anschließend intubiert werden (3).

1.2. Epidemiologie

Durch seine exponierte Lage und fragile Struktur wird der menschliche Brustkorb häufig bei Traumata in Mitleidenschaft gezogen. Kulshrestha et al. untersuchten 1359 Thoraxtraumapatienten nach Verletzungsmustern und konnten folgende Häufigkeiten feststellen: Rippenfrakturen (49 %), Pneumothorax (PTX) (20 %), Lungenkontusion (12 %) und Gefäßverletzungen (6 %) (4,5). Die Datenlage zur Epidemiologie der Rippenfrakturen, welche nach ICD-10 unter S22.3 aufgefasst werden, ist aktuell jedoch etwas gering. Meist lassen sich nur traumabezogene Studien aus Amerika finden. Zudem muss berücksichtigt werden, dass einige Patienten mit geringen Beschwerden oftmals nicht beim Arzt vorstellig werden und somit auch nicht miterfasst werden können. Trotz der wenigen Daten besteht Einigkeit bezüglich eines vermehrten Auftretens von Rippenfrakturen im höheren Alter: 4,8/1000 Personen pro Jahr bei einem Alter über 60 Jahren (6). Auch von Verletzungen nach Kindesmissbrauch wird gehäuft berichtet, 67% bis 82% der Rippenfrakturen bei Kleinkindern unter zwölf Monaten sollen laut Paine et al. auf diese Weise eintreten (7). Im Kindesalter ist diese anatomische Struktur noch elastischer und somit besser geschützt vor Krafteinwirkung, weshalb bei Fehlen einer traumatischen Ursache, wie Autounfällen, daher oft der Verdacht auf eine Kindesmisshandlung fällt.

Bei Traumapatienten liegt die Inzidenz einer begleitenden Rippenfraktur bei zehn Prozent (8). Ziegler et al. erarbeiteten außerdem, dass das Mortalitätsrisiko hierbei bei zwölf Prozent liegt. Mehr als 90% dieser Patienten mit Rippenfrakturen erleiden zusätzlich assoziierte Begleitverletzungen, wovon etwa die Hälfte der Betroffenen operativ oder intensivmedizinisch versorgt werden muss. Bei etwa jeweils einem Drittel entstehen pulmonale Komplikationen oder sind rehabilitative Maßnahmen nötig.

1.3. Ätiologie

Die Ätiologie reicht vom stumpfen Thoraxtrauma über Schussverletzungen (spitzes Trauma) bis zu Bagatell-/Minortraumata, wie Husten oder Niesen. Zu den traumatischen Verletzungsmechanismen zählen bspw. Autounfälle, Stürze, Gewalt und Arbeitsunfälle (9). Als häufigste Ätiologie bei schwer betroffenen Traumapatienten im Alter (> 65 Jahre) kristallisieren sich klar die Stürze mit 72,3% heraus (10). Bergen et al. beobachteten zudem, dass fast ein Drittel aller Patienten über 65 Jahre einmal im Jahr stürzt. Dieser Anteil steigt mit zunehmendem Alter: von 9,9% bei den 65 bis

74-Jährigen bis zu 13,5% bei den ≥ 85 -Jährigen. Die insgesamt errechneten 29 Millionen Stürze führten in den USA 2014 so zu etwa sieben Millionen assoziierten Verletzungen (11). Dabei erhöhen entsprechend Ganz et al. vor allem Gang- sowie Gleichgewichtsstörungen das Sturzrisiko und sind somit verlässliche Prädiktoren (12).

Spitze Traumata zeigen starke regionale Unterschiede: in Großbritannien bspw. liegt die Prävalenz bei 3,6%, in der Schweiz bei 0,2%. Von Kriegsgebieten abgesehen, kann das höchste Auftreten in den Vereinigten Staaten (im Jahr 2004 wurden 17,7% der Todesfälle durch Schusswaffen verursacht) und Südafrika (80% aller Notfälle) beobachtet werden (13). Laut dem Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) nimmt das stumpfe Trauma hierzulande mit einem Anteil von über 90% die Hauptätiologie bei polytraumatisierten Patienten ein, 30% entwickeln daraus ein Thoraxtrauma. Ein penetrierendes Thoraxtrauma durch Schuss- oder Stichverletzungen hingegen liegt in Deutschland lediglich in 5% der Fälle vor (5,14). Inwieweit sich bei allen obengenannten Zahlen auch Rippenfrakturen entwickelten, wird nicht aufgeführt. Ungeachtet der niedrigen Prävalenz in Europa, ist zu berücksichtigen, dass spitze Traumata oftmals schwerere Verläufe zeigen (13).

Stressfrakturen nehmen weltweit einen kleinen Prozentsatz ein. Gerade bei Ruderern oder Überkopfwerfern, die gehäuft den Brustkorb durch repetitive Bewegungen beanspruchen, kann selbst Husten zu einer gebrochenen Rippe führen. Entsprechend Evans und Redgrave sind etwa 10% aller ruderassoziierten Verletzungen Rippenfrakturen, hier führen vor allem Torsionsbewegungen zur Beschädigung der mittleren Rippen, auch Golfspielen ist diesbezüglich eine risikobehaftete Sportart (15,16). Bei Baseball, Basketball, Ballett und Gewichtheben hingegen wird durch Kontraktion des M. serratus anterior, M. scalenus anterior und der Interkostalmuskulatur die erste Rippe vermehrt belastet (17). Auch pathologische Begleitumstände dürfen nicht außer Acht gelassen werden. Der Knochen ist nach Lunge und Leber die dritthäufigste Metastasierungslokalisation von malignen Tumoren (insbesondere bei Mamma- und Prostatakarzinom) (18). Ebenfalls kann eine Osteoporose eine Fraktur begünstigen. Katrancioglu et al. weisen auch auf einen vermehrten Einsatz von Glucocorticoiden bei Asthma oder COPD hin, welche somit ebenfalls als Risikofaktoren gelten können (19).

Klinisch präsentieren sich die Patienten mit einer ausgeprägten Schmerzsymptomatik, Dyspnoe, Hypoventilation, Bewegungseinschränkungen oder Anzeichen eines Schockzustandes.

1.4. Diagnostik

Diagnostisch wird eine knöcherne Hemithoraxaufnahme in zwei Ebenen (p-a und lateral) durchgeführt. Diese unterscheidet sich zur klassisch durchgeführten Röntgenthoraxaufnahme durch den Einsatz energieärmerer Röntgenstrahlen (sog. Weichstrahltechnik) mit einer Energie unter 100 keV. Dadurch ist vor allem die Dichte der durchstrahlten Materialien, definiert durch die Ordnungszahl der Atome, für die Höhe der Absorption entscheidend. Da Knochen/Hydroxylapatit eine hohe Ordnungszahl (Calcium 20, Phosphat 15) besitzt, ist dies eine genauere Methode. Trotzdem werden durch Radiographie noch immer 50% der Frakturen nicht erkannt (20,21). Ein sensitiveres Verfahren ist deshalb ein CT-Thorax, da dieses auch knöcherne Anbrüche durch Schichtaufnahmen erkennt.

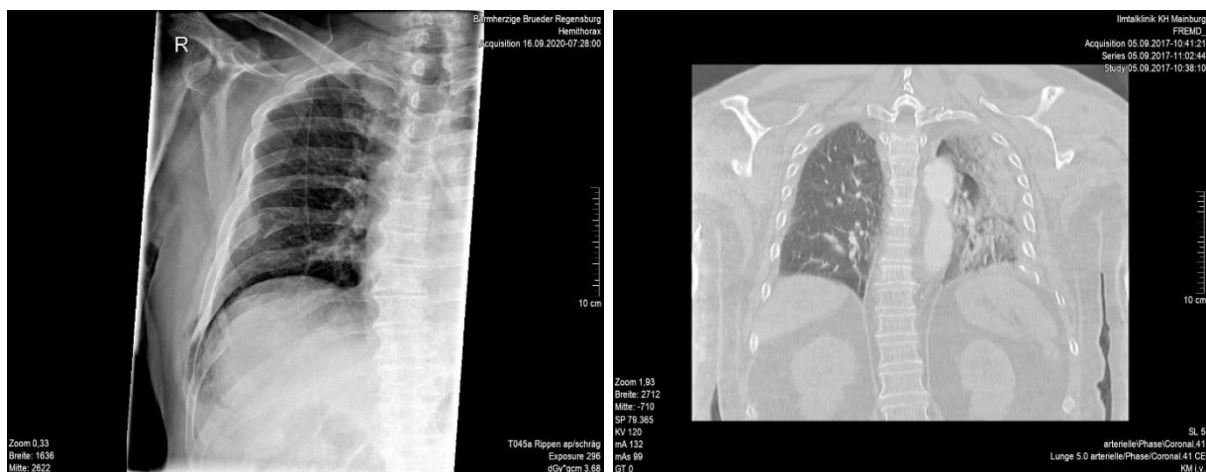


Abbildung 2: links aktuelle (2020) Hemithoraxaufnahme eines Patienten aus dem KH BB Regensburg, gut sichtbare Fraktur der 7. Rippe rechts im dorsalen Bereich. Rechtes Bild: CT-Aufnahme Patient 31 (80 Jahre): dislozierte Rippenserienfraktur links mit sieben beteiligten Rippen im mittleren und kaudalen Bereich. Begleitend Lungenkontusion, sowie Hämatothorax.

Zudem erleichtert diese Art der Diagnostik die weiterführende Therapieplanung. Die genaue Lokalisation und Rippenstellung, sowie angrenzendes Weichteilgewebe, welches bei nachfolgenden Eingriffen berücksichtigt werden muss, kann durch ein CT ebenfalls dargestellt werden. Vor allem im Rahmen einer Schockraumdiagnostik ist eine Traumaspirale mittels CT häufig das Initialmanagement. Gegebenenfalls können zudem angiographische Aufnahmen der Gefäße eingesetzt werden. Ein weiterer

Vorteil, insbesondere bei Frakturen der kaudalen Rippen, ist die Ausweitung der Bildgebung auf den Abdominalbereich, so können mögliche Begleitverletzungen (z.B. Milz) parallel mitdiagnostiziert werden. Bei Komplikationen, wie Pleuraergüssen, PTX oder Hämatomen, werden laut Talbot et al. gehäuft Ultraschallaufnahmen durchgeführt. Diese eignen sich durch Diskomfort und lange Untersuchungsdauer jedoch eher wenig als Erstdiagnostik. Zudem sind sie untersucherabhängig und somit sehr subjektiv zu bewerten (20). Bei einer operativen Frakturversorgung empfehlen Zhang et al. die Sonographie jedoch als Ergänzung nach Narkoseeinleitung, um den genauen Zugang zur Schnittführung zu lokalisieren (22).

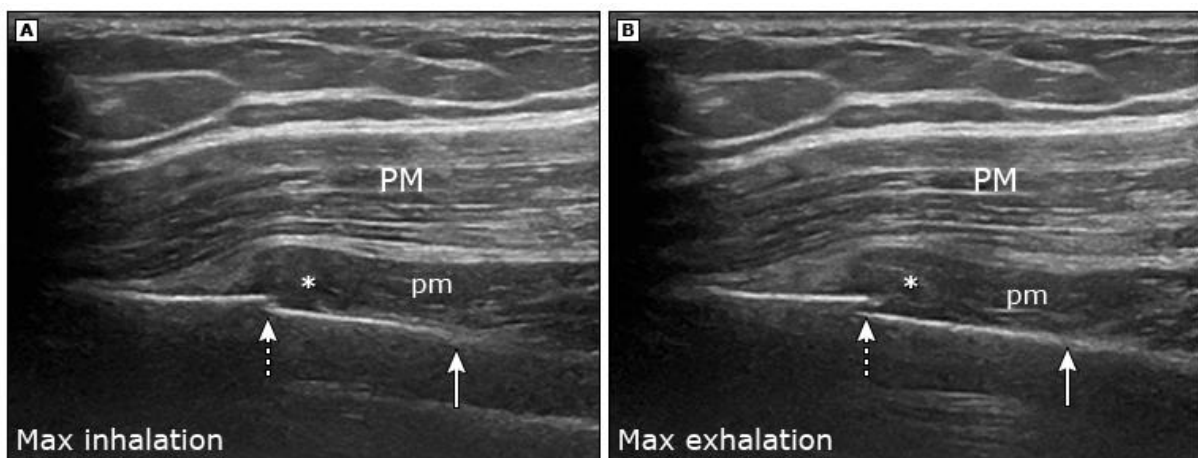


Abbildung 3: Sonographie der Rippen bei Inhalation und Exhalation (23,24). PM: M. pectoralis major, pm: M. pectoralis minor, *: Hämatom. Der gestrichelte Pfeil zeigt auf den Frakturspalt (Kortikalisunterbrechung), dieser liegt lateral des costochondralen Übergangs (ganzer Pfeil) und vergrößert sich bei maximaler Ausatmung.

Zusammenfassend empfiehlt sich, trotz niedrigerer Sensitivität, das initiale oftmals alleinige Durchführen einer Röntgenaufnahme. Übersehene Brüche werden in Kauf genommen, denn diese sind häufig klinisch nicht relevant. Insbesondere bei Minortraumata würde eine Rippenfraktur ähnlich einer Rippenprellung konservativ versorgt werden und keine Therapieveränderung bewirken (25).

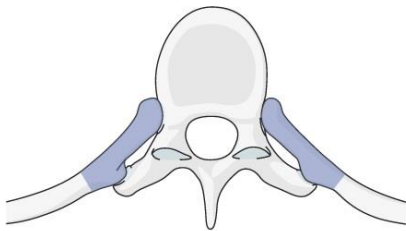
1.5. Klassifikation

Die Einteilung der Rippenfrakturen erfolgt anhand der Anzahl betroffener Rippen. Es wird zwischen Solitär-, eine oder zwei betroffene Rippen, Rippenserienfraktur, mindestens drei aufeinanderfolgende betroffene Rippen, und „flail chest“ unterschieden. Bei letzterem handelt es sich um eine Verletzung, die mindestens drei benachbarte Rippen an zwei Stellen betrifft. Somit entsteht ein bewegliches Segment (englisch: „floating“), welches häufig zu einer paradoxen Atmung führt. Hierunter wird ein Wandern des Brustkorbs entgegengesetzt zur physiologischen Richtung - bei Inspiration nach innen und bei Expiration nach außen - verstanden. Dies kann bei der klinischen Untersuchung häufig auch schon von außen sichtbar sein.

Die genaue Klassifikation von Rippenfrakturen ist aktuell noch nicht einheitlich festgelegt, verschiedene Studien arbeiten gerade an einer Einteilung. Die AO Foundation and Orthopaedic Trauma Association (AO/OTA) veröffentlichte 2018 erstmals eine mögliche Leitlinie in ihrem Kompendium (26). Die erste Position beinhaltet stets die Zahl 16 stellvertretend für Rippe. Anschließend eins für rechts oder zwei für links, dann wird die Nummer der frakturierten Rippe genannt. Die Bezifferung der vierten Stelle bezieht sich auf die Rippenanatomie selbst (transversale Lokalisation der Fraktur).

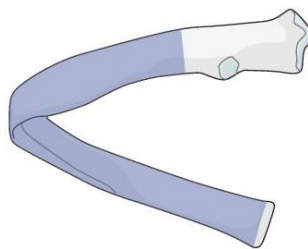
Locations:

Rib, **posterior end segment**
16.___.1



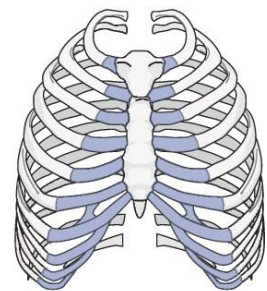
The portion of the rib from the costovertebral joint to the tip of the transverse process (costotransverse articulations).

Rib, **shaft**
16.___.2



The bone between the two end segments.

Rib, **anterior end segment**
16.___.3



The costochondral cartilage.

→ The location number is added after the bone code and rib number identifier.
Example: Left second rib, posterior segment fracture is 16.2.2.1

Abbildung 4: AO/OTA Klassifikation (26)

2019 überarbeiteten Bemelmann et al. diese Ergebnisse und stellten ein neues Konzept zur Klassifikation vor, welches sich an der Müller AO Einteilung aus dem Jahr 1987 orientiert. Die Fraktur wird anhand von vier Ziffern charakterisiert. Die ersten beiden Zahlen richten sich nach der Lokalisation, letztere zwei nach dem Typ. Nummer eins stellt die beteiligte Rippe dar (sprich kranio-kaudale Einteilung), Nummer zwei die Position in anterior-posteriorer Richtung dar.

Tabelle 1: Zweite Position der neuen Rippenklassifikation ähnlich Müller AO (27)

LOKALISATION
1 anterior (<i>Sternum – vordere Axillarlinie</i>)
2 axillär (<i>vordere Axillarlinie – Angulus inferior scapulae</i>)
3 posterior (<i>zwischen den beiden Anguli inferiores der Scapula</i>)
X überlappende Bereiche

Tabelle 2: Dritte und vierte Position der neuen Rippenklassifikation ähnlich Müller AO (27)

TYP UND SUBTYP		
A. nicht-disloziert (< 2 mm)	B. disloziert (> 2 mm)	C. Trümmerfraktur
1. Quer-/ Grünholzfraktur	1. Querfraktur	1. Zone < 2 cm
2. Schrägfraktur	2. Schrägfraktur	2. Zone > 2 cm
3. 'butterfly' Fragment (trianguläres Bruchstück)	3. 'butterfly' Fragment (trianguläres Bruchstück)	3. 'flail' Fragment(e) (flatternd, instabil)

Eine anteriore, dislozierte Fraktur der vierten Rippe mit schrägem Frakturspalt, wird so bspw. als 41B2 klassifiziert (27). Fraglich bleibt, inwieweit diese Einteilung klinisch angewandt wird, insbesondere die Unterteilung in Stufe vier (Subtyp) ist sehr aufwendig und meist nur anhand von CT-Aufnahmen festzustellen.

Laut Statistiken brechen am häufigsten die Rippen vier bis zehn. Die kranial gelegenen Rippen sind weniger betroffen, da sie durch Clavicula und Scapula fest im Thorax befestigt sind und erst bei höherer Krafteinwirkung in Mitleidenschaft gezogen werden. Jedoch kommt es hierbei aufgrund der Nähe oben genannter Strukturen zur ersten

Rippe auch häufig zu problematischen Begleitverletzungen, wie Beschädigungen von Aorta, großen Venen und Brachialplexus. Bei einer eher mittleren Frakturlokalisation sind pulmonale und kardiovaskuläre Traumen wahrscheinlicher. Bei kaudalen Rippenfrakturen besteht wiederum eine erhöhte Gefahr der Verletzung intraabdomineller Organe, wie Leber oder Milz. Die Costae fluctuantes hingegen sind am seltensten frakturiert, da sie keine Verbindung zum Sternum besitzen und dadurch die Kraftübertragung unterbrochen ist.

Tabelle 3: Begleitverletzungen nach Lokalisation der Rippenfraktur (20)

RIPPENLOKALISATION	ASSOZIIERTE VERLETZUNGEN
Rippe 1	subklavikuläre Gefäße
Rippen 1-3	Plexus brachialis, Gefäßplexus
Rippen 4-9	Lunge, kardiovaskulär
Rippen 9-12	Leber (rechts), Milz (links)

1.6. Konservative Therapie

Bei Rippenfrakturen gibt es konservative und operative Therapiemöglichkeiten. Zur Erstgenannten zählen primär Analgesie und eine suffiziente Atemgymnastik. Eine Rippenfraktur ist eine sehr schmerzhaft Verletzung, da der Brustkorb bei jedem Atemzug mitbewegt wird und daher eine komplette Ruhigstellung, wie bei anderen Frakturbehandlungen, nicht möglich ist. Jedoch ist es wichtig, die Lunge trotz Schmerzen ausreichend zu belüften und Sekret zu mobilisieren, um der Entstehung von Atelektasen und weiteren Komplikationen (z.B. Pneumonie) vorzubeugen. Als weltweit anerkannter Leitfaden in der medikamentösen Schmerztherapie gilt das 3-Stufen-Schema der Weltgesundheitsorganisation (WHO). Darin wird ein auf drei Stufen basierendes medikamentöses Behandlungskonzept mit einer schrittweise gezielten Eskalation unterschiedlicher Analgetika empfohlen. Die Stufen können nacheinander gesteigert, aber auch miteinander kombiniert eingesetzt werden. In aktuellen Publikationen wird die medikamentöse Auflistung um eine vierte Stufe erweitert. Darin enthalten sind invasive Behandlungstechniken, die bei Versagen vorheriger medikamentöser Maßnahmen Anwendung finden sollen (28,29).

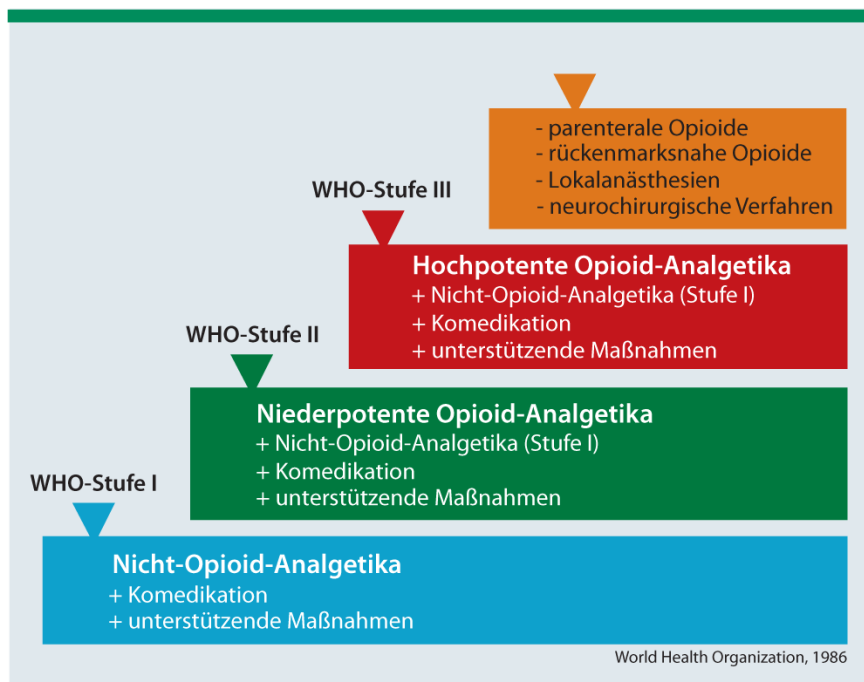


Abbildung 5: WHO-Stufenschema Analgesie (28)

Zur Standardmedikation bei Rippenfrakturen zählen die NSARs als Nicht-Opioid-Analgetika, wie Ibuprofen oder Etoricoxib als selektiver COX-2-Hemmer. Diese wirken antipyretisch, analgetisch und antiphlogistisch. Yang et al. untersuchten die Wirkung von Ketorolac (NSAR) bei Rippenfrakturen und stellten ein geringeres Pneumonierisiko, sowie eine verringerte Beatmungsdauer und eine kürzere intensivmedizinische Betreuung fest (30). In die gleiche Stufenkategorie fällt Paracetamol, welches auch die COX hemmt. Diesem Präparat wird allerdings eine entzündungshemmende Wirkung abgesprochen. Standardmäßig kann zudem Metamizol verwendet werden, welches die höchste schmerzlindernde Potenz und als einziges der Nicht-Opioid-Analgetika eine zusätzliche spasmolytische Wirkung verspricht.

In Stufe zwei wird auf Tilidin, alternativ Tramadol oder Dihydrocodein, zurückgegriffen. Bei Stufe drei werden zusätzlich Oxycodon oder Hydromorphon in retardierter Form zur Schmerzdeeskalation eingesetzt. Diese Präparate unterliegen jedoch dem Betäubungsmittelgesetz und werden daher meist nur im KH verabreicht und selten ambulant als Rezept verschrieben. Eine Kombination nieder- und hochpotenter Opioidanalgetika wird aufgrund von antagonistischen Wirkmechanismen nicht empfohlen. Zudem könnte als Sättigung der sogenannte Ceiling-Effekt eintreten. In diesem Fall ist trotz Dosissteigerung keine Zunahme der Wirkstärke mehr zu erwarten.

(28). Allgemein sollten Opioide außerdem bevorzugt oral verabreicht werden. Nur in Ausnahmefällen, bspw. bei Schluckstörungen, sollte auf andere Applikationsmöglichkeiten, wie Schmerzpflaster, ausgewichen werden. Um Schmerzspitzen zu vermeiden, empfiehlt es sich zu den Basismedikamenten Bedarfspräparate anzuordnen. Falls bereits niederpotente Opioid-Analgetika (Stufe zwei) verabreicht werden, werden oftmals 1/6 der Gesamttagesdosis als Bedarf verwendet. Jedoch sollte hier besser auf schnellwirksame, unretadierte Medikamente (z.B. Hydromorphon akut) zurückgegriffen werden. In diesen Situationen wird oft von der oralen Gabe abgewichen und Paracetamol/Metamizol wird alternativ iv oder Piritramid (hochpotentes Opioid) subkutan appliziert. Falls der Bedarf mehr als dreimal täglich notwendig ist, rät die WHO entweder zu einer Anpassung der Basisdosis oder zu einer Eskalation in die nächsthöhere Stufe (31).

Als Komedikation empfehlen sich Präparate gegen neuropathische Schmerzen, wie sie bspw. auch bei Trigeminalneuralgien oder diabetischer Neuropathie eingesetzt werden. Am gängigsten sind hier Antikonvulsiva (Pregabalin), Neuroleptika und trizyklische Antidepressiva. Bei Rippenfrakturen richten sich diese Wirkstoffe gegen die Interkostalnerven. Wie auch Adjuvantien können sie in jeder Stufe eingesetzt werden. Unter diesen unterstützenden Maßnahmen wird eine individuell angepasste Physiotherapie, Entspannungstechniken oder Akkupunktur verstanden. Ferner werden Laxantien, Antiemetika und Protonenpumpeninhibitoren hinzugezählt (28,31). Diese Stoffe dienen der Behandlung unerwünschter Nebenwirkungen: Obstipation bei Opioiden, sowie Nausea, Erbrechen und Ulzera bei NSARs. Supportiv können die Therapiemöglichkeiten auf invasivere Eingriffe erweitert werden. Gehäuft eingesetzt werden regionalanästhetische Verfahren, wie Periduralkatheter (PDK) oder periphere Nervenblockaden. Als Lokalanästhetikum wird hier meist Lidocain verwendet, zur Steigerung kann zudem mit Opioiden (Sufentanil) aufgespritzt werden. Alternativ stehen dauerhaft iv applizierte Medikamente, entweder mittels Perfusoren, Dauertropf oder PCA-Pumpen, zur Verfügung. Die Eastern Association for the surgery of trauma (EAST) empfahl im Jahr 2005 die PDK-Anlage als bevorzugte Möglichkeit der Analgesie. Carrier et al., sowie vor kurzem Duch und Møller konnten mit ihrem systematischen Review hingegen keinen signifikanten Nutzen mehr feststellen (32,33). Peek et al. verglichen PDKs mit iv-/Interkostal-, sowie Paravertebralanalgesie und beobachteten eine bessere Schmerzreduktion, jedoch ergab sich kein besserer sekundärer Outcome (Liege-/Beatmungsdauer, etc.). Zudem werten sie die Qualität

ihrer Studie als gering und sehen daher von einer starken Empfehlung ab (34). So bleibt die Effektivität der Periduralanalgesie noch kontrovers diskutiert und es gilt weitere evidenzbasierte Studien mit niedrigem Bias durchzuführen.

Eine Atemgymnastik sollte so früh wie möglich begonnen und auch während des gesamten Krankenhausaufenthaltes konsequent durchgeführt werden. Diesen Standpunkt unterstützen Carver et al.. In ihrer retrospektiven Studie stellten sie fest, dass jeder 10%ige Anstieg der Vitalkapazität das Risiko für pulmonale Komplikationen um 36% senkt (35). Ein mögliches Therapiegerät ist das RC-Cornet der Firma Cegla, welches bei feststehendem Sekret zur Verminderung von Infektionen und zur Schleimmobilisierung angewandt werden kann. Der Patient atmet gegen das Mundstück aus, so entsteht ein positiver Druck in der Lunge, welcher ein Kollabieren der Alveolen verhindert (36).



Abbildung 6: links RC-Cornet (36), rechts Mediflo duo (37)

Ein weiteres Hilfsmittel, der Mediflo duo, unterstützt bei In- und Expiration. Mit der SMI-Technik (sustained maximal inspiration, dt. langsames, anhaltendes und so tief wie mögliches Einatmen) wird die maximale Einatmung trainiert. Die PEP-Methode (positive expiratory pressure, dt. positiver Ausatemungsdruck) hingegen bewirkt ebenfalls ein Ausatmen gegen Widerstand (37).

Wichtig ist zu berücksichtigen, dass beide Geräte nur bei Kooperation des Patienten funktionieren. Auch eine tägliche Inhalation mit Natriumchlorid (NaCl 0.9%) oder anderen schleimlösenden Substanzen sollte fester Therapiebestandteil bei Rippenfrakturen sein. Medikamentös kann die Atemgymnastik zudem mit Acetylcystein (ACC 600 mg) dreimal täglich unterstützt werden.

Eine suffiziente Atem- und Schmerztherapie ist erreicht, wenn der Patient ohne Behinderung tief einatmen und husten kann, sowie subjektiv keine Atemnot verspürt. Gelingt dies nicht, kann eine O₂-Gabe erfolgen. Als mögliche Applikationsform steht bspw. eine Nasenbrille oder eine Maske zur Auswahl. Eine weitere Therapieeskalation stellt die nichtinvasive Beatmung (NIV) mit Druckunterstützung dar. Bei besonders schweren Fällen oder Komplikationen kann trotz allem eine Intubation und Beatmung mittels PEEP notwendig werden. Sollte sich ein längerer Behandlungsverlauf abzeichnen, empfiehlt sich die Durchführung einer Tracheotomie.

1.7. Komplikationen

Hinsichtlich der möglichen Komplikationen sind verschiedene Faktoren entscheidend. Blyth beschreibt eine Einteilung nach Ätiologie. Bei penetrierenden Thoraxtraumata kommt es entsprechend zu einem verstärkten Auftreten von PTX/Hämatothorax (HTX) und Blutverlusten bedingt durch kardiale oder vaskuläre Verletzungen (38). Durch spitze Gewalteinwirkung oder frakturierte Rippen entstehen Läsionen im Lungenparenchym oder in der Pleura. Luft oder Blut kann so in den Pleuraspalt gelangen und die Lunge komprimieren. Initial/Präklinisch erfolgt oftmals schon die Anlage einer Thoraxsaugdrainage (TSD) zur Entlastung der Lunge. Ab einer gewissen Fördermenge (initial: 1500ml, konstant: 150ml/h (5)) muss eine operative Versorgung in Erwägung gezogen werden. Zur Prävention eines Empyems ist es auch empfohlen, nicht vollständig entleerte HTX durch eine Thorakoskopie auszuräumen. Sinnvoll ist bei operativen Eingriffen immer Gerinnungsfaktoren (medikamentöse Antikoagulation) und die kardiovaskuläre, sowie die respiratorische Situation des Patienten zu beachten. Stumpfe Traumata hingegen führen laut Blyth häufiger zur Kompression von Organen (38).

Die häufigste Komplikation ist eine Pneumonie: Patientenalter und Ausmaß der Rippenfraktur sind hierfür direkte Korrelationsfaktoren. Auch die Sterberate wird laut Bulger et al. von diesen beiden Parametern beeinflusst. Beide Komplikationen seien im jüngeren Patientenkollektiv (unter 65 Jahren) um etwa die Hälfte geringer: Pneumonierisiko 17% vs. 31% und Mortalität 10% vs. 22%. Im hohen Alter führe jede zusätzlich gebrochene Rippe außerdem zu einem um 27% erhöhten Pneumonierisiko und eine um 20% gesteigerte Mortalitätsrate. Diese Tendenz lässt sich auch bei den Jüngeren erkennen, jedoch mit geringerer Intensität und ohne linearen Zusammenhang. Ein erhöhtes Lebensalter verlängert zudem die Krankenhausliegedauer (h-LOS), den Aufenthalt auf der Intensivstation (ICU-LOS),

sowie die Beatmungsdauer (DMV) (39). Spezifischer sei die Anzahl der dislozierten Rippen als Prädiktor für pulmonale Komplikationen: \geq drei dislozierte Rippen 95,5% vs. 59,1% bei \geq drei normalen (nicht-dislozierten) Frakturen (40). Marini et al. erfassten den Faktor Alter als Prädiktor der Mortalität, nicht jedoch den Faktor Anzahl frakturierter Rippen. Sie beobachteten eine erhöhte Sterblichkeit ab 65 Jahren, anschließend eine gleichbleibende Entwicklung und ab 80 Jahren wieder einen Anstieg (41). Battle et al. untersuchten ebenso Risikofaktoren bezüglich Mortalität bei stumpfen Thoraxtraumata und fanden folgenden Zusammenhang: kombinierte Odds Ratio (OR) von 1.98 (1.86 - 2.11, 95% CI) für ein Alter \geq 65 Jahre, 2.02 (1.89 - 2.15, 95% CI) für \geq drei Frakturen, 2.43 (1.03 - 5.72, 95% CI) für Vordiagnosen (v.a. kardiopulmonal) und 5.24 (3.51 - 7.82, 95% CI) für Pneumonie (42). Sogar noch stärker als das Alter zeigt das Eintreten einer flail chest erhöhte Komplikationsraten: 69% Beatmung, 33% Mortalität (43). Weitere mögliche Probleme einer Rippenfraktur sind septische Verläufe oder eine respiratorische Insuffizienz, die intensivmedizinisch versorgt werden müssen.

Unter Langzeitfolgen können anhaltende Leistungsminderung/Dyspnoe, Entstehung von Pseudarthrosen oder chronische Schmerzen aufgefasst werden. Marasco, Lee et al. untersuchten 2015 die Lebensqualität von konservativ versorgten Patienten in einem Follow-up von 24 Monaten und beobachteten folgendes: 20% Hauptschmerz thorakal, 60% persistierende Funktionseinschränkungen. Auch die Arbeitsfähigkeit/rückkehr nach sechs Monaten (59% der Kontaktierten) ist in Anbetracht dieses gesellschaftlich weit verbreiteten Krankheitsbildes sehr gering (44). Ähnliche Beobachtungen ergab eine Studie von Shelat et al.. Hierbei wurde festgestellt, dass nach mindestens zwölf Monaten 22,5% der Betroffenen einen persistierenden Schmerz bei einem mittleren Wert von drei VAS-Punkten (visuelle Analogskala 0 = kein Schmerz, 10 = stärkste vorstellbare Schmerzen) angaben, wovon 26% diesen noch medikamentös behandelten (45).

1.8. Operative Frakturversorgung

Bei Patienten mit bspw. persistierender Dyspnoe oder respiratorischer Insuffizienz gibt es zur konservativen Behandlung die alternative Option einer chirurgischen Stabilisation. Therapierefraktäre, chronische Schmerzen, Dislokation oder Pseudarthrosen sind mögliche Indikationen hierfür. Ferner werden Rippenfrakturen oft als Nebeneingriff bei Operationen (OPs), wie der Ausräumung eines HTX, chirurgisch versorgt. Es gibt keine allgemeingültigen Parameter (SpO₂, Grad der Dislokation, ISS, etc.), ab wann Patienten einer chirurgischen Intervention unterzogen werden sollten. Aktuell befassen sich viele Paper und Publikationen mit dem möglichen Nutzen der SSRF, dabei werden u.a. Liegedauer, Kosten, Schmerzbedarf und Mortalität thematisiert. Vor allem in den Vereinigten Staaten zeigt sich, insbesondere bei flail chest-Patienten mit erschwertem weaning, ein klarer Trend zu dieser Behandlungsart. Schuurmans et al. zeigten mit ihrem systematischen Review über drei RCTs (46–48), einen Benefit operativ versorgter beatmeter flail chest-Patienten hinsichtlich der Pneumonie- und Tracheotomieraten, ICU-LOS, DMV, h-LOS und Kosten, jedoch nicht bezüglich Mortalität (49). Anzumerken sei hier jedoch das kleine Patientenkollektiv mit 61 vs. 62 Patienten. Olsén et al. untersuchten in ihrer retrospektiven Kohortenstudie aus dem Jahr 2014 die Schmerzsituation, sowie respiratorische Funktion der beiden Patientengruppen und stellten folgendes fest: Schmerz: kein signifikanter Unterschied, jedoch Tendenz zu geringeren Beschwerden in der operativ versorgten Menge; ansonsten ähnliche Langzeiterholung mit einem besseren thorakalen Bewegungsausmaß bei den chirurgisch versorgten Patienten (50). Nicht unberücksichtigt werden darf bei dieser Entwicklung der Forschungsfortschritt auf diesem Gebiet mit neuen Materialien und vereinfachten OP-Techniken: präzise CT-Untersuchungen zur Lokalisation und Erweiterung mittels 3D-Aufnahmen. Primär besteht die Hoffnung in einer schnelleren Stabilität der Thoraxwand und somit weniger Hypoventilation, Atelektasenbildung, Komplikationen, sowie besserer Schmerzkontrolle. Zudem besteht der Vorteil intraoperativ parallel weitere Therapiemaßnahmen zu treffen: z.B. die Ausräumung eines HTX, eine lungenprotektive Beatmung mit PEEP, eine Sekretabtragung oder die PDK-, sowie TSD-Anlage.

Abgesehen von Indikation und Nutzen einer OP, stellt sich zuallererst die Frage, wann der Eingriff erfolgen soll. Pieracci et al. empfehlen einen frühen Zeitpunkt, wenn möglich innerhalb von 24 Stunden. Grundlage hierfür ist eine 68 Minuten kürzere OP-Dauer, zudem erhöht jeder weitere Tag vor der SSRF das Pneumonierisiko um 31%, das Tracheotomierisiko um 21% und führt bei nahezu jedem dritten Patienten zu einer verlängerten DMV (51). Konträr zu diesem Standpunkt argumentieren die Vertreter eines späten Eingriffs, dass therapierefraktäre konservativ behandelte Patienten so „aufgedeckt“ werden und somit nur wirklich notwendige OPs durchgeführt werden müssen. Mehrheitlich besteht allerdings die Empfehlung zur frühen Versorgung (innerhalb von 72 Stunden).

Zugangsweg und Lagerung des Patienten sind abhängig von der Frakturlokalisierung. Bei einer anterioren Fraktur wird der Patient in Rückenlage gebracht und ein Längsschnitt unterhalb der Mamille durchgeführt (Durchtrennung Mm. pectorales major und minor) (22,52). Außerdem kann die Inzision noch nach medial erweitert werden, um die Rippen osteosynthetisch am Sternum zu fixieren. Von einer Befestigung am Knorpel wird abgeraten. Eine laterale Fraktur wird meist mit einem klassischen Thorakotomieschnitt (5. ICR) in Seitenlage operiert (Spaltung Mm. latissimus dorsi und serratus anterior). Bei erfahreneren Operateuren kann alternativ ein Vertikalschnitt auf Höhe der mittleren Axillarlinie zwischen M. latissimus dorsi und M. pectoralis major durchgeführt werden, dieser hat den Vorteil, muskelsparender zu sein. Posteriore Bruchspalten sind am schwierigsten zu fixieren, da sie oft von der Scapula oder der autochthonen Rückenmuskulatur überlagert werden. Durch diese tiefe Lage ist der Eingriff sehr invasiv, weshalb gehäuft auf eine OP verzichtet wird. Zudem bewirkt eine Osteosynthese teilweise keine funktionelle Verbesserung, da die Stabilisierung dorsal mittels Bandapparat der Wirbelsäule und Rückenmuskulatur suffizient ist. Andernfalls empfiehlt sich eine Seit- oder Bauchlage mit Schnitt entlang des Rippenverlaufes oder Vertikalinzision. Bei Frakturen in verschiedenen Lokalisationen sollte zudem auf mehrere kleine Schnitte anstatt eines großen zurückgegriffen werden.

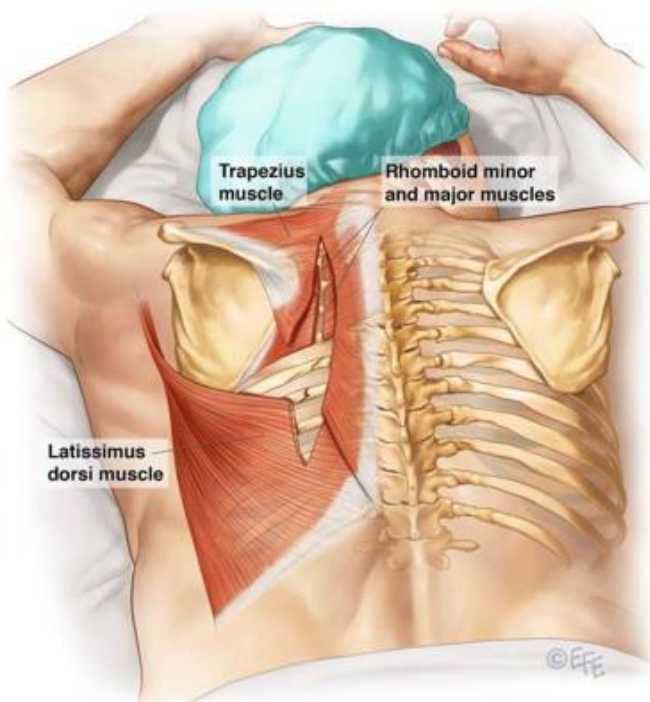


Abbildung 7: Versorgung einer posterioren Fraktur, Lokalisation zwischen Wirbelsäule und medialem Skapularand (53)

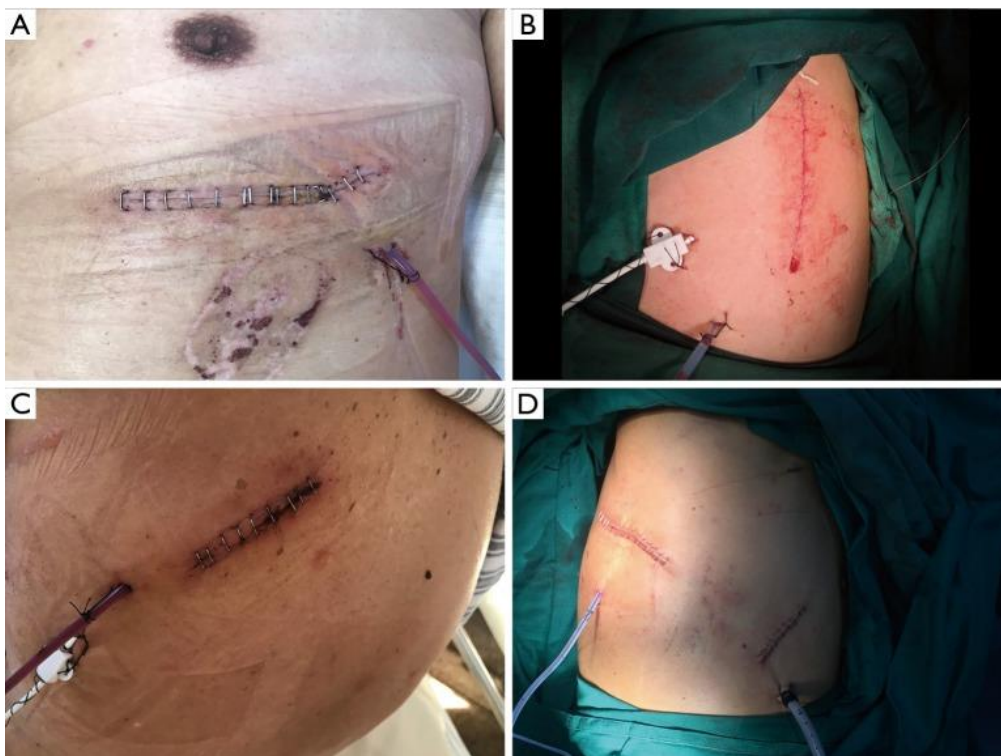


Abbildung 8: A: anterior, B: lateral, C: posterior, D: mehrere Lokalisationen (22,54)

Ein minimalinvasiver Eingriff mittels VATS ist stets anzustreben. Die Vorteile gegenüber einer offenen Thorakotomie sind folgende: 1) akkurate Echtzeitlokalisierung von innen, 2) geringeres Risiko der Verletzung von Gefäßen, Nerven und Muskulatur, somit weniger Komplikationen und schnellere Regeneration, 3) bessere Stabilisierung subskapulärer Frakturen, 4) parallele Versorgung intrathorakaler Verletzungen, 5) höhere Akzeptanz der Patienten, da eine kleinere Inzision erfolgt, 6) Anlage einer TSD und eines PDKs über das selbe Zugangsportal (22,55). Jedoch muss für die Dauer der OP eine einseitige Lungenbeatmung durchgeführt werden, bei Patienten mit beidseits schweren Thoraxtraumata ist dies nicht immer möglich. Zudem sind die verfügbaren Fixationssysteme laut Hersteller meist von außen auf die Rippen zu befestigen, eine intrathorakale Anbringung ist sozusagen ein „off-label-use“. Ein etwa 5 bis 7 cm großer Schnitt zum Einführen der Platten ist deshalb zusätzlich notwendig. Eine neue, verbesserte Technik stellt die extrathorakale VATS dar: mittels eines Ballondilatators wird ein Raum zwischen Rippen und Brustwandmuskulatur geschaffen, so kann das Osteosynthesematerial extrapleural minimalinvasiv angebracht werden (56).

Nach Inspizierung des Pleuraraumes stellt sich für den Chirurgen die Frage, welche Rippen zu versorgen sind. Die beiden kaudalsten Rippen haben keine bedeutende Auswirkung auf die Atemmechanik. Die Rippen eins und zwei hingegen sind schwierig zu erreichen, nur bei Komplikationen oder starker Dislokation (z.B. thoracic outlet syndrome) sollten diese fixiert werden (53). Zudem ist es nicht notwendig, alle frakturierten Rippen zu stabilisieren. Es empfiehlt sich die Nebenwirkungen des Eingriffs und die Vorteile einer Fixation gegeneinander abzuwägen. Je nach Patienten sollte dies neu evaluiert werden. Schmerzen, Grad der Dislokation und etwaige Vorerkrankungen können in die Entscheidung mit einfließen. Bei einer mehrfach frakturierten Rippe ging früher der Trend zu einer alleinigen Fixation des anterioren Frakturspaltes. Mittlerweile hat sich jedoch gezeigt, dass es so zu dorsalen Dislokationen kommt, weshalb bei flail chests eine Stabilisierung aller Bruchstücke erfolgen sollte (53,57).

Bei den zur Auswahl stehenden Osteosynthesen gibt es verschiedene Hersteller, Arten und Materialien. Prinzipiell wird zwischen Klammern, schraubenfixierter Plattenosteosynthese und intramedullären Schienen unterschieden. Alle nachfolgend beschriebenen Systeme werden von außen angebracht und sind aus Titanium. Ein

Beispiel für die Schienen ist das MatrixRIB-Fixationssystem von DePuy Synthes. Hier handelt es sich um eine 1 mm dicke intramedulläre Schiene, die in drei verschiedenen Schaftbreiten (3, 4 und 5 mm) verfügbar ist. Es erfolgt eine kleine Inzision, anschließend eine monokortikale Bohrung medial der Fraktur und abschließend eine Fixierung mittels einer einzigen Schraube. Vorteilhaft ist dieses System zur Versorgung posteriorer Frakturen, da so auch dorsal gelegene, schwer zugängliche Frakturen minimalinvasiv versorgt werden können. Reichelt et al. stellten aufgrund des geringeren operativen Traumas auch postoperativ eine signifikante Schmerzreduktion mittels VAS fest (58). Laut Hersteller ist das System jedoch nicht für Deformität und Rekonstruktion geeignet, hier empfiehlt er den Einsatz von Platten. Diese werden auf jeder Seite der Fraktur mittels mindestens drei winkelstabilen Schrauben befestigt. Die Platten sind entweder vorgeformt oder gerade in unterschiedlichen Längen verfügbar und können bei Bedarf angepasst (zugeschnitten, gebogen) werden. Die allgemeine Vorgehensweise entspricht nachstehendem Schema: Zuerst erfolgt eine Ausmessung der Rippenstärke/-größe, dann eine eventuelle Reposition der Frakturrenden, sowie eine Fixation der Platte mittels Repositionszangen und eine Bohrung der Löcher. Abschließend werden die Schrauben angebracht, diese sollten stets bikortikal verankert werden, um eine Dislokation zu vermeiden (59).

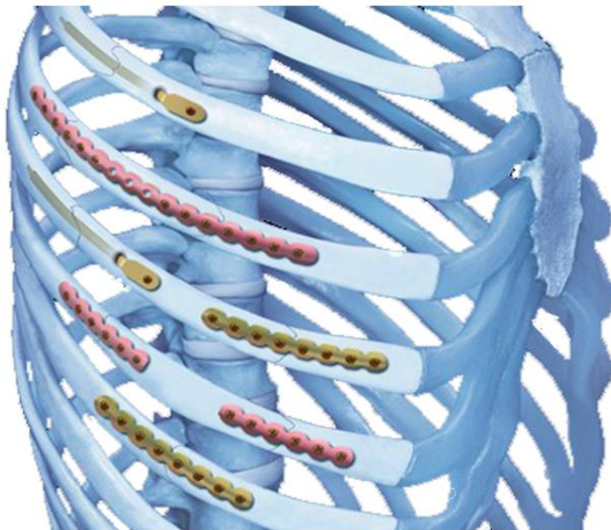


Abbildung 9: MatrixRIB-Fixationssystem, 3. Rippe intramedulläre Schiene, 4. Rippe Plattenosteosynthese (59)

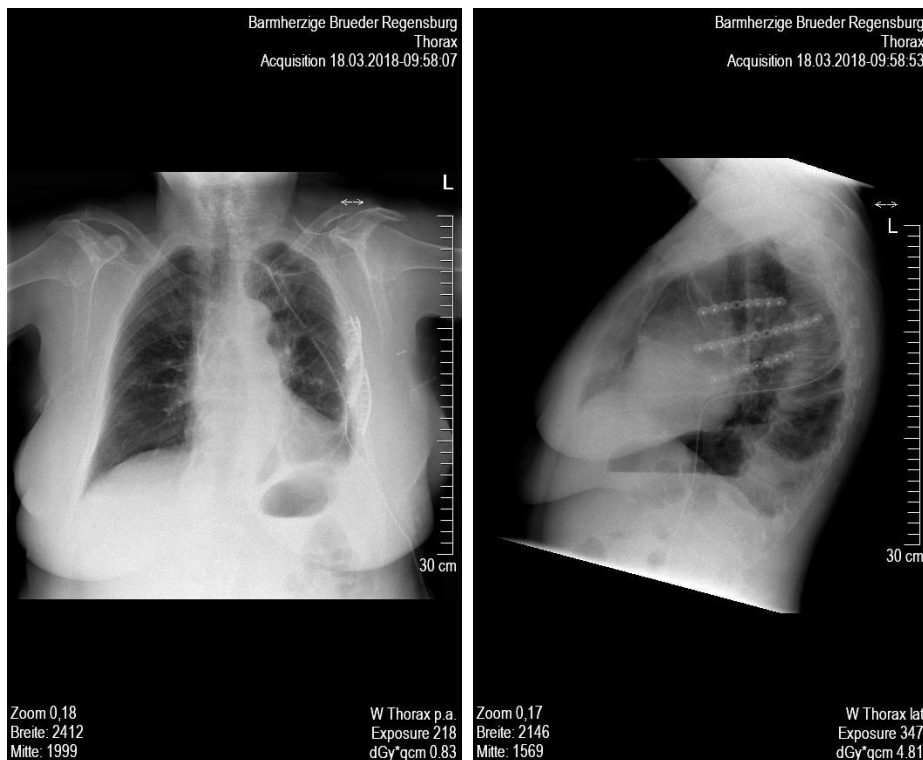


Abbildung 10: Patientin 42 (77 Jahre), Röntgen-Thorax lateral und p-a postoperativ. Durchgeführte Verplattung der Rippen 4 bis 6 links, sowie Hämatomausräumung bei dislozierter Rippenserienfraktur beidseits mit zehn beteiligten Rippen nach Verkehrsunfall (begleitend HTX und Lungenkontusion). Einliegende TSD links apikal sichtbar.

Als alternatives System stehen die u-förmigen Platten der Firma RibLoc zur Auswahl. Dieses Material verspricht eine kürzere OP-Dauer und einen weniger invasiven Eingriff. Hierbei handelt es sich um etwas kürzere farbkodierte Platten, die mit minimal vier Schrauben befestigt werden. Diese durchdringen die Rippen komplett und werden im dorsalen Anteil der u-förmigen Platte verankert. Durch die Nähe zur Pleura besteht allerdings die Gefahr der Verletzung ebendieser.



Abbildung 11: RibLoc-Fixationssystem, u-förmige, farbige Platten unterschiedlicher Größe (60)

Als drittes System präsentieren sich die Rippenklammern der Firma Stratos. Diese Implantate gibt es mit jeweils sechs, neun und dreizehn Segmenten in zwei verschiedenen Größen. Ein Zuschneiden der Länge ist hier allerdings zu vermeiden. Zudem ist ein Verbindungssteg erhältlich, der zur Überbrückung größerer Entfernungen (z.B. bei mehrfragmentären Frakturen) oder fehlender Knochenteile eingesetzt werden kann. Die Klammern sind dreidimensional formbar und werden schraubenlos nur mit einer Fixierzange angebracht (61).

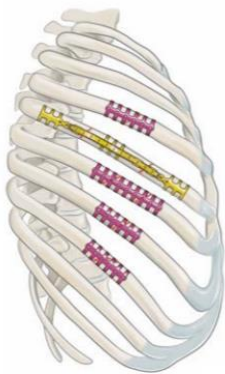


Abbildung 12: STRATOS-Fixationssystem, rosa: Rippenklammern sechs und neun Segmente, gelb: Rippenklammern mit Verbindungsstab (61)

Bei allen Systemen ist es essenziell, das Periost intakt zu halten, da es außerordentlich wichtig für die Blutversorgung und Frakturheilung ist.

Eine nachfolgende routinemäßige Anbringung einer TSD wird kontrovers diskutiert. Es gibt keine Studien, die einen prophylaktischen Nutzen belegen. Regionalanästhetische Analgesie hingegen kann sinnvoll zur Schmerztherapie und zur schnelleren Mobilisierung sein. Die postoperative Fortsetzung der Antibiose wiederum zeigt keinen Vorteil gegenüber einer alleinigen präoperativen Gabe bezüglich des Pneumonierisikos (62).

Kontraindikationen ergeben sich wie bei allen anderen operativen Eingriffen auch. Etwa multimorbide Patienten, die eine Vollnarkose nicht vertragen würden. Eine Risikogruppe sind zudem Patienten mit Antikoagulation, da dadurch das intraoperative Blutungsrisiko erhöht ist. Bei Vitamin-K-Antagonisten empfiehlt sich daher ein bridging mit niedermolekularem Heparin. Immer gegeneinander abgewogen werden muss das Blutungsrisiko der OP und das Thromboembolierisiko des Patienten. Laut Sarani et al. ist die Schmerzreduktion das primäre Ziel der SSRF. Deshalb ist es wichtig, dass eine

vorbestehende Ateminsuffizienz auf Schmerzen basiert und nicht anderen Ursachen zugrunde liegt, welche durch die Stabilisierung nicht primär verbessert werden können. Speziell bei Rippenfrakturen haben Patienten mit Lungenkontusionen keinen Nutzen von einer chirurgischen Versorgung (63). Der Organismus reagiert bei dieser Begleitverletzung mit einer starken inflammatorischen Abwehrreaktion, eine operative Stabilisierung der Knochen könnte so zu einem „second hit“ führen und schlimmstenfalls tödlich enden (5).

Tabelle 4: Indikationen und Kontraindikationen für SSRF (64,65)

INDIKATIONEN	KONTRAINDIKATIONEN
insuffiziente medikamentöse Analgesie	resp. Versagen, nicht schmerzbedingt
resp. Versagen durch Brustwandinstabilität	massive Lungenkontusion
frakturbedingte Brustwanddeformität	schwere Begleitverletzungen in anderen Körperregionen
frakturbedingte verringerte Leistungen bei Lungenfunktionstests	geringe physiologische Ressourcen (nicht OP-geeignet)
Pseudarthrosen	Solitärfraktur

Anmerkungen: resp. = respiratorisch

Bei der klinisch wichtigsten Komplikation handelt es sich um eine Materialinfektion, da sie schlimmstenfalls (bei Nichtansprechen einer Antibiose) einen erneuten Eingriff mit Fremdkörperentfernung nach sich zieht. Zur Häufigkeitsanalyse gibt es lediglich Studien mit geringer Fallzahl. Granetzny et al. stellten bei vier von 40 untersuchten Patienten eine Wundinfektion fest, somit ergibt sich ein Anteil von 10% (47). Laut Marasco, Liew et al. lassen sich Materialdefekte in etwa einem von zehn Fällen finden, jedoch ausschließlich bei der Verwendung absorbierbarer Platten, die „off-label use“ angewandt wurden (Rippen statt Fibula) (57). Ob Komplikationen im Alter gehäuft auftreten, wird kontrovers diskutiert. Dieses Patientenkollektiv bringt oftmals geringere physiologische Reserven mit oder leidet unter mehr Nebenerkrankungen als jüngere Menschen. Eine Narkose kann zudem ein Delir begünstigen. Laut Pinho et al. sind Alter und geringe funktionelle Reserven sogar unabhängige Risikofaktoren für die Entstehung eines postoperativen Delirs (66). Fitzgerald et al. stellten jedoch einen Vorteil bei chirurgisch behandelten Patienten über 65 Jahre mit Rippenfrakturen hinsichtlich Mortalität, ICU-LOS, respiratorischer Komplikationen und funktioneller Erholung fest (67).

Swart et al. führten im Jahr 2017 eine Kosten-Effektivitätsanalyse der verschiedenen Therapiemöglichkeiten bei flail chests durch und kamen zu folgendem Ergebnis: \$23,682 operativ vs. \$8629 konservativ, QALY 32.60 vs. 30.84. Hieraus ergibt sich eine Kosten-Effektivitäts-Ratio von \$8577/QALY (68). Anzumerken ist, dass Langzeitkosten, wie etwa Arbeitsausfälle nicht berücksichtigt wurden, sondern nur Kosten, die direkt im KH entstanden sind, sowie Revisionskosten bei der operativen Versorgung. Laut ihnen ist der erhöhte Kostenaufwand durch geringere Komplikationen, wie etwa ICU-LOS oder h-LOS, kompensiert. Ab einer Bereitschaft \$8500 pro QALY zu investieren, ist die SSRF somit im Vorteil. Insbesondere bei Komplikationsraten um 50% belaufen sich die Kosten noch immer auf lediglich \$18000/QALY. Weitere Studien unterstützen diese Beobachtung. Tanaka et al. stellten in ihrem RCT eine signifikante Kostenreduktion (10.032\$) bei einem operativen Eingriff fest, Marasco et al. sprechen sogar von einer Einsparung von 14.443\$ pro Patient (46,48).

Wichtig ist, die Patienten, ungeachtet operativer oder konservativer Versorgung, darauf hinzuweisen, dass eine Rippenfraktur eine schmerzintensive, langwierige Verletzung ist. Sie beinhaltet meist eine Schonung oder Krankschreibung für bis zu sechs Wochen. Auch Schmerzen bei Husten oder Niesen können noch lange bestehen bleiben.

1.9. Ziele und Fragestellung der Dissertation

In dieser retrospektiven Kohortenstudie soll das Outcome operativ und konservativ versorgter Patienten mit Rippenfrakturen einander gegenübergestellt werden: bspw. hinsichtlich h-LOS, ICU-LOS, Komplikationen, Schmerzmittelbedarf und Mortalität. Ferner stellt sich die Frage bei welchen Patienteneigenschaften welche Therapieoption von Vorteil ist und wie sich das Patientenkollektiv genau zusammensetzt. Dies soll anhand von Parametern, wie „Alter“, „Geschlecht“, „Vorerkrankungen/-medikation“, „Ätiologie“ oder „Art der Rippenfraktur“ untersucht werden. Auf Grundlage der Ergebnisse soll es möglich sein, Erfahrungen zu sammeln, um zukünftig schneller entscheiden zu können und etwaige Komplikationsraten gering zu halten. Zudem soll herausgefunden werden, welche Variablen Frühkomplikationen bedingen oder eine Verlängerung der Liegedauer im KH bewirken.

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Im Rahmen dieser Promotionsarbeit wurden retrospektiv alle stationären Patienten mit Rippenfrakturen der thoraxchirurgischen Abteilungen am KH BB Regensburg im Zeitraum von Januar 2015 bis einschließlich Dezember 2019 erfasst (Einschlusskriterium). Als Grundlage der Studie diente die ICD-Kodierung. Patienten, die Rippenfrakturen als Zufallsbefund bei OPs aufgrund von Bronchialtumoren hatten oder diese im Rahmen einer Reanimation erlitten (ungenauere Daten), wurden nicht berücksichtigt (Ausschlusskriterium). Rezidive wurden als eigenständiger Fall mit erneuter Nummerierung aufgefasst. Wurden Personen jedoch öfter wegen ein und derselben Fraktur im KH vorstellig, wurden sie nicht gesondert gewertet. Insgesamt wurden so 232 Patienten in die Studie eingeschlossen, wovon zwei doppelt aufgeführt wurden (rezidiv).

2.2. Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte anhand von Patientenakten, die der klinischen Datenbank (SAP) und dem elektronischen Archiv des KH BB Regensburg entnommen wurden. Es wurden sowohl Arztbriefe, Verlaufskurven, Sozialdiensteträge, radiologische Befunde, als auch OP-Berichte analysiert. Bei Patienten, die aus anderen Krankenhäusern verlegt wurden, konnte lediglich der mitgegebene Entlassbericht herangezogen werden. Falls bestimmte Informationen so nicht auffindbar waren, wurden sie als unbekannt kodiert und keine weiteren Nachforschungen betrieben.

Neben der Erfassung der Daten wurde zudem eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt. Geeignete Informationen wurden anhand von Pubmed, Uptodate und Google Scholar gewonnen.

2.3. Übersicht der erhobenen Parameter

Tabelle 5: erhobene Parameter

PATIENTENCHARKTERISTIKA

Alter – *in Jahren*

Geschlecht – *m / w*

Vorerkrankungen – *kardial / pulmonal / tumorös / neurologisch / Osteoporose*

Vormedikation – *Antikoagulation / Plättchenhemmer / β -Blocker oder Antihypertensiva / Glucocorticoide / Schmerzmittel**

FRAKTUR

Ätiologie *

Frakturtyp – *Solitär / Rippenserie / multiple*

Rippenanzahl – *in Zahlen*

Lokalisation – *transversal * – kranio / kaudal * – Seite*

Dislokation – *ja / nein*

Zeit zwischen Frakturereignis und KH-Einweisung – *in Tagen*

Polytrauma – *ja / nein*

Begleitverletzungen *

Symptome – *Schmerz / Schock / Dyspnoe – in Zahlen*

KRANKENHAUSAUFENTHALT

ICU-LOS – *ja / nein – in Tagen*

h-LOS – *in Tagen*

Beatmung – *ja / nein – in Tagen*

O2-Bedarf – *ja / nein – in Tagen*

Tracheotomie – *ja / nein – in Tagen*

TSD – *ja / nein – in Tagen*

Antibiiose – *ja / nein – in Tagen – perioperativ / Harnwegsinfekt*

EKs – *ja / nein – in Zahlen*

Pleurapunktion – *ja / nein – Zeitpunkt in Tagen – Häufigkeit*

Atemtherapie – *in Tagen*

Schmerzmedikation (inkl. Bedarf) *

THERAPIEBEZUGENE DATEN / OUTCOME

Früh- und Spätkomplikationen *

VAS – *in Zahlen, in Ruhe und Belastung bei Aufnahme und Entlassung*

OP-Indikation *

OP-Verfahren *

OP-Zeitpunkt – *früh / mittel / spät – in Tagen*

Mortalität – *ja / nein*

Todesursache *

ECOG-Status – *in Zahlen, bei Aufnahme und Entlassung*

Entlassmanagement – *nach Hause / Reha / Heim / Kurzzeitpflege / KH / verstorben*

** die weitere Unterteilung wird zur Übersichtlichkeit erst bei den Ergebnissen dargestellt*

2.4. Statistische Analyse

Die Daten wurden zunächst tabellarisch mit dem Programm Excel, Version 16, (Microsoft Corporation, Redmond, USA) gesammelt. Zur Pseudonymisierung wurde jedem Patienten eine fortlaufende Nummer zugeteilt. Die statistische Auswertung erfolgte im Anschluss mit IBM SPSS Statistics, Version 25 (IBM Corporation, Armonk, USA).

Die demographischen Daten wurden mithilfe deskriptiver Statistik beschrieben, als absolute Häufigkeit (n) oder als Prozentangabe. Zudem wurde bei metrischen Variablen der Mittelwert \pm Standardabweichung (SD) (zwei Dezimalstellen) errechnet, bei schiefen Verteilungen zusätzlich der Medianwert mit Interquartilsabstand (IQR). Eine Überprüfung auf Normalverteilung erfolgte anhand des Shapiro-Wilk-Tests. Der gepaarte t-test wurde für Gruppenvergleiche bei kardinalskalierten abhängigen Variablen verwendet. Bei unabhängigen Variablen wurde auf den ungepaarten t-test ausgewichen, alternativ wurde bei fehlenden Voraussetzungen für den t-test oder bei ordinalskalierten Daten der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Zusammenhänge zwischen einer abhängigen und einer oder mehreren unabhängigen Variablen wurden mithilfe von Regressionsmodellen untersucht. Entweder anhand einer multiplen linearen Regression bei intervallskalierten Variablen oder anhand einer binomialen logistischen Regression bei einer dichotomen abhängigen Variablen (z.B. „Frühkomplikation“). Zur weiteren Analyse der Zusammenhänge der erhobenen kategorialen Parameter wurden Chi-Quadrat-Tests zur Überprüfung der Unabhängigkeit durchgeführt.

Bei allen Verfahren wurde ein p-Wert $<0,05$ als statistisch signifikant definiert.

3. Ergebnisse

3.1. Zusammensetzung des Patientenkollektivs

Tabelle 6: Patientencharakteristika

VARIABLEN		n=232	100%
GESCHLECHT	männlich	140	60,3%
	weiblich	92	39,7%
ALTER [JAHRE]	Mittelwert \pm SD	70,21 \pm 15,52	
	Minimum	22	
	Maximum	99	
VORERKRANKUNGEN*	ja	143	61,6%
	nein	89	38,4%
	kardial	120	51,7%
	neurologisch	31	13,4%
	pulmonal	30	12,9%
	Osteoporose	12	5,2%
	tumorös (Lunge)	6	2,6%
ANZAHL VORERKRANKUNGEN	1	96	41,4%
	2	38	16,4%
	3	9	3,9%
VORMEDIKATION	ja	157	67,7%
	nein	75	32,3%
ANZAHL VORMEDIKATION	1	63	27,2%
	2	75	32,3%
	3	16	6,9%
	4	3	1,3%
ART DER VORMEDIKATION*	β -Blocker/ Antihypertensiva	117	50,4%
	Plättchenhemmer	59	25,4%
	Antikoagulation	52	22,4%
	Schmerzmittel*	27	11,6%
	- NSAR	21	
	- Opioide	9	
	- Neuroleptika	5	
	- Paracetamol	3	
	Glucocorticoide	18	7,8%

ANZAHL SCHMERZMITTEL	0	205	88,4%
	1	16	6,9%
	2	11	4,7%

Anmerkungen: * Mehrfachauswahl möglich

Im Zeitraum von Januar 2015 bis einschließlich Dezember 2019 wurden insgesamt 232 Patienten mit Rippenfrakturen im KH BB Regensburg stationär behandelt. Das Durchschnittsalter der Patienten betrug 70.21 Jahre mit einer Spannweite von 22 bis 99 Jahren. Zudem waren über die Hälfte der Patienten männlich. Das Patientenkollektiv war mehrheitlich vorerkrankt, sowie vormedikamentiert. Vor allem kardiale Diagnosen (arterieller Hypertonus, Herzinsuffizienz) zeigten eine starke Prävalenz (51,7%). Als neurologische Vorerkrankungen wurden Demenz, Schwindel, Parkinson und zerebelläre Atrophie gewertet. Pulmonale Vorerkrankungen beinhalteten COPD, Asthma und chronische Bronchitits. Entsprechend der Vordiagnosen standen blutdrucksenkende Mittel an erster Stelle der Vormedikation (n=117). Etwas weniger als die Hälfte der Patienten nahm zudem blutverdünnende Präparate, wie Antikoagulantien bei Vorhofflimmern oder ASS (Acetylsalicylsäure), ein. Falls Schmerzmittel bereits vor dem Frakturereignis eingesetzt wurden, stammten die Präparate der Wahl mehrheitlich aus dem Bereich der NSAR.

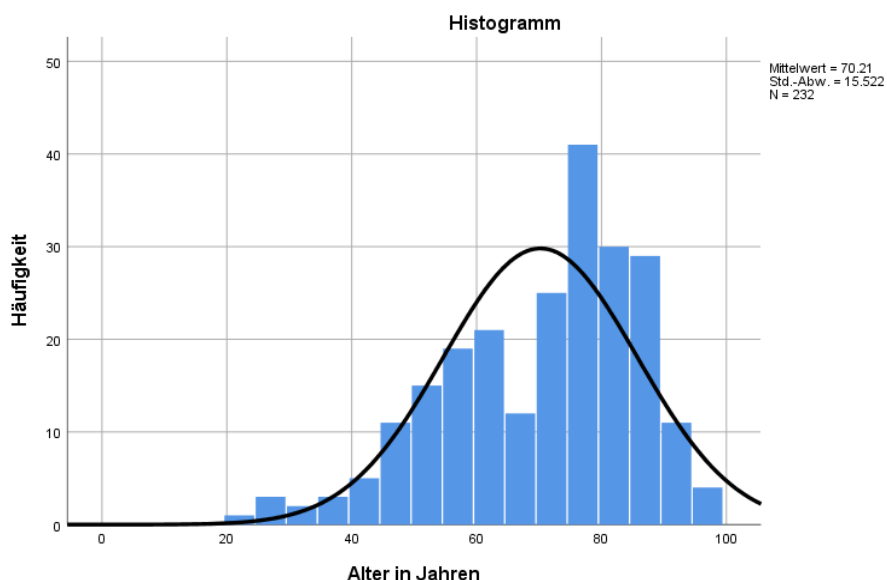


Abbildung 13: Altersverteilung des Patientenkollektivs, x-Achse in 5-Jahres-Abständen, Std.-Abw. = Standardabweichung, (n=232, 100%)

Abbildung 13 zeigt die gesamte Altersverteilung, bei welcher nach visueller Inspektion des Histogramms eine Normalverteilung vermutet werden kann. Ein durchgeführter

Shapiro-Wilk-Test zeigte jedoch, dass die Variable „Alter“ mit $p < 0.001$ nicht normalverteilt ist. Der Mittelwert beträgt 70.21 Jahre mit einer Standardabweichung von 15.52. Der Median liegt bei 74 Jahren und der IQR ist 23, was einer linksschiefen Verteilung entspricht.

3.2. Frakturbezogene Daten

Tabelle 7: Frakturbezogene Parameter

VARIABLEN		n=232	100%
ÄTIOLOGIE	Sturz häusliches Umfeld	162	69,8%
	Verkehrsunfall	33	14,2%
	Sport	12	5,2%
	Alkohol	12	5,2%
	Gewalt	4	1,7%
	Ermüdungsfraktur, pathologisch	3	1,3%
	iatrogen	2	0,9%
	unbekannt	4	1,7%
FRAKTURTYP	Rippenserienfraktur	166	71,6%
	Solitärfraktur	63	27,2%
	multiple Frakturen	3	1,3%
LOKALISATION	lateral	62	26,7%
	posterior	28	12,1%
	postero-lateral	21	9,1%
	anterior	7	3%
	antero-lateral	7	3%
	anterior + posterior	3	1,3%
	unbekannt	104	44,8%
DISLOKATION	ja	111	47,8%
	nein	61	26,3%
	unbekannt	60	25,9%
ZEIT ZWISCHEN FRAKTUR-EREIGNIS UND KH-EINWEISUNG [D]	Mittelwert \pm SD	2,24 \pm 10,18	
	Minimum	0	
	Maximum	131	

Anmerkungen: d = Tage

Hinsichtlich des Frakturereignisses zeigte sich mit 69,8% eine deutliche Häufung bei Stürzen im häuslichen Umfeld. Diese Variable kennzeichnet ein Stolpern, ein Ausrutschen, eine Synkope oder einen Sturz aus der Höhe oder von einer Treppe. An zweiter Stelle folgen Verkehrsunfälle, wobei darunter alle gängigen Fortbewegungsmittel, wie z.B. Fahrrad, Auto, Bus oder Motorrad zusammengefasst wurden. Unter Sportverletzungen fallen bspw. Mountainbiken, Fußball spielen oder Skifahren. Falls die Patienten alkoholisiert waren, wurde die Ätiologie nicht näher klassifiziert, sondern als Ursache lediglich „Alkohol“ vermerkt. Eine iatrogen verursachte Fraktur fand sich bei zwei Patientinnen im Rahmen eines Spritzeneinsatzes oder durch Umlagerung.

Multiple Frakturen entsprechen einer Solitärfraktur an mindestens zwei Loci mit einer Rippenanzahl größer gleich zwei. Die Lokalisation in transversaler Richtung ließ sich bei 55,2% der Patienten bestimmen. Die restlichen Daten waren in Arztbriefen und radiologischen Befunden nicht ersichtlich. Es zeigte sich eine Häufung im mittleren/lateralen Rippenbereich (vordere – hintere Axillarlinie), gefolgt von posterioren Frakturorten (ab hinterer Axillarlinie). Eine fragliche Dislokation wurde nur bei 74,1% der Patienten in den Akten festgehalten. In 111 der 172 Fälle ließ sich diese feststellen. Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass mehrheitlich Rippenserienfrakturen auftraten (71,6%).

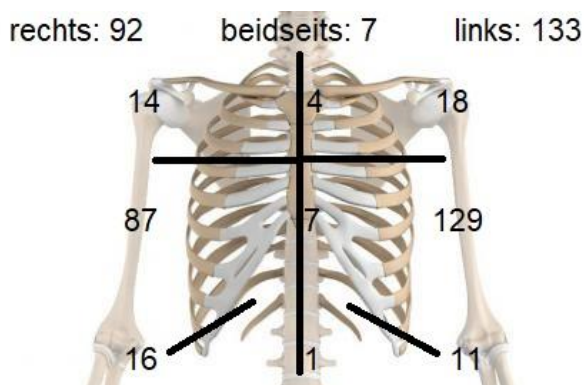


Abbildung 14: Lokalisation nach Seite und in kranio-kaudaler Richtung (n=232, 100%), (69)

Die Daten zur Lokalisation nach Seite und in kranio-kaudaler Richtung hingegen sind vollständig (n=232). Insgesamt war die linke Seite häufiger als die rechte Seite betroffen (n=133 vs. n=92) mit der stärksten Ausprägung im mittleren Bereich (entspricht der Rippen vier bis zehn), gefolgt vom oberen Drittel (Rippen eins bis drei). Sieben Patienten zeigten eine beidseitige Fraktur. Zudem muss erwähnt werden, dass

auch die Variable „kranio-kaudale Richtung“ eine Mehrfachauswahl zuließ. Sprich Patienten sowohl im oberen, mittleren und unteren Drittel Frakturen haben konnten. Eine Fraktur der zweiten bis elften Rippe ergibt bspw. eine Wertung in allen drei Bereichen.

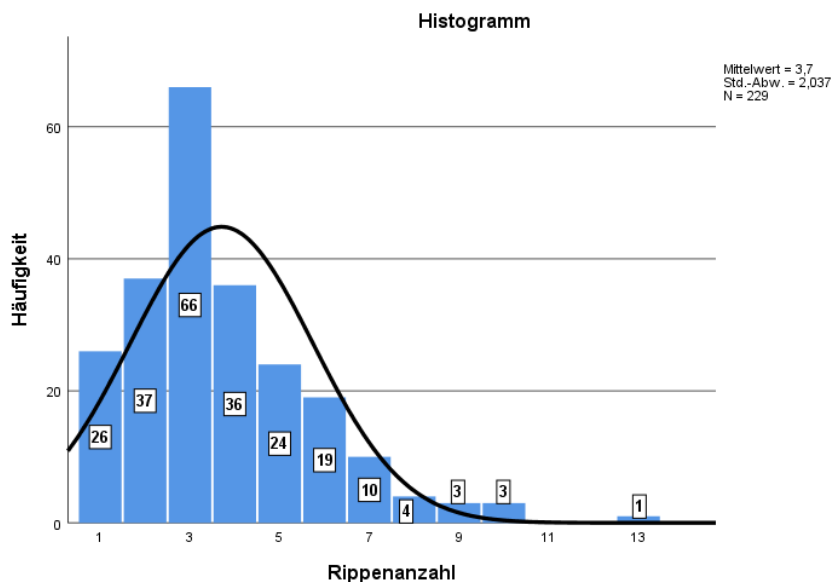


Abbildung 15: Anzahl frakturierter Rippen (n=229, 98,7%), fehlend (n=3, 1,3%), Std.-Abw. = Standardabweichung

Die meisten Patienten, 28,8%, brachen sich drei Rippen. Die Zahl 13 im Diagramm ergibt sich dadurch, dass frakturierte Rippen der linken und rechten Seite addiert werden (maximal mögliche Anzahl insgesamt = 24). Es zeigt sich eine rechtsschiefe Verteilung mit Median bei 3 und einem IQR von 3. Der Mittelwert liegt bei 3.7 mit einer SD von 2.04. Ein durchgeführter Shapiro-Wilk-Test bewies mit $p < 0,001$, dass die Variable „Rippenanzahl“ keine Normalverteilung aufweist. Zudem verdeutlicht das Histogramm, dass Solitärfrakturen bei 63 Patienten auftraten.

Tabelle 8: Frakturauswirkungen

VARIABLEN		n=232	100%
POLYTRAUMA	nein	203	87,5%
	ja	27	11,6%
	unbekannt	2	0,9%
BEGLEITVERLETZUNG*	nein	114	49,1%
	ja	116	50,0%
	Pneumothorax	54	
	Weichteilemphysem	31	
	Pleuraerguss	29	
	Schädelhirntrauma	17	
	Hämatothorax	14	
	Lungenkontusion	10	
	mediastinale Verletzungen	7	
	intraabdominelle Verletzungen	4	
	Hämatopneumothorax	4	
	anderweitige Fraktur	4	
	Spannungspneumothorax	3	
	Thoraxwandhernie mit Lungenprolaps	1	
	Brustwandhämatom	1	
	Zwerchfellruptur	1	
	unbekannt	2	0,9%
ANZAHL DER SYMPTOME	1	176	75,9%
	2	49	21,1%
	3	6	2,6%
	Mittelwert \pm SD	1,26 \pm 0,50	
SYMPTOMCHARAKTER*	Schmerz	231	99,6%
	Dyspnoe	47	20,3%
	Schock, Blutung, Kollaps	14	6,0%

*Anmerkungen: * Mehrfachauswahl möglich*

11,6% der Patienten erlitten ein Polytrauma. Die verwendete Definition hierfür entspricht einer gleichzeitig entstandenen Verletzung mehrerer Körperregionen oder Organsysteme, wovon mindestens eine/die Kombination beider lebensbedrohlich ist. Bei 17 der insgesamt 27 Polytraumapatienten trat ein Schädelhirntrauma auf und jeweils vier Patienten zeigten intraabdominelle oder mediastinale Verletzungen oder anderweitige Frakturen.

Im gesamten Kollektiv trat als Begleitverletzung am häufigsten ein PTX auf, gefolgt von Weichteilemphysemen und Pleuraergüssen. 35 der 54 Patienten mit PTX erhielten anschließend eine TSD. Bei zwei Patienten wurde nichts zu den Begleitverletzungen diagnostiziert, weshalb sie die Wertung „unbekannt“ bekamen.

Das Symptom Schmerz verspürten fast alle Patienten (n=231). Im Mittel traten 1.26 Symptome auf, wovon neben Schmerz an zweiter Stelle meist eine Dyspnoe angegeben wurde.

3.3. Krankenhausaufenthalt

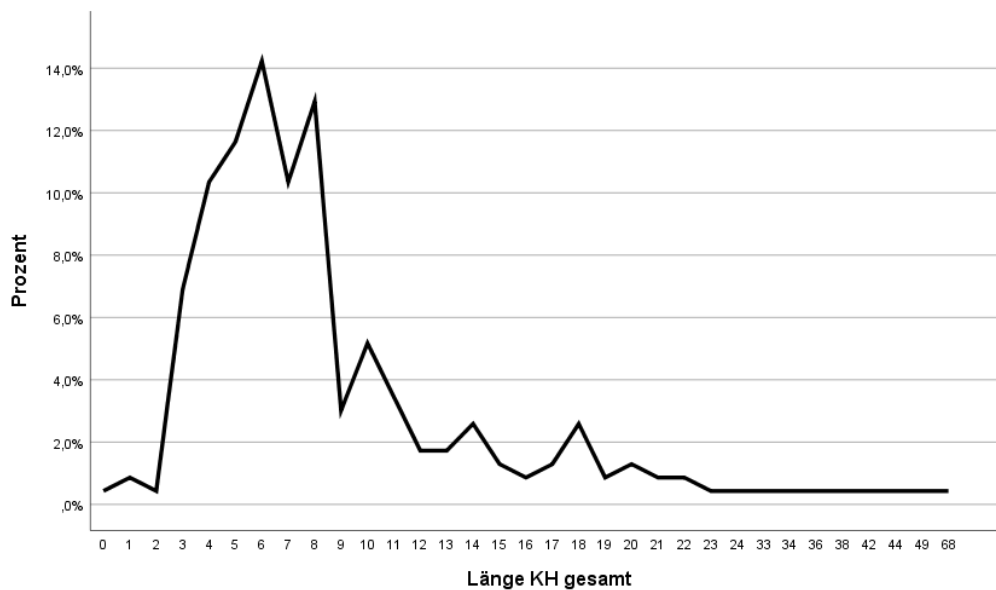


Abbildung 16: Dauer des gesamten Krankenhausaufenthaltes (n=232, 100%)

Abbildung 16 stellt die gesamte KH-Aufenthaltsdauer dar. Die Liegezeiten auf Normal- und Intensivstation wurden entsprechend addiert. Im Durchschnitt verbrachten die Patienten 9.3 Tage (SD = 8.2) im KH. Es handelt sich um eine rechtsschiefe Verteilung, da der Median bei 7 liegt mit einem IQR von 5. 50% der Patienten befanden sich demnach zwischen fünf und zehn Tagen im KH. 44,8% der Patienten verbrachten mehr als sieben Tage im KH und werden daher in dieser Studie fortan als Langlieger bezeichnet.

Tabelle 9: Therapieübersicht

VARIABLEN		n=232	100%
ICU	nein	185	79,7%
	ja	47	20,3%
ICU-LOS [D]	Mittelwert \pm SD	8,00 \pm 9,22	
	Minimum	1	
	Maximum	51	
BEATMUNG	nein	220	94,8%
	ja	12	5,2%
BEATMUNGSDAUER [D]	Mittelwert \pm SD	7,67 \pm 11,54	
	Minimum	1	
	Maximum	38	
TRACHEOTOMIE	nein	230	99,1%
	ja	2	0,9%
TRACHEOTOMIEDAUER [D]	Mittelwert	25,5	
	Minimum	20	
	Maximum	31	
TSD	nein	166	71,6%
	ja	66	28,4%
TSD-LIEGEDAUER [D]	Mittelwert \pm SD	7,05 \pm 4,33	
	Minimum	3	
	Maximum	25	
ANTIBIOSE	nein	170	73,3%
	ja	49	21,1%
	- mittlere Verabreichungsdauer [d] \pm SD	9,63 \pm 8,17	
	- Minimum [d]	1	
	- Maximum [d]	40	
	perioperativ	9	3,9%
	Harnwegsinfekt	4	1,7%
EKS	nein	217	93,5%
	ja	15	6,5%
	- mittlere Menge \pm SD	3,40 \pm 2,64	
	- Minimum	1	
	- Maximum	7	
O2-BEDARF	nein	164	70,3%
	ja	69	29,7%
O2-BEDARF [D]	Mittelwert \pm SD	6,94 \pm 8,80	
	Minimum	1	

	Maximum	49	
AEMTHERAPIE [D]	Mittelwert \pm SD	9,06 \pm 7,47	
	Minimum	0	
	Maximum	60	
PLEURAPUNKTION (PP)	nein	214	92,2%
	ja	18	7,8%
ZEITPUNKT PP1 [D]	Mittelwert	19,39 (bei n=18)	
	Standardabweichung	22,23	
ZEITPUNKT PP2 [D]	Mittelwert	44,40 (bei n=5)	
	Standardabweichung	47,06	
MEHR ALS 2 PP	nein	231	
	ja	1	

Anmerkungen: d = Tage, PP = Pleurapunktion

Eine Atemtherapie erhielten alle 232 Patienten, im Durchschnitt 9.06 Tage lang. Die zweithäufigste Intervention war eine O₂-Gabe über Nasenbrille, Maske oder die Beatmungsmaschine (n=69). Von den 47 intensivmedizinisch betreuten Patienten wurden zwölf beatmet und hiervon wiederum zwei tracheotomiert.

Eine Antibiose erhielten 21,1% der Patienten. Vier dieser 62 Patienten im Rahmen eines Harnwegsinfektes und neun davon lediglich perioperativ.

Bei 66 Patienten wurde eine TSD angebracht. Als Eskalation einer TSD wurde bei elf Patienten zusätzlich eine Pleurapunktion durchgeführt. Sieben Patienten erhielten diese hingegen ohne vorangegangene Drainage. Bei fünf Patienten war zudem eine zweite Punktion nötig, bei einem Patienten sogar ein noch gesteigerter Einsatz.

EKs wurden 15 Patienten verabreicht, im Mittel 3.4 Stück.

Tabelle 10: Schmerztherapie

VARIABLEN		n=232	100%
ORALER SCHMERZBEDARF BEI AUFNAHME	NSAR	16	6,9%
	Opioid	2	0,9%
	NSAR + Opioid	176	75,9%
	Paracetamol + Opioid	5	2,2%
	NSAR + Paracetamol	1	0,4%

	Opioid + Neuroleptikum	1	0,4%
	NSAR + Opioid + Neuroleptikum	24	10,3%
	NSAR + Opioid + Paracetamol	4	1,7%
	NSAR + Opioid + Paracetamol + Neuroleptikum	1	0,4%
	unbekannt	2	0,9%
ORALER SCHMERZBEDARF BEI ENTLASSUNG	NSAR	16	6,9%
	Opioid	5	2,2%
	NSAR + Opioid	155	66,8%
	Opioid + Neuroleptikum	2	0,9%
	Opioid + Paracetamol	1	0,4%
	NSAR + Opioid + Neuroleptikum	45	19,4%
	NSAR + Opioid + Paracetamol	5	2,2%
	Paracetamol + Opioid + Neuroleptikum	1	0,4%
	NSAR + Paracetamol + Opioid + Neuroleptikum	2	0,9%
BEDARFSMEDIKATION	nein	94	40,5%
	ja	138	59,5%
	Mono	82	35,3%
	Dual	51	22,0%
	Tri	5	2,2%
HÄUFIGKEIT BEDARF	Mittelwert \pm SD	3,55 \pm 3,32	
	Minimum	1	
	Maximum	20	
ZUSÄTZLICHE SCHMERZMEDIKATION*	nein	181	78%
	ja	51	22%
	Piritramidboli	38	74,5%
	iv	34	66,7%
	PDK	9	17,6%
	PCA	8	15,7%
	PDK mit Opioiden	5	9,8%
LIEGEDAUER SCHMERZMEDIKATION [D]	Mittelwert \pm SD	8,42 \pm 11,80	
	Minimum	1	
	Maximum	57	

Anmerkungen: d = Tage, * Mehrfachauswahl möglich

Sowohl bei Aufnahme als auch bei Entlassung entsprach die meistverabreichte Schmerzmedikation der Kombination NSAR und Opioid (Aufnahme: n=176, Entlassung: n=155).

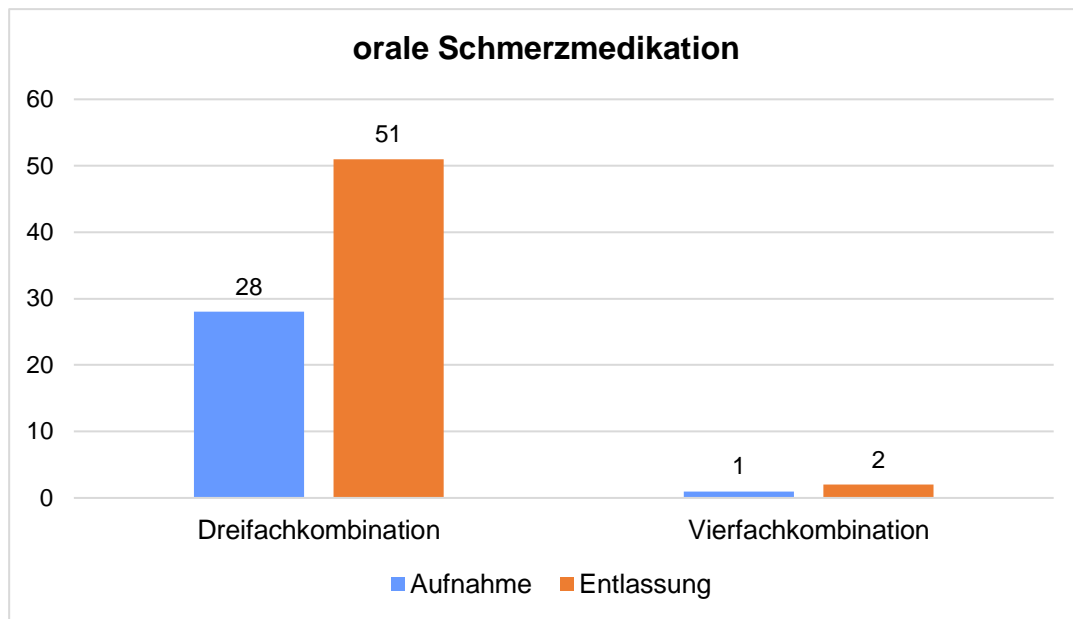


Abbildung 17: orale Schmerzmedikation

Abbildung 17 zeigt einen deutlich erhöhten Mehrbedarf an Mehrfachkombination bei Entlassung in Bezug zum Aufnahmezeitpunkt (n=53 vs. n=29).

Bedarfsmedikamente benötigten 59,5% der Patienten, im Durchschnitt 3.55mal. Die Einteilung in Mono, Dual und Tri richtet sich nach Wirkstoffklasse und Applikationsweise:

- Piritramid sc (subkutan)
- Paracetamol/Metamizol iv
- zusätzliche orale Opiode

Bei 22% der Patienten wurden zusätzliche Verfahren zur Analgesie angewandt. Am häufigsten waren dies Piritramidboli (n=38, 74,5%). 34 Patienten bekamen längerfristig iv applizierte Schmerzmittel, acht davon patientenkontrolliert. Ein PDK wurde bei neun Patienten angebracht, fünf Patienten erhielten diesen in gesteigerter Variante aufgespritzt mit Opioiden. Die Liegedauer bezieht sich lediglich auf PDKs und iv verabreichte Schmerzmittel ähnlich einem Dauertropf/Perfusor. Sie betrug im Mittel 8.42 Tage mit einer Spannweite von 56 Tagen.

3.4. Therapiebezogene Parameter / Outcome

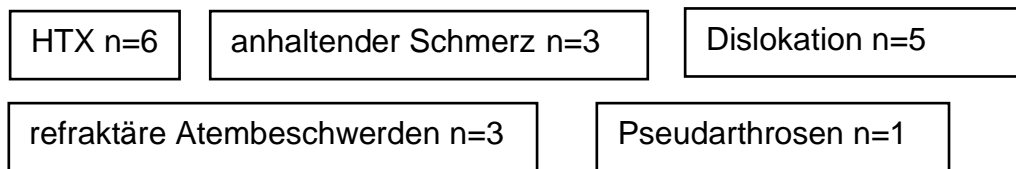
Tabelle 11: Therapieverfahren und Mortalität

VARIABLEN		n=232	100%
THERAPIE	konservativ	195	84,1%
	operativ	37	15,9%
OP-ZEITPUNKT	spät (>72h)	29	78,4%
	mittel (25-72h)	5	13,5%
	akut (24h)	3	8,1%
OP-ZEITPUNKT [D]	Mittelwert \pm SD	14,76 \pm 21,35	
	Minimum	1	
	Maximum	131	
	Median (IQR)	9 (14,50)	
OP-INDIKATION*	Hämatothorax	27	72,3%
	Dislokation	16	43,2%
	refraktäre Atembeschwerden	14	37,8%
	Pleuraempyem	4	10,8%
	anhaltender Schmerz	3	8,1%
	Thoraxwandhämatom	3	8,1%
	Pseudarthrosen	3	8,1%
	Lungenkontusion	3	8,1%
OP-VERFAHREN*	Hämatomausräumung	30	81,1%
	Osteosynthese	8	21,6%
	Pleurolyse	8	21,6%
	Dekortikation	6	16,2%
	Lungen-/Zwerchfellnaht	6	16,2%
	(partielle) Resektion	5	13,5%
	Blutstillung	3	8,1%
	Pleurektomie	2	5,4%
	VAC-Anlage	1	2,7%
MORTALITÄT	nein	228	98,3%
	ja	4	1,7%
MORTALITÄTSGRÜNDE*	Atmung/ARDS	3	
	Infekt	2	
	Sepsis	2	
	Blutung	1	

Anmerkungen: ARDS = acute respiratory distress syndrom, d = Tage, VAC = vacuum assisted closure-therapy, dt. Vakuumtherapie, * Mehrfachauswahl möglich

Von den 232 Patienten wurden insgesamt 37 operativ versorgt. Als häufigste OP-Indikation kristallisierte sich hier klar ein HTX (n=27, 72,3%) heraus. Bei weiteren drei Patienten trat ein Brustwandhämatom auf, dementsprechend wurde 30mal eine Hämatomausräumung durchgeführt.

Die acht osteosynthetisch versorgten Patienten zeigten folgende Indikationen:



Bei sieben dieser acht Patienten wurden zusätzlich weitere OP-Verfahren neben einer Rippenfixation angewandt, darunter:

- Hämatomausräumung (n=6)
- Lungen-/Zwerchfellnaht (n=2)
- Pleurolyse und Resektion (je n=1)

Bei 78,4% der Patienten wurde der Eingriff zu einem späten (>72h) Zeitpunkt durchgeführt. Der Mittelwert des OP-Zeitpunktes liegt bei 14.76 Tagen ($SD = 21.35$) nach Aufnahme.

Vier Patienten sind während des KH-Aufenthaltes verstorben, die KH-Letalität ist damit 1,7%. 75% davon hatten respiratorische Insuffizienzen, 50% infektiöse oder septische Ereignisse und 25% Blutungskomplikationen.

Tabelle 12: Komplikationen

VARIABLEN		n=232	100%
FRÜHKOMPLIKATIONEN*	nein	135	58,1%
	ja	97	41,8%
	- Pleuraerguss	62	
	- Hämatothorax (Schock, Blutung)	26	
	- Pneumonie	20	
	- respiratorische Insuffizienz	17	
	- Delir	13	
	- Pneumothorax (Fistelung)	12	
	- Empyem/Abszess	5	
	- akutes Nierenversagen	5	
	- Thoraxwandhämatom	5	
	- Sepsis	4	
	- Wundinfektion/-heilungsstörung	3	
	- abdominelle Verletzung	2	
SPÄTKOMPLIKATIONEN*	unbekannt	134	57,8%
	nein	78	33,6%
	ja	20	8,6%
	- anhaltende Dyspnoe (Herzinsuffizienz, COPD)	9	
	- chronischer Schmerz	6	
	- Krankenhausletalität	5	
	- Pseudarthrosen	3	
	- anhaltende Leistungsminderung	2	
	- Relaxation der Bauchwandmuskulatur	1	

Anmerkungen: * Mehrfachauswahl möglich

Etwaige Frühkomplikationen konnten bei allen Patienten erfasst werden. Spätkomplikationen hingegen konnten lediglich anhand nachfolgender KH-Aufenthalte abgeschätzt werden, da kein Follow-up durchgeführt wurde. Falls kein weiterer Aufenthalt erfolgte, wurde dieser Parameter dementsprechend als „unbekannt“ klassifiziert. Eine Mortalität zu einem späteren Zeitpunkt nicht-frakturbedingt wurde nicht berücksichtigt. Es flossen daher nur frakturassoziierte Komplikationen in die Analyse mit ein. Die am häufigsten festgestellte Frühkomplikation war ein Pleuraerguss, gefolgt von einem HTX. Anschließend finden sich Pneumonie, respiratorische Insuffizienz, Delir und PTX.

Als Spätkomplikation trat an erster Stelle eine anhaltende Dyspnoe ein. Jedoch ließ sich nicht immer klären, ob dies frakturbedingt oder den Vorerkrankungen geschuldet war. Einen chronischen Schmerz verspürten sechs Patienten, Pseudarthrosen drei und anhaltende Leistungsminderung zwei Patienten.

Zudem zeigte sich, dass eine Frühkomplikation etwa fünfmal öfter als eine Spätkomplikation auftrat (41,8% vs. 8,6%).

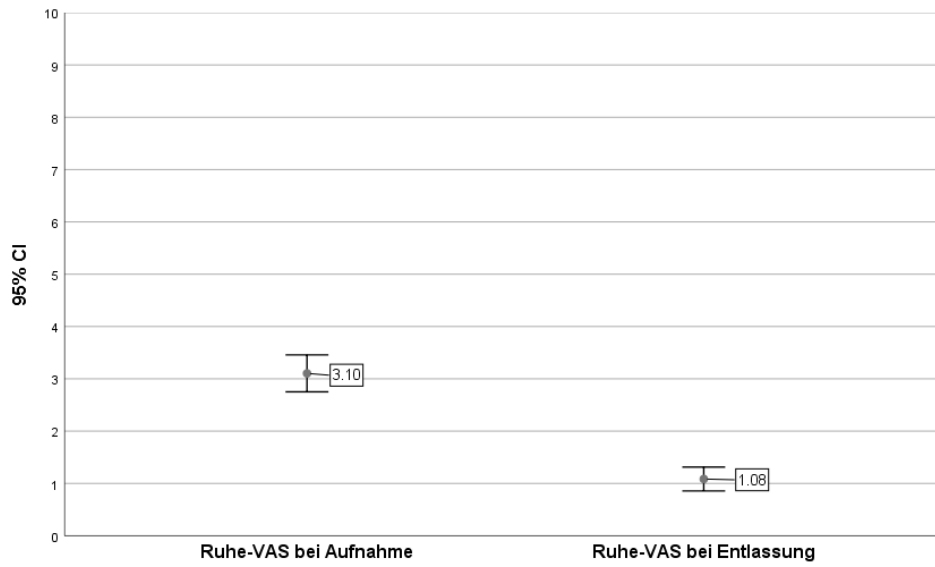


Abbildung 18: Ruhe-VAS bei Aufnahme und Entlassung, (n=155, 100%)

Abbildung 18 zeigt die Entwicklung der Ruhe-VAS zwischen Aufnahme- und Entlasszeitpunkt. Die VAS kann ganzzahlige Werte zwischen null und zehn annehmen. Der Mittelwert veränderte sich von 3.10 auf 1.08. Das 95% KI des Mittelwerts befand sich bei Aufnahme zwischen 2.75 und 3.46, bei Entlassung zwischen 0.86 und 1.31.

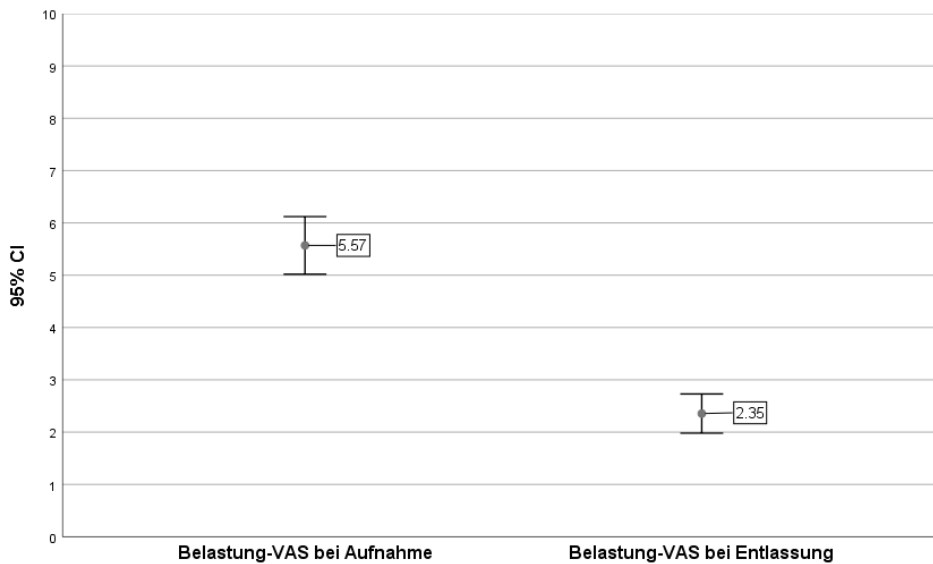


Abbildung 19: Belastung-VAS bei Aufnahme und Entlassung, (n=79, 100%)

Der Mittelwert der VAS bei Belastung veränderte sich von 5.57 auf 2.35 während des KH-Aufenthaltes. Das 95% KI des Mittelwerts befand sich bei Aufnahme zwischen 5.02 und 6.12, bei Entlassung zwischen 1.98 und 2.73.

Tabelle 13: gepaarter t-test

	95% Konfidenzintervall der Differenz			T	df	Sig. (2-seitig)
	Mittlere Differenz	Untere	Obere			
Ruhe-VAS bei Aufnahme – Ruhe-VAS bei Entlassung	2,02	1,64	2,4	10,63	154	0,000
Belastung-VAS bei Aufnahme – Belastung-VAS bei Entlassung	3,22	2,63	3,80	10,95	78	0,000

Anmerkungen: df = degrees of freedom = Freiheitsgrade, T = Prüfgröße

Tabelle 13 zeigt einen gepaarten t-test, mithilfe dessen die Differenz der Mittelwerte auf Signifikanz untersucht wurde. Vorab wurde eine Überprüfung der Normalverteilung durchgeführt, welche mit $p=0.066$ vorhanden war. Die Ruhe-VAS-Werte waren bei Entlassung signifikant niedriger $t(154)=10.63$, $p<0.001$, $d=0.85$ als bei Aufnahme. Ebenso verhielt sich die Veränderung der Belastung-VAS-Werte $t(78)=10.95$, $p<0.001$,

d=1.23. Die Effektstärke weist bei beiden Paaren einen Wert größer 0.8 auf, weshalb von einem starken Effekt ausgegangen werden kann (Interpretation nach Cohen).

Tabelle 14: Kreuztabelle ECOG-Status bei Aufnahme * ECOG-Status bei Entlassung

		ECOG-Status bei Entlassung					Gesamt
		1	2	3	4	5	
ECOG-Status bei Aufnahme	1	8	0	0	0	0	8
	2	90	34	1	0	1	126
	3	12	44	34	0	3	93
	4	0	0	1	3	0	4
Gesamt		110	78	36	3	4	231

Definition ECOG-Status:

- 0 = normale, uneingeschränkte Aktivität, wie vor der Erkrankung
- 1 = Einschränkung bei körperlicher Belastung, gehfähig, leichte Arbeit möglich (Sitzen, Büro)
- 2 = > 50% der Wachheit aufstehfähig, Selbstversorgung möglich, gehfähig
- 3 = ≤ 50% der Wachheit aufstehfähig, begrenzte Selbstversorgung möglich
- 4 = völlig an Bett/Stuhl gebunden, völlig pflegebedürftig, keinerlei Selbstversorgung möglich
- 5 = tot

Tabelle 14 veranschaulicht, dass fünf Patienten eine Verschlechterung des ECOG-Status erfuhren, wovon vier verstarben. Bei 79 Patienten ließ sich keine Veränderung der körperlichen Aktivität zwischen Aufnahme und Entlassung feststellen. 147 Patienten zeigten durch die medizinische Behandlung eine Verbesserung ihres physiologischen Zustandes.

Zudem verdeutlicht die Tabelle, dass bei Entlassung am häufigsten der Status „1“ (n=110, 47,6%) auftrat. Bei Aufnahme wiesen die Patienten meist einen schlechteren Score auf (Status „2“: n=126, 54,5%).

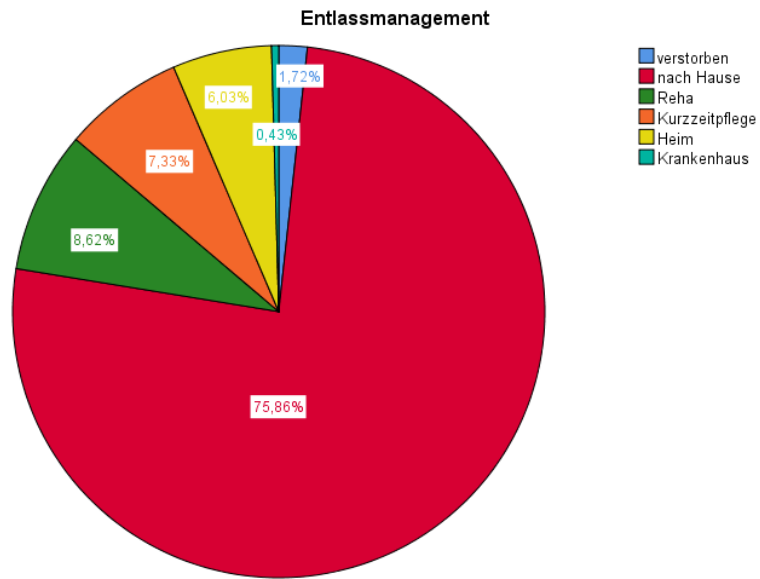


Abbildung 20: Entlassmanagement (n=232, 100%)

Abbildung 20 zeigt, dass der Großteil der Patienten (75,86%) nach dem KH-Aufenthalt nach Hause entlassen werden konnte. 20 Patienten gingen anschließend auf Reha, 17 in Kurzzeitpflege, 14 ins Heim, vier verstarben und ein Patient wurde in ein anderes KH verlegt.

Tabelle 15: Binomiale logistische Regression Frühkomplika-tion

	Odds Ratio	Signifikanz	95% Konfidenzintervall	
			Unterer Wert	Oberer Wert
Geschlecht*	1,02	0,946	0,52	2,00
Vorerkrankungen*	1,31	0,524	0,57	3,03
Rippenanzahl	1,22	0,039	1,01	1,46
Polytrauma*	1,36	0,569	0,47	3,88
Therapie*	32,00	<0,001	6,95	147,26
ECOG-Status bei Aufnahme	0,96	0,887	0,54	
Antikoagulation und/oder Plättchenhemmer* ^c	1,15	0,702	0,56	
Alter*	1,96	0,157	0,77	

*Anmerkungen: Referenzkategorie = nein, Geschlecht = weiblich, Therapie = konservativ, Alter = < 65 Jahre. (n=232, 100%)

^cfortan als Blutverdünnung bezeichnet

Eine binomiale logistische Regression wurde berechnet, um zu überprüfen, inwieweit die Faktoren Geschlecht, Alter, Vorerkrankungen, Rippenanzahl, Polytrauma, ECOG-Status bei Aufnahme, Blutverdünnung und Therapie dazu beitragen, eine Frühkomplika-tion zu erleiden. Das Regressionsmodell war statistisch signifikant, Chi-Quadrat(8)=66.367, $p < 0.001$, mit einer akzeptablen Varianzaufklärung von Nagelkerkes $R^2 = 0.349$, gemäß den Empfehlungen von Backhaus et al. (2003). Der Gesamtprozentsatz korrekter Klassifikation war 74,3%, mit einer Sensitivität von 43,5% und einer Spezifität von 95,5%. Von den acht Variablen, die in das Modell aufgenommen wurden, zeigten zwei einen signifikanten Einfluss auf das Ereignis „Frühkomplika-tion“, Therapie ($p < 0.001$) und Rippenanzahl ($p = 0.039$). Wohingegen die restlichen Parameter p-Werte größer als 0.050 aufwiesen und somit keinen signifikanten Einfluss hatten. Patienten mit operativer Versorgung haben eine 32mal höhere Wahrscheinlichkeit (95% KI = 6.95, 147.26) eine Frühkomplika-tion zu erleiden, als Patienten mit konservativer Therapie. Zudem erhöht jede zusätzlich gebrochene Rippe die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Komplika-tion um 1.22 (95% KI = 1.01, 1.46). Alle Modellkoeffizienten können Tabelle 15 entnommen werden.

Tabelle 16: Multiple lineare Regression Liegedauer Krankenhaus (h-LOS)

	Regressionskoeffizient	Sig.	95% Konfidenzintervall	
			Untergrenze	Obergrenze
Geschlecht*	0,11	0,856	-1,08	1,30
Vorerkrankungen*	0,04	0,960	-1,41	1,49
Rippenanzahl	0,32	0,041	0,01	0,63
ECOG-Status bei Aufnahme	1,15	0,027	0,13	2,17
PDK einfach*	3,26	0,014	0,67	5,86
VAS	0,73	0,194	-0,37	1,83
Blutverdünnung*	-0,00	0,998	-1,30	1,29
Therapie*	-8,83	<0,001	-10,61	-7,05
Polytrauma*	0,26	0,775	-1,53	2,05
Alter*	1,33	0,085	-0,19	2,84

**Anmerkungen: Referenzkategorie = ja, Geschlecht = weiblich, Therapie = operativ, Alter = ≥ 65 Jahre. Es erfolgte der Ausschluss zweier Patienten aufgrund von Ausreißern (standardisierten Residuen $> \pm 3$). (n=230, 99,14%)*

Eine multiple lineare Regressionsanalyse zeigte, dass die Rippenanzahl, die Therapiemethode, der ECOG-Status bei Aufnahme, sowie die Anlage eines PDKs einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Länge des Krankenhausaufenthaltes hatten, $F(10,200)=19.252$, $p<0.001$. Das Modell hat mit einem korrigierten R^2 von 0.465 eine hohe Anpassungsgüte (Cohen, 1988).

Je zusätzlich frakturierter Rippen steigt die Liegezeit um durchschnittlich 0.3 Tage (95% KI = 0.01, 0.63). Verschlechtert sich der ECOG-Status um einen Wert, nimmt die Verweildauer um 1.2 Tage zu (95% KI = 0.13, 2.17). Auch die Anlage eines PDKs verlängert den stationären Aufenthalt um 3.3 Tage (95% KI = 0.67, 5.86). Konservativ versorgte Patienten zeigten einen im Schnitt um neun Tage kürzeren h-LOS (95% KI = 10.61, 7.05). Die restlichen untersuchten Variablen (Geschlecht, Alter, Vorerkrankungen, Polytrauma und Blutverdünnung) ergaben keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Liegedauer. Alle Regressionskoeffizienten, p-Werte, sowie 95% Konfidenzintervalle können Tabelle 16 entnommen werden.

Tabelle 17: Ruhe-VAS bei Aufnahme

		n	Mittelwert Ruhe-VAS bei Aufnahme \pm SD	Signifikanz
Geschlecht	weiblich	75	3,16 \pm 2,05	0,762
	männlich	104	3,06 \pm 2,34	
Vorerkrankungen	nein	65	3,29 \pm 2,13	0,384
	ja	114	2,99 \pm 2,26	
Alter	< 65 Jahre	54	3,17 \pm 2,02	0,794
	\geq 65 Jahre	125	3,07 \pm 2,30	
Polytrauma	nein	164	3,17 \pm 2,26	0,153
	ja	14	2,29 \pm 1,64	

Die durchgeführten vier t-tests bei unabhängigen Stichproben zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede der Ruhe-VAS Werte bei Aufnahme zwischen den verschiedenen Gruppen (p -Werte > 0.050 , Tabelle 17). Auch wurde kein Zusammenhang zwischen dem Ruheschmerz bei Aufnahme und der Anzahl frakturierter Rippen ($r = -0.07$, $p = 0.341$, $n = 177$) deutlich.

Tabelle 18: Ruhe-VAS bei Entlassung

	Therapie	n	Mittelwert \pm SD	Sig.	PDK einfach	n	Mittelwert \pm SD	Sig.
Ruhe-VAS bei Entlassung	operativ	34	0,97 \pm 1,11	0,574	nein	182	1,10 \pm 1,40	0,804
	konservativ	161	1,12 \pm 1,44		ja	13	1,00 \pm 1,29	

Der Ruheschmerz bei Entlassung unterschied sich nicht signifikant zwischen den Therapiearten oder nach Anlage eines PDKs (p -Werte > 0.050 , Tabelle 18).

Tabelle 19: Kreuztabelle Mortalität

			Mortalität		Gesamt	Signifikanz
			nein	ja		
Alter	< 65 Jahre	n	80	0	80	0,143
		%	100,0%	0,0%	100,0%	
	≥ 65 Jahre	n	148	4	152	
		%	97,4%	2,6%	100,0%	
Vorerkrankungen	nein	n	89	0	89	0,111
		%	100,0%	0,0%	100,0%	
	ja	n	139	4	143	
		%	97,2%	2,8%	100,0%	
Therapie	operativ	n	36	1	37	0,618
		%	97,3%	2,7%	100,0%	
	konservativ	n	192	3	195	
		%	98,5%	1,5%	100,0%	
Geschlecht	weiblich	n	91	1	92	0,546
		%	98,9%	1,1%	100,0%	
	männlich	n	137	3	140	
		%	97,9%	2,1%	100,0%	
Pneumonie Früh	nein	n	211	1	212	<0,001
		%	99,5%	0,5%	100,0%	
	ja	n	17	3	20	
		%	85,0%	15,0%	100,0%	
Hämatothorax Früh	nein	n	204	2	206	0,013
		%	99,0%	1,0%	100,0%	
	ja	n	24	2	26	
		%	92,3%	7,7%	100,0%	
Gesamt	n	228	4	232		
	%	98,3%	1,7%	100,0%		

Von den vier verstorbenen Patienten waren alle vorerkrankt und mindestens 65 Jahre alt. Drei von ihnen wurden konservativ versorgt, waren männlich und erlitten als Frühkomplikation eine Pneumonie. Zudem trat bei zwei Patienten ein HTX als Frühkomplikation ein. Das Eintreten einer Pneumonie oder eines HTX ergab einen statistisch signifikanten Zusammenhang mit der Mortalität (Chi-Quadrat(1)=22.766, $p < 0.001$, $n=232$ bzw. Chi-Quadrat(1)=6.155, $p=0.013$, $n=232$). Die restlichen p-Werte lagen über dem Signifikanzniveau von 0.050 und können Tabelle 19 entnommen werden.

Tabelle 20: Mortalität und Rippenanzahl

	Mortalität	n	Mittelwert	Standardabweichung
Rippenanzahl	nein	225	3,70	2,05
	ja	4	3,75	0,50

Es befanden sich insgesamt vier Teilnehmer in der Mortalitätsgruppe und 225 in der Kontrollgruppe ohne Mortalität. Die mittlere Rippenanzahl war bei den verstorbenen Patienten mit 3.75 ± 0.50 fast identisch zu jener der Gruppe der Überlebenden (Mittelwert = 3.70 ± 2.05). Es verdeutlichte sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Kollektiven, wobei die durchschnittliche Abweichung der Rippenanzahl bei den Nicht-Verstorbenen -2.05 (95% KI = $-2.08, 1.98$) betrug, $t(227)=-0.046, p=0.963$.

Tabelle 21: Kreuztabelle Pneumonie Frühkomplikation, Chi-Quadrat

		Pneumonie Früh		Gesamt	Signifikanz	
		nein	ja			
Therapie	operativ	n	28	9	37	<0,001
		%	75,7%	24,3%	100,0%	
	konservativ	n	184	11	195	
		%	94,4%	5,6%	100,0%	
Geschlecht	weiblich	n	86	6	92	0,356
		%	93,5%	6,5%	100,0%	
	Männlich	n	126	14	140	
		%	90,0%	10,0%	100,0%	
Alter	< 65 Jahre	n	76	4	80	0,154
		%	95,0%	5,0%	100,0%	
	≥ 65 Jahre	n	136	16	152	
		%	89,5%	10,5%	100,0%	
Gesamt		n	212	20	232	
		%	91,4%	8,4%	100,0%	

Ein durchgeführter Chi-Quadrat-Test zeigte einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Pneumonie und Therapie (Chi-Quadrat(1)=13.781, $p<0.001, n=232$). Unter den operativ versorgten Patienten erlitten 24,3% eine Pneumonie im stationären Verlauf, bei den konservativ behandelten Patienten hingegen lag dieser Anteil bei 5,6%. Zudem trat in der Gruppe der Männer, sowie in

der Alterskategorie ≥ 65 Jahre, bei etwa jedem zehnten Patienten eine Pneumonie als Frühkomplikation ein. Unter den Frauen, bzw. bei den unter 65-jährigen Patienten, waren es mit einem Prozentsatz von 6,5% bzw. 5,0% etwas weniger (kein statistisch signifikanter Unterschied, p -Werte > 0.050).

Tabelle 22: Pneumonie Frühkomplikation und Atemtherapie

	Pneumonie Früh	n	Median	IQR
Atemtherapie in d	nein	212	7,00	4
	ja	20	16,50	21
	Gesamt	232		

Statistik für Test^a

	Atemtherapie in Tagen
Z	-4,457
Signifikanz (2-seitig)	0,000

a. Gruppenvariable: Pneumonie Früh

Ein Mann-Whitney-U-Test wurde berechnet, um zu überprüfen, ob sich die Atemtherapie in Tagen hinsichtlich des Eintretens einer Pneumonie als Frühkomplikation unterschied. Es gab einen statistisch signifikanten Unterschied in der Dauer der Atemtherapie zwischen Patienten mit Pneumonie (Median = 16.50 ± 21 , $n=20$) und Patienten ohne Pneumonie (Median = 7.00 ± 4 , $n=212$), $Z=-4.457$, $p<0.001$.

Tabelle 23: Pneumonie Frühkomplikation und Rippenanzahl, ungepaarter t-test (Varianzhomogenität)

	Pneumonie Früh	n	Mittelwert	Standardabweichung
Rippenanzahl	nein	209	3,69	2,03
	ja	20	3,85	2,11

Die 20 Patienten mit einer Pneumonie als Frühkomplikation brachen sich im Mittel 3.85 Rippen ($SD = 2.11$). In der Kontrollgruppe ohne Pneumonie ($n=209$) betrug die Anzahl frakturierter Rippen 3.69 ($SD = 2.03$). Es zeigte sich ein statistisch nicht signifikanter Unterschied der beiden unabhängigen Stichproben, $t(227)=-0.337$, $p=0.736$.

Tabelle 24: Frühkomplikation Hämatothorax, Kreuztabelle, Chi-Quadrat

			Hämatothorax Früh		Gesamt	Sig.
			nein	ja		
Blutverdünnung	nein	Anzahl	114	13	127	0,606
		% innerhalb von Blutverdünnung	89,8%	10,2%	100,0%	
	ja	Anzahl	92	13	105	
		% innerhalb von Blutverdünnung	87,6%	12,4%	100,0%	
Gesamt		Anzahl	206	26	232	
		% innerhalb von Blutverdünnung	88,8%	11,2%	100,0%	

Von den insgesamt 26 Patienten mit Hämatothorax als Frühkomplikation, nahmen dreizehn Personen blutverdünnende Medikamente im Vorfeld dauerhaft ein. 12,4% der Patienten mit Blutverdünnung entwickelten im Verlauf einen Hämatothorax, in der Kontrollgruppe waren es 10,2%. Die zwei Variablen zeigen mit Chi-Quadrat(1)=0.266, $p=0.606$ und $n=232$ einen statistisch nicht signifikanten Zusammenhang.

4. Diskussion

Gegenstand dieser retrospektiven Studie war es, den Outcome operativ und konservativ versorgter Patienten mit Rippenfrakturen zu vergleichen und herauszufinden, welche Parameter einen schwierigen Verlauf klassifizieren.

Es sollte geklärt werden, inwieweit eine operative Frakturversorgung eine Reduktion der Komplikationen, bzw. eine Verbesserung des Krankheitsverlaufes bedingt.

Es wurde deutlich, dass Frühkomplikationen signifikant häufiger bei einer operativen Therapie und bei einer erhöhten Anzahl an gebrochenen Rippen auftraten (Faktor 32.0 mit $p < 0.001$, bzw. Faktor 1.22 mit $p = 0.039$). Insbesondere eine Pneumonie als Frühkomplikation trat signifikant häufiger in der operativ versorgten Patientengruppe auf (24,3% vs. 5,6%, $p < 0.001$). Weitere Risikofaktoren für das Eintreten von Frühkomplikationen, jedoch ohne Signifikanz, waren ein männliches Geschlecht, ein Alter ≥ 65 Jahre, Vorerkrankungen, ein Polytrauma oder das Bestehen einer Blutverdünnung/Antikoagulation.

Weiterhin führte jede zusätzlich frakturierte Rippe zu einem verlängerten Krankenhausaufenthalt um 0.3 Tage ($p = 0.041$). Zusätzliche Variablen mit einem statistisch signifikanten negativen Einfluss auf die Liegedauer waren: ein ECOG-Status minus eins (+1.2d), eine operative Versorgung (+8.8d) und eine PDK-Anlage (+3.3d). Einen nicht-signifikanten Einfluss zeigten ein Alter ≥ 65 Jahre (+1.3d), Polytrauma, VAS-Status plus eins, männliches Geschlecht und Vorerkrankungen (allesamt Verlängerung um bis zu einem Tag).

Hinsichtlich der Schmerzsituation ließ sich kein aussagekräftiges Ergebnis erzielen. Weder Vorerkrankungen noch Geschlecht, Alter oder Rippenanzahl hatten einen signifikanten Einfluss auf den Ruheschmerz bei Aufnahme. Auch die Therapiemethode (operativ vs. konservativ oder PDK-/PCA-Anlage) konnte keine signifikante Schmerzreduktion bei Entlassung bewirken.

Insgesamt konnte bei dem untersuchten Patientenkollektiv mithilfe der stationär durchgeführten Analgesie eine signifikante Schmerzreduktion mit mittleren VAS-Differenzpunkten zwischen Aufnahme und Entlassung von 2.019 in Ruhe bzw. 3.215 bei Belastung erzielt werden ($p < 0.001$). In 66,8% der Fälle wurde eine Kombinationstherapie mittels NSAR und Opioid durchgeführt, bei 22% der Patienten eine zusätzliche Therapie mittels PDK/PCA/o.ä.. Zudem zeigte sich bei Entlassung

eine deutliche Erhöhung der Mehrfachkombination mit n=23 bei Aufnahme vs. n=59 bei Entlassung. Deshalb empfiehlt es sich, direkt bei Aufnahme mit einer Kombinationsanalgesie, bevorzugt Tripletherapie, zu starten. Auch Bedarfsmedikamente sollten in der Patientenkurve berücksichtigt werden, da über 50% der Patienten davon Gebrauch nahmen.

Bezüglich der Mortalität zeigte sich, dass alle vier verstorbenen Patienten vorerkrankt, mehr als drei frakturierte Rippen hatten und über 65 Jahre alt waren. Einen signifikanten Einfluss auf das Versterben ergaben jedoch nur die Variablen „Pneumonie“ (OR 37.24, 95% KI = 3.67, 377.57, p=0.002) und „HTX als Frühkomplikation“ (OR 8.50, 95% KI = 1.15, 63.13, p=0.036). Für Patienten mit Pneumonie war die Wahrscheinlichkeit zu versterben etwa 37mal höher als für Patienten ohne Pneumonie. Falls sie einen HTX erlitten, steigerte sich das Mortalitätsrisiko um den Faktor 8,5. Ein HTX wiederum trat nicht-signifikant häufiger (p=0.606) mit 12,4% bei Patienten mit Blutverdünnung vs. 10,2% bei Patienten ohne Blutverdünnung auf. Die Wahrscheinlichkeit einen HTX zu erleiden, war bei vorbestehender Blutverdünnung so 1,2mal höher (OR 1.24, 95% KI = 0.55, 2.80, p=0.607).

Die Ergebnisse unterstützen die Daten von Bulger et al. aus dem Jahr 2000 (39), welche mittels einer retrospektiven Kohortenstudie im Zeitraum von zehn Jahren 277 Patienten ≥ 65 Jahre mit Rippenfrakturen mit 187 willkürlich gewählten 18- bis 64-jährigen Patienten mit Rippenfrakturen verglichen. Ziel war es, den Einfluss des Alters und der Rippenanzahl auf die Morbidität und Mortalität zu untersuchen. Sie beschrieben ein erhöhtes Pneumonie- und Mortalitätsrisiko bei älteren Patienten: 31% vs. 17%, bzw. 22% vs. 10%. Im Patientenkollektiv der BB Regensburg zeigten sich Werte mit 10,5% vs. 5% und 2,6% vs. 0%. Zudem untersuchten sie die durchschnittliche h-/ICU-LOS und DMV, sowie die mittlere Anzahl der frakturierten Rippen, in den beiden Gruppen. Nachfolgend sind die Ergebnisse von Bulger et al. und die in dieser Dissertation erhobenen Daten tabellarisch gegenübergestellt.

Tabelle 25: Datenvergleich Bulger et al., Klassifikation hinsichtlich Alter ≥ 65 Jahre

Mittelwerte		n	h-LOS*	ICU-LOS*	DMV*	Rippenanzahl
Bulger et al.	≥ 65 Jahre	277	15.4	6.1	4.3	3.6
	< 65 Jahre	187	10.7	4.0	3.1	4.0
BB Regensburg	≥ 65 Jahre	152	9.4	7.7	4.9	3.7
	< 65 Jahre	80	9.0	8.5	13.1	3.8

Anmerkungen: * in Tagen

In dem Regensburger Patientenkollektiv konnte keine verlängerte Beatmungs- oder Intensivdauer bei Patienten ≥ 65 Jahre nachgewiesen werden. Die mittlere Rippenanzahl war, wie auch bei Bulger et al., nahezu identisch in beiden Gruppen. Die längere h-LOS bei älteren Patienten fiel bei den erhobenen Werten im Vergleich zu den Daten von Bulger et al. im Mittel geringer aus (+0.4d vs. +4.7d).

Zusätzlich beschrieben Bulger et al. ein erhöhtes Mortalitäts- und Pneumonierisiko (OR 1.19 und OR 1.16) pro zusätzlich gebrochener Rippe (42). In der durchgeführten Analyse zeigten sich ähnliche, wenn auch niedrigere, ORs mit 1.01 für Mortalität (95% KI = 0.63, 1.64) und 1.04 für Pneumonie (95% KI = 0.84, 1.29). Zudem waren im Fall der BB Regensburg diese Ergebnisse mit einem p -Wert > 0.05 nicht signifikant. Die mittlere Anzahl der frakturierten Rippen betrug bei den Verstorbenen 3.75 Rippen, bei den Überlebenden 3.70; bei Patienten mit Pneumonie 3.85, bei Patienten ohne Pneumonie 3.69. Daher kann allenfalls von einem geringen Effekt der Rippenanzahl auf die Mortalität und auf das Pneumonierisiko ausgegangen werden.

Mit der durchgeführten Studie können zudem die Daten aus der Arbeitsgruppe von Marini et al. belegt werden, welche ein Alter ≥ 65 Jahre, sowie das männliche Geschlecht, als Einflussfaktoren auf die Mortalität benennen, nicht jedoch die Anzahl frakturierter Rippen (41). Ihre retrospektive Studie aus dem Jahr 2019 beinhaltete über einen Zeitraum von zwei Jahren 1188 Patienten, welche im Mittel 54 ± 21 Jahre alt waren, durchschnittlich 4 ± 2 gebrochene Rippen aufwiesen und zu 67,34% männlich waren. Diese demographischen Daten können mit den erhobenen Ergebnissen von 60,38% für männliches Geschlecht und einer mittleren Rippenanzahl von 3.7 ± 2 unterstützt werden. Jedoch zeigten die untersuchten Patienten ein höheres Alter mit einem Mittelwert von 70.21 Jahren ($SD = 15.52$ Jahre). Das Mortalitätsrisiko zeigte in der vorliegenden Arbeit mit 2,1% für männliches Geschlecht vs. 1,1% für weibliches

Geschlecht und 2,6% für ein Alter ≥ 65 Jahre vs. 0,0% für unter 65-Jährige leicht erhöhte Werte, jedoch mit $p > 0.05$ ohne Signifikanz.

Zu den Überlebensdaten von Battle et al. ist es schwierig, einen Vergleich zu ziehen, da die untersuchte Mortalitätsgruppe der BB Regensburg nur aus vier Personen bestand. Battle et al. analysierten mittels Metaanalyse und systematischem Review Risikofaktoren für die Mortalität bei stumpfem Thoraxtrauma (42). Mit den erhobenen Daten lässt sich lediglich für die Pneumonie eine kombinierte OR berechnen. Diese fällt mit einer OR von 37.24 (95% KI = 3.67, 377.57) um ein Vielfaches höher aus als bei dem Vergleichsdatensatz von Battle et al. mit einer OR von 5.24 (95% KI = 3.51, 7.82). Es kann aber davon ausgegangen werden, dass sowohl ein Alter über 65 Jahre als auch Vorerkrankungen und eine Rippenanzahl ≥ 3 Risikofaktoren für das Versterben sind, da alle vier Patienten aus dem vorliegenden Datensatz diese Kriterien erfüllten. Entsprechende Vergleichswerte entsprachen bei Battle et al. einer kombinierten OR von 1.98 (95% KI = 1.86, 2.11) für ein Alter ≥ 65 Jahre, 2.02 (95% KI = 1.89, 2.15) für \geq drei Frakturen und 2.43 (95% KI = 1.03, 5.72) für Vordiagnosen (v.a. kardiopulmonal).

Fitzgerald et al. untersuchten in einer retrospektiven Studie operativ versorgte Patienten mit Rippenfrakturen im Zeitraum von 2009 bis 2015 (n=23) mit konservativ versorgten Patienten im Zeitraum von 2003 bis 2008 (n=50) (67). Es zeigte sich in der osteosynthetisch behandelten Gruppe zwar eine längere h-LOS, jedoch zudem eine verkürzte ICU-LOS, sowie kein Auftreten von respiratorischen Komplikationen oder Mortalität. Die ausgewerteten Daten der BB Regensburg konnten diese Ergebnisse bis auf eine verlängerte Liegedauer bei operativ versorgten Patienten nicht unterstützen (siehe Tabelle 26).

Tabelle 26: Datenvergleich Fitzgerald et al., Klassifikation hinsichtlich Therapie

Variablen		n	h-LOS*	ICU-LOS*	Mortalität	Pneumonie	Pleuraerguss	PTX
Fitzgerald et al.	Konservativ	50	16.67	11.65	4%	14%	14%	38%
	Operativ	23	18.47	8.29	0%	0%	0%	0%
BB Regensburg	Konservativ	195	7.10	5.36	1,5%	5,6%	24,62%	20%
	Operativ	37	20.81	11.00	2,7%	24,3%	37,84%	40,54%

Anmerkungen: * in Tagen

Schuurmans et al. untersuchten mittels systematischer Reviews und Metaanalyse dreier randomisierter Studien den Outcome operativ versorgter flail chest-Patienten (n=61) gegenüber konservativ versorgten Patienten (n=62). Sie stellten einen positiven Effekt der Rippenfixation für Pneumonieraten (ES 0.5, 95% KI = 0.3, 0.7), für die DMV (ES -6.5d, 95% KI = -11.9, -1.2), für ICU-LOS (ES -5.2d, 95% KI = -6.2, -4.2), für h-LOS (ES -11.4d, 95% KI = -12.4, -10.4), für die Tracheotomie (ES 0.4, 95% KI = 0.2, 0.7) und für die Behandlungskosten (Ersparnis \$9.968,00 - 14.443,00 pro Patienten) fest. Kein signifikanter Unterschied ließ sich in der Mortalitätsrate zwischen den beiden Gruppen herausfinden (ES 0.6, 95 % KI = 0.1, 2.4) (49). Im erhobenen Datensatz zeigten sich dahingehend drei signifikante Ergebnisse: einerseits eine erhöhte Pneumonierate bei operativ versorgten Patienten (OR 5.38, 95% KI = 2.05, 14.13 mit $p < 0.001$), andererseits eine um 8.8 Tage kürzere Krankenhausliegedauer (95% KI = 10.61, 7.05 mit $p < 0.001$) und ein um 5.6 Tage kürzerer Intensivaufenthalt bei Patienten mit konservativer Behandlung (95% KI = -10.86, -0.42 mit $p = 0.035$). Nicht signifikant mit einem p -Wert > 0.05 zeigten sich die Analysen bezüglich DMV, Mortalität und Tracheotomie. Konservativ therapierte Patienten wiesen eine längere DMV auf (+17.8d, 95% KI = -7.39, 43.03 mit $p = 0.146$), verstarben jedoch seltener und wurden seltener tracheotomiert. Die ORs in der operativ versorgten Gruppe waren dementsprechend OR 1.78 für Mortalitätsrate (95% KI = 0.18, 17.57, $p = 0.623$) und OR 5.39 (95% KI = 0.33, 88.14, $p = 0.237$) für Tracheotomie.

4.1. Limitationen der Studie

In die Studie wurden insgesamt 232 Patienten miteingeschlossen, wovon 37 Patienten operativ versorgt wurden. Eine Limitierung der Studie ist die geringe Anzahl der Teilnehmer, insbesondere in der operativ versorgten Patientengruppe. Weiterhin traten nur vier Todesfälle ein. Deshalb ist es schwierig, aussagekräftige Vergleichsdaten zu erheben, da die beiden Kontrollgruppen stark unterschiedliche Größen zeigen. Zudem erfolgten 78,4% aller OPs zu einem späteren Zeitpunkt (>72h), meist im Rahmen von Komplikationen. Daher lässt sich nicht zuverlässig darstellen, ob früher stattgefundene OPs Komplikationen verhindert oder gar den Krankheitsverlauf positiv beeinflusst hätten. Ein weiterer Schwachpunkt ist, dass die Vergleichsliteratur vor allem aus dem amerikanischen Raum stammt und hier eine Kategorisierung anhand von flail chest-Patienten und einer Einteilung in Injury Severity Score (ISS) erfolgt. Im deutschen Raum ist diese Klassifikation nicht sehr gebräuchlich, was eine Vergleichsanalyse erschwert. Ferner erfolgte die Datenerhebung lediglich auf Grundlage von Patientenakten, die von pflegerischem und ärztlichem Personal verfasst wurden. Bei fehlenden Angaben erfolgte keine weitere Nachverfolgung. Überdies wurde die Datenerhebung nur bis zur Entlassung der Patienten aus dem KH durchgeführt. Spätkomplikationen konnten deshalb nur aus Nachfolgeaufenthalten im KH (bei anderer Einweiserdiagnose) bestimmt werden. Zudem ließen sich keine genauen Aussagen zum Schmerzverlauf nach Entlassung treffen, da kein weiteres Follow-up erfolgte.

5. Zusammenfassung

Die operative Frakturversorgung einer Rippenfraktur hatte bei den untersuchten Patienten einen statistisch signifikanten negativen Einfluss auf die Liegedauer (+8.8 Tage) und das Eintreten von Frühkomplikationen (Faktor 32), insbesondere einer Pneumonie. Es zeigte sich durch eine OP zudem keine Verbesserung der Schmerzsituation oder eine Reduktion der Mortalität. Eine Pneumonie wiederum bedingte, wie auch das Auftreten eines Hämatothorax, eine Erhöhung der Mortalität. Essenziell wichtig ist es daher, die Gerinnungssituation aller Patienten zu verbessern und eine Atemtherapie zur Pneumonievermeidung durchzuführen. So lässt sich gegebenenfalls eine Mortalitätsreduktion erzielen.

Zudem sollte eine Analgesie von Beginn an in ausreichender Dosierung durchgeführt werden, präferiert mittels Dreifachtherapie. Die erhobenen Daten zeigten, dass im stationären Aufenthalt häufig eine Erhöhung der Schmerzmedikamente notwendig war. Um eine kürzere Liegedauer zu bewirken, empfiehlt es sich zudem, den Patientenzustand (ECOG-Status) und die Anzahl der frakturierten Rippen zu beachten.

Rippenfrakturen sind ein häufiges Krankheitsbild, betreffen bevorzugt das männliche Geschlecht und ältere, vorerkrankte Menschen. Als häufigste Ursache kristallisierte sich deutlich ein Sturz im häuslichen Umfeld (69,8%) heraus, weshalb eine Sturzprophylaxe wichtig ist. 67,7% der Patienten wiesen zudem eine Vormedikation auf, wovon 74,5% der Fälle der Medikamentenklasse der Antihypertensiva und Betablocker zugewiesen werden konnten. Gerade im Alter sollte eine Polypharmazie vermieden werden. Gegebenenfalls sollte zudem ein restriktiverer Einsatz von Antihypertensiva und bradykardisierender Medikamente diskutiert werden, um Hypotonien zu vermeiden und so positiv das Sturzrisiko zu beeinflussen.

Eine Kostenanalyse wurde nicht durchgeführt. Mit dem deutschen DRG-System (dt. diagnosebezogene Fallgruppen) ist es schwierig, Kostenvorteile auszurechnen. Die ausgewerteten Daten zeigten jedoch, dass etwaig erhöhte Kosten einer OP sich nicht mit einem verkürzten h-LOS oder einer besseren Schmerzsituation kompensieren lassen könnten. Es empfiehlt sich daher, stattdessen eine konservative Therapie mit adäquater Analgesie und Mobilisation durchzuführen und bei Risikopatienten

(schlechter ECOG, erhöhte Rippenanzahl) engmaschige stationäre Kontrollen des Allgemeinzustandes vorzunehmen.

6. Anhang

6.a. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: knöcherner Aufbau des Thorax (2)	6
Abbildung 2: links aktuelle (2020) Hemithoraxaufnahme eines Patienten aus dem KH BB Regensburg, gut sichtbare Fraktur der 7. Rippe rechts im dorsalen Bereich. Rechtes Bild: CT-Aufnahme Patient 31 (80 Jahre): dislozierte Rippenserienfraktur links mit sieben beteiligten Rippen im mittleren und kaudalen Bereich. Begleitend Lungenkontusion, sowie Hämatothorax.....	10
Abbildung 3: Sonographie der Rippen bei Inhalation und Exhalation (23,24). PM: M. pectoralis major, pm: M. pectoralis minor, *: Hämatom. Der gestrichelte Pfeil zeigt auf den Frakturspalt (Kortikalisunterbrechung), dieser liegt lateral des costochondralen Übergangs (ganzer Pfeil) und vergrößert sich bei maximaler Ausatmung.....	11
Abbildung 4: AO/OTA Klassifikation (26)	12
Abbildung 5: WHO-Stufenschema Analgesie (28).....	15
Abbildung 6: links RC-Cornet (36), rechts Mediflo duo (37).....	17
Abbildung 7: Versorgung einer posterioren Fraktur, Lokalisation zwischen Wirbelsäule und medialem Skapularand (53).....	22
Abbildung 8: A: anterior, B: lateral, C: posterior, D: mehrere Lokalisationen (22,54)	22
Abbildung 9: MatrixRIB-Fixationssystem, 3. Rippe intramedulläre Schiene, 4. Rippe Plattenosteosynthese (59).....	24
Abbildung 10: Patientin 42 (77 Jahre), Röntgen-Thorax lateral und p-a postoperativ. Durchgeführte Verplattung der Rippen 4 bis 6 links, sowie Hämatomausräumung bei dislozierter Rippenserienfraktur beidseits mit zehn beteiligten Rippen nach Verkehrsunfall (begleitend HTX und Lungenkontusion). Einliegende TSD links apikal sichtbar.....	25
Abbildung 11: RibLoc-Fixationssystem, u-förmige, farbige Platten unterschiedlicher Größe (60).....	25
Abbildung 12: STRATOS-Fixationssystem, rosa: Rippenklammern sechs und neun Segmente, gelb: Rippenklammern mit Verbindungsstab (61).....	26
Abbildung 13: Altersverteilung des Patientenkollektivs, x-Achse in 5-Jahres-Abständen, Std.-Abw. = Standardabweichung, (n=232, 100%).....	33
Abbildung 14: Lokalisation nach Seite und in kranio-kaudaler Richtung (n=232, 100%), (69).....	35
Abbildung 15: Anzahl frakturierter Rippen (n=229, 98,7%), fehlend (n=3, 1,3%), Std.-Abw. = Standardabweichung.....	36
Abbildung 16: Dauer des gesamten Krankenhausaufenthaltes (n=232, 100%)	38
Abbildung 17: orale Schmerzmedikation	42
Abbildung 18: Ruhe-VAS bei Aufnahme und Entlassung, (n=155, 100%).....	46
Abbildung 19: Belastung-VAS bei Aufnahme und Entlassung, (n=79, 100%)	47
Abbildung 20: Entlassmanagement (n=232, 100%).....	49

6.b. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zweite Position der neuen Rippenklassifikation ähnlich Müller AO (27) ..	13
Tabelle 2: Dritte und vierte Position der neuen Rippenklassifikation ähnlich Müller AO (27) ..	13
Tabelle 3: Begleitverletzungen nach Lokalisation der Rippenfraktur (20) ..	14
Tabelle 4: Indikationen und Kontraindikationen für SSRF (64,65) ..	27
Tabelle 5: erhobene Parameter ..	30
Tabelle 6: Patientencharakteristika ..	32
Tabelle 7: Frakturbezogene Parameter ..	34
Tabelle 8: Frakturauswirkungen ..	37
Tabelle 9: Therapieübersicht ..	39
Tabelle 10: Schmerztherapie ..	40
Tabelle 11: Therapieverfahren und Mortalität ..	43
Tabelle 12: Komplikationen ..	45
Tabelle 13: gepaarter t-test ..	47
Tabelle 14: Kreuztabelle ECOG-Status bei Aufnahme * ECOG-Status bei Entlassung ..	48
Tabelle 15: Binomiale logistische Regression Frühkomplikation ..	50
Tabelle 16: Multiple lineare Regression Liegedauer Krankenhaus (h-LOS) ..	51
Tabelle 17: Ruhe-VAS bei Aufnahme ..	52
Tabelle 18: Ruhe-VAS bei Entlassung ..	52
Tabelle 19: Kreuztabelle Mortalität ..	53
Tabelle 20: Mortalität und Rippenanzahl ..	54
Tabelle 21: Kreuztabelle Pneumonie Frühkomplikation, Chi-Quadrat ..	54
Tabelle 22: Pneumonie Frühkomplikation und Atemtherapie ..	55
Tabelle 23: Pneumonie Frühkomplikation und Rippenanzahl, ungepaarter t-test (Varianzhomogenität) ..	55
Tabelle 24: Frühkomplikation Hämatothorax, Kreuztabelle, Chi-Quadrat ..	56
Tabelle 25: Datenvergleich Bulger et al., Klassifikation hinsichtlich Alter ≥ 65 Jahre	59
Tabelle 26: Datenvergleich Fitzgerald et al., Klassifikation hinsichtlich Therapie ..	60

7. Literaturverzeichnis

1. Bundeszentrale für politische Bildung. Bevölkerungsentwicklung und Altersstruktur | bpb. Bundeszentrale für politische Bildung. 2019 Sep 19.
2. f2302ed4d9fd7e0b96af122d6f5a572f.jpg (910x873) [Internet]. 2020 [aktualisiert am 10.06.2020; zuletzt geprüft am 10.06.2020].
3. Schünke M. Prometheus Lernatlas - Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4th ed. Stuttgart: Thieme; 2014. ger.
4. Kulshrestha P, Munshi I, Wait R. Profile of chest trauma in a level I trauma center. *J Trauma*. 2004;57(3):576–81. doi:10.1097/01.TA.0000091107.00699.C7 Zitiert in: PubMed; PMID 15454805.
5. Mühling B. Stumpfes und penetrierendes Thoraxtrauma [Blunt and penetrating thoracic trauma]. *Chirurg*. 2017;88(9):807–16. ger. doi:10.1007/s00104-017-0470-8 Zitiert in: PubMed; PMID 28752438.
6. Mai HT, Tran TS, Ho-Le TP, Pham TT, Center JR, Eisman JA, Nguyen TV. Low-trauma rib fracture in the elderly: Risk factors and mortality consequence. *Bone*. 2018;116:295–300. doi:10.1016/j.bone.2018.08.016 Zitiert in: PubMed; PMID 30172740.
7. Paine CW, Fakeye O, Christian CW, Wood JN. Prevalence of Abuse Among Young Children With Rib Fractures: A Systematic Review. *Pediatr Emerg Care*. 2019;35(2):96–103. doi:10.1097/PEC.0000000000000911 Zitiert in: PubMed; PMID 27749806.
8. Ziegler DW, Agarwal NN. The morbidity and mortality of rib fractures. *J Trauma*. 1994;37(6):975–9. doi:10.1097/00005373-199412000-00018 Zitiert in: PubMed; PMID 7996614.
9. Sirmalı M. A comprehensive analysis of traumatic rib fractures: morbidity, mortality and management. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery*. 2003;24(1):133–8. doi:10.1016/S1010-7940(03)00256-2
10. Labib N, Nouh T, Winocour S, Deckelbaum D, Banici L, Fata P, Razek T, Khwaja K. Severely injured geriatric population: morbidity, mortality, and risk factors. *J Trauma*. 2011;71(6):1908–14. doi:10.1097/TA.0b013e31820989ed Zitiert in: PubMed; PMID 21537212.
11. Bergen G, Stevens MR, Burns ER. Falls and Fall Injuries Among Adults Aged ≥65 Years - United States, 2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep*. 2016;65(37):993–8. doi:10.15585/mmwr.mm6537a2 Zitiert in: PubMed; PMID 27656914.
12. Ganz DA, Bao Y, Shekelle PG, Rubenstein LZ. Will my patient fall? *JAMA*. 2007;297(1):77–86. doi:10.1001/jama.297.1.77 Zitiert in: PubMed; PMID 17200478.
13. Störmann P, Gartner K, Wyen H, Lustenberger T, Marzi I, Wutzler S. Epidemiology and outcome of penetrating injuries in a Western European urban region. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2016;42(6):663–9. doi:10.1007/s00068-016-0630-4 Zitiert in: PubMed; PMID 26762313.
14. www.traumaregister-dgu.de . Zugegriffen am 15.04.2017; 2017.
15. Evans G, Redgrave A. Great Britain Rowing Team Guideline for diagnosis and management of rib stress injury: Part 1. *Br J Sports Med*. 2016;50(5):266–9. doi:10.1136/bjsports-2015-095126 Zitiert in: PubMed; PMID 26626267.

16. McDonnell LK, Hume PA, Nolte V. Rib stress fractures among rowers: definition, epidemiology, mechanisms, risk factors and effectiveness of injury prevention strategies. *Sports Med.* 2011;41(11):883–901. doi:10.2165/11593170-000000000-00000 Zitiert in: PubMed; PMID 21985212.
17. Connolly LP, Connolly SA. Rib stress fractures. *Clin Nucl Med.* 2004;29(10):614–6. doi:10.1097/00003072-200410000-00002 Zitiert in: PubMed; PMID 15365431.
18. 978-3-642-77082-1_2 [Internet] [zugegriffen am 16.06.2020]. Verfügbar von: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-77082-1_2.pdf
19. Katrancioglu O, Akkas Y, Arslan S, Sahin E. Spontaneous rib fractures. *Asian Cardiovasc Thorac Ann.* 2015;23(6):701–3. doi:10.1177/0218492315586485 Zitiert in: PubMed; PMID 25957093.
20. Talbot BS, Gange CP, Chaturvedi A, Klionsky N, Hobbs SK, Chaturvedi A. Traumatic Rib Injury: Patterns, Imaging Pitfalls, Complications, and Treatment. *Radiographics.* 2017;37(2):628–51. doi:10.1148/rg.2017160100 Zitiert in: PubMed; PMID 28186860.
21. Livingston DH, Shogan B, John P, Lavery RF. CT diagnosis of Rib fractures and the prediction of acute respiratory failure. *J Trauma.* 2008;64(4):905–11. doi:10.1097/TA.0b013e3181668ad7 Zitiert in: PubMed; PMID 18404055.
22. Zhang Q, Song L, Ning S, Xie H, Li N, Wang Y. Recent advances in rib fracture fixation. *J Thorac Dis.* 2019;11(Suppl 8):S1070-S1077. doi:10.21037/jtd.2019.04.99 Zitiert in: PubMed; PMID 31205764.
23. Ultrasound of rib fracture and overlying soft tissue - UpToDate [Internet]. 2020 [zuletzt aktualisiert am 05.06.2020; zitiert am 17.06.2020]. Verfügbar von: https://www.uptodate.com/contents/image?imageKey=EM%2F112567&topicKey=EM%2F246&search=rib%20fracture&rank=1~115&source=see_link&sp=0
24. Mattox R, Reckelhoff KE, Welk AB, Kettner NW. Sonography of occult rib and costal cartilage fractures: a case series. *J Chiropr Med.* 2014;13(2):139–43. doi:10.1016/j.jcm.2014.06.008 Zitiert in: PubMed; PMID 25685124.
25. Henry TS, Kirsch J, Kanne JP, Chung JH, Donnelly EF, Ginsburg ME, Heitkamp DE, Kazerooni EA, Ketai LH, McComb BL, Parker JA, Ravenel JG, Restrepo CS, Saleh AG, Shah RD, Steiner RM, Suh RD, Mohammed T-LH. ACR Appropriateness Criteria® rib fractures. *J Thorac Imaging.* 2014;29(6):364–6. doi:10.1097/RTI.000000000000113 Zitiert in: PubMed; PMID 25340388.
26. Thorax. *Journal of Orthopaedic Trauma.* 2018;32 Suppl 1S161-S166. doi:10.1097/BOT.0000000000001071 Zitiert in: PubMed; PMID 29256964.
27. Bemelman M, van Baal M, Raaijmakers C, Lansink K, Leenen L, Long W. An Interobserver Agreement Study with a New Classification for Rib Fractures. *Chirurgia (Bucur).* 2019;114(3):352–8. doi:10.21614/chirurgia.114.3.352 Zitiert in: PubMed; PMID 31264573.
28. Kretschmer C. WHO-Stufenplan. Medizinische Medien Informations GmbH. 22.02.2018.
29. 15015_2013_380_Fig2_HTML.gif (995x781) [Internet]. 2018 [zuletzt aktualisiert am 09.04.2018; zitiert am 17.06.2020].
30. Yang Y, Young JB, Schermer CR, Utter GH. Use of ketorolac is associated with decreased pneumonia following rib fractures. *Am J Surg.* 2014;207(4):566–72. doi:10.1016/j.amjsurg.2013.05.011 Zitiert in: PubMed; PMID 24112670.

31. Schmerztherapie - AMBOSS [Internet]. 2020 [zuletzt aktualisiert am 17.06.2020; zitiert am 17.06.2020]. Verfügbar von: <https://next.amboss.com/de/article/xN0EWg#Z96e267f8c130a28a13641263162bf5d5>
32. Galvagno SM, Smith CE, Varon AJ, Hasenboehler EA, Sultan S, Shaefer G, To KB, Fox AD, Alley DER, Ditillo M, Joseph BA, Robinson BRH, Haut ER. Pain management for blunt thoracic trauma: A joint practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma and Trauma Anesthesiology Society. *J Trauma Acute Care Surg.* 2016;81(5):936–51. doi:10.1097/TA.0000000000001209 Zitiert in: PubMed; PMID 27533913.
33. Duch P, Møller MH. Epidural analgesia in patients with traumatic rib fractures: a systematic review of randomised controlled trials. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2015;59(6):698–709. doi:10.1111/aas.12475 Zitiert in: PubMed; PMID 25683770.
34. Peek J, Smeeing DPJ, Hietbrink F, Houwert RM, Marsman M, Jong MB de. Comparison of analgesic interventions for traumatic rib fractures: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2019;45(4):597–622. doi:10.1007/s00068-018-0918-7 Zitiert in: PubMed; PMID 29411048.
35. Carver TW, Milia DJ, Somberg C, Brasel K, Paul J. Vital capacity helps predict pulmonary complications after rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;79(3):413–6. doi:10.1097/TA.0000000000000744 Zitiert in: PubMed; PMID 26307874.
36. RC-Cornet® (Basiscornet): Effektive Hilfe bei Bronchialerkrankungen! [Internet]. 2020 [zuletzt aktualisiert am 14.07.2020; zitiert am 14.07.2020]. Verfügbar von: <https://www.cegla.de/produkte/atemtherapie/rc-cornet-basiscornet>
37. medimex: Mediflo duo [Internet]. 2020 [zuletzt aktualisiert am 14.07.2020; zitiert am 14.07.2020]. Verfügbar von: <https://www.medimex.de/index.php?id=mediflo-duo>
38. Blyth A. Thoracic trauma. *BMJ.* 2014;348g1137. doi:10.1136/bmj.g1137 Zitiert in: PubMed; PMID 24609501.
39. Rib Fractures in the Elderly: Journal of Trauma and Acute Care Surgery [Internet]. 2020 [zuletzt aktualisiert am 23.06.2020; zitiert am 23.06.2020]. Verfügbar von: https://journals.lww.com/jtrauma/Fulltext/2000/06000/Rib_Fractures_in_the_Elderly.7.aspx
40. Chien C-Y, Chen Y-H, Han S-T, Blaney GN, Huang T-S, Chen K-F. The number of displaced rib fractures is more predictive for complications in chest trauma patients. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine.* 2017;25(1):19. doi:10.1186/s13049-017-0368-y Zitiert in: PubMed; PMID 28241883.
41. Marini CP, Petrone P, Soto-Sánchez A, García-Santos E, Stoller C, Verde J. Predictors of mortality in patients with rib fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2019. doi:10.1007/s00068-019-01183-5 Zitiert in: PubMed; PMID 31324938.
42. Battle CE, Hutchings H, Evans PA. Risk factors that predict mortality in patients with blunt chest wall trauma: a systematic review and meta-analysis. *Injury.* 2012;43(1):8–17. doi:10.1016/j.injury.2011.01.004 Zitiert in: PubMed; PMID 21256488.

43. Ciraulo DL, Elliott D, Mitchell KA, Rodriguez A. Flail chest as a marker for significant injuries. *J Am Coll Surg.* 1994;178(5):466–70. Zitiert in: PubMed; PMID 8167883.
44. Marasco S, Lee G, Summerhayes R, Fitzgerald M, Bailey M. Quality of life after major trauma with multiple rib fractures. *Injury.* 2015;46(1):61–5. doi:10.1016/j.injury.2014.06.014 Zitiert in: PubMed; PMID 25069400.
45. Shelat VG, Eileen S, John L, Teo LT, Vijayan A, Chiu MT. Chronic pain and its impact on quality of life following a traumatic rib fracture. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2012;38(4):451–5. doi:10.1007/s00068-012-0186-x Zitiert in: PubMed; PMID 26816127.
46. Marasco SF, Davies AR, Cooper J, Varma D, Bennett V, Nevill R, Lee G, Bailey M, Fitzgerald M. Prospective randomized controlled trial of operative rib fixation in traumatic flail chest. *J Am Coll Surg.* 2013;216(5):924–32. doi:10.1016/j.jamcollsurg.2012.12.024 Zitiert in: PubMed; PMID 23415550.
47. Granetzny A, Abd El-Aal M, Emam E, Shalaby A, Boseila A. Surgical versus conservative treatment of flail chest. Evaluation of the pulmonary status. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2005;4(6):583–7. doi:10.1510/icvts.2005.111807 Zitiert in: PubMed; PMID 17670487.
48. Surgical stabilization of internal pneumatic stabilizatio... - Google Scholar [Internet]. 2020 [zuletzt aktualisiert am 11.06.2020; zitiert am 11.06.2020]. Verfügbar von: <https://scholar.google.com/scholar?q=Surgical%20stabilization%20of%20internal%20pneumatic%20stabilization%20A%20prospective%20randomized%20study%20of%20management%20of%20severe%20flail%20chest%20patients>
49. Schuurmans J, Goslings JC, Schepers T. Operative management versus non-operative management of rib fractures in flail chest injuries: a systematic review. *Eur J Trauma Emerg Surg.* 2017;43(2):163–8. doi:10.1007/s00068-016-0721-2 Zitiert in: PubMed; PMID 27572897.
50. Fagevik Olsén M, Sloboda M, Klarin L, Caragounis E-C, Pazooki D, Granhed H. Physical function and pain after surgical or conservative management of multiple rib fractures - a follow-up study. *Scandinavian journal of trauma, resuscitation and emergency medicine.* 2016;24(1):128. doi:10.1186/s13049-016-0322-4 Zitiert in: PubMed; PMID 27793168.
51. Pieracci FM, Coleman J, Ali-Osman F, Mangram A, Majercik S, White TW, Jeremitsky E, Doben AR. A multicenter evaluation of the optimal timing of surgical stabilization of rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2018;84(1):1–10. doi:10.1097/TA.0000000000001729 Zitiert in: PubMed; PMID 29077677.
52. Pieracci FM, Rodil M, Stovall RT, Johnson JL, Biffi WL, Mauffrey C, Moore EE, Jurkovich GJ. Surgical stabilization of severe rib fractures. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;78(4):883–7. doi:10.1097/TA.0000000000000581 Zitiert in: PubMed; PMID 25742255.
53. Marasco S, Saxena P. Surgical rib fixation - technical aspects. *Injury.* 2015;46(5):929–32. doi:10.1016/j.injury.2014.12.021 Zitiert in: PubMed; PMID 25624272.
54. Recent advances in rib fracture fixation [Internet]. 2020 [zuletzt aktualisiert am 25.06.2020; zitiert am 25.06.2020]. Verfügbar von: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6545518/figure/f3/?report=object-only>

55. Pieracci FM. Completely thoracoscopic surgical stabilization of rib fractures: can it be done and is it worth it? *J Thorac Dis.* 2019;11(Suppl 8):S1061-S1069. doi:10.21037/jtd.2019.01.70 Zitiert in: PubMed; PMID 31205763.
56. Merchant NN, Onugha O. Novel extra-thoracic VATS minimally invasive technique for management of multiple rib fractures. *J Vis Surg.* 2018;4103. doi:10.21037/jovs.2018.05.08 Zitiert in: PubMed; PMID 29963392.
57. Marasco S, Liew S, Edwards E, Varma D, Summerhayes R. Analysis of bone healing in flail chest injury: do we need to fix both fractures per rib? *J Trauma Acute Care Surg.* 2014;77(3):452–8. doi:10.1097/TA.0000000000000375 Zitiert in: PubMed; PMID 25159250.
58. Reichelt J, Redwan B, Freermann S, Semik M, Fischer S. Minimal-invasive Rippenosteosynthese mit intramedullären Metall-Splints bei instabiler Rippenserienfraktur – Therapiealgorithmus und erste klinische Erfahrungen. *Zentralbl Chir.* 2014;139(S 01). doi:10.1055/s-0034-1389289
59. MATRIXRIB FIXATION SYSTEM HERO 866x866.jpg (866x866) [Internet]. 1970 [zuletzt aktualisiert am 01.01.1970; zitiert am 30.06.2020].
60. <http://www.ribloc.com.br> [Internet]. 2013 [zuletzt aktualisiert am 28.05.2013; zitiert am 30.06.2020]. Verfügbar von: <http://www.ribloc.com.br/>
61. 99-20250-DE_STRACOS_Trauma_01_2019_10 [Internet] [zitiert am 12.07.2020]. Verfügbar von: https://medxpert.de/wp-content/uploads/2020/02/99-20250-DE_STRACOS_Trauma_01_2019_10.pdf
62. Oxman DA, Issa NC, Marty FM, Patel A, Panizales CZ, Johnson NN, Licona JH, McKenna SS, Frendl G, Mentzer SJ, Jaklitsch MT, Bueno R, Colson Y, Swanson SJ, Sugarbaker DJ, Baden LR. Postoperative antibacterial prophylaxis for the prevention of infectious complications associated with tube thoracostomy in patients undergoing elective general thoracic surgery: a double-blind, placebo-controlled, randomized trial. *JAMA surgery.* 2013;148(5):440–6. doi:10.1001/jamasurg.2013.1372 Zitiert in: PubMed; PMID 23325435.
63. Voggenreiter G, Neudeck F, Aufmkolk M, Obertacke U, Schmit-Neuerburg K-P. Operative chest wall stabilization in flail chest—outcomes of patients with or without pulmonary contusion. *J Am Coll Surg.* 1998;187(2):130–8. doi:10.1016/S1072-7515(98)00142-2
64. Sarani B, Schulte L, Diaz JJ. Pitfalls associated with open reduction and internal fixation of fractured ribs. *Injury.* 2015;46(12):2335–40. doi:10.1016/j.injury.2015.10.022 Zitiert in: PubMed; PMID 26521992.
65. Majak P, Næss PA. Rib fractures in trauma patients: does operative fixation improve outcome? *Curr Opin Crit Care.* 2016;22(6):572–7. doi:10.1097/MCC.0000000000000364 Zitiert in: PubMed; PMID 27811559.
66. Pinho C, Cruz S, Santos A, Abelha FJ. Postoperative delirium: age and low functional reserve as independent risk factors. *J Clin Anesth.* 2016;33507–13. doi:10.1016/j.jclinane.2015.09.002 Zitiert in: PubMed; PMID 26604015.
67. Fitzgerald MT, Ashley DW, Abukhdeir H, Christie DB. Rib fracture fixation in the 65 years and older population: A paradigm shift in management strategy at a Level I trauma center. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017;82(3):524–7. doi:10.1097/TA.0000000000001330 Zitiert in: PubMed; PMID 28030506.
68. Swart E, Laratta J, Slobogean G, Mehta S. Operative Treatment of Rib Fractures in Flail Chest Injuries: A Meta-analysis and Cost-Effectiveness Analysis. *Journal*

- of Orthopaedic Trauma. 2017;31(2):64–70.
doi:10.1097/BOT.0000000000000750 Zitiert in: PubMed; PMID 27984449.
69. id_74595_188878.jpg (470×265) [Internet]. 2013 [zuletzt aktualisiert am 07.02.2013; zitiert am 07.09.2020].

8. Danksagung

Ich bedanke mich sehr herzlich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Hans-Stefan Hofmann, für die Überlassung des Themas und die gute Betreuung in den letzten Jahren. Die Zusammenarbeit hat mir sehr viel Freude bereitet und war stets konstruktiv und von gegenseitigem Respekt geprägt.

Mein weiterer Dank gilt Herrn Christian Großer für die Hilfe bei der Datenerhebung im Krankenhaus der Barmherzigen Brüder Regensburg. Sowie dem weiteren thoraxchirurgischem Team für die temporäre Beherbergung in ihren Räumlichkeiten.

Ebenfalls danke ich Frau Karolina Müller, die mir geduldig zur Seite stand und bei der statistischen Auswertung meiner Daten behilflich war.

Weiterhin gilt meine Wertschätzung meinen Eltern Ingrid und Tobias für ihre tatkräftige emotionale und finanzielle Unterstützung während des gesamten Studiums. Ohne sie wäre das Alles nicht möglich gewesen. Zum Schluss sei auch noch meine Schwester Alina erwähnt, ohne welcher Excel und Word mich endgültig bezwungen hätten.