

UNIVERSITÄTSKLINIKUM HAMBURG-EPPENDORF

Klinik und Poliklinik für Orthopädie

Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Rüter

Retrospektive Untersuchung zum klinischen Outcome von einzeitig versus zweizeitig operierten Patienten nach dorsoventraler thorakoskopischer Stabilisierung der Wirbelsäule

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von:

Phillip Sebastian Reer
aus Bielefeld

Hamburg 2017

Angenommen von der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 17. 5. 2012

Veröffentlicht mit Genehmigung der

Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Wolfgang Rütten

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: PD Dr. Maximilian Kretzel

~~Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/~~

Inhaltsverzeichnis

	Seitenzahl
1. Einleitung	5
2. Material Und Methoden	11
2.1. STUDIENDESIGN	11
2.2. EINSCHLUSSKRITERIEN	11
2.3. DIE EINZELNEN DOKUMENTATIONSSYSTEME IM ÜBERBLICK	11
2.4. DIE VERWENDETEN KLASSIFIKATIONSSYSTEME	13
2.5. DIE EINZELNEN PARAMETER IM ÜBERBLICK	17
2.5.1. DATEN BEI AUFNAHME	18
2.5.2. OPERATIONSSPEZIFISCHE DATEN.....	19
2.5.3. POSTOPERATIVE DATEN	19
2.5.4. FOLLOW-UP DES PATIENTENKOLLEKTIVS	20
2.6. OP-TECHNIK.....	20
2.7. STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	22
3. Ergebnisse	24
3.1. ALLGEMEINES	24
3.2. DESKRIPTIVE DATEN.....	24
3.2.1. ALTERS- UND GESCHLECHTSVERTEILUNG	24
3.2.2. ASA-SCORE, BMI UND FRAKTURKLASSIFIKATION	26
3.2.3. NEBENDIAGNOSEN	29
3.2.4. ÄTIOLOGIE DER OPERATIONSINDIKATION.....	30
3.2.5. ANZAHL UND HÖHE DER OPERIERTEN SEGMENTE	32
3.3. KLINISCHE DATEN DES GESAMTKOLLEKTIVS	34
3.3.1. VERWEILDAUERN	34
3.3.2. OPERATIONSDATEN UND IMPLANTATE	35
3.3.3. LABORDATEN UND TRANSFUSIONEN.....	37
3.3.4. VERLAUFSPARAMETER	39
3.3.5. KOMPLIKATIONS- UND REVISIONSRATEN	41
3.4. KLINISCHE DATEN EINZEITIGE VERSUS ZWEIZEITIGE OPERATION	45
3.4.1. VERWEILDAUER EINZEITIGE VERSUS ZWEIZEITIGE OPERATION	46
3.4.2. OPERATIONSPARAMETER EINZEITIGE VERSUS ZWEIZEITIGE OPERATION	47
3.4.3. LABORDATEN UND TRANSFUSIONEN EINZEITIGE VERSUS ZWEIZEITIGE OPERATION	50
3.4.4. VERLAUFSPARAMETER EINZEITIGE VERSUS ZWEIZEITIGE OPERATION	52
3.4.5. KOMPLIKATIONS- UND REVISIONSRATEN EINZEITIGE VERSUS ZWEIZEITIGE OPERATION	58
4. Diskussion	61
4.1. VERWENDETE SCORES UND KLASSIFIKATIONEN	61
4.2. PATIENTENKOLLEKTIV UND NEBENERKRANKUNGEN	61
4.3. LOKALISATION, SEGMENTANZAHL UND FRAKTURKLASSIFIKATION	64

4.4.	VERWEILDAUER UND VERWEILDAUER AUF DER INTENSIVSTATION.....	65
4.5.	LABORDATEN UND OPERATIONSDATEN.....	67
4.6.	NEUROLOGIE, MOBILITÄT UND SCHMERZ.....	72
4.7.	KOMPLIKATIONEN	80
5.	Zusammenfassung	91
6.	Abkürzungsverzeichnis	92
7.	Literaturverzeichnis	93
8.	Abbildungsverzeichnis	106
9.	Tabellenverzeichnis	107
10.	Danksagung	108
11.	Lebenslauf.....	109
12.	Eidesstattliche Versicherung	110

1. Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ist die Wirbelsäulenchirurgie durch zahlreiche neue und zunehmend minimal-invasive Operationsverfahren zu einem großen Schwerpunkt der orthopädischen Chirurgie geworden. Der demographische Wandel und die erhöhte Rate an Tumorerkrankungen [56] und dadurch bedingte Metastasierungen unter anderem in die Wirbelkörper tragen dazu bei, dass die operative Wirbelsäulenstabilisierung an Bedeutung gewinnt. Verbesserte Operationstechniken [36], erweiterte anästhesiologische Möglichkeiten und neu oder weiter entwickelte Implantate [66, 83, 131] eröffnen Alternativen zur operativen Versorgung dieser komplexen, immens wichtigen Haltestruktur des Menschen. Dennoch konnten Knop et al. 2001 [74] zeigen, dass ein Drittel der Patienten nach operativen Eingriffen an der Wirbelsäule langfristige operationsassoziierte Beschwerden entwickeln. Diese Zahl gilt es durch stetige Forschung und Optimierung der bestehenden Therapiemöglichkeiten zu minimieren, um den Patienten eine höhere postoperative Lebensqualität zu ermöglichen.

Die aktuellen Behandlungsoptionen bei Pathologien der thorakolumbalen Wirbelsäule reichen von nicht-operativen Therapieschemata über die alleinige dorsale oder ventrale Stabilisierung bis zur kombiniert dorsoventralen thorakoskopischen Rekonstruktion. Gemeinsam ist allen Therapiemethoden das Ziel der Sicherung oder Wiederherstellung der physiologischen Funktionen der Wirbelsäule und des neurologischen Status des Patienten [31]. Es besteht heutzutage – auch aufgrund der zahlreichen operativen Möglichkeiten und verschiedenster Implantate – bislang noch keine Übereinstimmung über die Versorgung und die zeitliche Abfolge der Versorgung aller Pathologien der Wirbelsäule. Daher folgt nun eine kurze Übersicht der zahlreichen Behandlungsmöglichkeiten und deren Historie.

Die nicht-operativen Therapiemöglichkeiten galten lang als Standard für die Versorgung von traumatischen Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule [21]. Aktuell besteht bei stabilen Verletzungen ohne größere Fehlstellung in Abwesenheit neurologischer Ausfälle [31, 108, 122] noch immer die Indikation zur konservativen Therapie. Der Vermeidung von potentiellen operationsbedingten Komplikationen [104, 124, 146] steht das Risiko der zunehmenden Kyphosierung und der damit

möglichen neurologischen Verschlechterung gegenüber. Viele Studien berichten dennoch über gute Langzeitergebnisse der nicht-operativen Therapien [110, 124, 146], selbst wenn eine Zunahme der Deformierung im Gegensatz zu operativen Strategien zu beobachten ist [17, 73, 80, 124]. Siebenga et al. zeigen allerdings in ihrer 2003 veröffentlichten prospektiv randomisierten Studie [124] die gerechtfertigte Indikation zur operativen Versorgung bei Frakturen ab A3 nach Magerl et al. [89]. Mit neurologischer Beteiligung kann auch bei A2 und sogar bei A1 Frakturen eine operative Versorgung erforderlich werden, welche sich in der von Siebenga et al. durchgeführten Studie [124] radiologisch und in allen verwendeten klinischen Scores als der konservativen Therapie überlegene Therapieform gezeigt hat. Reinhold et al. veröffentlichten 2003 zudem Ergebnisse [108], die diese Beobachtungen unterstützen.

Die oben angesprochene Nachsinterung und die damit einhergehenden Einschränkungen, die die Patienten zu erleiden hatten – v.a. chronische Rückenschmerzen – führten dazu [42, 133], dass man nach Alternativen zur konservativen Therapie suchte. Harrington, Luque und Jacobs [91, 95, 133, 131] brachten deshalb in den 1960er Jahren Implantate für die alleinige dorsale Stabilisierung der thorakolumbalen Wirbelsäule auf den Markt, die allerdings noch einen hohen Korrekturverlust aufwiesen. Magerl entwickelte 1984 den Fixateur externe [90], der sich trotz erhöhter Stabilität aufgrund der großen Infektionsgefahr und Einschränkung im Alltag des Patienten nicht durchsetzen konnte. Der Durchbruch erfolgte mit dem 1987 durch Dick entwickelten Fixateur interne [27]. Er findet auch heute noch – durch ständige Weiterentwicklung optimiert [72, 78] – in der alleinigen dorsalen Stabilisierung [72] und der kombiniert dorsoventralen Stabilisierung der Wirbelsäule Anwendung.

Danisa bescheinigte 1995 in einer retrospektiven Studie den drei dato vorherrschenden Zugangsarten – ventral, dorsal und kombiniert dorsoventral – gleiche operative Ergebnisse, wobei die alleinige dorsale Versorgung die kürzeste Operationsdauer aufweisen kann [24]. Allerdings zeigten Sasso und Cotler 1993 [115] in einer Langzeitstudie an 70 Patienten mit instabilen, thorakolumbalen Wirbelkörperfrakturen, dass die alleinige dorsale Instrumentation zur Stabilisierung der Wirbelsäule bei komplexen Pathologien nicht ausreicht. Es traten bei drei unabhängigen Systemen nach 12 Monaten erhebliche Korrekturverluste nach alleiniger dorsaler Instrumentation auf, so dass die Autoren zu dem Schluss kamen,

dass eine zusätzliche ventrale Stabilisierung vonnöten sei. Auch Knop et al. beobachteten 1997 [72] bei der alleinigen dorsalen Versorgung ein hohes Maß an Korrekturverlust von 63 % nach Entfernung des Implantats. Sie empfahlen somit eine dorsoventrale Stabilisierung, um eine dauerhafte Rekonstruktion der Wirbelsäule und ihrer physiologischen Funktionen zu gewährleisten.

Die verbesserten diagnostischen Möglichkeiten, insbesondere die Darstellung mittels computertomografischer Bildgebung ließen zudem erkennen, dass die dorsale indirekte Dekompression in einigen Fällen nicht ausreichend ist [95]. Die häufige Verlegung der ventralen Anteile des Spinalkanals [10, 92] führte dazu, dass man vermehrt auf ventrale Dekompressionen umstieg. Darüber hinaus fanden Esses et al. 1990 heraus, dass die komplette Dekompression mit Entfernung aller Fragmente besser durch einen ventralen Zugang erreicht werden kann [33]. Der Zugang zur ventralen Wirbelsäule wurde erstmalig 1933 von Mack et al. beschrieben [19, 86]. Der erste Zugang zur thorakolumbalen Wirbelsäule mit anterolateraler Zugangsart wird in der Literatur als von Hodgson und Stock 1956 durchgeführte Operationen zur Drainage von tuberkulösen Abszessen angegeben. Ghanayem et al. führte 1997 zudem weitere Autoren an, die in den 1950er Jahren erste ventrale Instrumentierungen zur Behandlung skoliosebedingter Pathologien durchführten [44]. Das primäre Behandlungsziel beschränkte sich zunächst auf die alleinige Dekompression mit Wiederauffüllung des entstandenen Defekts durch autologes oder synthetisches Knochenmaterial. Dennoch konnte sich – trotz einiger positiver Ergebnisse [48, 49, 54] – auch die alleinige ventrale Versorgung nicht endgültig durchsetzen, da eine komplette knöcherne Durchbauung vielfach ausblieb und zudem gehäuft erhebliche Korrekturverluste auftraten [149]. In der von Knop et al. 2002 veröffentlichten Studie scheint die alleinige ventrale Versorgung zudem mehr intra- und postoperative Komplikationen aufzuweisen als die alleinige dorsale oder die kombinierte Versorgung [71]. Allerdings kam im Jahr 1999 mit dem MACS-TL™ Implantat (Aesculap, Tutlingen, Deutschland) ein System auf den Markt, dem Khoo et al. in ihrer 2002 veröffentlichten Studie [67] gute neurologische, radiologische und klinische Ergebnisse nach alleiniger ventraler Versorgung zusprachen.

Die Fusionsraten der alleinigen dorsalen oder ventralen Stabilisierung von traumatischen Frakturen der Wirbelsäule reichten von 75 zu 90 % [9, 43, 67]. Zudem

waren die Korrekturverluste bei der alleinigen dorsalen oder ventralen Versorgung zu groß [115, 149], weshalb das alternative Verfahren der Kombination der dorsalen mit der ventralen Versorgung aufkam. Die von Dunn [30] und Kostuik [78, 79] im Jahr 1984 entwickelten Stab-Systeme zeigten erste klinische Erfolge, konnten jedoch in der Langzeitanalyse aufgrund von Gefäßkomplikationen oder Implantatversagen nicht bestehen. Kaneda revolutionierte im Jahr 1984 das ventrale Implantat für die dorsoventrale Stabilisierung [65] und brachte das sogenannte Kaneda Device auf den Markt. Der Veröffentlichung folgte eine klinische Studie diesbezüglich, um aufzuzeigen, dass das Implantat gute klinische Ergebnisse, eine sichere, einfache Handhabung und zudem die Möglichkeit zur Distraction besaß [65, 66]. Nun gab es ein funktionierendes Implantat, das fortlaufend weiterentwickelt werden konnte. Hierbei konnte es auf wichtige Eigenschaften hin – Schonung der umliegenden vaskulären Strukturen, verbesserte Materialien, um Implantatversagen zu verhindern und eine Bildgebung zu ermöglichen, die ärmer an Artefakten wird – stetig verbessert werden [44]. Im Folgenden neu entwickelte Stab- und Plattensysteme für die dorsoventrale Stabilisierung wurden in biomechanischen Studien hinlänglich ihrer Stabilität, Einsetzbarkeit und Langlebigkeit miteinander verglichen [41]. Systeme aus Titan wurden immer mehr zum Standard und ersetzten zusehends die zumeist aus Edelstahl gefertigten traditionellen Konstrukte [2, 11, 14, 15, 17, 26, 36, 50, 68, 76, 97, 114, 117, 123, 126, 127, 147, 148]. Xu et al. bescheinigten 2009 der kombinierten dorsoventralen Stabilisierung die besten radiologischen und klinischen Langzeitergebnisse. Allerdings wies der kombinierte Eingriff verglichen mit dem alleinigen dorsalen oder ventralen Eingriff die längste Verweildauer der Thorax Drainage und häufiger Pleuraergüsse auf [148].

Der technisch aufwändige und mit großer eingriffsbedingter Morbidität assoziierte ventrale Zugang zur Wirbelsäule sorgte nunmehr dafür, dass man Alternativen zum Standardverfahren der Thorakotomie suchte. Diese birgt ein großes Potenzial für zugangsassoziierte Komplikationen – pulmonale Komplikationen, vaskuläre Komplikationen, Wundinfekte und große, schmerzhafte Narben – und weist mit Raten von bis zu 80 % (30 - 80 %) [146] eine hohe Anzahl dieser auf [23, 46, 96, 140, 146]. Außerdem kann die Thorakotomie postoperativ zu erheblichen Schmerzen mit vermehrtem Analgetikabedarf führen und weist darüber hinaus häufig (7-55%) chronische Schmerzen – den sogenannten Post-Thorakotomieschmerz – auf [2, 11,

18, 23]. Um diese Komplikationen zu minimieren wurden thorakoskopische und weitere minimal-invasive Verfahren – die mini-open Technik [22, 85, 103, 134, 142] und der retropleurale, posterolaterale Zugang [22, 69, 120], die jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit sein sollen – entwickelt.

Die Endoskopie wurde erstmalig zur diagnostischen und therapeutischen Anwendung in der Medizin durch Jacobaeus im Jahr 1910 erwähnt [60]. Seitdem hat sich diese Art der Behandlung stetig verbessert und weiterentwickelt. Zunächst wurde die Thorakoskopie vorrangig zur Diskektomie und Sympathektomie eingesetzt [29], um mit der Zeit durch neu entwickelte Implantate einem immer größeren operativen Spektrum zugänglich zu werden, sodass heutzutage Korporektomien, Fusionen und Versteifungen durch einen thorakoskopischen Zugang möglich sind [12, 14, 50, 93]. Beisse et al. etablierten 1998 das Verfahren des minimal-invasiven Zwerchfellsplittings wodurch der Zugang zu lumbalen Segmenten unterhalb des zwölften Brustwirbelkörpers nun auch thorakoskopisch möglich war [13]. Zahlreiche Studien konnten seitdem belegen, dass die endoskopische ventrale Versorgung der Wirbelsäule gegenüber der traditionellen Thorakotomie deutliche Vorteile mit sich bringt. Unter anderem wurde beobachtet, dass Patienten bei denen eine Thorakoskopie durchgeführt wurde, deutlich kürzere postoperative Verweildauern, eine kürzere Liegedauer auf der Intensivstation, weniger Schmerzen, geringere Raten an Dysfunktionen des Schultergürtels und ein verbessertes pulmonologisches Outcome aufweisen können, als Patienten nach Thorakotomie. Zudem wird auf ein deutlich besseres kosmetisches Ergebnis verwiesen [3, 5, 12, 14, 15, 29, 35, 40, 58, 59, 62, 82, 85, 105, 136]. Auch die mit der bis dato vorrangig durchgeführten Thorakotomie vergesellschafteten Komplikationen – Wundinfekte, Horner Syndrom, pulmonale Komplikationen, Radikulopathien, Cyclothorax, Hämatothorax und Lungenherniation – konnten durch die Einführung der Thorakoskopie erheblich verringert werden [35, 40, 46, 62, 105, 136]. Es gibt allerdings auch Autoren, die die Überlegenheit der thorakoskopischen Versorgung in Frage stellen und keinen signifikanten Unterschied zwischen offen operierten und thorakoskopisch ventral stabilisierten Patienten finden konnten [17]. Diese Studie weist mit 19 Patienten jedoch eine geringe Fallzahl auf. Insgesamt ist die ventrale thorakoskopische Versorgung der Wirbelsäule somit als sicheres, in Langzeituntersuchungen als stabil eingestuftes und gut zu erlernendes Verfahren zu beschreiben, das darüber hinaus gegenüber der traditionellen Thorakotomie die oben genannten bedeutenden Vorteile

mit sich bringt. Neu entwickelte Implantate für den Wirbelkörperersatz müssen daher auch auf thorakoskopische Anwendbarkeit geprüft werden. Der trikortikale Beckenkammspan als Autograft wurde in mehreren Studien als sicheres Implantat für den ventralen Wirbelkörperersatz mit guter radiologischer Durchbauung in Langzeituntersuchungen bestätigt [87, 121]. Dennoch wurde in mehreren Fällen auch von erheblichen Schmerzen und oberflächlichen Wundinfekten auf der Seite der Entnahmestelle berichtet [116, 143], weswegen heutzutage vermehrt synthetische Implantate verwendet werden [99, 107, 114], denen eine gute Durchbauung in Langzeitstudien zugesprochen wird [99].

Es besteht jedoch noch immer eine unklare Studienlage über die zeitliche Abfolge der kombinierten dorsalen und ventralen Wirbelsäulenstabilisierung. Kürzlich publizierte Studien legen nahe, dass die einzeitige Versorgung dem Patienten Vorteile bringen kann und der zweizeitigen Versorgung überlegen ist. So zeigt sich, dass die einzeitig versorgten Patienten signifikant kürzer im Krankenhaus und auf der Intensivstation verbleiben, weniger Blut verlieren und geringere Krankenhauskosten erzeugen [28, 47, 106, 128, 139, 147]. Fünf der vorliegenden Studien wiesen zudem auf eine höhere Komplikationsrate bei zweizeitigen Eingriffen hin [28, 47, 128, 139, 147]. Die bestehenden Studien befassen sich allerdings thematisch mit den Wirbelsäulenfehlstellungen Skoliose und Kyphose [47] oder haben ein weitaus kleineres Patientenkollektiv als in der vorliegenden Studie [28, 106, 128, 139, 147]. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Studienlage zur Zugangsart, Lagerungsart und zeitlicher Abfolge noch sehr undurchsichtig ist, was ein Aussprechen klarer Richtlinien für alle Indikationen schwer gestaltet. Wie auch Fourney und Gokaslan in ihrer 2005 veröffentlichten Studie beschreiben [36] muss immer die individuelle patientenbezogene Abwägung erfolgen, um ein bestmögliches operatives Ergebnis zu erzielen.

Über die Erfassung der epidemiologischen Daten, Verlaufparameter, operationsspezifischer Parameter und Komplikationen mit einem durchschnittlichen Follow-Up Zeitraum von 16 Monaten soll gezeigt werden, dass die einzeitige kombiniert dorsoventrale Operation eine sichere und gut anwendbare Alternative zur operativen Versorgung der Wirbelsäule darstellt und zudem kein Nachteil gegenüber zweizeitig operierten Patienten besteht.

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Im Rahmen dieser Studie wurden alle Patienten retrospektiv erfasst, die im Zeitraum von Februar 2006 bis April 2013 am Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf (UKE) mit verschiedenen Implantaten oder einem Beckenkammspan dorsoventral, minimal-invasiv thorakoskopisch versorgt wurden. Die Daten bei Aufnahme, die perioperativen Daten, die postoperativen Daten und die Daten bei Vorstellung in der Poliklinik wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit aus den verschiedenen klinischen Dokumentationssystemen retrospektiv entnommen.

Das Patientenkollektiv wurde in zwei Kohorten (einzeitige versus zweizeitige Operation) unterteilt, womit die vorliegende Studie eine retrospektive Kohortenstudie darstellt.

2.2. Einschlusskriterien

In die vorliegende retrospektive Kohortenstudie wurden Patienten mit vollständiger Dokumentation nach minimal-invasiver, ventral thorakoskopischer, ein- oder zweizeitiger Versorgung aufgrund von Fraktur-, Tumor-, Entzündungs- oder Fehlstellungsbedingter Pathologie im Zeitraum von Februar 2006 bis März 2013 eingeschlossen.

Ausgeschlossen wurden Patienten mit unvollständiger Dokumentation, Operationsindikationen, die nicht oben genannt sind oder abweichender Operationstechnik (Thorakotomie, retropleuraler Zugang).

2.3. Die einzelnen Dokumentationssysteme im Überblick

Die Daten der vorliegenden Studie wurden aus den hauseigenen Dokumentationssystemen entnommen, diese sind im Folgenden kurz erläutert:

Soarian[®] (Cerner Health Services Deutschland GmbH, Deutschland) ist das klinische Dokumentationssystem des UKE, in dem alle klinischen Daten wie personen-

spezifische Daten des Patienten, klinische Verläufe und die pflegerische Dokumentation zusammengefasst dokumentiert werden. Integriert ist außerdem eine Software zur Erfassung der Laborwerte und das PACS (Picture Archiving and Communication System) zur Speicherung von medizinischen Bilddaten.

OrDis[®] (c.a.r.u.s HMS GmbH, Norderstedt, Deutschland) ist das Organisationstool, in dem alle abrechnungsspezifischen Daten des Patienten stehen. Hierunter fallen die Verweildauer, Verweildauer auf der Intensivstation und die postoperative Beatmungszeit.

OpDis[®] (c.a.r.u.s HMS GmbH, Norderstedt, Deutschland) ist das operationspezifische Dokumentationssystem zur Erfassung der Operationsdaten. Es umfasst Zeiten, Personal, Diagnose- und Prozedurenverschlüsselung, Material, Leistungen, Risiken und Komplikationen sowie die Operationspflege. Die Kurzberichtschrift über die Operation (OP) und der Protokollausdruck können auch mittels dieses Programmes vorgenommen werden.

Blutbank-Archiv, aus dem, unter Einbeziehung der klinischen Dokumentation, allen Patienten aufgrund von Fallnummern und Verweildauern alle Bluttransfusionen im Fallzeitraum sowie intraoperativ zugeordnet werden konnten.

2.4. Die verwendeten Klassifikationssysteme

Der ASA-Score ist eine 1941 erstmalig von Saklad et al. [113] vorgeschlagene Klassifikation, die den körperlichen Zustand des Patienten vor der Narkoseeinleitung beschreibt. Er kann Werte von eins bis sechs annehmen, wobei eins den normalen, gesunden Patienten darstellt und sechs den hirntoten Patienten.

ASA-Score	körperlicher Zustand des Patienten
1	normaler, gesunder Patient
2	Patient mit leichter Allgemeinerkrankung
3	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung
4	Patient mit schwerer Allgemeinerkrankung, die eine ständige Lebensbedrohung darstellt
5	moribunder Patient, der ohne Operation voraussichtlich nicht überleben wird
6	hirntoter Patient, dessen Organe zur Organspende entnommen werden

Tab. 1: ASA-Score (angelehnt an „New Classification of physical status“, Anesthesiology 1963 [1])

Der Body-Mass-Index (BMI) beschreibt das Verhältnis des Körpergewichts des Patienten zu seiner Körpergröße, woraus Rückschlüsse auf den Ernährungszustand des Patienten möglich sind. Quételet beschrieb schon 1832 erstmalig den Zusammenhang zwischen Körpergröße- und Gewicht [6]. Der Name BMI wurde allerdings erstmalig 1972 von Ancel Keys geprägt [4] und der heute von der WHO verwendete Index besteht erst seit 1995. Er wird durch die Formel Körpergewicht in Kilogramm geteilt durch Körpergröße in Metern zum Quadrat errechnet und dient lediglich als Richtwert, da er Geschlecht, Alter, Statur, Körperfettanteil- und verteilung außer Acht lässt.

Kategorie	BMI
<i>starkes Untergewicht</i>	< 16
<i>mäßiges Untergewicht</i>	16 - < 17
<i>leichtes Untergewicht</i>	17 - < 18,5
<i>Normalgewicht</i>	18,5 - < 25
<i>Präadipositas</i>	25 - < 30
<i>Adipositas Grad 1</i>	30 - < 35
<i>Adipositas Grad 2</i>	35 - < 40
<i>Adipositas Grad 3</i>	> 40

Tab. 2: BMI-Klassifikation (angelehnt an WHO 1995)

Der ECOG-Score ist eine 1982 von der Eastern Cooperative Oncology Group [101] eingeführte Ordinalskala zur Beschreibung der Mobilität und Lebensqualität des Patienten, die Werte von null bis fünf annehmen kann, wobei null den asymptomatischen, aktiven Patienten beschreibt und fünf den toten Patienten. Ursprünglich für Tumorpatienten entwickelt, um vorherzusagen, ob Chemotherapeutika gegeben werden können oder nicht, dient er heute auch als allgemeiner Index zur Definition der Mobilität und Lebensqualität auch von anderweitig erkrankten Patienten.

Wert	Beschreibung
<i>ECOG 0</i>	Fähig zu normaler Aktivität, kaum oder geringe Symptome.
<i>ECOG 1</i>	Normale Aktivität mit Anstrengung möglich. Deutliche Symptome.
<i>ECOG 2</i>	Einige Hilfestellung nötig, selbständig in den meisten Bereichen. Hilfe und medizinische Versorgung wird oft in Anspruch genommen.
<i>ECOG 3</i>	Behindert. Qualifizierte Hilfe benötigt.
<i>ECOG 4</i>	Schwerkrank. Intensive medizinische Maßnahmen erforderlich.
<i>ECOG 5</i>	Tod.

Tab. 3: ECOG-Score (angelehnt an Eastern Cooperative Oncology Group [101])

Der Frankel/ASIA Score (im Verlauf Frankel Score genannt) ist eine 1969 von H. L. Frankel et al. [38] entworfene Ordinalskala, die Werte von A bis E annehmen kann. Hierbei beschreibt der Grad A eine komplette Durchtrennung des Rückenmarks, der somit gleichbedeutend mit fehlender motorischer und sensibler Restfunktion distal der Verletzungshöhe ist und Grad E den Normalbefund (persistierende pathologische Reflexe einschließend). Die Grade D und E werden auch als „walking grades“ bezeichnet, da hier die Gehfähigkeit eingeschränkt oder vollkommen erhalten bleibt. Für die bessere statistische Auswertbarkeit wurden den Buchstaben A - E des Frankel Scores Ziffern zugewiesen (A = 1, B = 2, C = 3, D = 4, E = 5, siehe auch Xu et al. [148]), sodass Zahlenwerte nahe fünf einen guten neurologischen Status beschreiben und Zahlenwerte nahe eins einen schlechten.

Frankel Grad	Beschreibung
A = 1	Keine Muskelfunktion und keine Sensibilität unterhalb der Rückenmarkschädigung
B = 2	Keine Muskelfunktion unterhalb der Rückenmarkschädigung, Sensibilität eingeschränkt vorhanden
C = 3	Geringe nicht relevante Muskelfunktion unterhalb der Lähmungsstelle, Sensibilität (teilweise) vorhanden.
D = 4	Funktionell relevante Muskelfunktionen unterhalb der Rückenmarksschädigungsstelle vorhanden (teilweise erhaltene Sensibilität unterhalb der Rückenmarkschädigung)
E = 5	Vollständig erhaltene oder wieder hergestellte Funktionen unterhalb der Rückenmarksläsion.

Tab. 4: Frankel-Score/ASIA Score (angelehnt an H. L. Frankel et al. [38])

Die Visuelle Analog Skala (VAS) ist eine subjektive Rationalskala mit zehn Stufen, die von kaum wahrnehmbarem Schmerz (VAS 1) zu stärkst vorstellbarem Schmerz (VAS 10) reicht und häufig zur Dokumentation postoperativer Schmerzen eingesetzt wird [53]. Dabei sieht der Patient die Skaleneinteilung nicht, sondern macht nur einen Strich zwischen den Extremen. Sie wurde 2008 von J. Schomacher [119] auf die Gütekriterien Validität, Reliabilität, Objektivität und Empfindlichkeit überprüft und scheint diese wissenschaftlichen Kriterien zu erfüllen, sodass der Autor unter

anderem zu dem Schluss kam, die erhobenen Werte eignen sich auch für die Berechnung parametrischer Tests.

Die AO-Klassifikation nach Magerl et al. [89] ist ein 1994 veröffentlichtes Klassifikationssystem zur Einteilung der verschiedenen Wirbelkörperfrakturen. Es basiert auf dem 3-3-3 Schema der AO-Klassifikationen für das übrige Skelett und beschreibt drei Typen von Frakturen: die Typ A Fraktur, eine Kompressionsfraktur vornehmlich des Wirbelkörpers, die Typ B Fraktur, eine Distraktionsverletzung mit Verletzung ventraler und dorsaler Strukturen des Wirbelkörpers und die Typ C Fraktur, eine Rotationsverletzung mit Verletzung ventraler und dorsaler Anteile des Wirbelkörpers. Diese drei Frakturtypen haben jeweils noch etliche Spezifizierungsmöglichkeiten zur Differenzierung der Lokalisation und Schwere der Verletzung.

2.5. Die einzelnen Parameter im Überblick

Um die zu beantwortende Fragestellung zu bearbeiten und das vorliegende Patientenkollektiv zu charakterisieren wurden folgenden Werte erhoben:

- Verlaufparameter: Frankel-Score, ECOG Score, VAS-Wert, CRP
- die Operationsdauer des ventralen Eingriffs, die Hämoglobin-Differenz von prä- zu postoperativ, die Durchleuchtungsdauer und die Spülmengemenge.
- postoperative Beatmungszeit, die Lagedauer der Thorax Drainage, erhaltene Transfusionen
- Hospitalisationsdauer, Tage auf der Intensivstation
- Komplikationsrate, Revisionsrate, Komplikationen innerhalb 30 Tagen postoperativ, Konversionsrate, Revisionsrate

Diese wurden zunächst für das gesamte Patientenkollektiv von 247 Patienten erhoben und anschließend in einer Varianz-Analyse gegenübergestellt, um etwaige Unterschiede zwischen den einzeitig operierten Patienten und den zweizeitig operierten Patienten zu ermitteln.

2.5.1. Daten bei Aufnahme

Die personenspezifischen Daten (Geburtsdatum, Geschlecht, Gewicht, Größe und Verweildaten) wurden aus den vorliegenden Dokumentationssystemen entnommen, zudem wurde der BMI nach der allgemeingültigen Formel $[\text{Gewicht (kg)} \div \text{Größe}^2 \text{ (m)}]$ nach A. Quételet berechnet.

Die Vorerkrankungen wurden aus den Arztbriefen oder den Operationsberichten aus OpDis[®] extrahiert, wobei zehn Gruppen gebildet wurden:

1. kardiovaskuläre Erkrankungen (Koronare Herz Krankheit (KHK), Herzinsuffizienz, Aortendissektion, periphere arterielle Verschlusskrankheit)
2. Stoffwechselerkrankungen (Diabetes, Leberstoffwechselstörungen)
3. pulmonale Erkrankungen (chronisch obstruktive und restriktive Lungenerkrankungen, Asthma, Tuberkulose)
4. renale Erkrankungen
5. Schilddrüsenerkrankungen
6. Neoplasien
7. infektiöse Erkrankungen, wobei zwischen akuten (Pneumonien, Harnwegsinfekt (HWI)) und chronischen (Hepatitis, HIV, Tuberkulose) unterschieden wurde
8. Gerinnungsstörungen (Hämophilien und andere Faktorleiden)
9. Osteoporose
10. Vaskuläre Ereignisse (Apoplex, Herzinfarkt, Lungenembolie)

Aus dem Aufnahmebefund haben wir zudem den Frankel Score als neurologischen Status, den ECOG Score als Mobilitätsstatus, den VAS-Wert als Schmerzstatus sowie den ASA-Score zur Einschätzung der Schwere der Erkrankung des einzelnen Patienten entnommen.

An präoperativen Labordaten wurden der CRP Wert und der Hämoglobinwert, zeitnah vor der ersten Operation – bei zweizeitigen Eingriffen vor der dorsalen Operation – aus Soarian[®] entnommen.

Die Operationsindikation wurde aus den Arztbriefen und den Operationsberichten entnommen und in fünf Untergruppen unterteilt. Bei Frakturen erfolgte eine

Subspezifizierung gemäß der Magerl Klassifikation, bei Tumoren wurde zudem nach Primarius unterschieden.

2.5.2. Operationsspezifische Daten

Die operationsspezifischen Daten wurden aus OpDis[®], den OP-Berichten und den Arztbriefen entnommen. Diese beinhalten ob ein- oder zweizeitig operiert wurde, die Operationsdauer, die zur Operation führende Ätiologie, die Durchleuchtungszeit in Sekunden, die Spülmenge in ml. Außerdem wurde die Zugangsseite dokumentiert, ob es eine präoperative Bestrahlung im OP-Bereich gab, wie viele Etagen operiert wurden und der Operateur. Zudem wurde das Implantat oder Autograft (Beckenkammspan, VLift[™], Obelisc[™], Xpand[™], Synex[™], Hydrolift[™], Eclipse[™], Harms[™] oder anderer Cage) dokumentiert, die Höhe des dorsalen und ventralen Eingriffs aufgeführt, etwaige intraoperative Komplikationen ausgeführt und dokumentiert ob eine Konversion vom thorakoskopischen Verfahren auf eine Thorakotomie vonnöten war.

Über eine Abfrage der Blutbank des Universitätsklinikums Hamburg Eppendorf konnte retrospektiv ermittelt werden ob Transfusionen zum Operationszeitpunkt oder im Fallzeitraum stattgefunden haben. Dies wurde mit den Operationsprotokollen sowie der Patientendokumentation im Soarian[®] abgeglichen.

2.5.3. Postoperative Daten

Die postoperativen Befunde umfassten den ECOG-, Frankel- und VAS-Wert als Vergleich zum präoperativen Status und allgemeine nicht operationsassoziierte postoperative Komplikationen, innerhalb eines Zeitraumes von 30 Tagen postoperativ. Darunter fielen Harnwegsinfekte (HWI), Gastrointestinal-Erkrankungen, pulmonale Komplikationen, kardiovaskuläre Komplikationen, Sepsis, psychische Komplikationen (Durchgangssyndrom), Elektrolytentgleisungen und Exitus letalis. Zudem wurden operationsassoziierte Komplikationen dokumentiert, unter diesen waren Nachblutungen, Wundrevisionen, Neuanlagen der Thorax Drainage, Schraubendislokationen, Implantatversagen, Revisionsoperationen und deren

Genese (Nachblutung, Duraleckage, Implantat/Transplantatversagen, Infektionen und persistierende neurologische Ausfälle) und die Anschlussdegeneration (apparent in Follow-Up Untersuchungen in der Poliklinik). Diese wurden noch in mit dem ventralen oder dem dorsalen Eingriff und in nicht eindeutig zuordenbare Komplikationen unterteilt.

Die Dauer der Lage der Thorax Drainage wurde durch die Auswertung der Röntgenaufnahmen erfasst. Diese wurde jeweils vor und nach Zug der Thorax Drainage angefertigt, um einen eventuell durch den Zug der Drainage neu entstandenen revisionspflichtigen Pneumothorax zu detektieren.

Die postoperative Verweildauer auf der Intensiv/Intermediate Care-Station, wobei bei zweizeitigen Eingriffen sowohl die Dokumentation der Dauer nach dem dorsalen Eingriff wie auch der Dauer nach dem ventralen Eingriff erfolgte, und die Beatmungszeiten postoperativ in Minuten wurden aus OrDis[®] extrahiert.

Die postoperativen Labordaten wurden aus Soarian[®] entnommen, dabei wurde der Hämoglobinwert am ersten oder zweiten postoperativen Tag – bei zweizeitig operierten Patienten der ventrale Eingriff – dokumentiert. Außerdem wurde der CRP-Wert am dritten und siebten Tag postoperativ dokumentiert.

2.5.4. Follow-Up des Patientenkollektivs

Das Follow-Up erfolgte über die in der Klinik etablierte regelmäßige Kontrolle in der Poliklinik. Hierfür werden die Patienten nach drei Monaten und danach jährlich einbestellt. Für diese Studie wurde jeweils der klinische Zustand der Patienten zum Zeitpunkt der letztmaligen Vorstellung mittels der VAS und des ECOG und Frankel Scores anhand der vorliegenden Ambulanzbriefe erfasst. Etwaige Komplikationen, die bis zur letzten Vorstellung auftraten, wurden gesondert erfasst.

2.6. OP-Technik

Präoperativ wurde auf anhand der vorliegenden Daten nicht immer zu rekonstruierender Grundlage für ein einzeitiges oder zweizeitiges Vorgehen entschieden. Mögliche Gründe für ein zweizeitiges Vorgehen waren Notfalloperationen, in denen notfallmäßig zuerst die dorsale Stabilisierung erfolgte und

nach Erholung der ventrale Eingriff oder Patienten mit schwerer Allgemeinerkrankung oder pulmonaler Vorbelastung, die für die längere einzeitige Operations- und Beatmungsdauer nicht in Frage kamen. Im Falle eines zweizeitigen Vorgehens erfolgte der dorsale Eingriff in Bauchlage und der ventrale Eingriff in Rückenlage nach Erholung. Im Falle des einzeitigen Vorgehens erfolgte die Allgemeinanästhesie mit Doppellumentubus, um bei der Thorakoskopie über einen bronchoskopisch platzierten Bronchusblocker die Möglichkeit zur Einlungenventilation zu haben. Auch hier erfolgte zunächst der dorsale Eingriff, gefolgt von der thorakoskopisch gestützten ventralen Stabilisierung. Die Lagerung des Patienten erfolgte zunächst in Bauchlage für die dorsale Instrumentierung, die in Abhängigkeit von der Indikation perkutan oder offen mittels eines Schrauben-stabsystems durchgeführt wurde. Im Beobachtungszeitraum wurde in der Anfangsphase das USS System der Firma Synthes® (Pennsylvania, USA) und ab 2008 das XIA System der Firma Stryker® (Michigan, USA) für offene Verfahren und das Mantis System der Firma Stryker® für perkutane Verfahren verwendet.

Für die folgende Thorakoskopie erfolgte aus anatomischen Gründen in der Regel je nach behandeltem Segment bis Th8 die Lagerung des Patienten in Linkseitenlage ab Th9 dann in Rechtseitenlage mit Zugängen auf der jeweils kontralateralen Seite. Der Beckenkamm wurde bei der ventralen Instrumentierung zur eventuellen Beckenspanentnahme steril mit abgedeckt.

Vor Beginn der Thorakoskopie wurde die Segmenthöhe mittels Bildwandler verifiziert und markiert, um die Trokare um das zu behandelnde Segment anordnen zu können. Die Lunge der betroffenen Seite wurde durch Inflation des Bronchusblockers ausgeschaltet, hierdurch kollabiert die Lunge auf der Zugangsseite. Nun wurde ein 10mm Arbeitsportal für die 30°-Optik zwei bis drei Interkostalräume oberhalb des betroffenen Segments angelegt, um dann unter thorakoskopischer Sicht die drei Arbeitsportale in Triangularstellung um die mittlere Axillarlinie herum anzulegen. Der vierte Trokar muss unter Umständen (je nach Segmenthöhe) nach Anwendung des Zwerchfellretraktors angelegt werden, um das Verletzungsrisiko des Zwerchfells und der inneren Organe zu minimieren. Es folgte die Darstellung und Identifizierung der Aorta und der Wirbelsäule samt Verlauf. Auf ausreichende Relaxierung des Patienten muss geachtet werden, um ein Hochtreten des Zwerchfells intraoperativ durch Zunahme des intraabdominellen Drucks möglichst zu vermeiden. Bei

Patienten, die ventral an den Segmenten L1/L2 operiert wurden (N = 35, 14 %) war ein Zwerchfellsplit notwendig. Hierzu wurde zunächst der Verlauf der Inzision mit dem Präparierhaken unter Anwendung monopolarer Stroms markiert, wobei circa 1 cm Abstand zum Zwerchfellansatz an der Wirbelsäule belassen wird. Nun wurde die Pleura parietalis des Zwerchfells mit dem Präparierhaken koagulierend und schneidend eröffnet, um dann die Muskulatur mit der Schere zu durchtrennen. Zur besseren Darstellung des Operationssitus können nun noch verbliebene Muskelfasern weggeschoben und nach Einsetzen eines Retraktors das retroperitoneale Fettgewebe des nun sichtbaren Musculus psoas entfernt werden. Dann konnte der Operationssitus dargestellt und die Segmentgefäße der betroffenen Wirbelkörper nachfolgend abgeklemmt und durchtrennt werden.

Bei allen durchgeführten Operationen wurde der betroffene Teil des Wirbelkörpers beziehungsweise der gesamte Wirbelkörper samt angrenzender Bandscheiben entfernt, um durch Implantate oder einen autologen Beckenkammspan ersetzt zu werden. Die Spanlänge wurde 1-2 mm länger als ausgemessen gewählt, um einen festen Sitz in press fit Technik zu gewährleisten. Nachfolgend wurde das Zwerchfell durch Klammernaht verschlossen, die komplette Lungenentfaltung vor der Entnahme der Trokare unter thorakoskopischer Sicht und anästhesiologischer Kontrolle überwacht und auf etwaige Parenchymverletzungen gesondert Acht gegeben. Der Eingriff endete nach der Spülung des Operationssitus mit Einlage einer Thorax Drainage (Bülau), dem schichtweisen Wundverschluss und der abschließenden Hautnaht mit nachfolgender Desinfektion. Alle Patienten erhielten eine perioperative prophylaktische Antibiose.

2.7. Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe der standardisierten SPSS Software (SPSS® Inc. Chicago, IL, USA Version 16).

Nach der deskriptiven Auswertung erfolgte die Aufteilung des Patientenkollektivs in Patienten mit einzeitiger Operation versus Patienten mit zweizeitiger Operation, wobei bei beiden Untergruppen das klinische Outcome (siehe 2.5) mit einem unpaaren t-Test und einer ANOVA Varianz Analyse mit Messwiederholungen verglichen wurden.

Zudem wurde die gleiche Analyse erneut nach einer Matched Pair Analyse mit Propensity Score (ein im Jahr 1984 erstmalig von Rosenbaum et al. [111] erwähntes Werkzeug zur statistisch exakteren Auswertung großer Kollektive) durchgeführt. Es wurden relevante Variablen (Genese, ASA-Score, operierte Etagen, Alter und BMI) verglichen, um Paare zu finden die sich in diesen Variablen gleichen, sich aber in der zu untersuchenden Variable (einzeitig versus zweizeitig) unterscheiden. So konnten die sich gleichenden Variablen als mögliche Confounder besser ausgeschlossen werden und ein homogenes Patientenkollektiv geschaffen werden.

Die statistische Signifikanz wurde mit den Wilcoxon und Mann-Whitney-Tests errechnet und mit $p < 0.05$ definiert.

3. Ergebnisse

3.1. Allgemeines

Durch die Durchsicht der Operationspläne ab Februar 2006 bis April 2013 konnten insgesamt 247 Patienten ermittelt werden, die im besagten Zeitraum eine dorso-ventrale Stabilisationsoperation mit thorakoskopischer Diskektomie oder Korporektomie und nachfolgender Stabilisierung durch ein Implantat oder einen Beckenkammspan erhielten und die oben genannten Einschlusskriterien erfüllen. Von den 247 operierten Patienten konnten 143 Patienten in der Poliklinik nachuntersucht werden (57,89%).

3.2. Deskriptive Daten

3.2.1. Alters- und Geschlechtsverteilung

Das Geschlechterverhältnis betrug im vorliegenden Patientenkollektiv 51,01 % zu 48,99 %, bei insgesamt 126 männlichen Patienten und 121 weiblichen Patienten. Bei den einzeitig operierten waren 51 Patienten männlich (49,04 %) und 53 Patienten weiblich (50,96 %). Bei den zweizeitig operierten waren 75 Patienten männlich (52,45 %) und 68 Patienten weiblich (47,55 %). Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen.

Das durchschnittliche Alter betrug zum Zeitpunkt der Operation $56,49 \pm 1,13$ (es wird auch im Folgenden der Standardfehler angegeben) Jahre. Bei den einzeitig operierten Patienten betrug das durchschnittliche Alter $55,7 \pm 1,82$ Jahre bei den zweizeitig operierten Patienten $57,06 \pm 1,45$ Jahre ($p 0,557$). Die Patienten wurden zur besseren Übersicht in vier Altersgruppen aufgeteilt (0-19, 20-40, 41-60 und >60 Jahre). Die statistische Auswertung erfolgte jedoch wie auch in anderen Studien [34] nur nach Einteilung in die zwei Untergruppen der unter- und über 60-Jährigen, um möglichst große Gruppen zu schaffen.

Die jüngste Gruppe ist mit 9 Patienten insgesamt am schwächsten vertreten ($N = 9$), die mit Abstand am stärksten vertretene Gruppe ist die Gruppe der Patienten über 60 Jahre ($N = 121$). Der jüngste Patient hatte ein mehrfach voroperiertes Eiwing-Sarkom mit Metastasierung in die Wirbelsäule und war zum Zeitpunkt der Operation drei Jahre alt, der älteste Patient war neunzig Jahre alt und litt an einer Staphylokokken-Spondylodiszitis. Bei den Patienten wurde das Aufnahmedatum als Zeitpunkt der Alterserfassung festgelegt, dies hatte keinen Einfluss auf die Altersgruppenzugehörigkeit, selbst wenn der Geburtstag im Fallzeitraum lag.

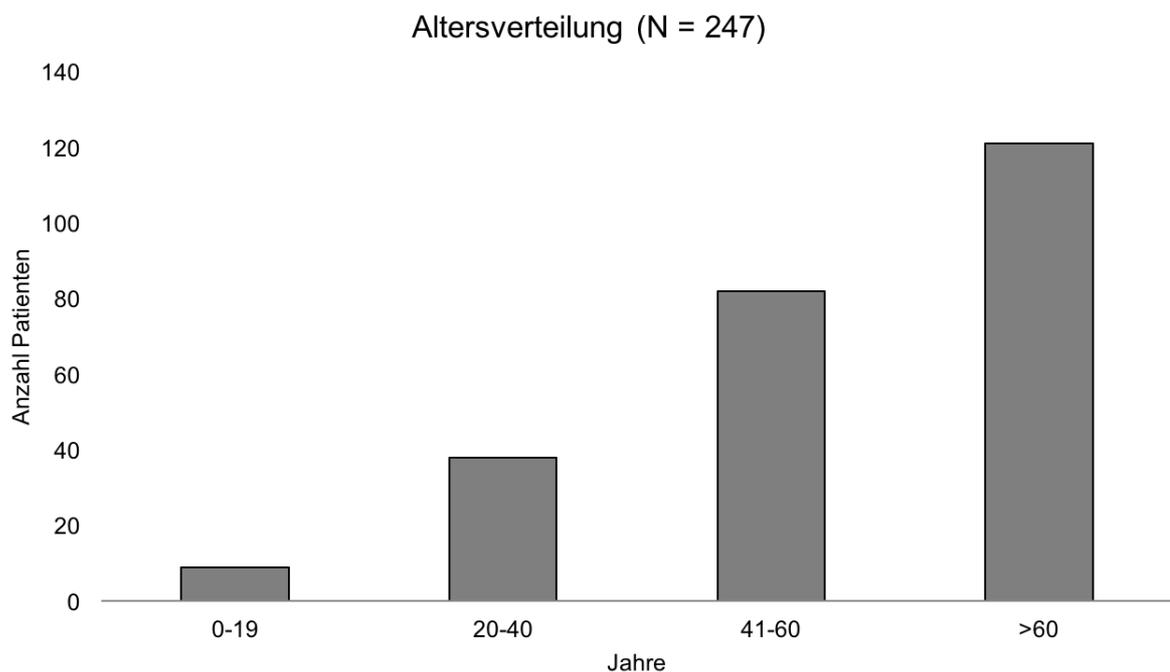


Abb. 1: Altersverteilung im Studienkollektiv in Jahren

3.2.2. ASA-Score, BMI und Frakturklassifikation

In der vorliegenden Studie machen den Hauptteil (56 %, N = 137) Patienten mit der ASA-Klassifikation drei aus, die Klassen fünf und sechs waren nicht vertreten. Dies zeigt sich auch im Mittelwert der mit $2,7 \pm 0,043$ berechnet wurde. Der Mittelwert für einzeitig operierte Patienten lag bei $2,7 \pm 0,068$ und der für die zweizeitig operierten Patienten bei $2,66 \pm 0,056$ (p 0,612). Die zweithäufigste Gruppe waren Patienten mit leichter Allgemeinerkrankung (32 %, N = 80). Patienten ohne nennenswerte körperliche Beeinträchtigung (ASA 1) waren mit 4 % sehr selten, aber auch schwerkranke Patienten (ASA 4) waren nicht allzu häufig vertreten (8 %).

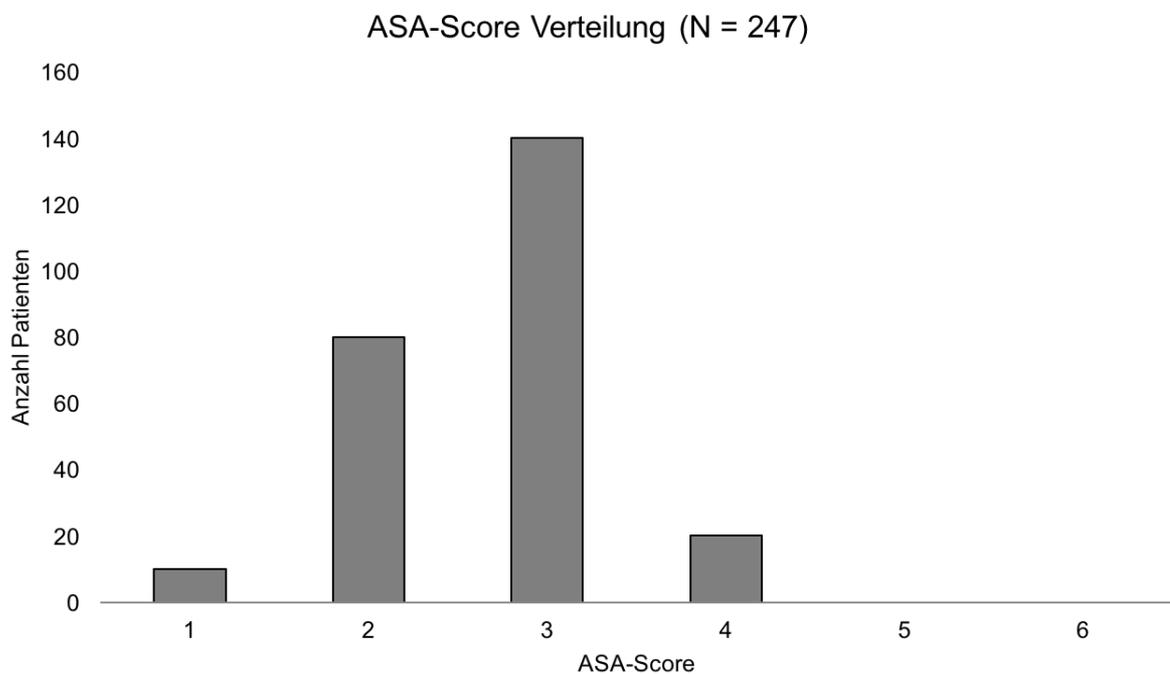


Abb. 2: ASA-Score-Verteilung im Studienkollektiv

Es konnte bei 171 Patienten der BMI erhoben werden, hiervon waren 73 einseitig operierte und 98 zweiseitig operierte Patienten. Die größte Gruppe an Patienten war normgewichtig (40,9 %, N = 70), dicht gefolgt von Patienten, die der Prä-Adipositas zuzuordnen sind (33,3 %, N = 57) was sich auch im Mittelwert von $26,7 \pm 0,472$ wiederfindet. Bei einseitig operierten Patienten liegt der Mittelwert bei $25,4 \pm 0,71$ bei zweiseitig operierten bei $26,96 \pm 0,63$ (p 0,102). Insgesamt können beinahe ein Viertel der Patienten (22,9 %) den Adipositas Graden eins bis drei zugeordnet werden, wobei der Adipositas Grad eins der häufigste ist (12,3 %). Der Anteil der Patienten die als untergewichtig ($<18,5$) klassifiziert wurden ist sehr gering (3 %).

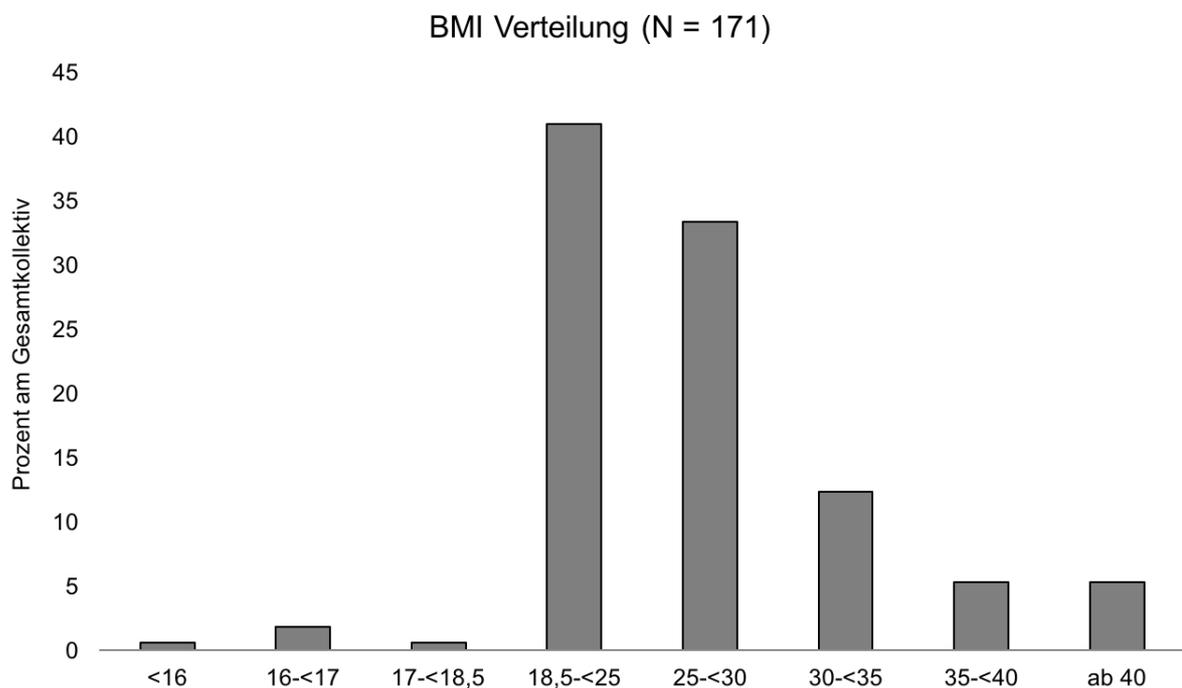


Abb. 3: BMI-Verteilung im Studienkollektiv

In den 110 Fällen, in denen eine traumatische Fraktur vorlag, war die Fraktur des Typ A3 nach Magerl et al. [89] mit Abstand die häufigste (30 %, N = 33). Die Typ A Frakturen machen – ohne die 30 Patienten, bei denen aufgrund nicht mehr auffindbarer präoperativer Bilder die Frakturklassifikation nicht eruiert werden konnte (27,3 % werden in der folgenden Graphik nicht dargestellt) – insgesamt 55 % der Frakturfälle (N = 44) aus. Die Typ B Frakturen (N = 32) machen 40 % und die Typ C Frakturen (N = 4) nur 5 % aus. Von den insgesamt 18 Patienten mit Frakturen, die bei Aufnahme ein neurologisches Defizit aufweisen entfallen alleine acht auf die A3 Frakturen, einer auf die A2 Frakturen. Zudem entfallen zwei auf die B1 Frakturen, drei auf die B2 Frakturen und zwei auf die B3 Frakturen. Bei den restlichen zwei Patienten mit neurologischen Ausfällen bei Aufnahme konnte der Frakturtyp nicht eruiert werden. Bei den einzeitig operierten Patienten treten insgesamt 19 Typ A Frakturen mit drei neurologischen Defiziten und zwölf Typ B Frakturen mit ebenfalls drei neurologischen Defiziten auf. Bei den zweizeitig operierten Patienten treten insgesamt 25 Typ A Frakturen mit sechs neurologischen Defiziten, 21 Typ B Frakturen mit vier neurologischen Defiziten und vier Typ C Frakturen ohne neurologisches Defizit auf.

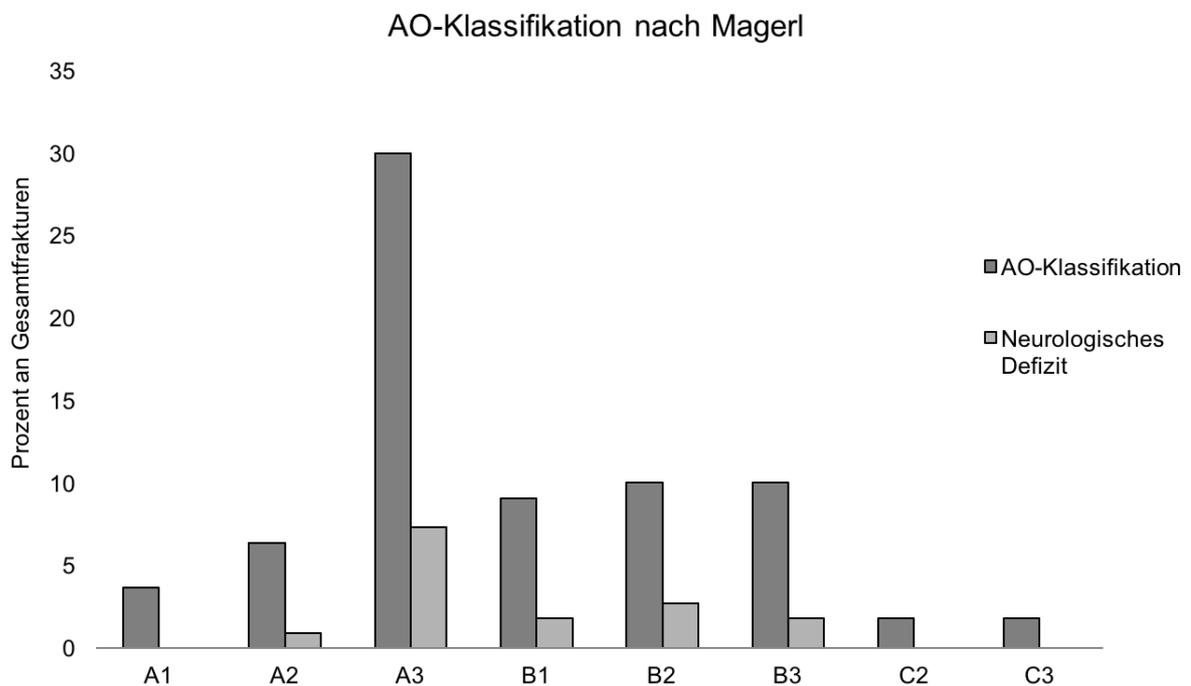


Abb. 4: Frakturklassifikation nach Magerl im Studienkollektiv

3.2.3. Nebendiagnosen

Im vorliegenden Patientenkollektiv waren insgesamt rund ein Viertel der Patienten (25,9 %, N = 64) frei von Vorerkrankungen bzw. Nebendiagnosen. Die restlichen drei Viertel waren häufig multimorbide und wiesen neben kardiovaskulären Vorerkrankungen (häufigste Nebendiagnose mit 108 Patienten, 43,7 %) auch Stoffwechselerkrankungen (23,5 %, N = 58, häufigste: Diabetes mellitus) und pulmonale Vorerkrankungen auf (14,2 %, N = 35, COPD, Lungenfibrosen verschiedener Ätiologien). Zudem waren 31 Patienten (12,6 %) an einer diagnostizierten Osteoporose erkrankt und 24 Patienten (9,7 %) hatten bei Aufnahme schon ein thrombembolisches Ereignis (Z.n. Myokardinfarkt, Lungenembolie oder Insult) erlitten. 31,6 % der Patienten (N = 78) hatten außerdem ein Tumorleiden, wobei das Plasmozytom mit nahezu einem Viertel der Tumorfälle (24,6 %, N = 14) den Hauptteil ausmachte, gefolgt vom Mammakarzinom und dem Nierenzellkarzinom mit jeweils sieben (12,3 %) Patienten. Auch das Prostatakarzinom war mit vier Fällen (7 %) häufig. In 59 Fällen war das Tumorleiden auch – aufgrund von Wirbelkörpermetastasen – der Grund für die dorsoventrale Stabilisierung (s.3.2.3). Es treten bei 84 (80,8 %) der einzeitig operierten Patienten Nebenerkrankungen auf sowie bei 99 (69,2 %) der zweizeitig operierten Patienten. Dieser Unterschied wies bei einem p-Wert von $p = 0,055$ eine statistische Tendenz auf.

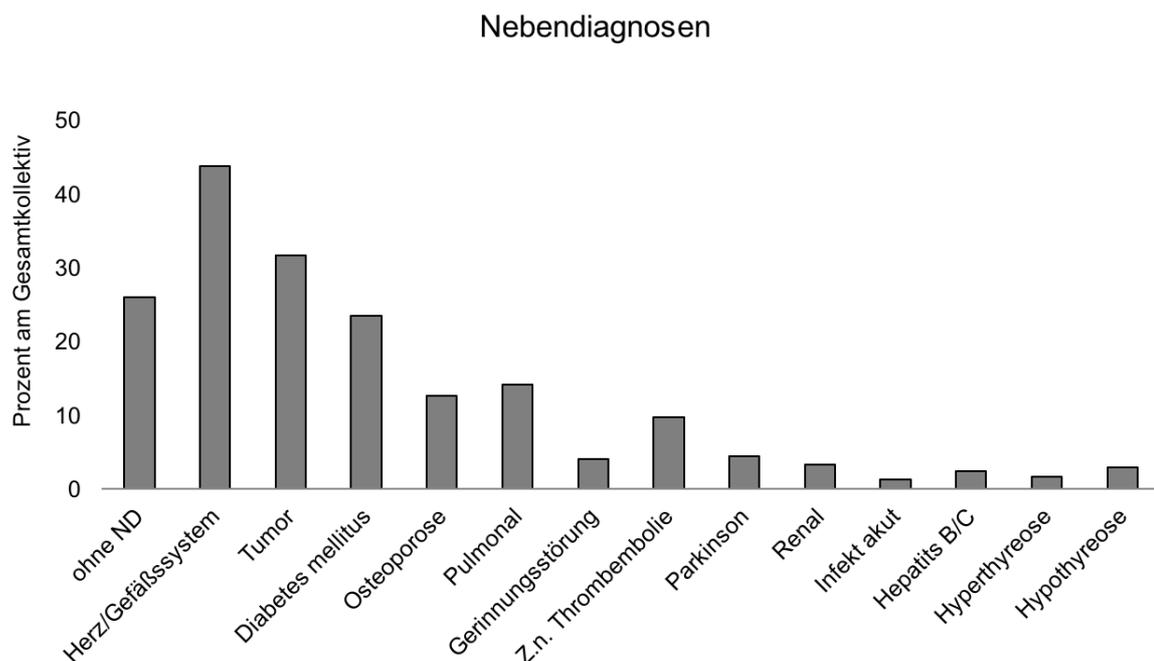


Abb. 5: Nebendiagnosen im vorliegenden Studienkollektiv

3.2.4. Ätiologie der Operationsindikation

Im vorliegenden Patientenkollektiv ist die traumatische Fraktur in 110 (44,5 %) Fällen die häufigste zur Operation führende Diagnose, hiervon wurden 70 Patienten zweizeitig operiert und 40 Patienten einzeitig. In dieser Untergruppe haben achtzehn Patienten (16,4 %) ein neurologisches Defizit. Hiervon sind fünf einzeitig operierte Patienten mit Frankel Grad D und drei zweizeitig operierte Patienten sowie ein zweizeitig operierter Patient mit Frankel Grad C. Außerdem gab es vier einzeitig operierte Patienten mit Frankel Grad A, sowie fünf zweizeitig operierte Patienten mit Frankel Grad A.

Die zweitgrößte Gruppe stellen tumorbedingte (pathologische Fraktur oder sonstige Instabilität oder Schmerz) Pathologien der Wirbelsäule mit 59 (23,9 %) Patienten dar, hiervon wurden 27 einzeitig operiert und 32 zweizeitig operiert. In dieser Untergruppe haben elf Patienten (18,6 %) ein neurologisches Defizit. Hiervon entfallen vier Patienten mit Frankel Grad D und ein Patient mit Frankel Grad C auf die einzeitige Versorgung und fünf Patienten mit Frankel Grad D und ebenfalls ein Patient mit Frankel Grad C auf die zweizeitige Versorgung.

Nahezu gleichauf folgen die entzündungsbedingten Pathologien mit 52 Patienten (21,2 %), hiervon wurden siebzehn Patienten einzeitig und 35 Patienten zweizeitig operiert. Sechzehn Patienten (30,8 %) weisen zudem ein neurologisches Defizit auf, hiervon entfallen zwei Patienten mit Frankel Grad D und ein Patient mit Frankel Grad C auf die einzeitige Versorgung. Auf die zweizeitige Versorgung entfallen sechs Patienten mit Frankel Grad D, zwei Patienten mit Frankel Grad C und fünf Patienten mit Frankel Grad A. Vierzehn Patienten (5,67 %) wurden aufgrund zu starker Skoliose oder Kyphose operiert. Hiervon wurden elf einzeitig operiert, einer dieser Patienten wies präoperativ einen Frankel Grad von D und ein weiterer einen Frankel Grad von C auf. Drei wurden zweizeitig operiert, wobei ein Patient einen Frankel Grad von D aufwies. Zwölf Patienten wurden aufgrund von Materialversagen oder Pseudarthrose operiert, hiervon zehn einzeitig (einmal Frankel Grad D) und drei zweizeitig (zweimal Frankel Grad C). Es bestand bei einem p-Wert von $p = 0,324$ kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen bezüglich der Verteilung auf die drei Hauptgruppen Fraktur, Tumor und Entzündung. Desweiteren bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem Auftreten von neurologischen Defiziten bei Aufnahme weder insgesamt zwischen einzeitig (20 /

104, 19,2 %) und zweizeitig operierten Patienten (31 / 143, 21,7 %) noch zwischen den beiden Gruppen in den einzelnen Ätiologien.

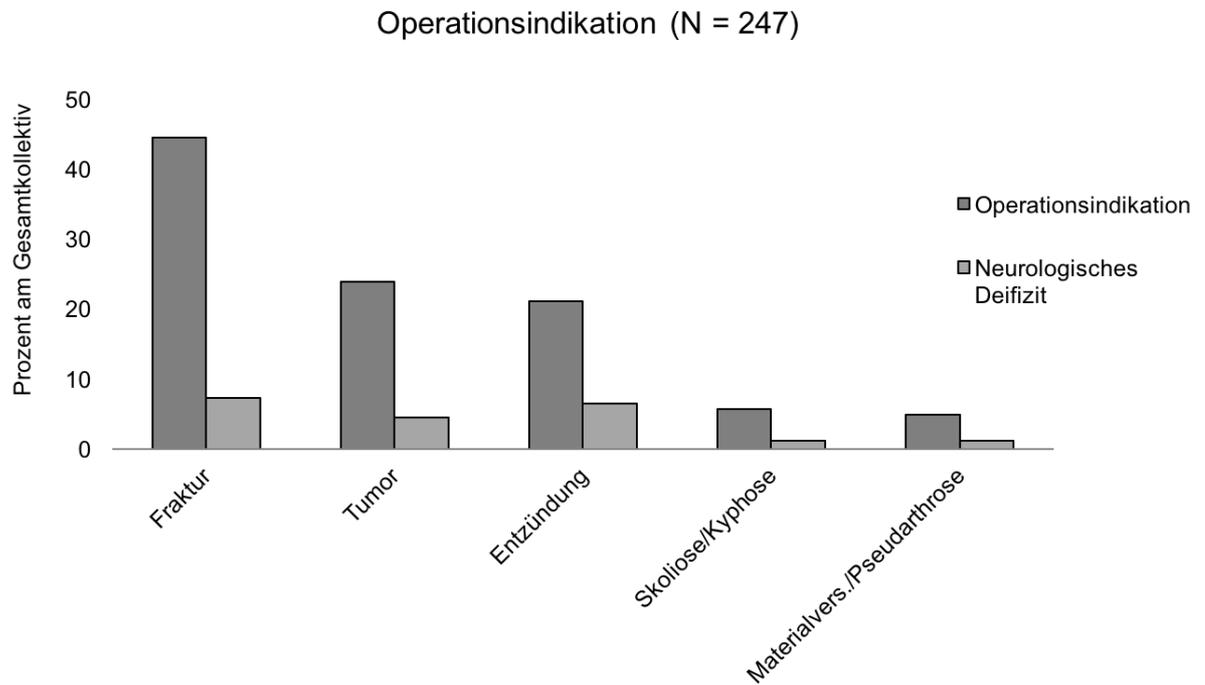


Abb. 6: Operationsindikationen im Studienkollektiv

3.2.5. Anzahl und Höhe der operierten Segmente

Die Anzahl der operierten Segmente reicht von einem einzigen Segment (monosegmental) bis zu 7 Segmenten. Hiervon entfielen mehr als die Hälfte der Operationen auf die bisegmentale Resektion (53,4 %, N = 132), gefolgt von den 71 (28,7 %) monosegmentalen Fusionen. Dies zeigt sich auch im Mittelwert von $2,02 \pm 0,66$ entfernter Bandscheiben. Es wurden durchschnittlich $2,08 \pm 0,11$ Bandscheiben bei einzeitigen Eingriffen und $1,99 \pm 0,08$ Bandscheiben bei zweizeitigen Eingriffen entfernt (p 0,496). Auch die trisegmentalen Resektionen sind mit 10,5 % (26 Operationen) häufig, die polysegmentalen (4-7 Segmente) Resektionen machen zusammengenommen unter 7,5 % aller Operationen aus.

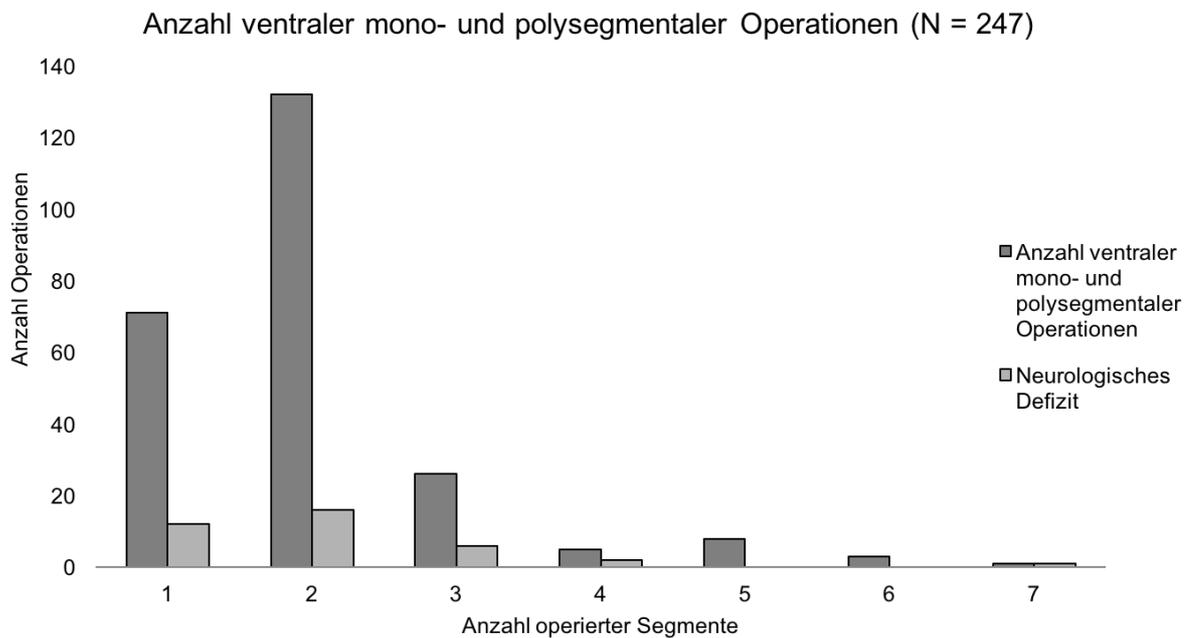


Abb. 7: Anzahl operierter Segmente im Studienkollektiv

Insgesamt wurden 347 Bandscheiben bei Fusionen mit Wirbelkörperersatz entfernt und 160 Bandscheiben bei segmentalen Fusionen (507 exzidierte Bandscheiben insgesamt). Für die segmentale Fusion zwischen zwei Wirbelkörpern wurde nur eine Bandscheibe entfernt, für den Wirbelkörperersatz wurden die beiden angrenzenden Bandscheiben entfernt. Der Wirbelkörperersatz wurde häufiger in den Bandscheibenfächern Th6/7, Th7/8, Th9/10, Th10/11 und L1/2 vorgenommen, die Fusion häufiger in den restlichen Segmenten. Es ergibt sich dennoch ein homogenes Bild für die Verteilung der segmentalen Fusionen und Fusionen mit Wirbelkörperersatz auf die einzelnen Bandscheibenfächer. Die Prozentzahlen für die beiden Gruppen sind bezogen auf die Gesamtzahl in den beiden Gruppen (N = 347 und N = 160), die Prozentzahlen für die Gruppe Gesamt sind bezogen auf alle entfernten Bandscheiben ventral (N = 507).

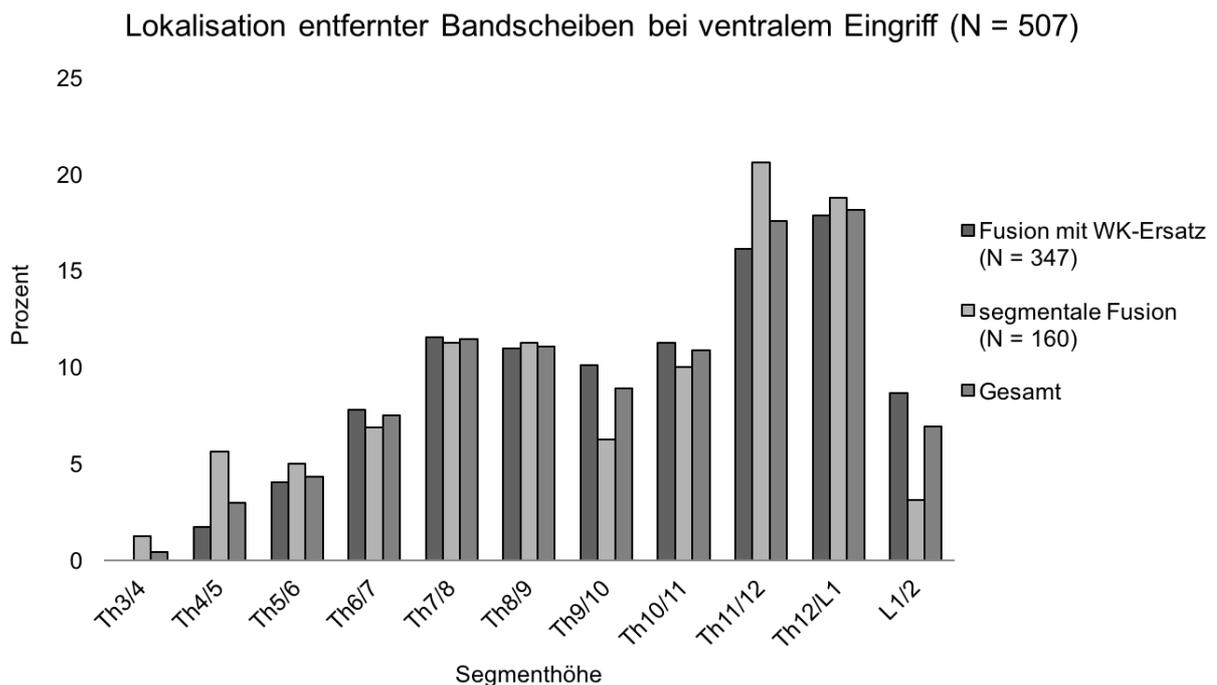


Abb. 8: Lokalisation entfernter Bandscheiben ventral im Studienkollektiv

Im vorliegenden Patientenkollektiv von 247 Patienten wurden dorsal Segmenthöhen von Th3 bis L5 operiert, ventral von ebenfalls Th3 bis L2. Es wurde somit der thorakolumbale Bereich eingeschlossen. Die häufigste Lokalisation war der thorakolumbale Übergang (Th12/L1, N = 92, 18,1 % aller entfernten Bandscheiben), dicht gefolgt von dem betroffenen Segment des Th11/12-Übergangs (17,6 %, N = 86). Interessanterweise gibt es im vorliegenden Patientenkollektiv einen zweiten

Häufigkeitsgipfel um Th8/9 (Th7/8, Th8/9, Th9/10) mit insgesamt 159 entfernten Bandscheiben (31,3 %). Insgesamt ist die Brustwirbelsäule deutlich häufiger operiert worden als die Lendenwirbelsäule (380 entfernte Bandscheiben der Brustwirbelsäule zu 127 entfernte Bandscheiben der Lendenwirbelsäule mit thorakolumbalem Übergang).

3.3. Klinische Daten des Gesamtkollektivs

3.3.1. Verweildauern

Die durchschnittliche Verweildauer der Patienten im Krankenhaus lag bei $24,7 \pm 0,9$ Tagen bei einem Minimum von 4 Tagen und einem Maximum von 90 Tagen. Zusätzlich wurde die Liegedauer nach ventralem Eingriff erhoben, die bei $15 \pm 0,6$ Tagen mit einem Minimum von 2 Tagen bis zu einem Maximum von 76 Tagen reicht.

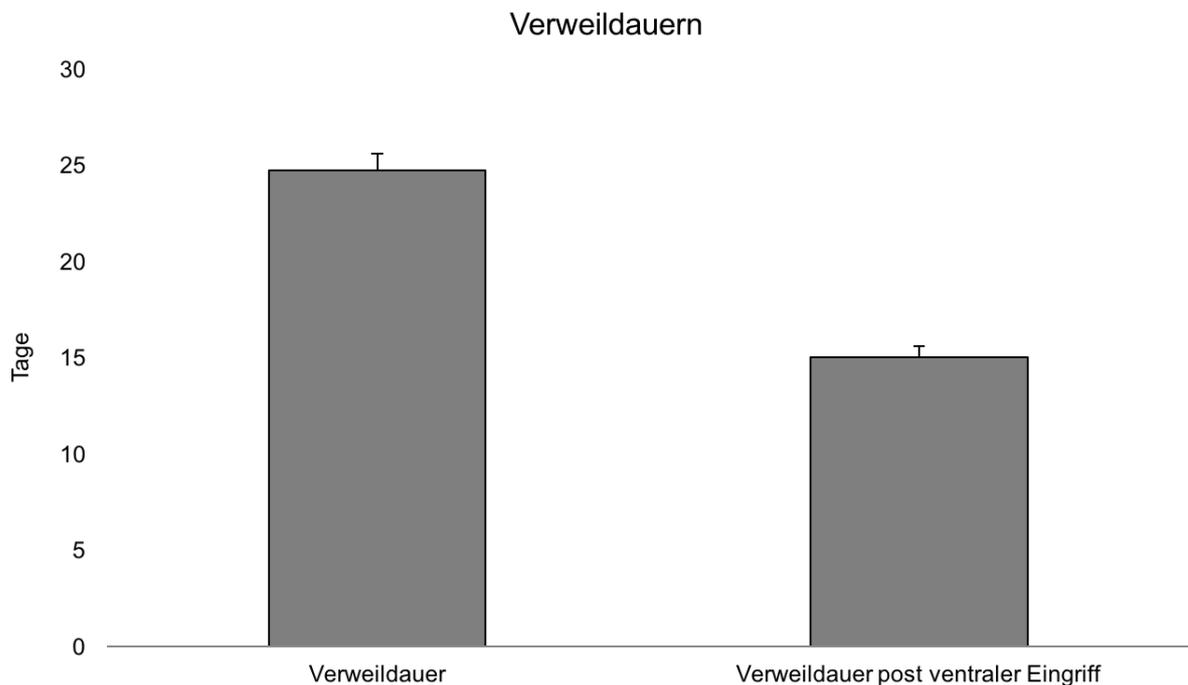


Abb. 9: Verweildauern im Studienkollektiv

Darüberhinaus wurde die postoperative Verweildauer der Patienten auf der Intensivstation analysiert, diese wird weiter unten (s. 3.4.1) ausgeführt, da sie Teil der Untergruppenauswertung zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten ist. Die 247 Patienten des Gesamtkollektivs verblieben postoperativ – bei zweizeitigen

Eingriffen wurden beide Eingriffe berücksichtigt – durchschnittlich $2,74 \pm 0,37$ Tage auf der Intensivstation.

3.3.2. Operationsdaten und Implantate

Die durchschnittliche Operationsdauer für den ventralen Eingriff betrug $163 \pm 4,2$ Minuten bei einem Minimum von 38 Minuten bis zu einem Maximum von 444 Minuten. Gespült wurden im Mittel $1,9 \pm 0,9$ Liter, mit einem Minimum von null Litern und einem Maximum von sieben Litern bei der ventralen Operation. Der Blutverlust konnte für 33 Patienten ermittelt werden, er lag hier bei durchschnittlich $0,76 \pm 0,13$ Litern bei einem Minimum von 0,1 Litern und einem Maximum von 4,5 Litern für die ventrale Operation. Die durchschnittliche Durchleuchtungszeit betrug $47,7 \pm 4$ Sekunden mit einem Minimum von null Sekunden und einem Maximum von 306 Sekunden, wobei hier sowohl der dorsale als auch der ventrale Eingriff dokumentiert wurden und eine Trennung retrospektiv nicht mehr möglich war.

Unter den OP-spezifischen Daten wurde auch die Zugangsseite dokumentiert, die leicht zugunsten des linksseitigen Zugangs verschoben ist (60 %). Eine Diaphragma Inzision wurde bei 14 % (N = 35) der Patienten aufgrund der Lokalisation der zu operierenden Segmente notwendig. Eine ventrale Dekompression des Spinalkanals wurde bei 28 Patienten durchgeführt (11 %). Bei 4 % (N = 9, bezogen auf das Gesamtkollektiv) bzw. 15,3 % (bezogen auf die 59 Patienten bei denen der Tumor die Ätiologie der Wirbelsäuleninstabilität darstellte) der Patienten wurde zudem eine präoperative Bestrahlung der Metastase durchgeführt.

Postoperativ beatmet werden mussten 99 Patienten (40,1 %), wobei im Mittel $19,1 \pm 0,2$ Stunden beatmet wurde bei einem Minimum von einer Stunde und einem Maximum von 744 Stunden. Legt man nur die 99 postoperativ beatmeten Patienten zugrunde, wurde im Durchschnitt $47,6 \pm 11,8$ Stunden beatmet. Die Thorax Drainage verblieb durchschnittlich $4,89 \pm 0,18$ Tage (N = 238) bei einem Minimum von einem Tag und einem Maximum von 21 Tagen, hierbei sind Revisionen mit Neuanlagen berücksichtigt. Bei dem mit 62 Patienten größten Anteil (26,1 %) verblieb die Thorax Drainage drei Tage. Bei den zweizeitigen Operationen (N = 143) betrug der Abstand zwischen beiden Operationen im Mittel $25,2 \pm 5,2$ Tage mit einem Minimum von einem Tag bis zu einem Maximum von 523 Tagen, bei dorsaler Versorgung durch eine externe Klinik und späterer ventraler Stabilisierung im Hause.

Bei den verwendeten Implantaten ist vor allem das Autograft (35,6 %, N = 88, der Standard war hier die Verwendung eines trikortikalen Beckenkammspanns) zu erwähnen, dicht gefolgt vom distrahierbaren Wirbelkörperersatz obelisc™ (30 %) der Firma ulrich medical GmbH & Co. KG® (Ulm, Deutschland). Die ebenfalls in-situ distrahierbaren Cage-Systeme V-Lift™ der Firma Stryker® und Synex2™ der Firma Synthes® machen mit jeweils über 10 % nahezu den Rest der Fälle aus. Es sind hier aufgrund der Operationen an mehreren Segmenten Mehrfachnennungen möglich.

3.3.3. Labordaten und Transfusionen

Der Hämoglobin-Wert fiel durchschnittlich um $2,1 \pm 0,12$ g/dl postoperativ, wobei der größte Abfall mit 6,9 g/dl dokumentiert wurde.

Vor dem ersten Eingriff – bei zweizeitigen Patienten vor dem dorsalen Eingriff – hatten 79 Patienten einen CRP-Wert unter 5 mg/dl. Durchschnittlich lag der CRP-Wert vor dem ersten Eingriff bei 246 Patienten bei $37,2 \pm 3,2$ mg/dl mit einem Maximum von 300 mg/dl. Am dritten postoperativen Tag – bei zweizeitigen Patienten nach der ventralen thorako-skopischen Versorgung – lag der CRP-Wert bei 240 Patienten bei $149,2 \pm 4,6$ mg/dl mit einem Maximum von 410 mg/dl. Am siebten postoperativen Tag lag der CRP-Wert bei 235 Patienten bei $65,5 \pm 3,1$ mg/dl mit einem Maximum von 331 mg/dl. Zu allen Erhebungszeitpunkten war das Minimum für den CRP-Wert null mg/dl.

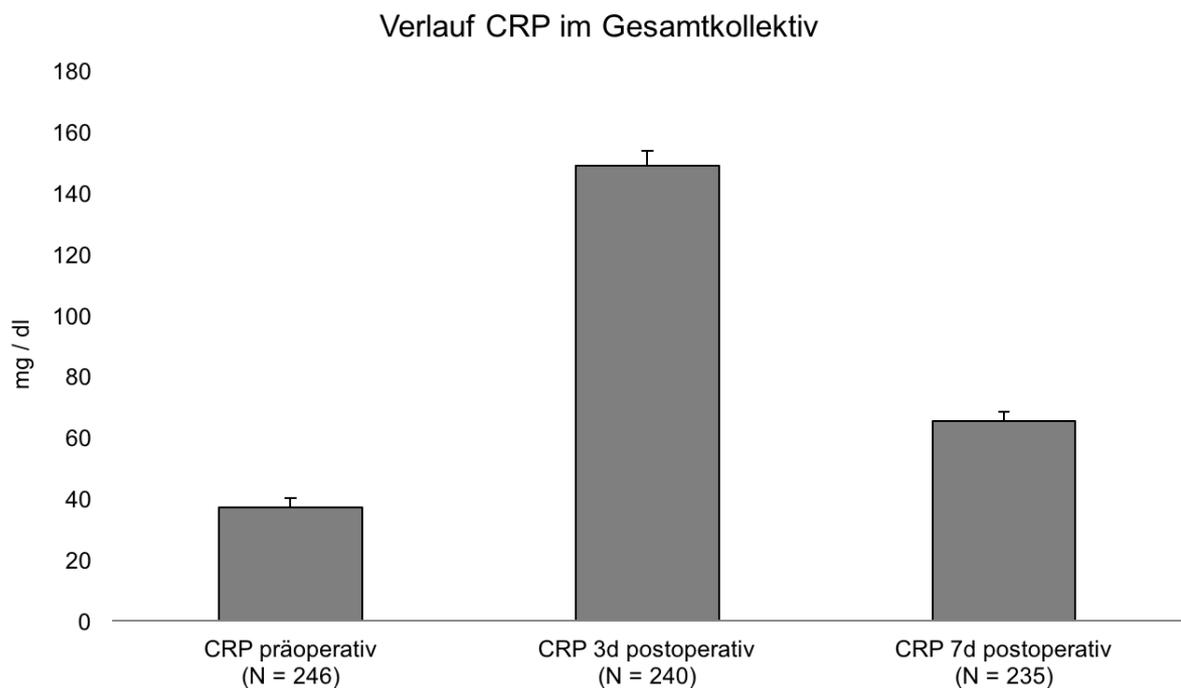


Abb. 10: Verlauf CRP im Gesamtkollektiv

Bei der größten Anzahl der Operationen (61,9 %, N = 153) waren keine intraoperativen Bluttransfusionen notwendig. Das Maximum lag bei sieben transfundierten Konzentraten in einem Fall (0,4 %). Es wurden bei 147 Patienten (47,9 %) Erythrozytenkonzentrate im Fallzeitraum gegeben, das Maximum lag bei 25 Konzentraten in einem Fall (0,4 %).

FreshFrozenPlasma-Präparate (FFP) wurden intraoperativ noch seltener gegeben (keine FFP bei 213 Patienten (85,2 %)). Hier lag das Maximum transfundierter FFP bei zehn (N = 1). Im Fallzeitraum wurden bei 49 Patienten (19,8 %) FFP-Präparate transfundiert, das Maximum lag bei 16 transfundierten Konzentraten.

Thrombozytenkonzentrate (TK) wurden in fünf Fällen transfundiert, davon je ein TK in drei Fällen (davon 1 Fall intraoperativ) und 2 TK in zwei Fällen, jeweils im gesamten Fallzeitraum. Graphisch dargestellt werden nur die Erythrozytenkonzentrate intraoperativ und im Fallzeitraum.

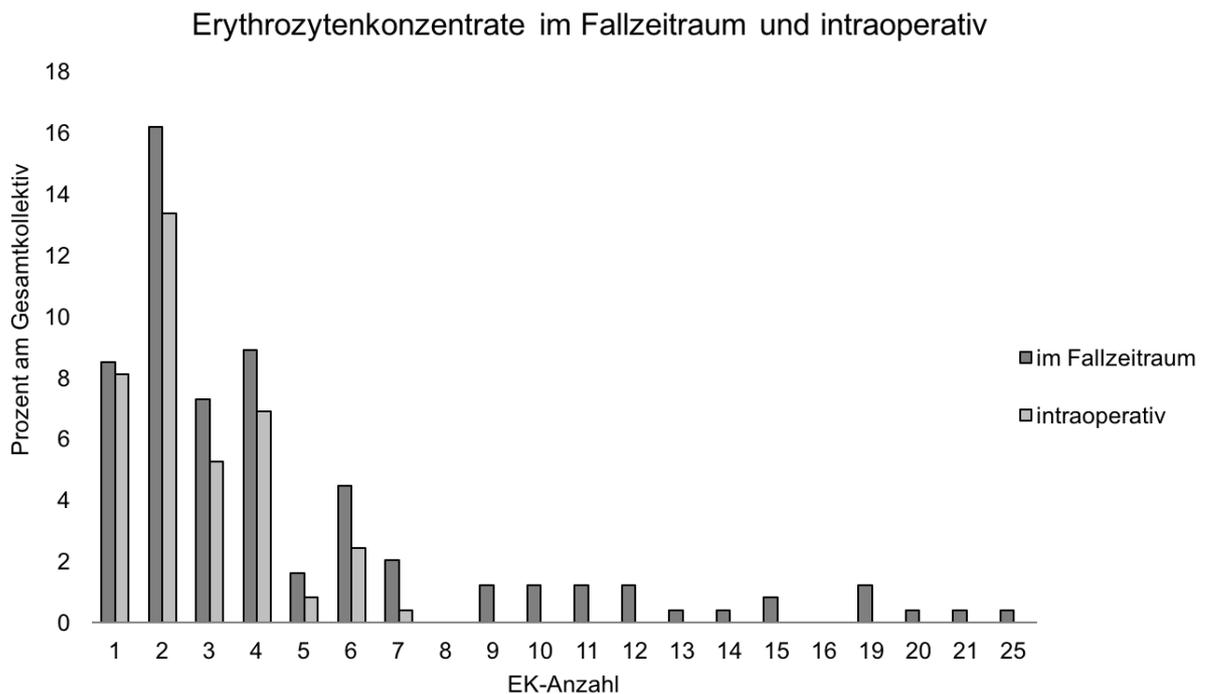


Abb. 11: Erythrozytenkonzentrate intraoperativ und im Fallzeitraum im Studienkollektiv

3.3.4. Verlaufparameter

Im vorliegenden Patientenkollektiv konnte retrospektiv bei 239 Patienten ein Wert für den Frankel Score bei Aufnahme erhoben werden, er lag hier im Mittel bei $4,58 \pm 0,07$. Postoperativ – bei zweizeitig operierten Patienten nach ventraler thorakoskopischer Versorgung – stieg er bei 238 dokumentierbaren Patienten auf $4,73 \pm 0,05$ und lag bei 143 Patienten, die sich in der Poliklinik vorstellten bei $4,86 \pm 0,05$. Auf die ursprünglichen Grade von A - E bezogen, lag der durchschnittliche Frankel-Score bei Aufnahme zwischen D und E und näherte sich im Verlauf immer weiter Frankel Grad E an.

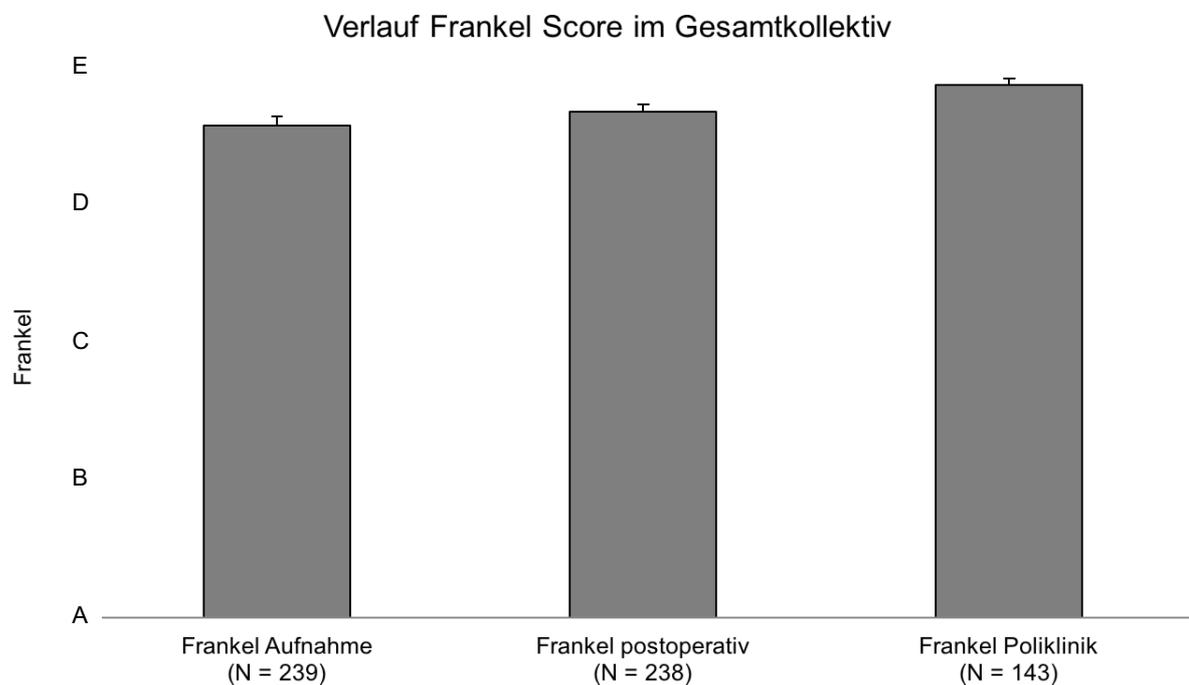


Abb. 12: Verlauf Frankel-Score im Studienkollektiv

Es konnte insgesamt bei 240 Patienten bei Aufnahme ein Wert für den ECOG Score ermittelt werden, er lag hier im Mittel bei $1 \pm 0,08$. Bei Entlassung konnte noch bei 235 Patienten ein Wert für den ECOG Score erhoben werden, er lag hier im Mittel bei $0,54 \pm 0,06$, um auf $0,37 \pm 0,06$ bei 143 Patienten, die sich in der Poliklinik vorstellten abzufallen. Das Minimum lag zu jedem erhobenen Zeitpunkt bei null, das Maximum bei vier.

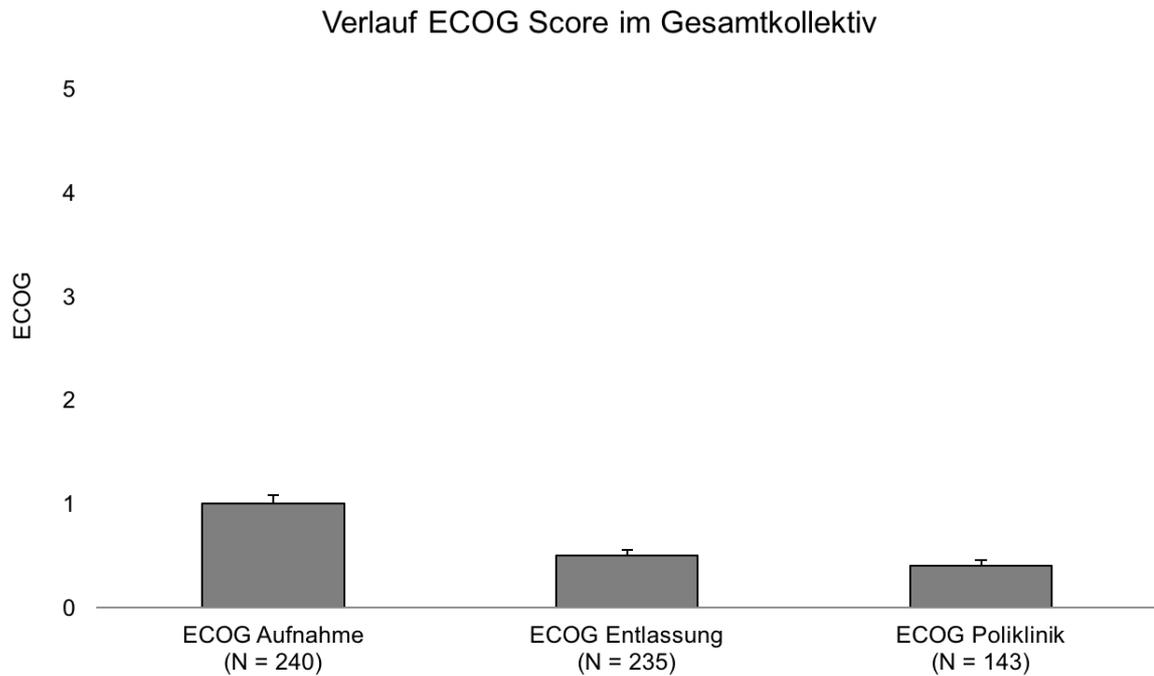


Abb. 13: Verlauf ECOG-Score im Studienkollektiv

Im vorliegenden Patientenkollektiv ist der Wert der Visuellen Analog Skala (VAS) bei Aufnahme im Mittel $5,1 \pm 0,2$ bei 224 Patienten. Er fällt postoperativ – bei zwei-zeitigen Patienten nach ventralem thorakoskopischem Eingriff – auf durchschnittlich $3,1 \pm 0,16$ bei 209 Patienten und liegt bei Befragung der 132 (58,9 %) Patienten, die sich in der Poliklinik vorstellten bei $1,8 \pm 0,2$. Das Schmerzmaximum lag bei Aufnahme und postoperativ bei 10, das Minimum bei null, bei Vorstellung in der Poliklinik bei maximal acht und minimal null.

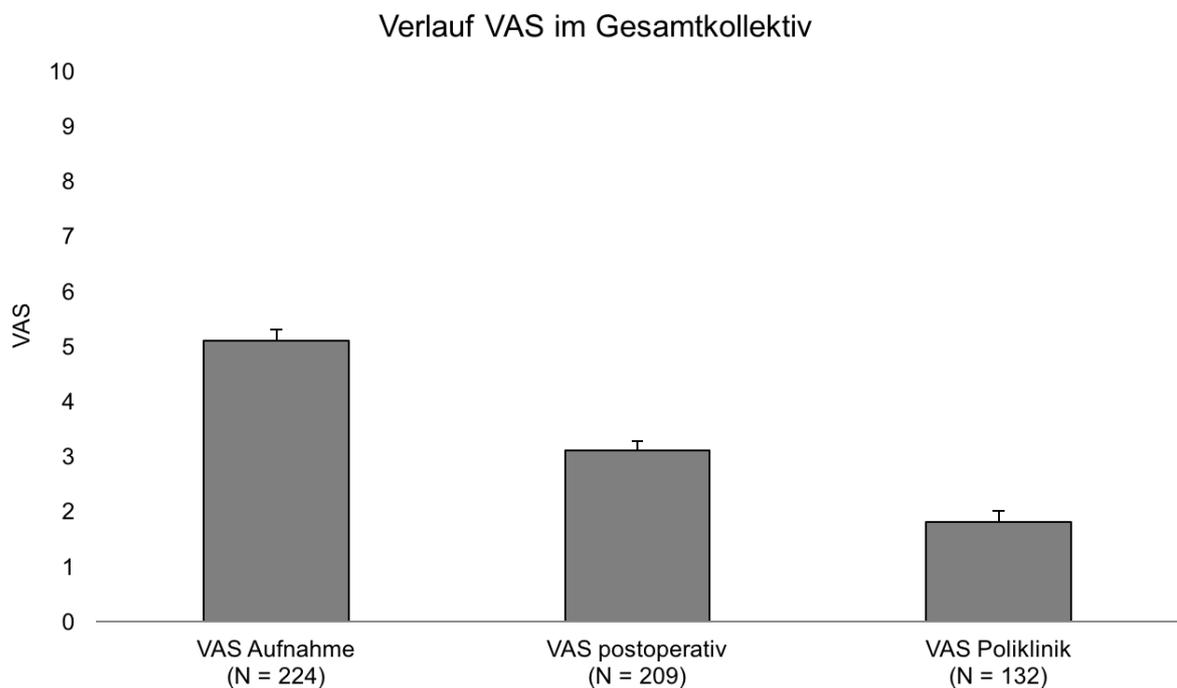


Abb. 14: Verlauf VAS im Studienkollektiv

Der Nachbeobachtungszeitraum für die Verlaufsparemeter war im Mittel $16 \pm 1,4$ Monate mit einem Minimum von einem Monat und einem Maximum von 93 Monaten.

3.3.5. Komplikations- und Revisionsraten

Die intraoperative Komplikationsrate lag bei 6,1 % (N = 15), die häufigste war die Lungenverletzung mit insgesamt fünf Fällen (2 %), gefolgt von der massiven Blutungsneigung der Patienten mit vier Fällen (1,6 %). Es schließt sich die Duraverletzung (N = 3, 1,2 %) und das intraoperative Implantatversagen (Bruch des Implantats, N = 2) an. Als Einzelfall trat eine Nierenparenchymverletzung auf.

Die Komplikationsrate bei den ventralen Eingriffen beläuft sich auf 10,1 % (N = 25), hiervon entfiel über ein Drittel auf den revisionspflichtigen Pneumothorax nach Zug der Thorax Drainage (3,6 %, N = 9), von denen acht durch eine Neuanlage der Thorax Drainage revidiert wurden. Es wurden insgesamt sechs (2,4 %) relevante Pleuraergüsse – das heißt Pleuraergüsse, die einer Therapie (Drainage- und/oder Diuretika Therapie) bedurften und sich nicht spontan zurückbildeten – dokumentiert, wovon drei operativ revidiert werden mussten. Zwei oberflächliche (0,8 %) und ein tiefer Wundinfekt mit infektiöser Schraubenlockerung durch *Pseudomonas aeruginosa* bei Pseudomonaden-Spondylodiszitis, die alle eine Wundrevision erforderlich machten, wurden erfasst. Zudem wurden zwei Nachblutungen und zwei Pseudarthrosen (je 0,8 %) und eine Materiallockerung dokumentiert, die allesamt revisionspflichtig waren. Zu den zwei Komplikationen die unter Verschiedenes zusammengefasst wurden, zählen ein akutes postoperatives Nierenversagen und eine postoperative hypertensive Entgleisung. Beide Komplikationen bedurften keiner Revision. Insgesamt machen die pulmonalen Komplikationen (Pneumothorax, Pleuraerguss und die postoperative respiratorische Insuffizienz) 60 % der ventralen Komplikationen aus.

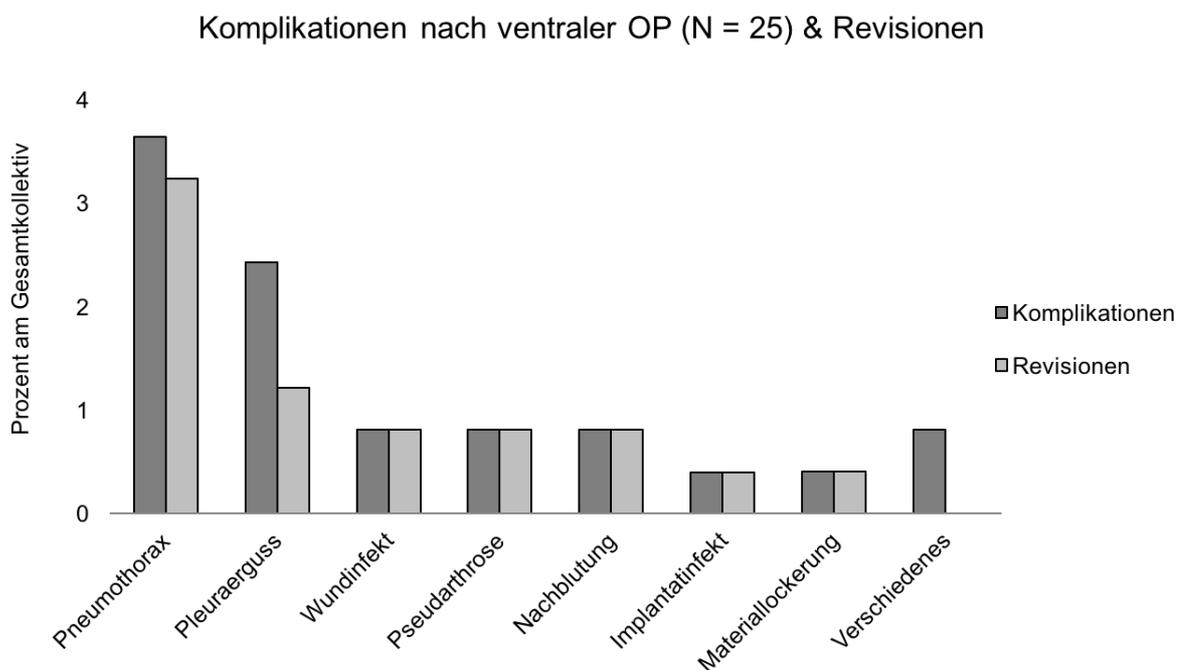


Abb. 15: Komplikationen nach ventralem Eingriff und Revisionen im Studienkollektiv

Bei den Komplikationen nach dorsalem Eingriff (16,6 %, N = 41) überwiegt die Materiallockerung (5,3 %, N = 13), von denen acht Patienten revidiert wurden, gefolgt vom oberflächlichen Wundinfekt (4,5 %, N = 11), der mit zehn Fällen nahezu komplett revisionspflichtig war. Implantatversagen wurde mit sieben Fällen (2,8 %) dokumentiert – fünf hiervon waren revisionspflichtig –, die Pseudarthrose mit fünf Fällen (2 %), von denen drei während eines späteren Aufenthalts revidiert wurden. Zudem traten vier neurologische Komplikationen auf (1,6 %), die allesamt revisionspflichtig waren. Unter Verschiedenes fiel eine Zementembolie, die nicht revisionspflichtig war.

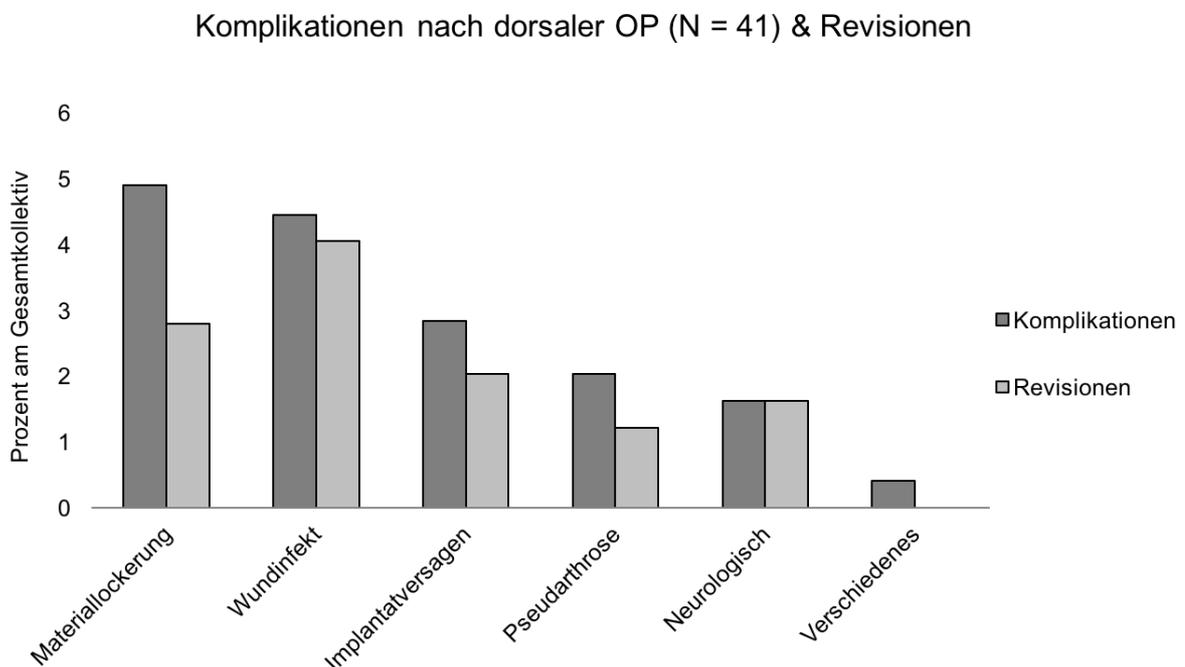


Abb. 16: Komplikationen nach dorsalem Eingriff und Revisionen im Studienkollektiv

Die Komplikationen, die weder den dorsalen noch den ventralen Eingriffen eindeutig zugeordnet werden konnten, jedoch sicher operationsbezogen waren (2,4 %, N = 6) teilen sich in drei Pseudarthrosen (1,6 %), ein Implantatversagen sowohl der dorsalen Verschraubung wie auch des ventralen Konstrukts und eine dorsoventrale Wundheilungsstörungen, die allesamt revidiert wurden, auf. Außerdem traten eine erektile Dysfunktion, die nicht revidiert wurde und ein Tumorrezidiv auf, das zu einer neurologischen Verschlechterung mit nachfolgender Revision führte. Allerdings wird das Rezidiv nicht als operations-assoziierte Komplikation geführt, da keine Kausalität zur Operation bestand.

Insgesamt traten 87 operationsassoziierte Komplikationen (35,2 %) bei 80 Patienten (32,4 %) auf von denen 55 bei 52 Patienten revidiert werden mussten (63,2 % bezogen auf 87 operationsassoziierte Komplikationen, 21,1 % bezogen auf das Gesamtkollektiv von 247 Patienten). Elf dieser Revisionsoperationen (21,2 % bezogen auf die 52 Patienten, bei denen eine Revision erforderlich war) entfielen auf die Neuanlage der Thoraxdrainage und die Revision eines Pleuraergusses.

In 3,6 % (N = 9) der Fälle musste von dem primär thorakoskopischen Verfahren auf ein offenes Verfahren umgestellt werden. In zwei dieser Fälle wurde einseitig operiert, die restlichen sieben Patienten wurden zweizeitig operiert. Dies geschah meist aufgrund fehlender thorakoskopischer Übersichtigkeit durch zu starke Verwachsungen (N = 4, 1,6 %). Einmal musste aufgrund massiver Blutungen konvertiert werden und einmal aufgrund eines intraoperativen Implantatversagens. Bei den restlichen drei Konversionen konnte der Grund nicht eruiert werden.

Die Rate der nicht operationsassoziierten Komplikationen innerhalb von 30 Tagen postoperativ wurde mit 21,1 % (N = 52) beschrieben, wobei hier ein Patient auch mehrere Komplikationen aufweisen konnte, sodass insgesamt 52 postoperative Komplikationen bei 42 Patienten (17 %) auftraten. Darunter waren mit Abstand die häufigsten die nosokomiale Pneumonie (N = 13, 5,3 %, darunter eine mit Akutem Respiratorischen Syndrom, ARS) und der nosokomiale Harnwegsinfekt (N = 10, 4,1 %). Zudem traten sechs Fälle (2,4 %) von Exitus letalis auf. Außerdem traten Magen-Darm-Erkrankungen mit einer Gastritis und drei Clostridium difficile assoziierten pseudomembranösen Kolitiden und das postoperative Durchgangssyndrom mit vier Fällen (1,6 %) auf. Weitere Komplikationen waren die Sepsis (N = 2) und der Nicht-ST-Hebungsinfarkt (N = 2) und unter Andere (N = 11) je ein Postsympathektomiesyndrom, eine allergische Reaktion auf Acetylcystein (ACC), eine AV-Tachykardie, ein einmaliger generalisierter Krampfanfall, eine Mastitis, ein neu aufgetretenes passageres Vorhofflimmern und eine AV-Tachykardie, eine respiratorische Insuffizienz, eine Harninkontinenz, ein Vaginalinfekt und ein Candida albicans Befall inguinal.

Insgesamt traten damit 139 perioperative Komplikationen bei 103 Patienten (41,7 %) auf.

Komplikation	Fraktur	Tumor	Entzündung	Skoliose/ Kyphose	Material- versagen	Anzahl Gesamt
<i>Pneumonie</i>	6	1	2	2	2	13
<i>HWI</i>	9	0	0	0	1	10
<i>Exitus letalis</i>	4	1	1	0	0	6
<i>Gastritis/Enteritis</i>	3	0	1	0	0	4
<i>Durchgangssyndrom</i>	2	0	1	1	0	4
<i>Sepsis</i>	2	0	0	0	0	2
<i>NSTEMI</i>	2	0	0	0	0	2
<i>Andere je 1</i>	4	4	2	1	0	11
Gesamt	32	6	7	4	3	52

Tab. 5: Allgemeine Komplikationen innerhalb von 30 Tagen postoperativ im Studienkollektiv nach Ätiologiezugehörigkeit

3.4. Klinische Daten einzeitige versus zweizeitige Operation

Das Patientenkollektiv wurde in einzeitig operierte Patienten (N = 104) versus zweizeitig operierte Patienten (N = 143) unterteilt, um die Auswirkung der zeitlichen Abfolge der Operation auf die zugrundeliegenden Outcome-Parameter (s. 2.5) zu untersuchen.

Zudem wurde das Patientenkollektiv nach Einteilung in 64 Paare durch eine Matched Pair Analyse mit Propensity Score untersucht, um etwaige Confounder bestmöglich auszuschließen. Im vorliegenden Patientenkollektiv wurde mit absteigender Relevanz nach den folgenden Kategorien gematched:

1. Fraktur (N = 110) gegen Tumor (N = 59) gegen Entzündung (N = 52)
2. ASA-Score 1+2 (N = 90) gegen ASA-Score 3-5 (N = 157)
3. 1-2 operierte Etagen (N = 203) gegen über 2 operierte Etagen (N = 43)
4. Patienten von 0-60 Jahren (N = 121) gegen Patienten von über 60 Jahren (N = 126)
5. BMI unter 30 (N = 142) gegen BMI über/gleich 30 (N = 29)

3.4.1. Verweildauer einzeitige versus zweizeitige Operation

Die durchschnittliche stationäre und postoperative Verweildauer des Gesamtkollektivs wurde bereits erläutert, nun folgt die Auswertung der Untergruppen einzeitig operierter Patienten versus zweizeitig operierter Patienten und ob diese Parameter Einfluss auf die Verweildauer hatten. Hierbei wurde jedoch nur die postoperative Verweildauer nach dem ventralen Eingriff graphisch dargestellt.

Patienten mit zweizeitigem Vorgehen verblieben insgesamt länger stationär ($27,7 \pm 1,1$ Tage bei 104 Patienten versus $20,7 \pm 1,3$ Tage bei 143 Patienten, $p < 0,001$), postoperativ nach ventralem Eingriff zeigt sich jedoch die Tendenz, dass diese Patienten kürzer als Patienten mit einzeitigen Eingriffen zu verbleiben scheinen ($14,2 \pm 0,7$ Tage bei 143 Patienten versus $16,1 \pm 1$ Tage bei 104 Patienten, $p 0,113$). Für die Berechnung der Werte nach der Matched Pair Analyse wurden 64 Paare miteinander verglichen, es bestanden keine statistischen Signifikanzen. Die in der allgemeinen Analyse errechneten Werte scheinen sich jedoch zu bestätigen, die Gesamtverweildauer scheint für zweizeitig operierte Patienten verlängert, während die einzeitig operierten Patienten länger postoperativ zu verbleiben scheinen.

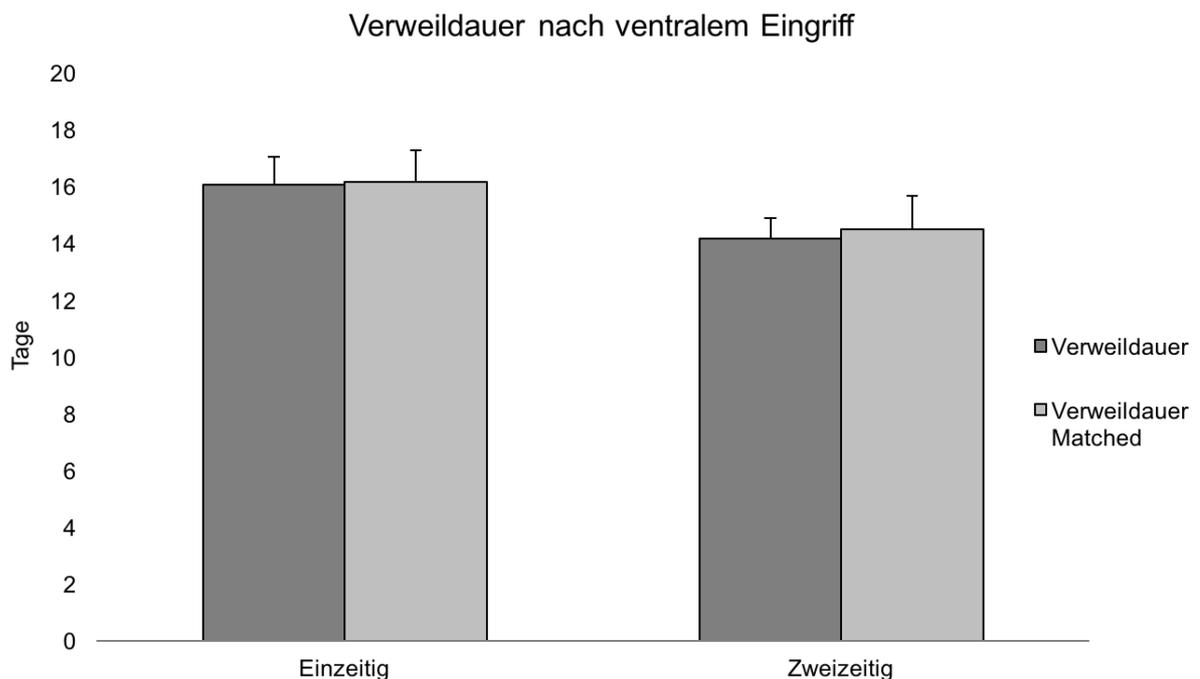


Abb. 17: Verweildauern einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

Zwischen den einzeitig und zweizeitig operierten Patienten konnte kein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Verweildauer auf der Intensivstation eruiert werden ($1,9 \pm 0,4$ Tage bei 104 Patienten versus $3,3 \pm 0,6$ Tage bei 143 Patienten, p 0,097). Einzeitig operierte Patienten scheinen jedoch insgesamt kürzer auf der Intensivstation zu verbleiben. Bei zweizeitigen Eingriffen wurden die postoperative Verweildauer nach dorsaler Instrumentierung und die postoperative Verweildauer nach ventralem Eingriff addiert. Auch nach der Matched Pair Analyse zeigte sich keine statistische Signifikanz bei 64 untersuchten Paaren, der Unterschied zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten scheint jedoch geringer zu werden ($2,21 \pm 0,19$ Tage bei einzeitig operierten versus $2,47 \pm 0,48$ Tage bei zweizeitig operierten Patienten).

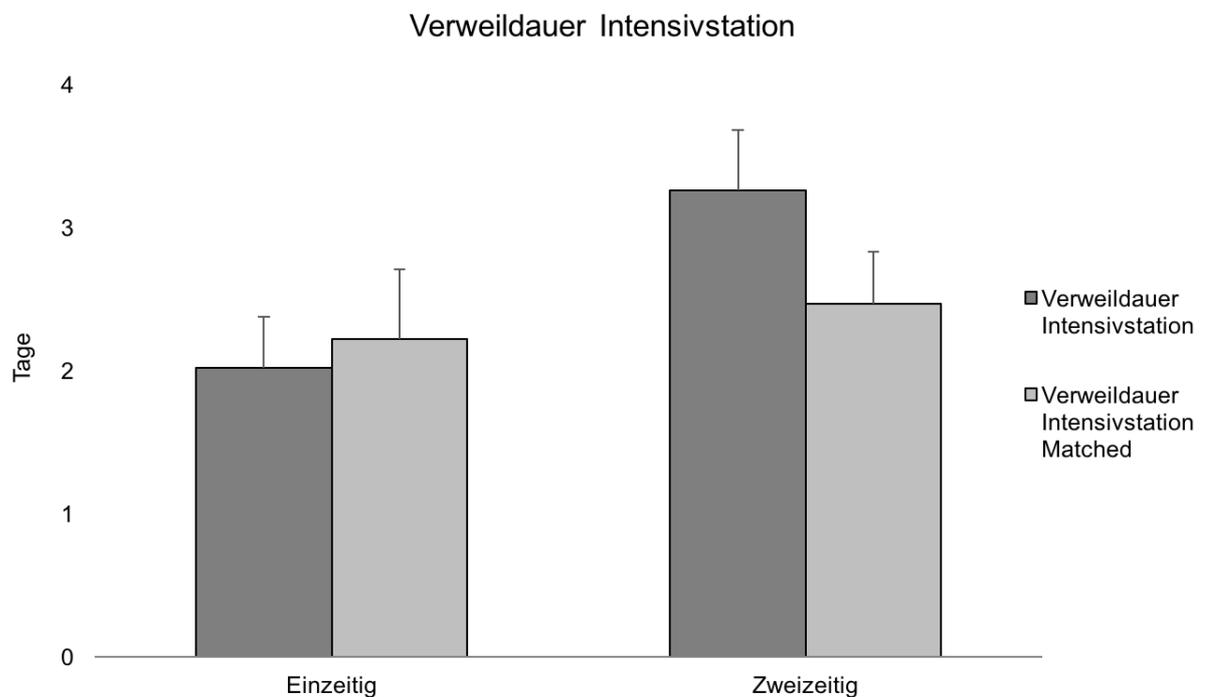


Abb. 18: Verweildauer Intensivstation einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

3.4.2. Operationsparameter einzeitige versus zweizeitige Operation

Bei Patienten mit zweizeitigem Eingriff zeigt sich in der Tendenz, dass ventral im Schnitt sechs Minuten länger operiert wurde als bei Patienten mit einzeitigem Eingriff (165 ± 5 Minuten bei 143 Patienten versus 159 ± 7 bei 104 Patienten). Hier wurde nur der ventrale Eingriff dokumentiert. Der Unterschied ist statistisch nicht signifikant.

Nach der Matched Pair Analyse wurden 64 Paare untersucht, es bestand auch hiernach kein statistisch signifikanter Unterschied ($149,3 \pm 7,7$ Minuten versus $152,7 \pm 7,6$ Minuten).

Im Bezug auf die Durchleuchtungsdauer kann systembedingt keine verlässliche Aussage getroffen werden, da bei zweizeitigen Eingriffen nur der ventrale Eingriff dokumentiert wurde, bei einzeitigen jedoch die Summe aus dem kombiniert dorsoventralen Eingriff. Die Statistik ergibt mit 88 ± 7 Sekunden deshalb für Patienten, die einem einzeitigen Eingriff ($N = 103$) unterzogen wurden deutliche längere Durchleuchtungszeiten als für Patienten nach zweizeitigem Vorgehen (18 ± 2 Sekunden, $N = 142$). Der Unterschied war mit einem p-Wert von $p < 0,001$ statistisch hoch signifikant. Es zeigte sich die gleiche statistische Signifikanz nach der Matched Pair Analyse wie in der allgemeinen Analyse ($75,1 \pm 6,7$ Sekunden bei 63 Patienten versus $16,9 \pm 2,1$ Sekunden bei 64 Patienten, $p < 0,001$).

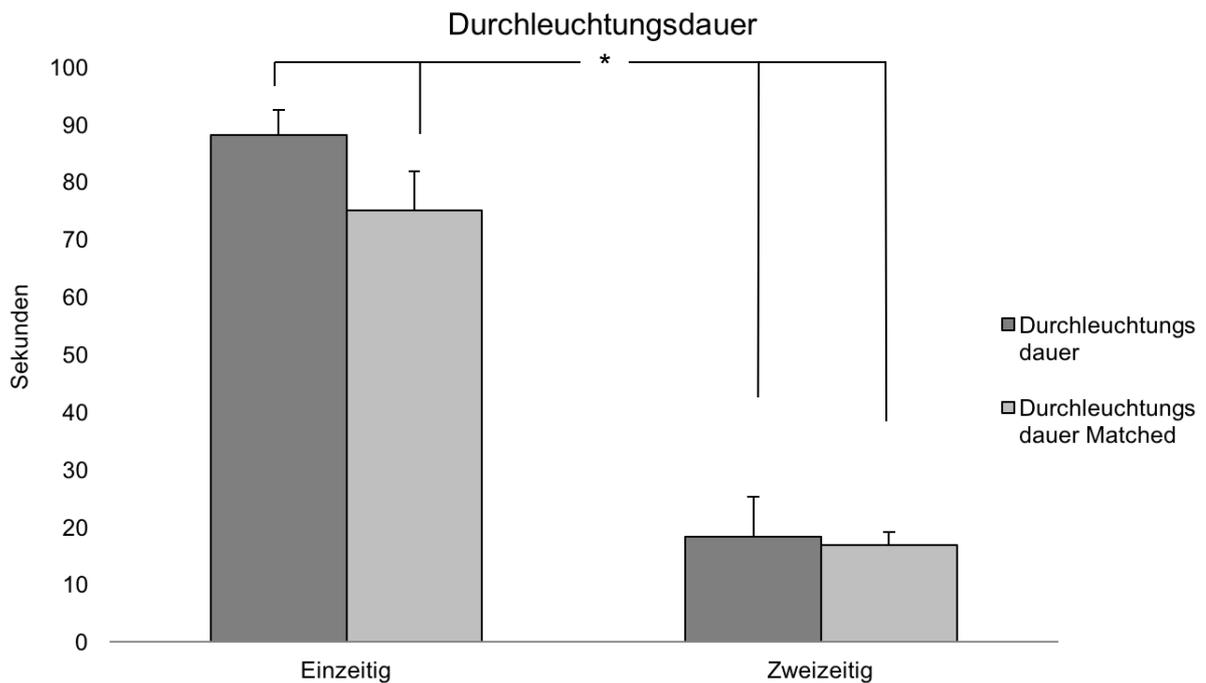


Abb. 19: Durchleuchtungsdauer einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

Bei zweizeitigen Operationen ($N = 142$) wurden $1,9 \pm 0,1$ Liter bei einzeitigen Operationen ($N = 104$) $1,8 \pm 0,1$ Liter gespült, dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. Nach der Matched Pair Analyse wurden 64 einzeitig operierte mit 63

zweizeitig operierten Patienten verglichen, auch hiernach wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden ($1,75 \pm 0,17$ Liter versus $1,8 \pm 0,17$ Liter).

Postoperativ beatmet wurden Patienten nach einzeitigem Eingriff ($N = 104$) durchschnittlich $16,47 \pm 6,01$ Stunden und Patienten nach zweizeitigem Eingriff ($N = 143$) kumulativ $21,03 \pm 7,3$ Stunden, es traten keine statistischen Signifikanzen auf. Legt man nur die 99 beatmeten Patienten zugrunde wurden 48 (46,2 %) einzeitig operierte Patienten $35,7 \pm 12,55$ Stunden und 51 (35,7 %) zweizeitig operierte Patienten $58,95 \pm 19,57$ Stunden beatmet. Nach der Matched Pair Analyse wurden für die Berechnung der Werte in der Untergruppe einzeitige gegen zweizeitige Operation 64 Paare verglichen, auch hiernach traten keine statistisch signifikanten Unterschiede auf.

Es wurden für die einzeitige gegen zweizeitige Operation 102 mit 136 Patienten bezüglich der Verweildauer der Thoraxdrainage ($4,73 \pm 0,21$ Tage versus $5,02 \pm 0,27$ Tage) verglichen, es bestanden keine statistischen Signifikanzen. Nach der Matched Pair Analyse wurden für die Berechnung der Werte 63 Paare verglichen, auch hiernach bestanden keine statistisch signifikanten Unterschiede ($4,94 \pm 0,29$ Tage versus $4,57 \pm 0,26$ Tage).

3.4.3. Labordaten und Transfusionen einzeitige versus zweizeitige Operation

Es bestand bei einem p-Wert von $p < 0,001$ ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen der einzeitig operierten Patienten gegen die zweizeitig operierten Patienten bezüglich der Hämoglobin-Differenz der präoperativen Werte - bei zweizeitig operierten Patienten der dorsale Eingriff - zu den postoperativen - bei zweizeitig operierten Patienten der ventrale Eingriff - Werten ($3,1 \pm 0,2$ g/dl, $N = 101$ versus $1,4 \pm 0,1$ g/dl, $N = 143$). Es zeigte sich auch nach der Matched Pair Analyse ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Hämoglobin-Differenz zwischen den einzeitig und zweizeitig operierten Patienten ($2,9 \pm 0,2$ g/dl, $N = 63$ versus $1,3 \pm 0,2$ g/dl, $N = 64$, $p < 0,001$).

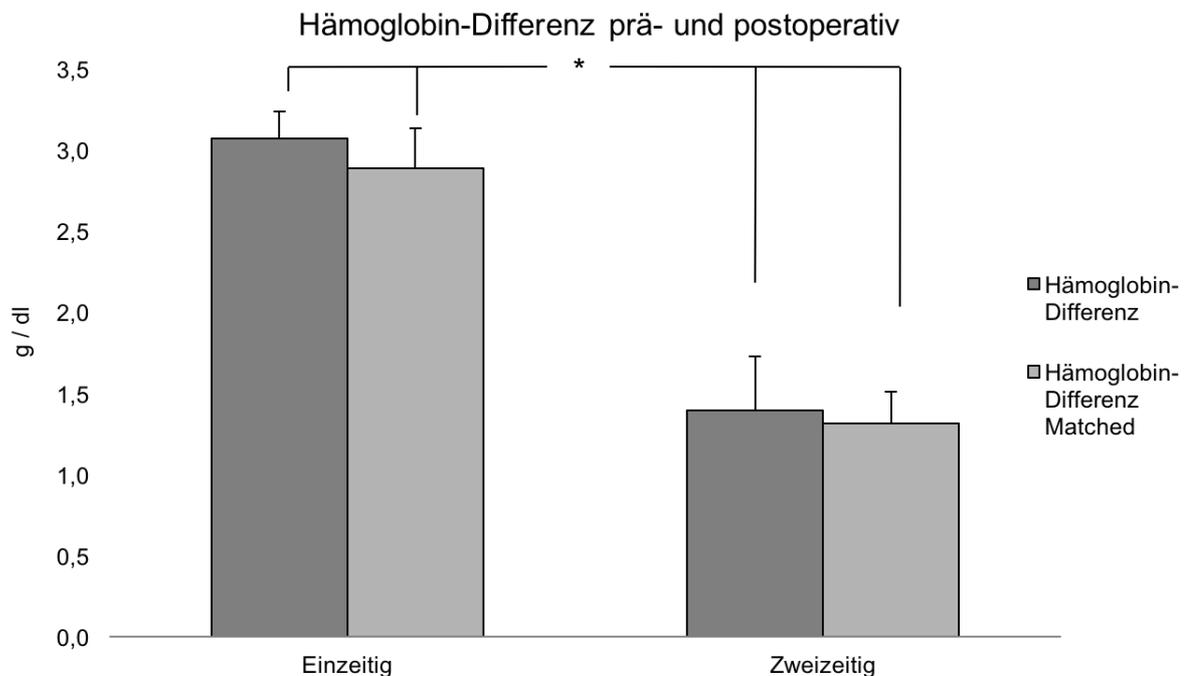


Abb. 20: Hämoglobin-Differenz einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

Bei den einzeitig ($N = 104$) und zweizeitig ($N = 143$) operierten Patienten zeigt sich sowohl im Gesamtfallzeitraum ($2,72 \pm 0,43$ zu $2,71 \pm 0,34$ transfundierter EK) wie auch intraoperativ ($1,18 \pm 0,18$ versus $0,97 \pm 0,13$ transfundierter EK) bezüglich der Gabe von Bluttransfusionen nahezu kein Unterschied, es trat keine statistische Signifikanz auf. Nach der Matched Pair Analyse wurden 64 Paare verglichen, auch hier bestand keine statistische Signifikanz (Gesamt: $3,25 \pm 0,65$ zu $2,58 \pm 0,42$ transfundierter EK, intraoperativ: $1,44 \pm 0,26$ versus $1 \pm 0,2$ transfundierter EK).

Die einzeitig operierten Patienten haben präoperativ – bei den zweizeitig operierten Patienten vor dem dorsalen Eingriff – deutlich niedrigere CRP-Werte als ihre zweizeitig operierten Gegenüber (21 ± 4 mg/dl bei 101 Patienten versus 49 ± 4 mg/dl bei 142 Patienten, $p < 0,001$). Am dritten postoperativen Tag – bei zweizeitig operierten Patienten der ventrale Eingriff – wurden 100 einzeitig operierte ($153,7 \pm 7,6$ mg/dl) mit 137 zweizeitig operierten Patienten ($145,9 \pm 5,9$ mg/dl) verglichen. Am siebten postoperativen Tag wurden 101 einzeitig operierte ($59 \pm 3,9$ mg/dl) mit 130 zweizeitig operierten Patienten ($70,6 \pm 4,6$ mg/dl) verglichen. Hier zeigt sich bei einem p-Wert von 0,063 eine statistische Tendenz zu höheren CRP-Werten bei zweizeitig operierten Patienten. Es zeigte sich zudem bei einem p-Wert von $p = 0,001$ eine statistische Signifikanz in den präoperativen CRP-Werten nach der Matched Pair Analyse (23 ± 6 mg/dl bei 63 Patienten zu 51 ± 6 bei 64 Patienten). Am dritten postoperativen Tag wurden 62 einzeitig operierte ($146,6 \pm 9,1$ mg/dl) mit 64 zweizeitig operierten Patienten ($138,2 \pm 7,8$ mg/dl) verglichen. Am siebten postoperativen Tag wurden 63 einzeitig operierte ($61,6 \pm 5,3$ mg/dl) mit 61 zweizeitig operierten Patienten ($69,1 \pm 7,1$ mg/dl) verglichen.

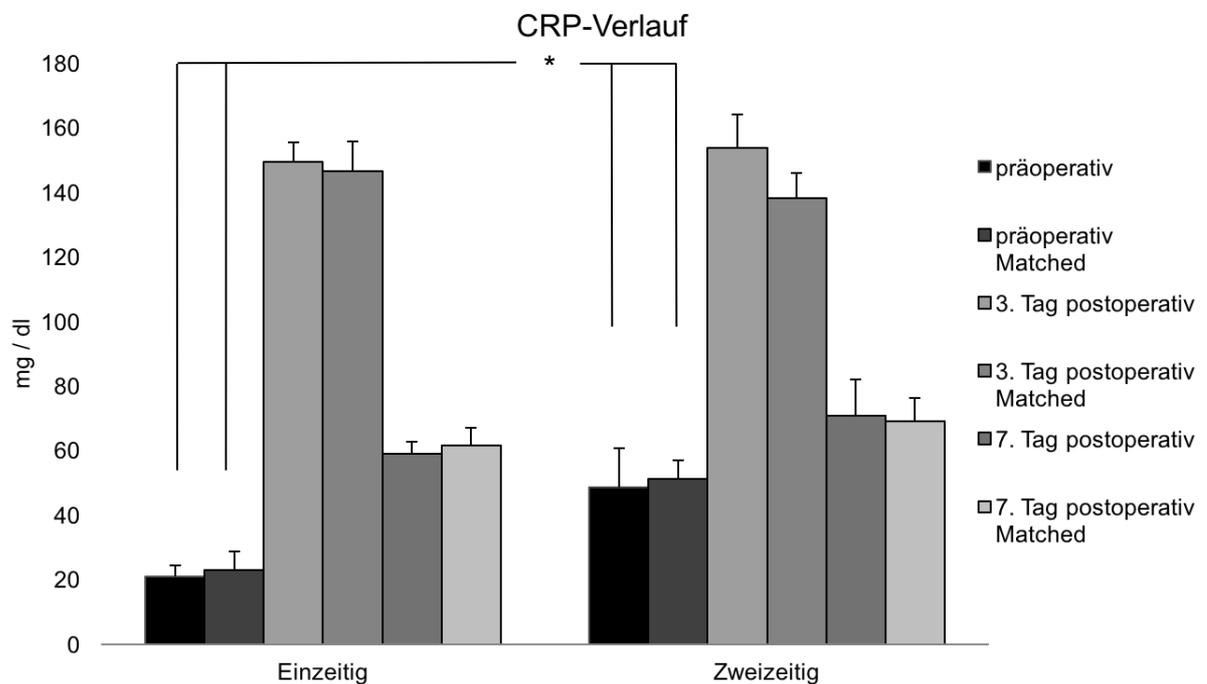


Abb. 21: Verlauf CRP einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

3.4.4. Verlaufparameter einzeitige versus zweizeitige Operation

Im Verlauf des Frankel Scores zeigt sich das gleiche Bild in beiden Untergruppen wie in der Auswertung des Geamtkollektivs (s. 3.3.4). So steigen Patienten in beiden Untergruppen vom Wert bei Aufnahme über den postoperativen Wert bis hin zum Wert der Poliklinik in der Bewertung durch den Frankel Score an. Es wurden für die Werte bei Aufnahme 100 einzeitig operierte Patienten ($4,65 \pm 0,09$, Wert für umgerechneten Frankel Score) mit 139 zweizeitig operierten Patienten ($4,52 \pm 0,09$) verglichen. Für die postoperativen Werte – bei zweizeitig operierten Patienten der ventrale Eingriff – wurden 100 Patienten ($4,79 \pm 0,07$) mit 138 Patienten ($4,68 \pm 0,07$) verglichen. Für die Werte der Poliklinik wurden 62 Patienten, die einzeitig operiert wurden ($4,94 \pm 0,03$) mit 81 Patienten, die zweizeitig operiert wurden ($4,8 \pm 0,08$) verglichen. Nach der Matched Pair Analyse wurden für den Wert bei Aufnahme 61 Patienten ($4,53 \pm 0,13$) mit 63 Patienten ($4,57 \pm 0,13$), für den postoperativen Wert 60 Patienten ($4,67 \pm 0,12$) mit 63 Patienten ($4,67 \pm 0,11$) verglichen. Für den Wert in der Poliklinik wurden 43 Patienten, die einzeitig operiert wurden ($4,91 \pm 0,05$) mit 42 Patienten, die zweizeitig operiert wurden ($4,81 \pm 0,11$) verglichen. Es traten keine statistischen Signifikanzen auf.

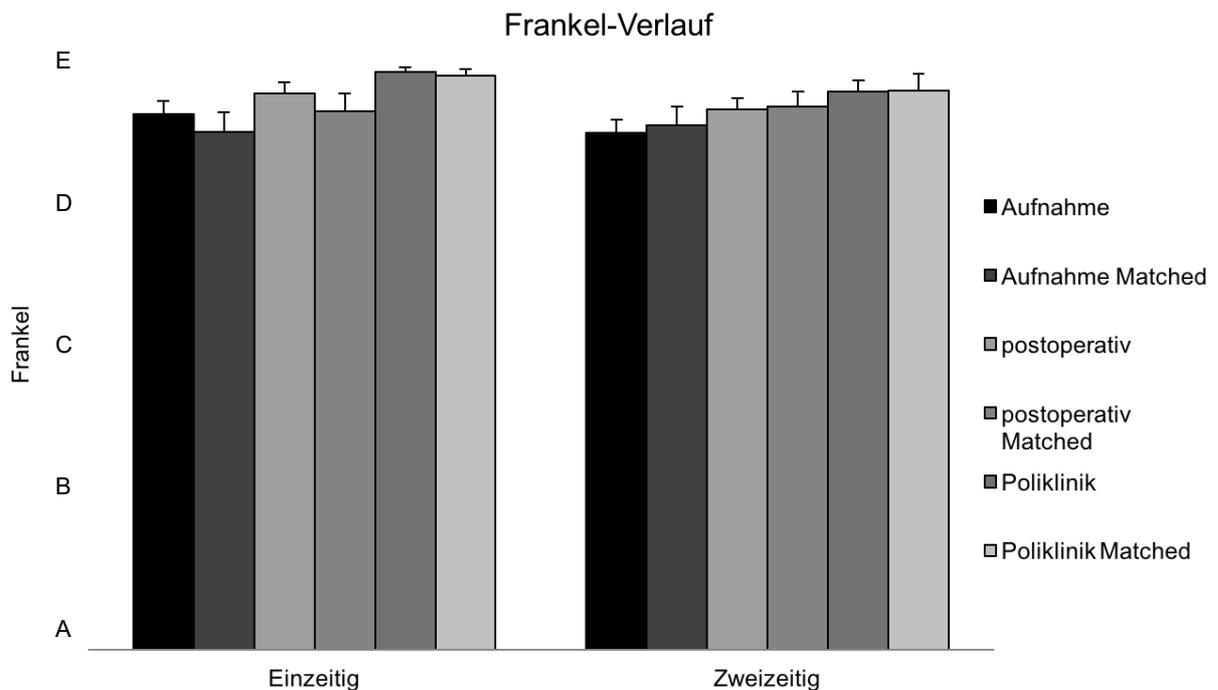


Abb. 22: Verlauf Frankel Score einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

Bei Aufnahme gab es insgesamt 188 Patienten mit Frankel Grad E (79 %), postoperativ – bei zweizeitigen Patienten nach dem ventralen Eingriff – gab es 205 Patienten (86 %) und in der Poliklinik konnten noch 130 Patienten (91%) dem Frankel Grad E zugeordnet werden. Bei Aufnahme stellten sich insgesamt 14 Patienten (6%) mit Frankel Grad A vor, postoperativ gab es noch acht Patienten (3,4 %) und in der Poliklinik zeigten sich zwei persistente neurologische Ausfälle (1,4 %). Postoperativ verbesserten sich 50 % der kompletten Querschnitte in der zweizeitigen Gruppe, in der einzeitigen Gruppe hingegen nur 25 %. Insgesamt stellten sich in der Poliklinik drei Patienten (2,1 %) der Frankel Grade A bis C vor im Gegensatz zu 23 Patienten (9,6 %) präoperativ. Es konnte bei 59,8 % (bezogen auf die Patienten bei denen bei Aufnahme ein Wert erhoben wurde) der Patienten ein Frankel Wert in der Poliklinik erhoben werden.

Frankel Wert	Frankel Aufnahme		Frankel postoperativ		Frankel Poliklinik	
	einzeitig	zweizeitig	einzeitig	zweizeitig	einzeitig	zweizeitig
<i>E = 5</i>	80	108	89	116	58	72
<i>D = 4</i>	13	15	8	10	4	6
<i>C = 3</i>	3	6	1	5	0	1
<i>B = 2</i>	0	0	0	1	0	0
<i>A = 1</i>	4	10	3	5	0	2
Neurologisches Defizit	20 / 100	31 / 139	12 / 101	21 / 137	4 / 62	9 / 81

Tab. 6: Frankel-Werte im Verlauf im Studienkollektiv

Auch im Verlauf des ECOG Scores zeigt sich die gleiche Tendenz wie in der Gesamtauswertung (s. 3.3.4), die vermuten lässt, dass sich Patienten aller Untergruppen kontinuierlich von Aufnahme über Entlassungszeitpunkt bis hin zur Untersuchung in der Poliklinik in der Bewertung durch den ECOG Score verbessern. Es wurden für die Berechnung der Werte bei Aufnahme 101 Patienten ($0,88 \pm 0,12$, Wert für ECOG Score) mit 139 Patienten ($1,09 \pm 0,1$) verglichen. Für die Werte bei Entlassung wurden 98 Patienten ($0,52 \pm 0,08$) mit 137 Patienten ($0,56 \pm 0,08$) und für die Werte in der Poliklinik 62 Patienten ($0,37 \pm 0,09$) mit 81 Patienten ($0,36 \pm 0,08$) verglichen. Hierbei beschreiben die erstgenannten Werte die einzeitig operierten Patienten, die zweitgenannten die zweizeitig operierten Patienten. Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied. Für die Berechnungen nach der Matched Pair Analyse wurden für die Werte bei Aufnahme 62 Patienten ($1,08 \pm 0,17$) mit 63 Patienten ($1,25 \pm 0,16$) verglichen. Für die Werte bei Entlassung wurden 59 Patienten ($0,64 \pm 0,12$) mit 62 Patienten ($0,69 \pm 0,12$) und für die Werte der Poliklinik 43 Patienten ($0,42 \pm 0,12$) mit 42 Patienten ($0,38 \pm 0,11$) verglichen. Auch hier beziehen sich die erstgenannten Werte auf die einzeitig operierten Patienten und die zweitgenannten auf die zweizeitig operierten Patienten. Es bestand kein statistisch signifikanter Unterschied.

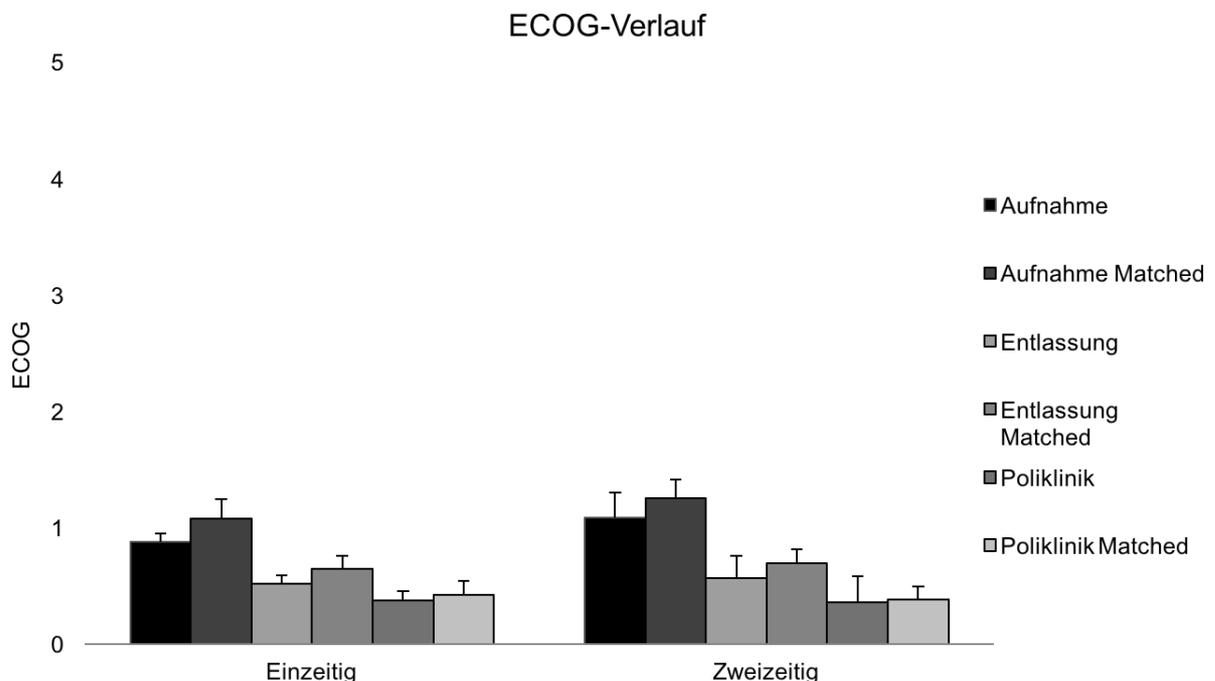


Abb. 23: Verlauf ECOG Score einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

In der Poliklinik stellten sich insgesamt noch jeweils ein Patient (0,7 %) mit einem ECOG Wert von drei oder vier vor im Gegensatz zu 18 (7,5 %) respektive 13 (5,4 %) Patienten bei Aufnahme. Es gab insgesamt noch elf Patienten (7,7 %) mit einem ECOG Wert von zwei bis vier im Gegensatz zu 67 Patienten (27,9 %) bei Aufnahme. Es konnte bei 59,6 % der Patienten ein Wert für den ECOG Score in der Poliklinik erhoben werden.

ECOG Wert	ECOG Aufnahme		ECOG Entlassung		ECOG Poliklinik	
	einzeitig	zweizeitig	einzeitig	zweizeitig	einzeitig	zweizeitig
0	54	57	58	88	45	60
1	21	41	31	32	13	14
2	15	21	6	10	3	6
3	6	12	2	5	0	1
4	5	8	1	2	1	0
5	0	0	0	0	0	0
Motorisches Defizit	47 / 101	82 / 139	40 / 98	49 / 137	17 / 62	21 / 81

Tab. 7: ECOG Werte im Verlauf im Studienkollektiv

Auch im Verlauf der Werte der Visuellen Analog Skala zeigt sich die gleiche Tendenz wie im Gesamtverlauf (s. 3.3.4) auch in den einzelnen Untergruppen in beiden Analysen. Patienten aller Untergruppen haben von den präoperativen über die postoperativen bis zu den Werten der Poliklinik abfallende Werte auf der Visuellen Analog Skala. Statistisch signifikant ($p 0,011$) ist hierbei der Unterschied zwischen dem postoperativen Wert – bei zweizeitig operierten Patienten der ventrale Eingriff – des VAS-Verlaufs ($3,5 \pm 0,2$ bei 94 einzeitig operierten Patienten versus $2,7 \pm 0,2$ bei 115 zweizeitig operierten Patienten). Für den Wert bei Aufnahme wurden 99 einzeitig operierte Patienten ($4,8 \pm 0,3$, Wert für VAS), 125 zweizeitig operierten Patienten ($5,4 \pm 0,3$) gegenübergestellt, für den Wert in der Poliklinik 57 Patienten mit einzeitiger Operation ($1,8 \pm 0,3$), 75 Patienten mit zweizeitiger Operation ($1,8 \pm 0,3$). Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied ($p 0,043$) nach der Matched Pair Analyse für den postoperativen Wert ($3,8 \pm 0,3$ bei 58 Patienten versus $3 \pm 0,3$ bei 56 Patienten). Für den Wert bei Aufnahme nach der Matched Pair Analyse wurden 61 einzeitig operierte ($4,6 \pm 0,4$) mit 60 zweizeitig operierten Patienten ($4,9 \pm 0,4$) und für den Wert der Poliklinik 40 einzeitig operierte ($2 \pm 0,4$) mit 39 zweizeitig operierten Patienten verglichen ($1,4 \pm 0,3$), es bestanden keine weiteren statistischen Signifikanzen.

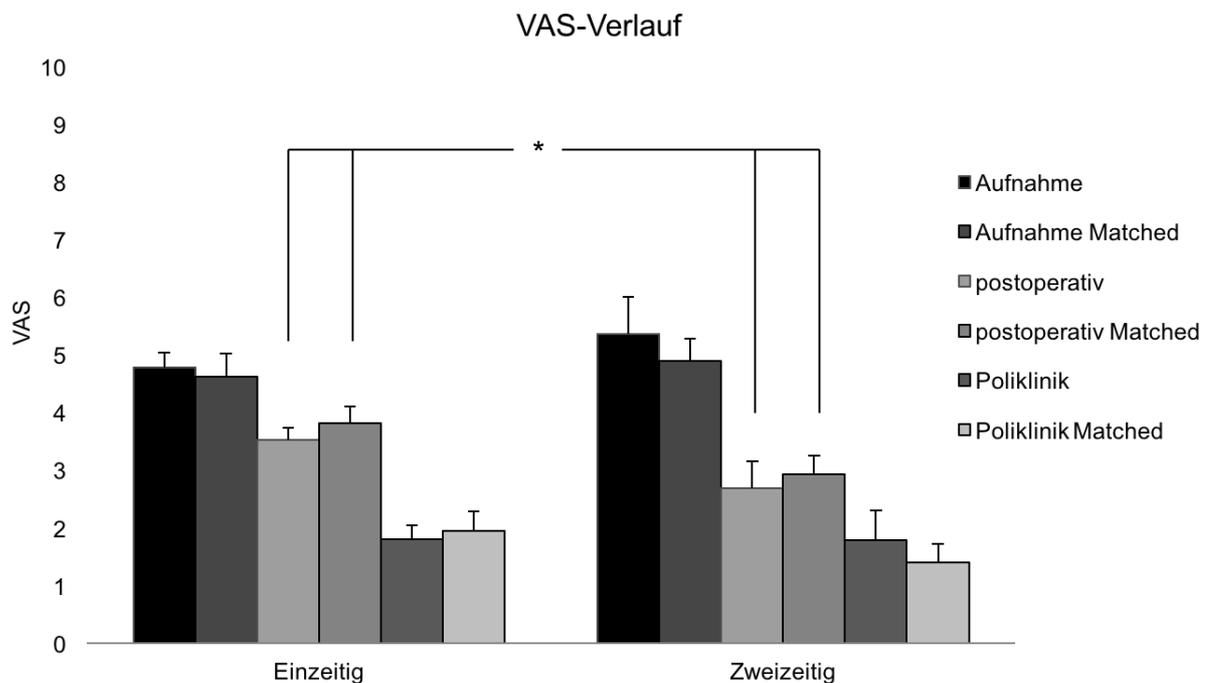


Abb. 24: Verlauf VAS einzeitig versus zweizeitig mit Matched Pair Analyse

Bei Aufnahme stellten sich insgesamt 19 Patienten (8,5 %) mit dem Schmerzmaximum von 10 vor, in der Poliklinik konnte dieser Wert bei keinem der Patienten mehr erhoben werden. Keine Schmerzen hatten bei Aufnahme insgesamt 25 Patienten (11,2 %) im Vergleich zum Erhebungszeitpunkt in der Poliklinik, bei dem 64 Patienten (48,5 %) keine Schmerzen angeben. Insgesamt stellten sich bei Aufnahme 24,5 % der Patienten mit starken Schmerzen (VAS 8-10) vor in der Poliklinik waren es noch 1,5 %. Mit leichten oder keinen Schmerzen (VAS 0-3) stellten sich bei Aufnahme insgesamt 31,25 % vor, zum Zeitpunkt der Datenerhebung in der Poliklinik waren dies 80,3 %.

VAS Wert	VAS Aufnahme		VAS postoperativ		VAS Poliklinik	
	einzeitig	zweizeitig	einzeitig	zweizeitig	einzeitig	zweizeitig
0	15	10	10	31	27	37
1	5	5	4	9	4	6
2	3	6	15	17	6	11
3	12	14	21	25	10	5
4	9	15	16	11	2	4
5	9	13	14	7	5	2
6	10	11	3	3	1	2
7	15	17	5	7	2	6
8	12	16	4	2	1	1
9	4	4	0	2	0	0
10	5	14	2	1	0	0
Gesamt	224		209		132	

Tab. 8: VAS Werte im Verlauf im Studienkollektiv

Insgesamt stellten sich 62 einzeitig operierte Patienten in der Poliklinik vor, was einer Follow-Up Rate von 59,6 % entspricht, die damit geringfügig höher liegt als die der 81 (56,6 %) sich in der Poliklinik vorstellenden zweizeitig operierten Patienten.

3.4.5. Komplikations- und Revisionsraten einzeitige versus zweizeitige Operation

Für die Berechnungen der Komplikations- und Revisionsraten konnten alle Patienten der beiden Untergruppen sowie die 64 Paare der Matched Pair Analyse zugrunde gelegt werden. Bei der intraoperativen Komplikationsrate gab es keine statistisch signifikanten Unterschiede (N = 6, 5,7 % versus N = 9, 6,3 %). Auch nach der Matched Pair Analyse sind die Werte bei jeweils drei Komplikationen identisch.

Die mit der ventralen Operation assoziierten Komplikationen wiesen in beiden Untergruppen und sowohl in der allgemeinen Varianz-Analyse (N = 12, 11,5 % zu N = 13, 9,1 %) wie auch nach der Matched Pair Analyse (N = 6 versus N = 5) keinen statistisch signifikanten Unterschied auf. Hierbei weisen einzeitig operierte Patienten eine Tendenz zu mehr Nachblutungen (N = 2 versus N = 0, beide revisionspflichtig) und mehr Pseudarthrosen (N = 2 versus N = 0, beide revisionspflichtig) auf, zweizeitig operierte Patienten eine Tendenz zu mehr revisionspflichtigen Pneumothoraces (N = 6, 4,2 % versus N = 2, 1,9 %) und mehr Wundinfekten auf (N = 2 versus N = 0, beide revisionspflichtig). Diese Unterschiede waren jedoch statistisch nicht signifikant.

Auch bei den mit dem dorsalen Eingriff korrelierenden Komplikationen gab es sowohl in der allgemeinen Varianz-Analyse (N = 18, 17,3 % versus N = 23, 16,1 %) wie auch nach der Matched Pair Analyse (N = 10 versus N = 11) keinen statistisch signifikanten Unterschied für die Gesamtzahl an Komplikationen. Hierbei weisen einzeitig operierte Patienten mehr revisionspflichtige Materiallockerungen (N = 7, 6,7 % versus N = 1, 0,96 %, p 0,011) auf, zweizeitig operierte Patienten dem Anschein nach mehr revisionspflichtige Wundinfekte (N = 7, 4,9 % versus N = 3, 2,9 %) und revisionspflichtige Implantatversagen (N = 4, 2,8 % versus N = 1, 0,96 %). Die zuletzt genannten Unterschiede und die restlichen Unterschiede der einzelnen Komplikationen waren jedoch statistisch nicht signifikant.

Die sechs operationsassoziierten Komplikationen, die nicht direkt dem ventralen oder dem dorsalen Eingriff zugeordnet werden konnten wiesen bei zwei Komplikationen in der einzeitigen Gruppe und vier Komplikationen in der zweizeitigen Gruppe keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Auch nach der Matched Pair Analyse ist

bei jeweils zwei Komplikationen kein statistisch signifikanter Unterschied nachzuweisen.

Die Revisionen wurden nach dem Beispiel der Komplikationen aufgeteilt: ventrale, dorsale und zweizeitige Revisionen bei nicht eindeutig zuordenbaren Komplikationen. Die Revisionsrate war in beiden Untergruppen bei ventralen und dorsalen Revisionen identischen Werten homogen verteilt und es treten keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Auch nach der Matched Pair Analyse wurden bei ebenfalls ventral wie dorsal identischen Werten keine statistisch signifikanten Unterschiede errechnet. Insgesamt wurden 22 einzeitig operierte Patienten (21,2 %) und 30 zweizeitig operierte Patienten (21 %) revidiert. Darunter waren bei den einzeitig operierten Patienten zwei Neuanlagen der Thoraxdrainage und eine Revision nach Pleuraerguss. Bei den zweizeitigen Patienten waren darunter sechs Neuanlagen der Thoraxdrainage und zwei Revisionen nach Pleuraerguss. Es bestand auch insgesamt kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen.

Insgesamt traten bei 40 einzeitig operierten Patienten (38,5 %) 40 operationsassoziierte Komplikationen (38,5 %) und bei 40 zweizeitig operierten Patienten (27,8 %) insgesamt 47 operationsassoziierte Komplikationen (32,9 %) auf. Dieser Unterschied, bezogen auf die Anzahl der Patienten, bei denen eine Komplikation auftrat, war bei einem p-Wert von $p = 0,098$ statistisch nicht signifikant.

Es wurden sechs einzeitig operierte Patienten (5,8 %) und drei zweizeitig operierte Patienten (2,1 %) konvertiert. Es bestand bei einem p-Wert von $p = 0,172$ kein statistisch signifikanter Unterschied. Auch in den Berechnungen nach der Matched Pair Analyse gab es bei jeweils drei Konversionen keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Bei den Komplikationen, die innerhalb von 30 Tagen nach dem ventralen Eingriff auftraten gab es zwischen den einzeitig und zweizeitig operierten Patienten keine statistisch signifikanten Unterschiede. Es traten bei 20 einzeitig operierten (19,2 %) Patienten 25 Komplikationen (24 %) und bei 22 (15,4 %) zweizeitig operierten

Patienten 27 Komplikationen (18,9 %) auf. Auch nach der Matched Pair Analyse konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

4. Diskussion

Obwohl die Forschung zur Weiterentwicklung der operativen Verfahren auf dem Gebiet der Wirbelsäulen Chirurgie auch heutzutage [14, 51, 55] höchste Brisanz besitzt, besteht noch immer keine Übereinstimmung über die zeitliche Abfolge der Behandlung aller Pathologien der thorakolumbalen Wirbelsäule. Zahlreiche Studien belegen allerdings den Vorteil der dorsoventralen Stabilisierung mit thorakoskopischem ventralem Eingriff [17, 22, 26, 43, 55, 67, 70, 115, 136]. Der anfänglich zumeist hohe Zeitaufwand für den thorakoskopischen Eingriff von bis zu sechs Stunden [2, 29] konnte inzwischen auf eine durchschnittliche Zeit von zweieinhalb bis dreieinhalb Stunden – wie auch im vorliegenden Kollektiv – gesenkt werden [9, 12, 61, 67, 70, 88, 93, 117, 123]. Die schnelle Lernkurve [67], neu entwickelte Implantate und der sichere Aspekt dieses komplikationsärmeren Eingriffs – verglichen mit der Thorakotomie – führten zur Etablierung dieses Verfahrens. Die vorliegende Studie soll nun erörtern inwieweit die zeitliche Abfolge, also ob ein einzeitiger oder zweizeitiger Eingriff stattfindet, relevante Outcome Parameter (s. 2.5) beeinflusst.

4.1. Verwendete Scores und Klassifikationen

Die dieser Studie zugrundeliegenden Scores und Klassifikationen – Frankel, als neurologischer Status, ECOG als Mobilitätsstatus und VAS als Schmerzstatus – sind Bestandteil in der Auswertung zahlreicher Studien [8, 9, 11, 48, 61, 68, 102, 147, 148]. Die Frakturklassifikation nach Magerl et al. [89] ist ebenfalls ein weit verbreitetes Instrument zur Klassifikation traumatischer Frakturen der Wirbelsäule [9, 17, 19, 67, 68, 75, 83, 109, 123, 127]. Sie können somit als etablierte Parameter angesehen werden und lassen auch einen Vergleich mit anderen Studien zu, in denen diese verwendet wurden.

4.2. Patientenkollektiv und Nebenerkrankungen

Das durchschnittliche Alter im vorliegenden Patientenkollektiv wurde mit $56,49 \pm 1,13$ Jahren berechnet, es liegt somit deutlich über dem bei Frakturen üblichen

Durchschnittsalter von 34 bis 46 Jahren [17, 74, 83, 110, 124]. Verglichen mit Patientenkollektiven denen eine Tumorerkrankung zugrunde liegt [61, 98] liegt es jedoch im Mittel. Auch das von McAfee 1995 [93] veröffentlichte Kollektiv das ähnliche Verteilungen in der Ätiologie aufweist liegt mit einem Mittelwert von 53,5 Jahren nur knapp unter dem vorliegenden Kollektiv. Teilt man das vorliegende Kollektiv in die Ätiologien und ermittelt das durchschnittliche Alter der Gruppen, so liegen die Patienten mit traumatischen Frakturen mit 57,5 Jahren über dem durchschnittlichen Alter des Gesamtkollektivs. Man kann somit sagen, dass es sich bei dem vorliegenden Kollektiv unabhängig von der Ätiologie um ein verglichen mit der Literatur altes Patientenkollektiv handelt, was sich auch in der hohen Rate an Nebenerkrankungen widerspiegelt und zudem Einfluss auf weiter unten besprochene Parameter hat.

Das Geschlechterverhältnis ist in unserem Patientenkollektiv sehr homogen verteilt, während in der Literatur der männliche Anteil mit Zahlen bis zu 81 % deutlich überwiegt [13, 61, 68, 71, 105, 109, 122]. Die genannten Studien legen jedoch zumeist Kollektive mit ausschließlich Patienten mit traumatisch bedingten Frakturen zugrunde, was den erhöhten männlichen Anteil erklären könnte.

Die zur Operation führenden Pathologien waren Fraktur (N = 110), Tumor (N = 59), Entzündung (N = 52), Skoliose oder Kyphose (N = 14) oder ein Materialversagen beziehungsweise die Pseudarthrose im Sinne einer Revision (N = 12). In die Auswertungen der Untergruppen, die durch den Propensity Score zugeordnet wurden gehen allerdings nur die drei Hauptgruppen – Fraktur, Tumor und Entzündung – ein, diese werden auch in der Literatur als vorrangig neben den skoliosebedingten Pathologien beschrieben [14, 22, 93, 122, 136]. Die Verteilung der Ätiologien war sehr untypisch im Vergleich mit den in der Literatur gefundenen Kollektiven, die zumeist aus Patienten mit ausschließlich Frakturen, Tumoren, Spondylodiszitiden oder Skoliosen bestehen [9, 11, 12, 16, 17, 29, 35, 58, 67, 68, 71, 109, 130]. Es gab allerdings auch drei Studien, die ähnliche Verteilungen der Ätiologien aufwiesen wie das vorliegende Kollektiv, wenn auch mit veränderlichen Anzahlen für die einzelnen Ätiologien [93, 117, 147].

Insgesamt weisen 64 Patienten keine Vorerkrankungen bzw. Nebendiagnosen auf, allerdings hatten nur 4 % des Patientenkollektivs einen ASA-Score von eins aufzuweisen. Die restlichen drei Viertel waren zudem häufig multimorbide und hatten zum Teil mehrere systemische Erkrankungen, was sich auch in einem hohen Mittelwert der ASA-Klassifikation von $2,7 \pm 0,043$ widerspiegelt. Über 30 % der Patienten (N = 78) hatten außerdem ein Tumorleiden und in 59 Fällen (23,4 % des Gesamtkollektivs) war das Tumorleiden auch der Grund für die Operation. Auch in der Literatur werden vorerkrankte Kollektive angegeben, genaue Zahlen über die einzelnen Nebendiagnosen liegen allerdings nicht vor [61, 132]. Bei vorwiegend aus Patienten mit Frakturen bestehenden Kollektiven [9, 11, 12, 17, 67, 68, 71, 83, 102, 105, 109, 114, 123, 148], liegt es allerdings nahe, dass diese geringere Raten an Vorerkrankungen aufweisen als im vorliegenden Kollektiv beobachtet, das auch zu einem großen Anteil (52,6 %) aus Patienten mit Tumorerkrankungen oder Spondylodiszitiden besteht. Man kann das vorliegende Patientengut daher als vorbelastet beschreiben. Zudem wurden nahezu 65 % der Patienten mit einem ASA-Score drei oder höher beschrieben, was sich auch in der hohen Tumorinzidenz (31,6 %) im vorliegenden Patientenkollektiv widerspiegelt (s. 3.2.3).

84 (80,8 %) der 104 einzeitig operierten Patienten wiesen bei Aufnahme mindestens eine Nebenerkrankung auf, bei den zweizeitig operierten Patienten waren dies 99 (69,2 %) der 143 Patienten. Dieser Unterschied war bei einem p-Wert von $p = 0,055$ statistisch nicht signifikant, zeigt aber eine Tendenz zu häufigeren Vorerkrankungen bei den einzeitig operierten Patienten an. Die Literatur macht hierzu keine Angaben, weswegen ein Vergleich entfällt.

Das vorliegende Patientenkollektiv ist als übergewichtig zu beschreiben, der Mittelwert des BMI von $26,7 \pm 0,472$ liegt im Bereich der Präadipositas und es können beinahe ein Viertel der Patienten, den Adipositas Graden eins bis drei zugeordnet werden (s. 3.2.2). In der Literatur werden hierzu keine Angaben gemacht, weshalb ein Vergleich mit der deutschen Gesundheitsberichterstattung von 2009 [57] folgt. Der Wert der untergewichtigen Patienten entspricht nahezu dem Wert der deutschen Gesamtbevölkerung (2,1 %), der Wert der stark übergewichtigen Patienten (Adipositas Grad 1-3, BMI >30) liegt allerdings deutlich über dem der deutschen Gesamtbevölkerung (14,1 %). Die Werte für die Patienten mit Prä-

Adipositas und Normalgewicht sind jeweils um drei beziehungsweise fünf Prozentpunkte niedriger als in der deutschen Gesamtbevölkerung.

4.3. Lokalisation, Segmentanzahl und Frakturklassifikation

Es wurden dorsal Segmenthöhen von Th3 bis L5 operiert, ventral von ebenfalls Th3 bis L2. Es wurde somit der thorakolumbale Bereich eingeschlossen. Die häufigste Lokalisation war der thorakolumbale Übergang dicht gefolgt von dem betroffenen Segment des Th11/12-Übergangs (s. 3.2.5). Somit entsprechen die vorliegenden Werte der in der Literatur mit 60 bis 88 % beschriebenen Häufung um den thorakolumbalen Übergang [67, 74, 71, 123, 137]. Interessanterweise gibt es im vorliegenden Patientenkollektiv einen zweiten Häufigkeitsgipfel um Th8/9 mit 31,3 % entfernter Bandscheiben. Reinhold et al. [109] sahen hierzu ähnliche Verteilungen.

Die Anzahl der operierten Segmente reicht von einem einzigen Segment (monosegmental) bis zu sieben Segmenten, wobei 82,1 % auf die mono- und bisegmentalen Resektionen entfallen, was sich auch im Mittelwert von $2,02 \pm 0,11$ entfernter Bandscheiben bei ventraler Prozedur zeigt. Dies entspricht den in der Literatur mit durchschnittlich 85-90 % angegebenen Häufungen [71, 109]. Allerdings gibt es auch einige Studien, in denen ausschließlich mono- oder bisegmentale Resektionen durchgeführt wurden [17, 58, 67, 68, 102].

Bei den 110 Fällen, in denen eine traumatische Fraktur vorlag, machen – ohne die 30 nicht eruierbaren Frakturklassifikationen – die A3-Frakturen nach Magerl et al. insgesamt 41,3 % aus, alle Typ A Frakturen zusammengenommen 55 %. Alle Typ B Frakturen machen zusammengenommen 40 % aus während die Typ C Frakturen nur 5 % aller Frakturen ausmachen. Die Zahlen für die Typ A Frakturen decken sich mit den in der Literatur angegebenen Zahlen von 35 bis 60 % [9, 67, 68, 71, 89, 105, 109, 123]. Die mit nahezu 42 % häufigste A3-Fraktur findet sich auch in den genannten Studien wieder, zudem veröffentlichten Siebenga et al. [124] und Spiegl et al. [127] Studien, in denen ausschließlich A3-Frakturen versorgt wurden. Die A1-Fraktur kommt dagegen nur in 5 % der Fälle vor, respektive 34,7 % im zur Klassifikation führenden Kollektiv von Magerl et al. [89]. Dies ist darauf zurückzuführen, dass es sich um operativ versorgte Frakturen handelt und die A1-

Fraktur als stabil gilt. Der Anteil an Typ B Frakturen liegt in unserem Kollektiv über den meisten vergleichbaren Kollektiven aus der Literatur, die diesen Anteil zumeist mit bis zu 25 % angeben [13, 67, 71, 109]. Es gibt allerdings auch Studien, in denen der Anteil der Typ B Frakturen vergleichbar mit unseren Zahlen ist [9]. Der Anteil an Typ C Frakturen ist in unserem Patientenkollektiv mit 5 % dagegen deutlich geringer als die üblichen Raten der Literatur, die mit bis zu 20 % angegeben werden [9, 13, 67, 71, 109]. Somit ist das vorliegende Patientenkollektiv mit den Kollektiven der Literatur durchaus vergleichbar, bei einem erhöhten Anteil an Typ B Frakturen und einem niedrigeren Anteil an Typ C Frakturen.

4.4. Verweildauer und Verweildauer auf der Intensivstation

Die durchschnittliche Verweildauer der Patienten im Krankenhaus lag bei $24,7 \pm 0,9$ Tagen (Minimum 4 Tage, Maximum 90 Tage). Einige der Patienten wurden allerdings entweder – aufgrund ungenügender kardiopulmonaler Stabilität bei Polytraumata – nicht direkt operiert oder auch wegen anderer Pathologien präoperativ behandelt und entwickelten sekundär Wirbelsäulenbeschwerden. Dies sind vor allem Patienten mit Tumorleiden, die als zweitgrößte Gruppe (N = 59) imponieren. Die Liegedauer nach ventralem Eingriff betrug im Gesamtkollektiv $15 \pm 0,6$ Tage mit einem Minimum von 2 Tagen bis zu einem Maximum von 76 Tagen. In der Literatur werden hierzu zumeist deutlich niedrigere Werte von sechs bis zwölf Tagen angegeben, wobei bemerkt werden muss, dass vergleichbare Studienkollektive hinsichtlich Größe, Ätiologie, Alter und durchgeführter Operation nicht vorhanden sind. Zudem verbleiben Patienten über 60 Jahre (51 %) im vorliegenden Kollektiv postoperativ mit $16,16 \pm 0,8$ Tagen versus $13,75 \pm 0,9$ Tagen bei Patienten unter 60 Jahren statistisch signifikant länger im Krankenhaus (p 0,040). Aufgrund des hohen Durchschnittsalters des Kollektivs ist dies zusätzlich in Betracht zu ziehen. Die großen Metaanalysen [9, 67, 68, 71, 105, 109] mit vergleichbaren Fallzahlen haben deutlich jüngere und gesündere Kollektive und behandeln Patienten mit traumatischen Frakturen, die selten vorerkrankt sind. Es gibt allerdings auch Studien, in denen vergleichbare Verweildauern beobachtet werden [83, 109]. Im vorliegenden Kollektiv waren Patienten, die aufgrund von Spondylodiszitiden operiert wurden, mit durchschnittlich sechs Tagen Unterschied, die mit Abstand am längsten stationär verbleibenden Patienten ($30,3 \pm 2,1$ Tage zu $24,7 \pm 1,5$ Tage bei Tumor und $23,5 \pm 1,2$ Tage bei

Fraktur). Der Unterschied zwischen den Untergruppen Tumor und Spondylodiszitis war bei vergleichbaren Größen der Kohorte statistisch signifikant ($p = 0,011$). Ferner ist im vorliegenden Kollektiv eine hohe Rate an Patienten mit Spondylodiszitis vertreten (21,1 %), was die verlängerte Liegedauer ebenfalls erklären kann. In der Literatur wird zumeist mit Kollektiven gearbeitet, die ausschließlich aus Patienten mit Frakturen bestehen. Zwei vergleichbare Kollektive haben Raten von sieben bis dreizehn Prozent an Patienten mit Spondylodiszitis [83, 93]. Kollektive mit ausschließlich an Spondylodiszitis erkrankten Patienten gehen von Verweildauern von durchschnittlich 49 Tagen aus [37]. Zudem verlängerten weiter unten aufgeführte (s. 4.7) nicht operationsbezogene Komplikationen – zumeist nosokomiale Infektionen – die Verweildauer. Es sind darüber hinaus fünfzehn Ausreißer zu verzeichnen, von denen drei einzeitig operiert wurden und die allesamt über 47 Tage verblieben. Hierunter fallen fünf Patienten mit ausgedehnten Spondylodiszitiden, vier Patienten mit Polytraumata, zwei Patienten mit metastasiertem Tumor und andere multipel vorerkrankte (v.a. kardiovaskulär, pulmonal und Stoffwechselerkrankungen) Patienten. Zudem scheint – wie auch im vorliegenden Kollektiv – ein Unterschied zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten zu bestehen. Die statistisch signifikant längere Verweildauer für zweizeitig operierte Patienten ($27,7 \pm 1,1$ Tage bei 104 Patienten versus $20,7 \pm 1,3$ Tage bei 143 Patienten, $p < 0,001$), findet sich auch in der Literatur wieder [28, 106, 128, 139, 147]. Postoperativ nach ventralem Eingriff zeigt sich jedoch, dass diese Patienten kürzer als Patienten mit einzeitigen Eingriffen zu verbleiben scheinen ($14,2 \pm 0,7$ Tage bei 143 Patienten versus $16,1 \pm 1$ Tage bei 104 Patienten, $p = 0,113$). So wird der zeitliche Abstand zwischen den beiden Operationen bei der zweizeitigen Versorgung als ausschlaggebend für die verlängerte Gesamtverweildauer angesehen [147]. Deshalb muss die im Vergleich zu den in der Literatur angegebenen Werten verlängerte Gesamtverweildauer auch unter dem Aspekt der 143 (58 %) zweizeitig versorgten Patienten gesehen werden.

Der mit 58 % hohe Anteil an zweizeitig operierten Patienten führt auch zu einer etwas längeren Verweildauer auf der Intensivstation des Gesamtkollektivs, die mit $2,74 \pm 0,37$ Tagen errechnet wurde, als die in der Literatur angegebenen Verweildauern von 1,4 bis 2,6 Tagen [5, 9, 10, 29, 58, 93, 105, 139, 145]. Zudem gibt es fünf Ausreißer, die allesamt über 10 Tage auf der Intensivstation verblieben sind. Hiervon verblieb ein Patient mit postoperativer respiratorischer Insuffizienz verlängert

auf der Intensivstation und ein Patient der intraoperativ eine Lungenverletzung erlitt. Zudem verblieben ein Patient mit Z.n. Polytrauma und initialem Frankel Grad A und ECOG 4 und zwei Patienten mit multiplen Vorerkrankungen (beide litten an kardiovaskulären Vorerkrankungen, Stoffwechselerkrankungen, pulmonalen Erkrankungen und Z.n. Thrombembolie) mit bis zu 61 Tagen deutlich verlängert auf der Intensivstation. Einer der multipel vorerkrankten Patienten war bereits präoperativ auf der Intensivstation, verblieb insgesamt 63 Tage stationär und wurde zweizeitig operiert. Auch hier muss die von Frangen et al. 2006 veröffentlichte Studie [37] erwähnt werden, in der bei einem Kollektiv von Patienten, die ausschließlich aufgrund einer Spondylodiszitis operiert wurden, eine durchschnittliche Verweildauer von 24 Tagen auf der Intensivstation beobachtet wurde. Der andere multipel vorerkrankte Patient verstarb elf Tage postoperativ auf der Intensivstation. Die meisten Patienten (N = 126, 68 einzeitig operierte und 58 zweizeitig operierte Patienten) verblieben jedoch über Nacht auf der Intensivstation. Es gab insgesamt nur 22 Patienten, die postoperativ nicht auf die Intensivstation kamen. Die postoperative Überwachung auf der Intensivstation aller Patienten nach Thorakoskopie wird auch von Beisse et al. [11] empfohlen.

Bei den zweizeitig operierten Patienten verblieben zudem 39 Patienten zwei Tage auf der Intensivstation im Gegensatz zu 13 einzeitig operierten Patienten. Hierbei wurde bei den zweizeitigen Eingriffen die Verweildauer auf der Intensivstation sowohl nach dem ventralen wie auch dem dorsalen Eingriff dokumentiert. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($1,9 \pm 0,4$ Tage bei 104 Patienten versus $3,3 \pm 0,6$ Tage bei 143 Patienten, $p 0,097$) eruiert werden. Einzeitig operierte Patienten scheinen kumulativ jedoch kürzer auf der Intensivstation zu verbleiben als zweizeitig operierte Patienten, auch wenn dieser Unterschied nach der Matched Pair Analyse geringer wird. Dieser Unterschied wird auch von Viviani et al. beschrieben [139].

4.5. Labordaten und Operationsdaten

Der Hämoglobin-Wert fiel von präoperativ zu postoperativ – bei zweizeitigen Eingriffen ist dies die ventrale Prozedur – durchschnittlich um $2,1 \pm 0,12$ g/dl (Maximum 6,9 g/dl). Es gab allerdings auch 23 Patienten bei denen relevante

(ab 0,5 g/dl Anstieg) postoperative Hämoglobin-Anstiege verzeichnet wurden, der höchste Anstieg wurde mit 2,3 g/dl Punkten dokumentiert. Dies waren jedoch zu 87 % Patienten, die Erythrozyten Konzentrate transfundiert bekamen, die Mehrheit von diesen Patienten (90 %) wiederum zwei Erythrozyten Konzentrate oder mehr. Bei den drei Patienten, die ohne Transfusion einen Hämoglobin-Anstieg aufwiesen, war auffällig, dass sie sehr niedrige Hämoglobin-Ausgangswerte verzeichneten (7,2; 7,7 und 8,0 g/dl), was vermuten lässt, dass sie präoperativ bereits Erythrozyten Konzentrate erhielten, die innerhalb dieser Datenerhebung nicht miterfasst wurden. Angaben zu den perioperativen Hämoglobinwerten sind in der Literatur praktisch nicht vorhanden, sodass hier kein Vergleich stattfinden kann. Die vorhandenen Studien geben zumeist den intraoperativen Blutverlust als Parameter an, dieser konnte im vorliegenden Kollektiv allerdings nur für 33 Patienten dokumentiert werden, was eine statistische Auswertbarkeit schwer gestaltet. Bei den 33 Patienten, bei denen der Blutverlust zu ermitteln war, lag er allerdings mit durchschnittlich $0,76 \pm 0,13$ Liter knapp unter den in der Literatur angegebenen Werten von durchschnittlich 0,85 Liter (0,25 - 1,5 Liter) [10, 29, 58, 61, 64, 67, 83, 102, 105, 106, 114, 117, 145].

Vor dem ersten Eingriff – bei zweizeitig operierten Patienten vor dem dorsalen Eingriff – hatten 79 Patienten einen CRP-Wert unter 5 mg/dl. Der relativ hohe durchschnittliche präoperative CRP-Wert ($37,2 \text{ mg/dl} \pm 3,15 \text{ mg/dl}$, $N = 246$) im vorliegenden Patientenkollektiv ist durch die hohe Anzahl an Spondylodiszitis ($N = 52$) [132] und Tumor-Patienten ($N = 59$) zu erklären. Am dritten postoperativen Tag – bei zweizeitigen Patienten nach der ventralen thorakoskopischen Versorgung – lag der CRP-Wert bei 240 Patienten bei $149,2 \pm 4,6 \text{ mg/dl}$ mit einem Maximum von 410 mg/dl. Am siebten postoperativen Tag lag der CRP-Wert bei $65,5 \pm 3,1 \text{ mg/dl}$ bei 235 Patienten mit einem Maximum von 331 mg/dl. Zu allen Erhebungszeitpunkten war das Minimum null mg/dl. Diese Werte des Gesamtkollektivs zeigen den klassischen Verlauf des C-reaktiven Proteins nach operativen Eingriffen mit einem Maximum am dritten postoperativen Tag und dem langsamen Abfallen auf Werte nahe der Ausgangswerte [81].

Die einzeitig operierten Patienten haben präoperativ – bei den zweizeitig operierten Patienten vor dem dorsalen Eingriff – deutlich niedrigere CRP-Werte als ihre zweizeitig operierten Gegenüber ($21 \pm 4 \text{ mg/dl}$ bei 101 Patienten zu $49 \pm 4 \text{ mg/dl}$ bei

142 Patienten, $p < 0,001$). Da sich dieser Unterschied nach der Matched Pair Analyse wiederholt (23 ± 6 mg/dl bei 63 Patienten zu 51 ± 6 bei 64 Patienten, $p 0,001$) können die Parameter Genese, Alter, Etagen, ASA-Score und BMI als Confounder ausgeschlossen werden. Dies kann eventuell dadurch auftreten, dass septische Patienten zur akuten Abzessentlastung zunächst nur dorsal stabilisiert wurden und der ventrale Eingriff bei Stabilisierung des Patienten erfolgte. Am dritten post-operativen Tag zeigen sich leicht erhöhte CRP-Werte für die Gruppe der einzeitig operierten Patienten, dies mag mit dem größeren Ausmaß des einzeitigen Eingriffs zusammenhängen. Am siebten postoperativen Tag haben allerdings die zweizeitig operierten Patienten höhere CRP-Werte zu verzeichnen und dieser Trend wiederholt sich auch nach der Matched Pair Analyse. Es zeigt sich bei einem p-Wert von $p 0,063$ zumindest eine statistische Tendenz, die vermuten lassen könnte, dass der zweizeitige Eingriff sich als für den Körper insgesamt belastender darstellt. Allerdings bestanden statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Verläufen beider Untergruppen. So verzeichnen zweizeitig operierte Patienten postoperativ geringere CRP-Anstiege – verglichen mit den präoperativen Werten – als einzeitig operierte Patienten ($p 0,01$) und sie nähern sich zudem schneller wieder ihren präoperativen Ausgangswerten ($p 0,027$). Die vorhandene Literatur zur Wirbelsäulenchirurgie macht kaum Angaben zu perioperativen CRP-Werten, weswegen ein Vergleich entfällt. Die vorhandenen Werte legen Kollektive aus rein an Spondylodiszitis erkrankten Patienten zugrunde und sind somit nicht mit dem vorliegenden Kollektiv vergleichbar [132].

Die durchschnittliche Operationsdauer für den ventralen Eingriff betrug $163 \pm 4,2$ Minuten (Minimum 38 Minuten, Maximum 444 Minuten). Es sind vier Ausreißer zu verzeichnen, von denen zwei einzeitig und zwei zweizeitig operiert wurden und die allesamt über 300 Minuten operiert wurden. Darunter befinden sich zwei Polytraumata, ein Chondromyxoidfibrom-Rezidiv und ein multipel vorerkrankter Patient. Die in der Literatur [5, 9, 13, 61, 64, 67, 70, 83, 88, 94, 102, 105, 114, 117, 123] durchschnittlich für die ventrale Operation angegebenen Werte von 188 Minuten (129 - 270 Minuten) liegen knapp über den im vorliegenden Patientenkollektiv ermittelten Werten. Auch hier waren Kollektive vertreten, die eine hohe Anzahl an Diskektomien und somit kurzen Operationszeiten aufweisen. Zudem liegt die Operationsdauer bei Operationen von Patienten mit skoliosebedingten Pathologien

(N = 14 im vorliegenden Kollektiv) mit 415 in der Literatur angegebenen Minuten deutlich höher [145]. Allerdings veröffentlichten viele Autoren ihre ersten Erfahrungen mit der thorakoskopischen Versorgung. Auch im vorliegenden Kollektiv lässt sich eine Lernkurve beobachten bei anfänglich (2006 – 2009, N = 115) durchschnittlich 175,2 Minuten und ab 2010 (N = 132) durchschnittlich 140,5 Minuten ventraler Operationszeit. Somit müssen das Jahr der Veröffentlichung und ob die Autoren bereits Erfahrung mit der thorakoskopischen Versorgung haben in Betracht gezogen werden. So weist das 2007 veröffentlichte Kollektiv von Scheufler et al. [117] – das zudem ähnliche Ätiologien wie das vorliegende Kollektiv aufweist – die gleiche durchschnittliche ventrale Operationszeit von 163 Minuten auf.

Patienten mit zweizeitigem Eingriff zeigen die Tendenz ventral etwas länger operiert worden zu sein (165 ± 5 Minuten bei 143 Patienten versus 159 ± 7 bei 104 Patienten), was sich auch – allerdings nicht so ausgeprägt – in der Matched Pair Analyse zeigt. Die Unterschiede waren statistisch jedoch nicht signifikant. Daten, die sich auf die Operationsdauer beider Eingriffe beziehen und diesen Unterschied eindrucksvoll zeigen sind der Literatur allerdings bekannt [139, 147].

Die durchschnittliche Durchleuchtungszeit betrug $47,7 \pm 4$ Sekunden (Minimum 0 Sekunden, Maximum 306 Sekunden). Deutlich länger geröntgt wurden laut Statistik Patienten, die einem einzeitigen Eingriff (N = 103) unterzogen wurden (88 ± 7 Sekunden zu 18 ± 2 Sekunden bei zweizeitigem Eingriff, N = 142). Der Unterschied war mit einem p-Wert von $p < 0,001$ auch nach der Matched Pair Analyse bei ähnlichen Werten statistisch signifikant. Er muss jedoch als nicht verwertbar, da dokumentationsbedingt, angesehen werden, da bei zweizeitig operierten Patienten nur die Durchleuchtungszeit des ventralen Eingriffs dokumentiert wurde, bei den einzeitig operierten Patienten jedoch die Durchleuchtungszeit des ventralen wie dorsalen Eingriffs erhoben wurde. Dies war retrospektiv systembedingt nicht mehr zu trennen. Die in der Literatur für die einzeitig operierten Patienten angegebenen Werte entsprechen exakt denen im vorliegenden Kollektiv [83], hierbei macht der Anteil der ventralen Operation 37 Sekunden aus. Zweizeitig operierte Patienten werden auch in dieser Studie ventral kürzer bestrahlt, kumulativ mit 120 Sekunden allerdings deutlich länger.

Postoperativ beatmet werden mussten 99 Patienten (40,1 %). Potulski et al. gibt hierzu 1999 [105] eine Rate von 17,2 % nachbeatmeten Patienten an. Legt man nur die 99 Patienten, die beatmet wurden zugrunde, so ergibt sich ein Mittelwert von $47,7 \pm 11,8$ Stunden. Beisse et al. empfahlen hierzu 1999 [11] die postoperative Beatmung für 24 Stunden von Patienten mit Risikoprofilen (hohes Alter, chronische Lungenerkrankung oder ausgeprägte Lungenkontusion und kardiovaskuläre Grunderkrankung). In der genannten Studie werden die Patienten durchschnittlich 9,6 Stunden nachbeatmet. Bezogen auf das Gesamtkollektiv hatten in der vorliegenden Studie 43,7 % eine kardiovaskuläre 14,2 % eine pulmonale Vorerkrankung und 49 % der Patienten aus dem vorliegenden Kollektiv waren zum Zeitpunkt der Operation über 60 Jahre, was einem hohen Risikoprofil des Kollektivs entspricht [11]. In der Regel wurden Patienten 24 Stunden postoperativ nachbeatmet. Es sind allerdings fünf Ausreißer zu verzeichnen, von denen bis auf einen Patienten alle zweizeitig operiert wurden und die allesamt über 330 Stunden beatmet wurden. Darunter waren zwei Polytraumata, die schon präoperativ beatmet wurden, zwei Spondylodiszitiden, die zudem kardiovaskulär und pulmonal vorerkrankt waren und eine osteoporotische Fraktur mit schwerer pulmonaler Vorerkrankung.

Nach einzeitigem Eingriff (N = 104) wurden die 48 beatmeten Patienten durchschnittlich $35,7 \pm 12,55$ Stunden beatmet. Nach zweizeitigem Eingriff (N = 143) wurden die 51 beatmeten Patienten $58,95 \pm 19,57$ Stunden kumulativ beatmet, es traten weder nach der Matched Pair Analyse noch in der allgemeinen Varianz-Analyse statistisch signifikante Unterschiede auf.

Die bezogen auf die Literatur, in der meist Lagedauern der Thorax Drainage von durchschnittlich zwei Tagen angegeben werden [5, 13, 70, 88, 93,105], recht lange Verweildauer der Thorax Drainage von $4,89 \pm 0,12$ Tagen lässt sich durch einige Ausreißer erklären, bei denen die Thorax Drainage bis zu 21 Tage verblieb. Den größten Anteil machen Patienten aus, bei denen die Thorax Drainage drei Tage verblieb (N = 62, 26,2 %) dicht gefolgt von vier Tagen Lagedauer (N = 52, 21,9 %). Die Lagedauern von einem bis sechs Tagen machen insgesamt 82,7 % aus. Der recht hohe Anteil an Patienten mit Spondylodiszitis (21,1 %) führt darüber hinaus dazu, dass die Thorax Drainage länger belassen wurde. In der genannten Literatur werden dagegen Zahlen von null bis dreizehn Prozent mit an Spondylodiszitis

erkrankten Patienten genannt [9, 11, 12, 13, 19, 93]. Es wurden zudem Revisionen mit Neuanlagen berücksichtigt, die den hohen durchschnittlichen Wert zusätzlich erklären könnten. Die genannten Studien umfassen außerdem Kollektive in denen vorwiegend operativ weniger umfangreiche Dissektomien durchgeführt wurde, was die Vergleichbarkeit mit der vorliegenden Studie erschwert. Die Metaanalyse von Arlet et al. aus dem Jahr 1999 [5] gibt darüber hinaus mit durchschnittlich 3,3 Tagen Lagedauer einen deutlich höheren als den oben genannten Durchschnittswert an, die 2000 von King et al. veröffentlichte Studie [70] sogar einen durchschnittlichen Wert von 4,1 Tagen. Das hausinterne Therapieregime die Thorax Drainagen erst bei einer Flussrate unter 100 ml in 24 Stunden zu entfernen, könnte sich zudem ursächlich für die verlängerte Verweildauer der Thorax Drainage zeigen.

Es zeigt sich in der Tendenz eine leicht verlängerte Lagedauer bei zweizeitig operierten Patienten, diese ist jedoch nicht statistisch signifikant (p 0,407) und kehrt sich in der Tendenz zudem nach der Matched Pair Analyse zugunsten der zweizeitig operierten Patienten um (p 0,343). Von Spivak et al. wird hierzu 1994 eine verlängerte Lagedauer der Thoraxdrainage bei einzeitig operierten Patienten angegeben [128].

4.6. Neurologie, Mobilität und Schmerz

Eine neurologische Verbesserung postoperativ um mindestens einen Frankel Grad zeigte sich bei 60,8 % ($N = 31$) der Patienten mit neurologischen Defiziten bei Aufnahme ($N = 51$). Hiervon entfallen 64,8 % auf die inkompletten Querschnitte und 50 % auf die kompletten Querschnitte. Davon zudem zwei von initialem Frankel Grad A auf den Frankel Grad E. Beisse et al. geben hierzu 2005 Werte von 71 % für inkomplette Querschnitte und Werte von 33 % der kompletten Querschnitte an [10]. Kim et al. [68] und Knop et al. [74] geben hierzu sogar nur Werte von 34 % / 32 % für inkomplette Querschnitte und 15 % / 12 % für komplette Querschnitte an. Somit liegt das vorliegende Kollektiv insgesamt – vor allem bezogen auf die gesamten Querschnitte – über den in der Literatur angegebenen Zahlen. Zu der im vorliegenden Kollektiv mit 5,8 % ermittelten Rate an kompletten Querschnitten gibt es vergleichbare Zahlen in der Literatur. So geben Knop et al. in ihrer Multicenterstudie [74, 75, 73] fünf Prozent an kompletten Querschnitten an. Die bekanntermaßen schlechtere Erholung der kompletten Querschnitte im Gegensatz zu inkompletten

Querschnitten, die auch im vorliegenden Kollektiv besteht, wird zudem durch die genannten Studien eindrucksvoll unterstrichen. Die absolute Verbesserung von 0,28 Punkten im Frankel Score – wobei den Frankel Graden zur statistischen Auswertbarkeit Zahlen von eins bis fünf zugewiesen wurden, siehe auch Xu et al. [148] – kann mit dem von Xu et al. 2009 veröffentlichten Wert von 0,44 Punkten Verbesserung verglichen werden [148]. In der Poliklinik konnte noch bei 143 Patienten (59,8%) ein Frankel Wert erhoben werden. So zeigt sich, dass 90,9 % der Patienten in der Poliklinik dem Frankel Grad E zugeordnet werden können, im Gegensatz zu 78,7 % bei Aufnahme.

Komplette neurologische Querschnitte sind bei 14 Patienten bei Aufnahme (5,8 %) zu verzeichnen, dies fällt postoperativ auf 8 Patienten (3,4 %) ab und in der Poliklinik stellen sich noch 2 Patienten (1,4%) mit persistenten kompletten Querschnitten vor. Dies zeigt sich auch in den steigenden Mittelwerten von $4,58 \pm 0,07$ bei Aufnahme und $4,86 \pm 0,05$ in der Poliklinik. Dieser Anstieg war bei einem p-Wert von $p = 0,103$. In beiden Untergruppen statistisch jedoch nicht signifikant. Diese Berechnungen werden jedoch in keiner anderen genannten Studie durchgeführt, da sich die Frankel Werte umgerechnet nur minimal verändern. Es muss hier auch ein möglicher Bias erwähnt werden, der zudem in anderen Studien beobachtet werden konnte [73, 74]. So stellen sich Patienten mit kompletten Querschnitten weniger häufig in der Poliklinik vor als Patienten mit leichten Verletzungen ohne schwere neurologische Ausfälle. Dies mag mit der Schwere der Erkrankung, der eingeschränkten Mobilität oder zwischenzeitlichen Todesfällen zusammenhängen. In der vorliegenden Studie stellten sich nur zwei Patienten mit initialem kompletten Querschnitt (ein Patient auf Frankel Grad E verbessert und ein Patient gleichbleibend) in der Poliklinik vor. Dies entspricht einer Follow-Up Rate von 14,3 %, die im Vergleich mit der Follow-Up Rate des Gesamtkollektivs von 59,8 % deutlich geringer ausfällt.

Es traten fünf neurologische Verschlechterungen auf (2 %), eine hiervon bei einem multipel vorerkrankten Patienten mit einer traumatischen instabilen Th12 Fraktur, der postoperativ mit einer progredienten Hüftbeugerparese von 4/5 auf 2/5 apparent war, um einen Frankel Grad von Grad D auf Grad C. Dieser Patient wurde revidiert und konnte den ursprünglichen neurologischen Grad wieder erreichen, er verstarb allerdings kurze Zeit später aufgrund eines Multiorganversagens auf der Intensivstation. Die vier weiteren entwickelten die neurologische Verschlechterung im Verlauf, ein Patient mit zweizeitiger Operation und Verschlechterung von Grad E auf

Grad D bei fraglicher Ätiologie durch Tumorprogress bei bekanntem Plasmozytom. Weigel et al. beschrieben 1999 dieses Phänomen und gingen von bis zu 22 % durch Tumorprogress verursachte Komplikationen aus [141]. Ein weiterer an einem Rektum Karzinom leidender Patient, der auch zweizeitig operiert wurde, verschlechterte sich von Grad E auf Grad D. Nach operativer dorsaler Revision zeigte dieser Patient eine neurologische Erholung und konnte wieder dem Frankel Grad E zugeordnet werden. Ein Patient nach ausgedehnter multifokaler Spondylodiszitis und kardiovaskulärer Vorerkrankung fiel zudem um eine Frankel Stufe von Grad E auf D ab. Auch dieser Patient verstarb kurze Zeit später auf er Intensivstation. Der fünfte Patient litt ebenfalls an einer metastasierten Tumorerkrankung (die genaue Ätiologie konnte retrospektiv nicht ermittelt werden) und verschlechterte sich aufgrund von Tumorprogress von Frankel Grad E auf Grad A. In der Literatur werden hierzu Raten von durchschnittlich 0,85 % (0,3 - 1,3 %) neurologischer Verschlechterungen angegeben [12, 67, 68, 83], es gibt allerdings auch zwei Studien, die jeweils 7,1 % an neurologischen Verschlechterungen nach Diskektomien und dorsoventralen Stabilisierungen mit ventralem thorakoskopischen Eingriff angeben [7, 147].

Es zeigt sich die Tendenz, dass Patienten nach einzeitiger Versorgung ein besseres neurologisches Outcome aufweisen, als Patienten nach zweizeitiger Versorgung, jedoch liegt der Wert bei Aufnahme für Patienten mit einzeitiger Versorgung schon deutlich höher, als der Wert der zweizeitig operierten Patienten. Diese Unterschiede waren statistisch jedoch nicht signifikant. Interessanterweise zeigt sich nach der Matched Pair Analyse die Tendenz, dass Patienten nach einzeitiger Versorgung ein besseres neurologisches Outcome als zweizeitig operierte Patienten aufweisen, obwohl sie präoperativ in der Tendenz niedrigere Frankel Scores aufwiesen. Dieser Unterschied ist mit einem p-Wert von $p = 0,669$ allerdings nicht signifikant. Dennoch finden sich alle Patienten mit neurologischer Verschlechterung in der zweizeitig operierten Gruppe, vier dieser Patienten hatten initial einen Frankel Grad E und nur einer war mit einem Frankel Grad D leicht eingeschränkt, was die eventuell schlechte präoperative Situation als Bias ausschließt. Die Gruppe der zweizeitig operierten Patienten hat mit 7,5 % allerdings einen nahezu doppelt so hohen Anteil an kompletten Querschnitten wie die einzeitig operierten Patienten (3,8 %). Insgesamt stellten sich nahezu gleich große Anteile am präoperativen Kollektiv der Untergruppen in der Poliklinik vor. In der Literatur werden hierzu ähnliche Beobachtungen angegeben. So zeigt sich in der 2005 von Wright et al.

veröffentlichten Studie [147] eine neurologische Verschlechterung bei einem zweizeitig operierten Patienten (7,1 %) zu keinem Patienten in der einzeitig operierten Gruppe. Allerdings war die Größe des Kollektivs mit insgesamt vierzehn Patienten sehr klein.

Der in der Literatur bekannte Zusammenhang zwischen Schwere der durch Magerl et al. klassifizierten Fraktur und des neurologischen Defizits [73, 83, 90, 137] kann in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden. Acht der achtzehn Patienten mit Frakturen und neurologischen Ausfällen wiesen eine A3 Verletzung auf (42,1 %), ein Patient eine Typ A2 Fraktur. Der Rest entfiel jedoch auf die Typ B Frakturen, für die auch in den oben erwähnten Studien eine erhöhte Instabilität gezeigt werden konnte. Die vier Typ C Frakturen wiesen keine neurologischen Defizite auf, dies mag jedoch auch mit der geringen Anzahl zusammenhängen.

Auch die als Einfluss auf die neurologische Regeneration beschriebene Lokalisation der Pathologie konnte für das vorliegende Kollektiv nicht bestätigt werden [90, 108]. Es liegen dazu zu geringe Zahlen von auf ein Segment isolierten Pathologien vor. Der oberen thorakalen Wirbelsäule entsprechende Pathologien (Th 5 – Th 10) zeigen allerdings hohe Raten an Frankel Graden A, der thorakolumbale Übergang mit den Segmenten Th12 und L1 zeigt eher moderate neurologische Defizite mit hohen Anteilen von Frankel Graden D. Dies steht im Einklang mit den von Kostuik publizierten Werten und seiner Schlussfolgerung, dass eine Einengung des Spinalkanals im Bereich der Cauda equina besser toleriert wird als eine Stenose im Bereich des thorakalen Rückenmarks [78]. Kaneda konnte 1997 allerdings keinen Zusammenhang für den thorakolumbalen Bereich zeigen [66]. Der hohe Anteil an polytraumatisierten Patienten in den genannten wie in der vorliegenden Studie machen zudem neuere Methoden der Elektrophysiologie – evozierte Potenziale – zur Diagnostik neurologischer Ausfälle vor allem bei kognitiv eingeschränkten Patienten unumgänglich.

Zudem muss erwähnt werden, dass eine präoperative Bestrahlung – statistisch signifikant durch Ghogawala 2001 publiziert [45] – zu einer höheren Rate an neurologischen Komplikationen führt. Insgesamt kann festgehalten werden, dass das neurologische Outcome von zahlreichen Parametern abhängig ist. Sichere Empfehlungen sind zudem erst durch die prospektiv randomisierte Untersuchung ausreichend großer Kollektive – Korovessis et al. gehen hierzu von 1000 Patienten aus [80] – auszusprechen. Die frühzeitige Versorgung von Patienten mit

neurologischen Defiziten scheint jedoch durch die Möglichkeit der frühen Mobilisation und Stabilisierung oder Verbesserung der initialen neurologischen Situation in der Literatur als ausschlaggebend für die neurologische Verbesserung der Patienten angesehen zu werden [112].

Das subjektive Befinden der Patienten nach dorsoventraler Stabilisierung stand lange Zeit hinter dem neurologischen Outcome und der beruflichen Reintegration zurück. Mit der Einführung des VAS Spine Scores 2001 durch Blauth et al. [77] wurde jedoch vermehrt auch das subjektive Befinden und die Lebensqualität der Patienten in das Gesamtbild des Patientenstatus integriert. In der vorliegenden Studie wurde hierzu der ECOG Wert als Parameter für die Mobilität und Lebensqualität erhoben. Dieser fällt – als Zeichen verbesserter Mobilität – für das vorliegende Kollektiv vom Zeitpunkt der Aufnahme bis zum Zeitpunkt der Datenerhebung in der Poliklinik statistisch signifikant ($p < 0,001$) kontinuierlich in beiden Untergruppen ab. Auch die 2016 von Hansen-Algenstedt et al. veröffentlichte Studie [51] verweist hierzu auf signifikante Verbesserungen im ECOG Score bei 30 thorakoskopisch und 30 mit Thorakotomie versorgten Patienten mit Wirbelkörpermetastasen. Im vorliegenden Kollektiv konnte noch für 145 Patienten (59,7 %) ein Follow-Up Wert erhoben werden. Die Rate entspricht der Follow-Up Rate beim Frankel Score.

Bei Entlassung gab es noch drei Patienten (1,3 %) mit einem ECOG Wert von vier, dies waren mit jeweils mindestens vier Nebendiagnosen multipel vorerkrankte Patienten, die präoperativ auch einen ECOG Wert von vier aufwiesen. Zwei von ihnen wurden zweizeitig operiert, ein Patient einzeitig. Insgesamt stellten sich in der Poliklinik noch jeweils ein Patient (0,7 %) mit einem ECOG Wert von drei oder vier vor, im Gegensatz zu 18 (7,5 %) mit einem Wert von drei und 13 (5,4 %) Patienten mit einem Wert von vier bei Aufnahme. Der Patient mit einem ECOG Wert von vier in der Poliklinik verschlechterte sich von ECOG null bei Entlassung und einem präoperativen Wert von ECOG drei bei Sinterungsfrakturen des ersten und zweiten Lendenwirbelkörpers. Er wurde einzeitig operiert und wies einen nosokomialen Harnwegsinfekt auf. Der Patient mit einem ECOG Wert von drei hatte einen kompletten Querschnitt und wies diesen Wert auch schon präoperativ auf. Zudem gab es insgesamt nur noch elf Patienten (7,7 %) mit einem ECOG Wert von zwei bis vier im Gegensatz zu 67 Patienten (27,9 %) bei Aufnahme. Die einzige Untergruppe,

die scheinbar nicht langfristig in Bezug auf Mobilität profitieren sind die Patienten mit Wirbelkörpermetastasen bei Tumorleiden (deutlicher Abfall von präoperativ zu postoperativ, jedoch leichter Anstieg bei den Werten in der Poliklinik). Dies lässt – wie bereits weiter oben angesprochen – vermuten, dass der Tumor an Größe zunimmt oder neue Metastasen mit weiteren neurologischen Ausfällen hervorruft. In der Literatur werden hierzu wenig vergleichbare Angaben gemacht, da wenige Studien den ECOG Score als Parameter der Mobilität gebrauchen. Es wird zumeist mit dem Finger-Boden-Abstand oder spezifischen Fragebögen (SRS 22, SF 36 und VAS Spine) gearbeitet, die jedoch ein prospektives Setting verlangen [15, 17, 83]. Verbesserungen der Mobilität werden jedoch in allen genannten Studien beschrieben. Allerdings konnte bei Studien, die den VAS Spine Score zugrunde legen – und somit nicht nur die Mobilität sondern auch verschiedene Aspekte der Lebensqualität und des Wohlbefindens mit überprüften – gezeigt werden, dass korrespondierend zu den in der Einleitung erwähnten, von Knop et al. veröffentlichten Ergebnissen [74], das subjektive Befinden nach dorsoventraler Stabilisierung deutlich eingeschränkt ist. Zu diesem Schluss kommen auch weitere Studien, die mit anderen Fragebögen arbeiteten [17, 73]. Ursächlich wird in vielen Studien auch die Entnahme eines trikortikalen Beckenkammspans gesehen [74, 75, 73, 116, 143]. Deswegen werden heutzutage vermehrt auch synthetische, expandierbare Titan-Cages verwendet, die zudem die Operationszeit und das Infektionsrisiko senken konnten [17, 76, 83, 117, 135]. Eine signifikante Verbesserung der Schmerzen oder der Lebensqualität konnte allein durch die Einführung der Titan-Cages jedoch nicht festgestellt werden. Interessanterweise wurde hierzu von Delawi et al. 2007 [25] gezeigt, dass Schmerzen an der Entnahmestelle signifikant häufiger auftraten wenn der Eingriff an der lumbalen Wirbelsäule stattfand, woraus die Autoren den Schluss zogen, dass Patienten nicht zwischen dem Schmerz der Entnahmestelle und dem Schmerz, der von der lumbalen Wirbelsäule ausgeht, unterscheiden können und somit der vielfach beschriebene Entnahmeschmerz am Beckenkamm zu häufig in der Literatur angegeben worden sei.

Im Vergleich der einzeitig gegen die zweizeitig operierten Patienten zeigt sich die Tendenz, dass die zweizeitig operierten Patienten von etwas schlechteren präoperativen Mobilitätswerten ausgehen. Bei Vorstellung in der Poliklinik haben beide Untergruppe allerdings nahezu identische Mobilitätswerte. Auch nach der Matched Pair Analyse zeigt sich dieser unterschiedliche Verlauf. Hier liegt der Wert

der Poliklinik in der zweizeitig operierten Untergruppe sogar unter dem Wert der einzeitig operierten Untergruppe, was eine bessere Erholung in Bezug auf die Mobilität andeutet. Jedoch waren diese Unterschiede bei p-Werten von $p = 0,096$ nicht signifikant. Die Literatur macht, auch aufgrund der oben angesprochenen nicht vergleichbaren Parameter, keine Angaben zu Unterschieden zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten, weswegen ein Vergleich entfällt.

Der Wert der Visuellen Analog Skala fällt kontinuierlich vom Zeitpunkt der Aufnahme (5,1) bis zur Erhebung in der Poliklinik (1,8). Dieser Unterschied ist bei einem p-Wert von $p < 0,001$ statistisch signifikant für beide Untergruppen. Zudem geben nur noch zwei Patienten in der Poliklinik Schmerzen von acht auf der VAS an. Der Rest liegt darunter und nahezu die Hälfte der Patienten, die sich in der Poliklinik vorstellen (48,5 %) geben keine Schmerzen an. Weitere 31,8 % geben zudem bei Befragung in der Poliklinik leichte Schmerzen von eins bis drei an. Insgesamt konnte noch bei 58,9 % ein VAS Wert in der Poliklinik erhoben werden, was den Follow-Up Raten der oben besprochenen Verlaufparameter entspricht. In der Literatur werden hierzu nicht sehr viele vergleichbare Werte angegeben, da die meisten Studien mit dem VAS Spine Score oder dem Schmerzmittelbedarf postoperativ arbeiten. Die vergleichbaren Studien berichten von ähnlichen Werten von durchschnittlich 1,85 auf der VAS (VAS 1 - 3) nach der dorsoventralen Stabilisierung [32, 40, 64, 102, 114, 117]. Briem et al. beschrieben 2003 [17] zudem bei acht von 19 Patienten (42,1 %) mäßige bis starke Schmerzen zwei Jahre postoperativ. Diese Rate liegt, verglichen mit den 19,7 % im vorliegenden Kollektiv, die mäßige bis starke Schmerzen (VAS 4 - 10) in der Follow-Up Untersuchung in der Poliklinik nach durchschnittlich 16 Monaten angeben, deutlich höher. Konsens besteht über die deutliche Schmerzreduktion durch die Einführung der Thorakoskopie im Vergleich mit der bis dahin angewandten Thorakotomie [12, 29, 62, 136]. Als Einflussfaktor auf die Schmerzwahrnehmung muss zudem noch die psychische Verfassung des Patienten erwähnt werden. So könnten psychisch vorerkrankte Patienten die postoperativen Schmerzen als höher (v.a. bei depressiven Erkrankungen) oder zu niedrig (v.a. bei Wahrnehmungsstörungen) angeben [17, 108].

Postoperativ weisen Patienten nach einzeitigem Eingriff statistisch signifikant ($p = 0,011$ und $p = 0,043$ nach der Matched Pair Analyse) höhere Schmerzen auf als Patienten nach zweizeitigem Eingriff. Dies mag mit dem größeren und längeren

Eingriff zusammenhängen, da bei zweizeitig operierten Patienten der Wert nach dem ventralen Eingriff dokumentiert wurde. Zu diesem Zeitpunkt lag der dorsale Eingriff schon durchschnittlich 25 Tage zurück. Dieser Mittelwert ist aufgrund von auswärts voroperierten Patienten deutlich verzerrt, jedoch wurde auch bei in domo dorsal stabilisierten Patienten der ventrale Eingriff erst vorgenommen, wenn es der klinische Zustand des Patienten zuließ (bei stabilen Patienten drei bis zehn Tage später). Bei der Erhebung der Werte in der Poliklinik weisen beide Untergruppen jedoch den gleichen Wert von 1,8 auf der VAS auf, dies gilt jedoch nicht für die Werte nach der Matched Pair Analyse in denen sich scheinbar ein Unterschied von 0,6 Punkten zugunsten der zweizeitig operierten Patienten zeigt ($p = 0,262$). Präoperativ hingegen weisen in beiden Analysen die zweizeitig operierten Patienten scheinbar höhere Werte auf der VAS auf, als die einzeitig operierten Patienten. Diese Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant. Auch der unterschiedliche Verlauf der beiden Untergruppen ist statistisch nicht signifikant ($p = 0,348$). Die Literatur macht keine Angaben zu Unterschieden zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten bezüglich der perioperativen Schmerzen, sodass ein Vergleich entfällt.

Der Zeitraum für die 57,9 % an nachuntersuchten Patienten wird im vorliegenden Kollektiv mit $16 \pm 1,4$ Monaten angegeben (Minimum 1 Monat, Maximum 93 Monate). Der Zeitraum für das Gesamtkollektiv liegt hiermit etwas über den in der Literatur angegebenen Werten von durchschnittlich 13 Monaten (2 - 24 Monate) [9, 10, 11, 33, 40, 64, 67, 83, 102, 115, 135]. Die Rate an nachuntersuchten Patienten (57,9 %), kann auf den Status des UKE als Versorgungszentrums für den norddeutschen Raum zurückzuführen sein. So erscheinen Patienten mit langer Anreise weniger häufig zur Nachuntersuchung im UKE und stellen sich alternativ in Kliniken oder Versorgungszentren in ihrem Umfeld vor. Die hohe Rate an Patienten mit Tumorleiden (31,6 %) könnte zudem die geringe Rate an Patienten, die sich in der Poliklinik vorstellen, erklären, zum Beispiel aufgrund von zwischenzeitlichen Todesfällen oder vorrangigen medizinischen Behandlungen bei Tumorrezidiv.

Bei $15,1 \pm 2,1$ versus $16,8 \pm 2$ Monaten bestand kein Unterschied zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten bezüglich des Zeitraumes der Nachuntersuchung. Die Literatur macht zu Unterschieden zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten bezüglich des Zeitraumes der Nachuntersuchung keine Angaben, weswegen ein Vergleich entfällt.

4.7. Komplikationen

Die Komplikationen verteilen sich auf die operationsbezogenen Komplikationen (87 Komplikationen bei 80 Patienten (32,4 %), 55 davon bei 52 Patienten (21,1 %) revidiert) und auf die allgemeinen Komplikationen (52 Komplikationen bei 42 Patienten, 17 %), die bis zu 30 Tage postoperativ auftraten. Bei den operationsbezogenen wurden zudem intraoperative, die mit dem ventralen Eingriff assoziierten, die mit dem dorsalen Eingriff assoziierten und die nicht klar zuordenbaren Komplikationen unterschieden. Insgesamt traten bei 103 Patienten (41,7 %) 139 Komplikationen auf. Die Gesamtkomplikationsrate von 41,7 % fällt im Vergleich zu den in der Literatur durchschnittlich angegebenen Werten von 31,2 % (3,5 - 89 %) [5, 9, 11, 12, 29, 47, 55, 61, 65, 67, 68, 70, 71, 88, 100, 102, 109, 114, 127, 139, 141, 146, 148] insgesamt hoch aus. Man beachte jedoch die extrem hohe Streuung der angegebenen Komplikationen. Dies ist zum einen durch die unterschiedlich langen Follow-Up Zeiträume zu erklären (s. oben), zum anderen ist nicht immer klar ersichtlich ob nur revisionspflichtige Komplikationen angegeben werden und ob nicht-operationsassoziierte Komplikationen miterfasst wurden. In der vorliegenden Erhebung wurden alle Komplikationen miterfasst, auch wenn diese nicht revisionspflichtig waren. Darüber hinaus wurden alle 30 Tage postoperativ aufgetretenen Komplikationen erfasst, die häufig eindeutig nosokomiale Infektionen darstellten und somit nicht operationsbezogen waren. Zudem bestanden die Kollektive der Literatur zumeist aus ausschließlich an frakturbedingten Pathologien leidenden und außerdem zumeist jüngeren Patienten (s 4.2) als die im vorliegenden Kollektiv untersuchten Patienten. Kollektive aus Tumorpatienten scheinen höhere Komplikationsraten aufzuweisen. So liegt das Kollektiv von Weigl et al. [141] bei 59 % und das Kollektiv von Sundaresan et al. [130] bei 48 % an Gesamtkomplikationen. Der hohe Anteil an Patienten mit Tumorerkrankung im vorliegenden Kollektiv (31,6 %, s. 3.2.3) könnte zu der hohen Komplikationsrate beigetragen haben. Im vorliegenden Kollektiv zeigt sich die Tendenz zu höheren Komplikationsraten bei tumorbedingter Ätiologie in der intraoperativen Komplikationsrate und der Komplikationsrate bei ventralen Eingriffen. Die Unterschiede sind allerdings statistisch nicht signifikant. In den anderen operationsassoziierten Komplikationsraten zeigt sich zudem eine weitere Tendenz. Patienten mit Spondylodiszitis (21,1 % im Kollektiv) scheinen hier höhere Komplikationsraten aufzuweisen als Patienten mit Frakturen. Auch dieser

Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. El-Sharkawi et al. [32] gibt hierzu Komplikationsraten von 60,5 % bei einem Kollektiv von an Spondylodiszitis erkrankten Patienten an.

Bei 40 einzeitig operierten Patienten (38,5 %) traten 40 operationsassoziierte Komplikationen (38,5 %), bei 40 zweizeitig operierten Patienten (27,8 %) insgesamt 47 operationsassoziierte Komplikationen (32,9 %) auf. Bei den innerhalb von 30 Tagen auftretenden nicht operationsbezogenen Komplikationen traten bei 20 einzeitig operierten (19,2 %) Patienten 25 Komplikationen (24 %) und bei 22 (15,4 %) zweizeitig operierten Patienten 27 Komplikationen (18,9 %) auf. Diese Unterschiede waren statistisch nicht signifikant. Insgesamt traten bei 46 einzeitig operierten Patienten (44,2 %) 65 Komplikationen (62,5 %) und bei 57 zweizeitig operierten Patienten (39,9 %) 74 Komplikationen (51,7 %) auf. Dieser Gesamtunterschied ist statistisch nicht signifikant. In der Literatur scheinen zweizeitig operierte Patienten allerdings mehr Komplikationen aufzuweisen als ihre einzeitig operierten Kontrollgruppen. So geben Viviani et al. [139] hierzu 36,4 % an Komplikationen in der einzeitig operierten Gruppe und 100 % in der zweizeitig operierten Gruppe an. Spivak et al. [128] geben bei einer Gesamtkomplikationsrate von 53 % ebenfalls höhere Komplikationsrate in der zweizeitig operierten Gruppe an. Bei Wright et al. [147] treten in der einzeitig operierten Gruppe keine Komplikationen auf, verglichen mit 87 % in der zweizeitig operierten Gruppe. Zudem geben Dick et al. [28] zwei Wundinfekte bei zweizeitig operierten Patienten zu keinem bei einzeitig operierten Patienten an. Hier wird das Auftreten von temporärer Unterernährung beim schnellen Aufeinanderfolgen der Eingriffe bei zweizeitiger Prozedur für das Auftreten von Wundinfekten verantwortlich gemacht. Auch im vorliegenden Kollektiv trat bei zehn revisionspflichtigen Wundinfekten in der zweizeitigen Gruppe und drei in der einzeitigen Gruppe scheinbar ein Unterschied auf. Dieser war bei einem p-Wert von $p = 0,248$ jedoch statistisch nicht signifikant.

Im Folgenden werden die Komplikationen zur besseren Übersicht nach dem Zeitpunkt des Auftretens und ob sie dem ventralen oder dorsalen Eingriff zugeordnet werden können geordnet:

Die intraoperative Komplikationsrate lag bei 6,1 % (N = 15). Die Literatur gibt Werte von durchschnittlich 8,2 % (2 – 17,4 %) an intraoperativen Komplikationen an. Somit

liegt die intraoperative Komplikationsrate im vorliegenden Kollektiv leicht unter den in der Literatur angegebenen Werten. Jedoch ist auch hier eine hohe Streuung zu beobachten und retrospektiv ist nicht immer klar ersichtlich, wie die Autoren die Einteilungen zu den verschiedenen Komplikationen vornahmen. In der Literatur war die häufigste intraoperative Komplikation die massive Blutung, was sich auch im vorliegenden Kollektiv bestätigt.

Die häufigste war die Lungenverletzung mit insgesamt fünf Fällen (2 %, zwei einzeitig und drei zweizeitig operierte Patienten). Diesen wurden wie von Beisse et al. 1999 [11] beschrieben endoskopisch übernäht. Die zweitgrößte Gruppe waren massive Blutungen mit vier Fällen (1,6 %, jeweils zwei einzeitig und zweizeitig operierte Patienten), wobei ein Patient kardiopulmonal vorbelastet war und zwei weitere an malignen Neoplasien litten (Nierenzellkarzinom und Plasmozytom). Diese Vorerkrankungen könnten dazu beigetragen haben, dass die intraoperative Blutung auftrat. Bei allen Patienten mit Blutungsneigung erfolgte die intraoperative Gabe von je mindestens 2 EK und FFP. Einmal musste aufgrund der massiven Blutung auf das offene Verfahren der Thorakotomie konvertiert werden. Es schließt sich die Duraverletzung mit drei Fällen (1,2 %, davon ein einzeitig und zwei zweizeitig operierte Patienten) und das intraoperative Implantatversagen mit zwei Fällen (0,8 %, jeweils ein Patient einzeitig und zweizeitig operiert) an. In diesen Fällen wurde das defekte Implantat entfernt und durch ein neues ersetzt. Dies verlängerte ausschließlich die Operationszeit, hatte darüber hinaus aber keine negativen Effekte auf das Outcome des Patienten. Als Einzelfall trat eine Nierenparenchymverletzung mit Hämatooperitoneum und Makrohämaturie nach zweizeitigem Eingriff auf. Bei der intraoperativen Komplikationsrate gab es auch nach der Matched Pair Analyse keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten. Dies hängt sicherlich auch mit der insgesamt niedrigen Komplikationsanzahl intraoperativ zusammen. Auch die Literatur kann hierzu keine signifikanten Unterschiede angeben. Wright et al. [147] berichtet über eine kardiale Ischämie (14,3 %) bei einem der sieben zweizeitig operierten Patienten. In der einzeitig operierten Gruppe traten hingegen keine intraoperativen Komplikationen auf. Jedoch verbietet sich hier aufgrund zu geringer Fallzahlen eine Stellungnahme.

Es gab insgesamt 25 (10,1 %) Komplikationen, die dem ventralen Eingriff zugeordnet werden konnten. In der Literatur werden hierzu Werte von durchschnittlich 15,1 %

(5,4 – 21,7 %) angegeben [9, 29, 55, 67, 70, 83, 88, 102, 117, 147, 148]. Das vorliegende Kollektiv liegt somit unter den in der Literatur angegebenen Werten für mit dem ventralen Eingriff assoziierte Komplikationen, man beachte jedoch die Streuung der Werte der Literatur und die nicht immer klare Zuordnung zu ventralen oder dorsalen Komplikationen.

Über ein Drittel machte der revisionspflichtigen Pneumothorax aus (3,6 %, N = 9). Drei dieser – wovon zwei durch Neuanlage der Thorax Drainage revisionspflichtig waren (1,9 %) – traten in der einzeitigen Gruppe auf, sechs – wovon alle revisionspflichtig waren (4,2 %) – in der zweizeitigen Gruppe. Dieser Unterschied war mit einem p-Wert von $p = 0,473$ statistisch nicht signifikant. Es wurden insgesamt sechs (2,4 %) relevante Pleuraergüsse erfasst, wovon drei (einer revisionspflichtig) in der einzeitigen Gruppe auftraten und drei (zwei revisionspflichtig) in der zweizeitigen Gruppe. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Insgesamt waren 60 % der ventralen Komplikationen und 23 % aller operationsassoziierten Komplikationen pulmonal (Pneumothorax, Pleuraerguss und intraoperative Lungenverletzung) bedingt. Zwei oberflächliche (0,8 %) und ein tiefer Wundinfekt (0,4 %) mit infektiöser Schraubenlockerung durch *Pseudomonas aeruginosa* bei Pseudomonaden-Spondylodiszitis, die allesamt zweizeitig operiert wurden und eine Wundrevision erforderlich machten, wurden erfasst. Eine nicht ausreichend antherapierte Spondylodiszitis mag der Grund für die schwere Infektion des Implantats gewesen sein. Schwere Infekte mit Infektion des Implantats werden allerdings auch in anderen Studien erwähnt [12, 34, 65] und liegen zwischen 0,3 % und 0,7 %. Zudem wurden zwei Nachblutungen (0,8 %), zwei Pseudarthrosen (0,8 %) und eine Implantatsinterung (0,4 %) dokumentiert, die allesamt einzeitig operiert wurden und revisionspflichtig waren. Diese Unterschiede waren aufgrund der geringen Anzahl jedoch statistisch nicht signifikant. Ein postoperatives Nierenversagen (0,4 %) nach zweizeitigem Eingriff und eine hypertensive Entgleisung (0,4 %) nach einzeitigem Eingriff, die beide keiner Revision bedurften, wurden außerdem erfasst. Die bei Wright et al. [147] angegebenen 21,4 % an mit dem Eingriff assoziierten Komplikationen kommen nur in der zweizeitig operierten Gruppe vor. Im vorliegenden Kollektiv kann dagegen eine Überlegenheit von ein- oder zweizeitiger Versorgung hinsichtlich des Auftretens von mit dem ventralen Eingriff assoziierten Komplikationen nicht bestätigt werden. Einzig die Häufung der

Pneumothoraces bei der zweizeitig operierten Gruppe erscheint erwähnenswert, wenn auch nicht statistisch signifikant.

Es wurden 41 Komplikationen nach dorsalem Eingriff (16,6 %) beobachtet. Die durchschnittlich in der Literatur [11, 28, 52] angegebenen Werte von 10,1 % (7 – 14,3 %) liegen somit unter den im vorliegenden Kollektiv ermittelten Werten für mit dem dorsalen Eingriff assoziierten Komplikationen. Allerdings scheint – das im Vergleich zu den angegebenen Kollektiven – hohe Alter im vorliegenden Kollektiv sicherlich einen Einfluss auf die Komplikationsrate, die dem dorsalen Eingriff assoziiert ist, zu haben. Im vorliegenden Kollektiv haben Patienten, die älter als 60 Jahre (N = 121) sind, eine signifikant höhere Komplikationsrate bezogen auf den dorsalen Eingriff als Patienten, die jünger als 60 Jahre sind (p 0,008). In der Literatur sind Angaben zu ausschließlich mit dem dorsalen Eingriff assoziierten Komplikationen allerdings selten. Zumeist werden alle operationsassoziierten Komplikationen zusammengefasst, weshalb im nächsten Absatz eine Übersicht über die im vorliegenden Kollektiv am häufigst vertretenen operationsbedingten Komplikationen erfolgt.

Bei den Komplikationen nach dorsalem Eingriff überwiegt die Materiallockerung (5,3 %, N = 13), von denen acht revidiert wurden. Sieben dieser Revisionen entfielen auf die einzeitig operierten Patienten, dieser Unterschied war bei einem p-Wert von p 0,011 statistisch signifikant. Die zweithäufigste dorsale Komplikation war der oberflächliche Wundinfekt (4,5 %, N = 11), der dorsal somit deutlich häufiger auftrat als bei den ventralen Eingriffen und mit zehn Fällen, von denen sieben zweizeitig und drei einzeitig operiert worden waren nahezu vollständig revisionspflichtig war. Der Unterschied zwischen den Gruppen war bei einem p-Wert von p 0,525 statistisch nicht signifikant. Es traten bei den dorsalen Eingriffen hingegen keine tiefen Wundinfekte auf. Auch in der Literatur treten Wundinfekte vor allem dorsal und auch zweizeitig vermehrt auf. Dick et al. geben hierzu 1992 [28] eine Rate von 8,3 % dorsaler Wundinfekte an. Implantatversagen wurde mit acht Fällen (3,2 %) dokumentiert, hiervon traten zwei (eines revisionspflichtig) bei den einzeitig operierten Patienten und fünf (vier revisionspflichtig) bei den zweizeitig operierten Patienten auf. Auch dieser Unterschied war bei einem p-Wert von p 0,401 statistisch nicht signifikant. Harrington et al. [52] geben hierzu eine Rate von 6,5 % an dorsalen Implantatversagen an. Die Pseudarthrose wurde mit fünf Fällen (2,4 %)

dokumentiert, von denen drei – zwei zweizeitig operierte und ein einzeitig operierter Patient – während eines späteren Aufenthalts revidiert wurden. Zudem traten vier neurologische Komplikationen auf, die allesamt zweizeitig operiert wurden und revisionspflichtig waren. Unter Verschiedenes fiel ein Patient mit Zementembolie, der einzeitig operiert wurde und nicht revisionspflichtig war. Es gab auch bei den mit dem dorsalen Eingriff korrelierenden Komplikationen sowohl in der allgemeinen (N = 16, 15,4 % versus N = 22, 15,4 %) wie auch nach der Matched Pair Analyse (N = 10 versus N = 11) keinen statistisch signifikanten Unterschied. Einzig die statistisch signifikante Häufung der Materiallockerung bei einzeitigen Eingriffen ist erwähnenswert.

Insgesamt traten 87 (35,2 %) operationsassoziierte Komplikationen (hiervon 15 intraoperativ) bei 80 Patienten (32,4 %) auf von denen 55 bei 52 Patienten revidiert werden mussten (63,2 % bezogen auf 87 operationsassoziierte Komplikationen, 21,1 % bezogen auf das Gesamtkollektiv von 243 Patienten). Hiervon waren pulmonale Komplikationen (Pneumothorax und Pleuraerguss, fünf durch intraoperative Lungen-verletzungen hervorgerufen) und Wundinfekte (davon ein tiefer Infekt) mit je fünfzehn Fällen (6,1 %) die häufigsten. Die Wundinfekte traten gehäuft nach dem dorsalen Eingriff auf, die pulmonalen Komplikationen vor allem nach dem ventralen Eingriff. Dies entspricht den Angaben aus der Literatur [11, 28, 29, 55, 67, 70, 88, 105, 114, 148]. Es folgen Komplikationen das Implantat betreffend mit dreizehn (5,2 %) Materiallockerungen, zwölf (4,9 %) Implantatversagen (davon zwei intraoperativ) und 10 (4,1 %) Pseudarthrosen. Außerdem traten sechs relevante Blutungen auf, davon vier intraoperativ und zwei Nachblutungen nach ventralen Eingriffen. Zudem traten vier neurologische Komplikationen (1,6 %), die allesamt einer Revision bedurften und drei Duraverletzungen (1,2 %) während des ventralen Eingriffs auf.

In der Literatur werden durchschnittlich Werte von 27,9 % (7,1 - 64,5 %) operationsbezogener Komplikationen angegeben [9, 11, 29, 52, 55, 62, 63, 65, 70, 83, 88, 102, 105, 109, 127, 135, 147, 148]. Dieser Wert liegt etwas unter den im vorliegenden Kollektiv ermittelten 32,4 %. Revisionspflichtig waren insgesamt 21,1 % der Patienten. Auch dieser Wert fällt verglichen mit den in der Literatur [9, 11, 109, 127, 139, 148] angegebenen Werten von durchschnittlich 10,25 % (3 – 21 %) höher aus. Es gibt allerdings auch Kollektive mit deutlich höheren Revisionsraten, Seybold et al.

[122] geben hierzu 1999 eine Revisionsrate von 41 % bei tiefen lumbalen Frakturen an. Auch hier können das hohe Alter und die damit verbundene hohe Komorbiditätsrate als Einflussfaktoren auf die hohen Komplikations- und Revisionsraten angeführt werden.

In 3,6 % (N = 9) der Fälle musste von dem primär thorakoskopischen Verfahren auf ein offenes Verfahren umgestellt werden. Der häufigste Konversionsgrund waren zu starke Verwachsungen (N = 4). Zweimal trat in diesem Fall zudem eine Läsion der Pleura auf, die oben unter den intraoperativen Komplikationen aufgeführt sind. Einmal musste aufgrund massiver Blutungen konvertiert werden, wobei bei diesem Patienten präoperativ eine Blutungsneigung bestand und einmal aufgrund eines intraoperativen Implantatversagens (s. oben). In der Literatur werden hierzu Werte von durchschnittlich 2,5 % (1,1 – 4,1 %) konvertierter Thorakoskopien angegeben [11, 62, 63, 88, 105]. Diese Zahlen liegen somit etwas unter den im vorliegenden Kollektiv erhobenen Zahlen. Viviani et al. [139] geben hierzu allerdings auch eine Konversionsrate von 18,2 % an. Im vorliegenden Kollektiv könnte zudem die etwas höhere Konversionsrate mit der hohen Anzahl an Patienten mit Spondylodiszitis (N = 52) zusammenhängen. Diese haben im vorliegenden Kollektiv im Vergleich mit Patienten nach Fraktur – aus denen, die Mehrzahl der genannten Kollektive vornehmlich besteht – signifikante höhere Konversionsraten (11,5 % zu 1,8 % bei Patienten mit Fraktur und 0 % bei Patienten mit Tumoren). Der Unterschied zwischen den Untergruppen Fraktur und Entzündung war bei einem p-Wert von $p = 0,002$ statistisch signifikant.

Die Werte für die Konversionen waren bei zweizeitig operierten Patienten mit sechs (4,2 %) Konversionen – drei Konversionen (2,9 %) bei einzeitiger Operation – in der Tendenz etwas höher. Dennoch traten auch nach der Matched Pair Analyse bei jeweils vier Konversionen keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. In der Literatur geben einzig Viviani et al. [139] hierzu höhere Konversionsraten bei zweizeitig operierten Patienten (N = 11) an. In der genannten Studie treten die vier Konversionen bei allerdings sehr kleinen Fallzahlen allesamt in der zweizeitig operierten Gruppe auf.

Es traten 52 nicht operationsassoziierte Komplikationen (21,1 %) bei 42 Patienten (17 %) auf. Die 42 Patienten, die allgemeine Komplikationen aufwiesen, verblieben

insgesamt statistisch signifikant länger im Krankenhaus (31,2 Tage zu 23,4 Tage, p 0,001). Auch in der postoperativen Verweildauer zeigt sich dieser Unterschied (20,1 Tage zu 13,88 Tage, p 0,003). Bei Patienten mit nosokomialen Infektionen (Pneumonie, HWI, Magen-Darm-Erkrankungen, Sepsis, Candida-Befall, Mastitis und Vaginalinfekt) könnte die lange Verweildauer ursächlich für die im Krankenhaus erworbenen Infektionen gewesen sein. Allerdings verlängerten die genannten Komplikationen sicherlich auch die Verweildauer der betroffenen Patienten. Bei den restlichen Komplikationen scheint dagegen eine verlängerte Verweildauer aufgrund der angeführten, häufig spontan aufgetretenen Komplikationen (Infarkte, allergische Reaktion auf ACC, AV-Tachykardie, Kammerflimmern und einmaliger Krampfanfall) wahrscheinlich. Werte für nicht operationsassoziierte Komplikationen sind in der Literatur schwer zu finden. Knop et al. geben hierzu den niedrigen Wert von vier Prozent an, Xu et al. geben 24,1 % an. Somit liegt das vorliegende Kollektiv mit 17,8 % zwischen den gefundenen Werten. Allerdings hat das hohe Alter des vorliegenden Kollektivs sicherlich auch einen Einfluss, da Patienten, die älter als 60 Jahre ($N = 121$) sind, im vorliegenden Kollektiv signifikant höhere nicht operationsassoziierte Komplikationsraten aufweisen (p 0,013).

Bei 20 einzeitig operierten (19,2 %) Patienten traten 25 Komplikationen (24,1 %) und bei 22 (15,4 %) zweizeitig operierten Patienten 27 Komplikationen (18,9 %) auf. Dieser Unterschied war statistisch nicht signifikant. Darunter waren mit Abstand die häufigsten die nosokomiale Pneumonie ($N = 13$, darunter sieben Patienten zweizeitig und sechs einzeitig operiert) und der nosokomiale Harnwegsinfekt ($N = 10$, darunter sechs einzeitig und vier zweizeitig operiert). Zudem traten sechs Fälle (2,4 %) von Exitus letalis auf, darunter vier bei zweizeitig und zwei bei einzeitig operierten Patienten. Außerdem traten vier (1,6 %) Magen-Darm-Erkrankungen (je zwei Patienten einzeitig und zweizeitig operiert) und das Durchgangssyndrom (drei einzeitig, ein Patient zweizeitig operiert) mit ebenfalls vier Fällen (1,6 %) auf. Weitere Komplikationen waren die Sepsis ($N = 2$, einzeitig) der Nicht-ST-Hebungsinfarkt ($N = 2$, je ein Patient einzeitig und zweizeitig operiert) und unter Andere ($N = 11$, acht Patienten zweizeitig und drei einzeitig operiert) je ein Postsympathektomiesyndrom, eine allergische Reaktion auf Acetylcystein (ACC), eine AV-Tachykardie, ein einmaliger generalisierter Krampfanfall (vermutlich bedingt durch Liquorverlustsyndrom), eine Mastitis, ein neu aufgetretenes passageres Kammerflimmern und eine AV-Tachykardie, eine respiratorische Insuffizienz, eine Harninkontinenz und ein

Vaginalinfekt und ein inguinaler *Candida albicans* Befall. Bei den generellen Komplikationen, die innerhalb von 30 Tagen nach dem ventralen Eingriff auftraten gab es zwischen den zwei untersuchten Kategorien auch nach der Matched Pair Analyse keine statistisch signifikanten Unterschiede. Todesfälle scheinen allerdings vermehrt in der zweizeitig operierten Gruppe aufzutreten (2,8 %, N = 4 versus 1,9 %, N = 2). Das Durchgangssyndrom tritt in der Tendenz allerdings vermehrt in der einzeitig operierten Gruppe auf (2,9 %, N = 3 versus 0,7 %, N = 1). Diese scheinbare Differenz könnte auf den vermehrten Stress durch die einzelne große Operation mit verlängerter Operationsdauer hervorgerufen worden sein. Diese Unterschiede waren statistisch jedoch nicht signifikant. Die restlichen einzelnen Komplikationen waren homogen zwischen den Gruppen verteilt. Zu Unterschieden zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten bezüglich der nicht operationsassoziierten Komplikationen macht die Literatur keine Angaben, weswegen ein Vergleich hier entfällt.

Das vorliegende Kollektiv kann insgesamt als vergleichbar mit der Literatur in Bezug auf Geschlecht, Höhe und Anzahl der operierten Segmente, Frakturverteilung nach Magerl et al. und Zeitraum der Nachuntersuchung angesehen werden. Es unterscheidet sich jedoch von den meisten in der Literatur angegebenen Kollektiven mit nur an einer Ätiologie leidenden Patienten deutlich durch die Vielzahl an Ätiologien (44,5 % Fraktur, 23,9 % Tumor, 21,1% Spondylodiszitis, 5,7 % Skoliose und 4,9 % Materialversagen / Pseudarthrose). Dies erschwert die Vergleichbarkeit. Zudem ist das vorliegende Kollektiv, auch durch die Streuung der Ätiologien und das hohe durchschnittliche Alter als vorbelastet – im Vergleich mit Kollektiven, die ausschließlich aus Patienten mit traumatischen Frakturen bestehen – zu beschreiben (s. 3.2.1, 3.2.3 und 4.2). Dies könnte die erhöhten Werte für Verweildauer, Verweildauer auf der Intensivstation und Komplikations- und Revisionsraten erklären. Die Operationszeit für den ventralen Eingriff liegt allerdings etwas unter den in der Literatur angegebenen Werten. Zudem ist das neurologische Outcome des vorliegenden Kollektivs mit denen der Literatur vergleichbar und die Patienten haben bei der Untersuchung in der Poliklinik eine deutliche statistisch signifikante Schmerzreduktion erfahren. Die relativ hohe Anzahl an Patienten mit kompletten Querschnitten bei Aufnahme und vor allem auch die neurologische Verbesserung

dieser Patienten müssen zudem berücksichtigt werden. Darüber hinaus haben sich auch die Mobilitätswerte im Verlauf statistisch signifikant verbessert.

Nach Durchsicht aller Daten, kann gesagt werden, dass sich einzeitig und zweizeitig operierte Patienten in diesem Kollektiv statistisch signifikant in wenigen Outcome Parametern unterscheiden. Zweizeitig operierte Patienten verbleiben insgesamt länger im Krankenhaus, was sich auch in den Werten der Literatur wiederfindet. Zudem scheinen sie über einen Tag länger auf der Intensivstation zu verbleiben ($p = 0,097$). Einzeitig operierte Patienten haben postoperativ signifikant mehr Schmerzen. Dies ist durch den deutlich größeren und längeren kombinierten Eingriff zu erklären. Entgegen den in der Literatur publizierten Werten [28, 47, 128, 139, 147] treten keine Unterschiede zwischen einzeitig und zweizeitig operierten Patienten bezüglich der Komplikationsraten auf. Die einzeitig operierten Patienten zeigen in der Tendenz höhere Gesamtkomplikationsraten (44,2 % versus 39,9 % Patienten mit Komplikationen, $p = 0,435$). Einzeitige Patienten weisen zudem signifikant mehr Materiallockerungen auf ($p = 0,011$). Es gibt daher auch Autoren, die ein zweizeitiges Vorgehen – gerade mit Blick auf die zwischenzeitliche Stabilisierung des Implantats – präferieren [37, 102]. Auch die Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie [73, 74, 75] spricht sich für ein zweizeitiges Vorgehen aus. Allerdings weisen Patienten nach einzeitiger Versorgung im vorliegenden Kollektiv in der Tendenz bei präoperativ schlechteren Werten ein besseres neurologisches Outcome auf als zweizeitig operierte Patienten, auch wenn dieser Unterschied statistisch nicht signifikant war ($p = 0,669$). Alle neurologischen Verschlechterungen ($N = 5$) traten zudem in der zweizeitig operierten Gruppe auf. Es muss hier auch erwähnt werden, dass anfänglich deutlich mehr zweizeitig operiert wurde und die einzeitige Vorgehensweise erst im Laufe der sieben Jahre, auf die die vorliegende Studie zurückgreift, an Bedeutung gewann. Dies könnte zu einem Bias führen, da zu dem Zeitpunkt als vermehrt einzeitige Operationen stattfanden, das Operationsteam erfahrener war. Allerdings muss in Betracht gezogen werden, dass dies nicht die ersten Erfahrungen mit der thorakoskopischen Versorgung des zuständigen Operationsteams waren, was diesen Bias unwahrscheinlicher werden lässt.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass durch die Auswertung der vorliegenden Daten sich nicht klären lässt, ob ein einzeitiger oder zweizeitiger Eingriff eindeutig zu bevorzugen ist. Vor allem die verschiedenen zur Operation führenden Indikationen des vorliegenden Kollektivs lassen indes eine eindeutige Aussage nicht zu. Prospektiv randomisierte Studien mit durch Durchführung des Propensity Scores genormten Vergleichsgruppen, Kollektiven aus ausschließlich an Fraktur, Tumor, Spondylodiszitis oder Skoliose leidenden Patienten und einheitlichen Outcome Parametern werden in Zukunft notwendig sein, um diese komplexe Fragestellung zu beantworten. Es kann jedoch festgehalten werden, dass den Patienten durch die einzeitige Versorgung kein Nachteil gegenüber einem zweizeitigen Vorgehen entstehen. Zudem konnte eine signifikant kürzere Verweildauer für einzeitig operierte Patienten, sowohl in der vorliegenden Studie wie auch in der Literatur, beobachtet werden. Zieht man die Nachteile einer verlängerten stationären Verweildauer in Betracht – erhöhte Rate an nosokomialen Infektionen und erhöhte Krankenhauskosten – ist bei Fehlen von Kontraindikationen ein einzeitiges Vorgehen zu präferieren.

5. Zusammenfassung

Inhalt dieser retrospektiven Studie ist die Erfassung und Bewertung klinischer Ergebnisse von 247 Patienten, die im Zeitraum von Februar 2006 bis zum April 2013 eine dorsoventrale Wirbelsäulenstabilisierung aufgrund von fraktur-, tumor-, entzündungs- und fehlerstellungsbedingten Pathologien erhielten. 59,8 % der Patienten konnten nachuntersucht werden.

Es wurden relevante Parameter definiert, wobei der Frankel für den neurologischen Status, der ECOG Score für den Mobilitätsstatus und die VAS für den Schmerzstatus verwendet wurden. Der ventrale Eingriff war bei allen Patienten – ohne die neun konvertierten Patienten – eine Thorakoskopie, die der dorsalen Verschraubung mit einem Fixateur interne folgte. Ventral wurde ein autologer Beckenkammspan oder ein synthetisches Implantat eingesetzt und es wurden Segmente von Th1 bis L2 operiert. Insgesamt traten bei 41,7 % der Patienten Komplikationen auf. Operationsassoziierte Komplikationen wurden bei 32,4 % der Patienten beobachtet, 21,1 % der Patienten waren revisionspflichtig. Nicht operationsassoziierte Komplikationen traten bei 17,4 % der Patienten auf. Die Komplikations- und Revisionsraten sind verglichen mit den in der Literatur gefundenen Werten als hoch einzustufen, allerdings muss das vorbelastete Kollektiv (hohes Alter, hoher ASA-Score, hohe Rate an Nebenerkrankungen und Patienten mit Tumorerkrankung und Spondylodiszitis) als Ursache dafür in Erwägung gezogen werden. Das Patientenkollektiv wurde in 104 einzeitig operierte und 143 zweizeitig operierte Patienten unterteilt und durch eine Matched Pair Analyse (64 Paare) angeglichen. Statistisch signifikant waren die längere Verweildauer bei zweizeitig operierten Patienten und die höhere postoperative Schmerzintensität und das häufigere Auftreten von Materiallockerungen bei einzeitig operierten Patienten.

Die vorliegende Studie zeigt, dass sowohl die einzeitige wie auch die zweizeitige dorsoventrale Stabilisierung der Wirbelsäule bei den im vorliegenden Kollektiv dominanten Ätiologien (Fraktur, Tumor und Spondylodiszitis) sichere und gut anwendbare Methoden darstellen, die darüber hinaus zu einer Verbesserung der Neurologie, der Mobilität und des Schmerzempfindens über einen durchschnittlichen Nachuntersuchungszeitraum von sechzehn Monaten führen. Bei Abwesenheit von Kontraindikationen ist aufgrund der kürzeren Verweildauer ein einzeitiges Vorgehen zu präferieren.

6. Abkürzungsverzeichnis

ca.	- circa
s.	- siehe
z. B.	- zum Beispiel
v. a.	- vor allem
Z. n.	- Zustand nach
N	- Anzahl (Statistik)
OP	- Operation
UKE	- Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf
VAS	- Visuelle Analog Skala
ASA	- American Society of Anesthesiologists
ECOG	- Eastern Cooperative Oncology Score
EK	- Erythrozytenkonzentrat/e
FFP	- Fresh Frozen Plasma, Blutplasmakonzentrat/e
TK	- Thrombozytenkonzentrat/e
Fx	- Fraktur
CRP	- C reaktives Protein
Hb	- Hämoglobin
KHK	- Koronare Herz Krankheit
pAVK	- periphere arterielle Verschlusskrankheit
COPD	- Chronisch Obstruktive Lungenerkrankung
BMI	- Body Mass Index
USS	- Universal Spine System (Stratec Medical, Umkirch, Switzerland)
ASIA	- American Spinal Injury Association
Th1,2,3...	- thorakaler Wirbelkörper 1,2,3
L1,2,3...	- lumbaler Wirbelkörper 1,2,3
WK	- Wirbelkörper
HWS	- Halswirbelsäule
BWS	- Brustwirbelsäule
LWS	- Lendenwirbelsäule
ND	- Nebendiagnosen

7. Literaturverzeichnis

1. American Society of Anesthesiologists (ASA): New classification of physical status. *Anesthesiology* (1963) 24:111
2. Amini, A., Beisse, R., & Schmidt, M. H. (2005). Thoracoscopic spine surgery for decompression and stabilization of the anterolateral thoracolumbar spine. *Neurosurgical Focus*, 19(6), 1–9.
3. Anand, N., & Regan, J. J. (2002). Video-assisted thoracoscopic surgery for thoracic disc disease: Classification and outcome study of 100 consecutive cases with a 2-year minimum follow-up period. *Spine*, 27(8), 871–879.
4. Ancel Keys: „Indices of relative weight and obesity“. In: *Journal on Chronic Diseases*. Oxford 25. 1972, 6, S. 329–343
5. Arlet, V. (2000). Anterior thoracoscopic spine release in deformity surgery: a meta-analysis and review. *European Spine Journal*, 9(1), S017–S023.
6. A. Quételet: Recherches sur le poids de l'homme aux différents âges. *Nouveaux Memoires de l'Academie Royale des Sciences et Belle-Lettres de Bruxelles* 7, 1832. – A. Quételet: L'anthropométrie ou le mesure des différentes facultés de l'homme. Bruxelles: C. Muquardt 1871
7. Ayhan, S., Nelson, C., Gok, B., Petteys, R. J., Wolinsky, J.-P., Witham, T. F., ... Sciubba, D. M. (2010). Transthoracic Surgical Treatment for Centrally Located Thoracic Disc Herniations Presenting With Myelopathy: A 5-year Institutional Experience. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 23(2), 79–88.
8. Bach, F., Larsen, B. H., Rohde, K., Børgesen, S. E., Gjerris, F., Bøge-Rasmussen, T., ... Sørensen, P. S. (1990). Metastatic spinal cord compression. Occurrence, symptoms, clinical presentations and prognosis in 398 patients with spinal cord compression. *Acta Neurochirurgica*, 107(1-2), 37–43.
9. Beisse, R. (2010). Endoscopic surgery on the thoracolumbar junction of the spine. *European Spine Journal*, 19(Suppl 1), 52–65.
10. Beisse, R., Mückley, T., Schmidt, M. H., Hauschild, M., & Büren, V. (2005). Surgical technique and results of endoscopic anterior spinal canal decompression. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 2(2), 128–136.
11. Beisse, R., Potulski, M., & Büren, V. (1999). Thorakoskopisch gesteuerte ventrale Plattenspondylodese bei Frakturen der Brust-und Lendenwirbelsäule. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 11(1), 54–69.
12. Beisse, R., Potulski, M., & Büren, V. (2001). Ventrale Rekonstruktion der Wirbelsäule nach Trauma. *Trauma und Berufskrankheit*, 3(3), S315–S320.

13. Beisse, R., Potulski, M., Temme, C., & Bühren, V. (1998). Endoscopic controlled splitting of the diaphragm. A minimal invasive approach for the treatment of thoraco-lumbar fractures of the spine. *Der Unfallchirurg*, 101(8), 619–627.
14. Beisse, R., & Verdú-López, F. (2014). [Current status of thoracoscopic surgery for thoracic and lumbar spine. Part 1: general aspects and treatment of fractures]. *Neurocirugía (Asturias, Spain)*, 25(1), 8–19.
15. Bomback, D. A., Charles, G., Widmann, R., & Boachie-Adjei, O. (2007). Video-assisted thoracoscopic surgery compared with thoracotomy: early and late follow-up of radiographical and functional outcome. *The Spine Journal*, 7(4), 399–405.
16. Bridwell, K. H., Lenke, L. G., Baldus, C., & Blanke, K. (1998). Major intraoperative neurologic deficits in pediatric and adult spinal deformity patients. Incidence and etiology at one institution. *Spine*, 23(3), 324–331.
17. Briem, D., Linhart, W., Lehmann, W., Bullinger, M., Schoder, V., Meenen, N. M., ... Rueger, J. M. (2003). [Investigation of the health-related quality of life after a dorso ventral stabilization of the thoracolumbar junction]. *Der Unfallchirurg*, 106(8), 625–632.
18. Bühren V., Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Der Chirurg*, 2001. 72(7): 865-879
19. Bühren, V., Beisse, R., & Potulski, M. (1997). Minimal-invasive ventrale Spondylodesen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Der Chirurg*, 68(11), 1076–1084.
20. Burgos, J., Rapariz, J. M., & Gonzalez-Herranz, P. (1998). Anterior endoscopic approach to the thoracolumbar spine. *Spine*, 23(22), 2427–2431.
21. Cantor J.B., Lebwohl N.H., Garvey T., Eismont F.J., Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing. *Spine*, 1993. 18(8): 971-976
22. Carrer, A., Schairer, W. W., Chou, D., Pekmezci, M., Deviren, V., & Berven, S. H. (2014). Pathologic Fractures. In F. Phillips, I. Lieberman, & D. Polly (Eds.), *Minimally Invasive Spine Surgery* (pp. 377–393). Springer New York.
23. Dajczman, E., Gordon, A., Kreisman, H., & Wolkove, N. (1991). Long-term postthoracotomy pain. *Chest*, 99(2), 270–274.
24. Danisa, O. A., Shaffrey, C. I., Jane, J. A., Whitehill, R., Wang, G.-J., Szabo, T. A., ... Chan, D. P. K. (1995). Surgical approaches for the correction of unstable thoracolumbar burst fractures: a retrospective analysis of treatment outcomes. *Journal of Neurosurgery*, 83(6), 977–983.
25. Delawi D., Dhert W.J., Castelein R.M., Verbout A.J., Oner F.C., The incidence of donor site pain after bone graft harvesting from the posterior iliac crest may be overestimated: a study on spine fracture patients. *Spine*, 2007. 32(17): 1865-1868.

26. Deutsch, L., Testiauti, M., & Borman, T. (2001). Simultaneous anterior-posterior thoracolumbar spine surgery. *Journal of Spinal Disorders*, 14(5), 378–384.
27. Dick W., The "fixateur interne" as a versatile implant for spine surgery. *Spine*, 1987. 12(9): 882-900
28. Dick, J., Boachie-Adjei, O., & Wilson, M. (1992). One-stage versus two-stage anterior and posterior spinal reconstruction in adults. Comparison of outcomes including nutritional status, complications rates, hospital costs, and other factors. *Spine*, 17(8 Suppl), S310–316.
29. Dickman, C. A., Rosenthal, D., Karahalios, D. G., Paramore, C. G., Mican, C. A., Apostolides, P. J., ... Sonntag, V. K. (1996). Thoracic vertebrectomy and reconstruction using a microsurgical thoracoscopic approach. *Neurosurgery*, 38(2), 279–293.
30. Dunn H.K., Anterior stabilization of thoracolumbar injuries. *Clin Orthop Relat Res*, 1984(189): 116-124
31. Eggers C., Stahlenbrecher A., Verletzungen der BWS und LWS. *Der Unfallchirurg*, 1998. 101(10): 779-790
32. El-Sharkawi, M. M., & Said, G. Z. (2012). Instrumented circumferential fusion for tuberculosis of the dorso-lumbar spine. A single or double stage procedure? *International Orthopaedics*, 36(2), 315–324.
33. Esses, S. I., Botsford, D. J., & Kostuik, J. P. (1990). Evaluation of surgical treatment for burst fractures. *Spine*, 15(7), 667–673.
34. Faciszewski, T., Winter, R. B., Lonstein, J. E., Denis, F., & Johnson, L. (1995). The surgical and medical perioperative complications of anterior spinal fusion surgery in the thoracic and lumbar spine in adults. A review of 1223 procedures. *Spine*, 20(14), 1592–1599.
35. Faro, F. D., Marks, M. C., Newton, P. O., Blanke, K., & Lenke, L. G. (2005). Perioperative Changes in Pulmonary Function After Anterior Scoliosis Instrumentation: Thoracoscopic Versus Open Approaches: *Spine*, 30(9), 1058–1063.
36. Fourney, D. R., & Gokaslan, Z. L. (2005). Use of "MAPS" for determining the optimal surgical approach to metastatic disease of the thoracolumbar spine: anterior, posterior, or combined. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 2(1), 40–49.
37. Frangen, T. M., Kälicke, T., Gottwald, M., Andereya, S., Andress, H.-J., Russe, O. J., Schinkel, C. (2006). [Surgical management of spondylodiscitis. An analysis of 78 cases]. *Der Unfallchirurg*, 109(9), 743–753.
38. Frankel, H. L., Hancock, D. O., Hyslop, G., Melzak, J., Michaelis, L. S., Ungar, G. H., ... Walsh, J. J. (1969). The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I. Paraplegia, 7(3), 179–192.

39. Freyd, M. (1923): The graphic rating scale. *Journal of Educational Psychology*, 14, 83-102
40. Furrer, M., Rechsteiner, R., Eigenmann, V., Signer, C., Althaus, U., & Ris, H. B. (1997). Thoracotomy and thoracoscopy: postoperative pulmonary function, pain and chest wall complaints. *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery: Official Journal of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery*, 12(1), 82–87.
41. Gaines R.W., Jr., Carson W.L., Satterlee C.C., Groh G.I., Experimental evaluation of seven different spinal fracture internal fixation devices using nonfailure stability testing. The load-sharing and unstable-mechanism concepts. *Spine*, 1991. 16(8): 902- 909
42. Gertzbein, S. D. (1992). Scoliosis Research Society. Multicenter spine fracture study. *Spine*, 17(5), 528–540.
43. Gertzbein, S. D., Court-Brown, C. M., Marks, P., Martin, C., Fazl, M., Schwartz, M., & Jacobs, R. R. (1988). The neurological outcome following surgery for spinal fractures. *Spine*, 13(6), 641–644.
44. Ghanayem A.J., Zdeblick T.A., Anterior instrumentation in the management of thoracolumbar burst fractures. *Clin Orthop Relat Res*, 1997(335): 89-100.
45. Ghogawala, Z., Mansfield, F. L., & Borges, L. F. (2001). Spinal radiation before surgical decompression adversely affects outcomes of surgery for symptomatic metastatic spinal cord compression. *Spine*, 26(7), 818–824.
46. Gokaslan, Z. L., York, J. E., Walsh, G. L., McCutcheon, I. E., Lang, F. F., Putnam, J. B., ... Sawaya, R. (1998). Transthoracic vertebrectomy for metastatic spinal tumors. *Journal of Neurosurgery*, 89(4), 599–609.
47. Grossfeld, S., Winter, R. B., Lonstein, J. E., Denis, F., Leonard, A., & Johnson, L. (1997). Complications of anterior spinal surgery in children. *Journal of Pediatric Orthopedics*, 17(1), 89–95.
48. Haas, N., Blauth, M., & Tscherne, H. (1991). Anterior plating in thoracolumbar spine injuries. Indication, technique, and results. *Spine*, 16(3 Suppl), S100–111.
49. Hall, D. J., & Webb, J. K. (1991). Anterior plate fixation in spine tumor surgery. Indications, technique, and results. *Spine*, 16(3 Suppl), S80–83.
50. Han, P. P., Kenny, K., & Dickman, C. A. (2002). Thoracoscopic approaches to the thoracic spine: experience with 241 surgical procedures. *Neurosurgery*, 51(5 Suppl), S88–95.
51. Hansen-Algenstaedt, N., Kwan, M. K., Algenstaedt, P., Chiu, C. K., Viezens, L., Chan, T. S., ... Schaefer, C. (2016). Comparison between Minimally Invasive Surgery and Conventional Open Surgery for Patients with Spinal Metastasis: A Prospective Propensity Score-Matched Study. *Spine*.

52. Harrington, K. D. (1988). Anterior decompression and stabilization of the spine as a treatment for vertebral collapse and spinal cord compression from metastatic malignancy. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (233), 177–197.
53. Hayes, m. H. S. & d. G. Paterson (1921): Experimental development of the graphic rating method. *Psychological Bulletin*, 18, 98-99
54. Heary, R. F., & Bono, C. M. (2001). Metastatic spinal tumors. *Neurosurgical Focus*, 11(6), 1–9.
55. Hoffmann, C., Spiegl, U. J. A., Hauck, S., Bühren, V., & Gonschorek, O. (2013). [What is the effect of ventral thoracoscopic spondylodesis (VTS) on elderly patients and what is the medium-term outcome?]. *Zeitschrift Für Orthopädie Und Unfallchirurgie*, 151(3), 257–263.
56. <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsvorausberechnung/Bevoelkerungsvorausberechnung.html>, besucht am 01.11.2016
57. https://de.wikipedia.org/wiki/Body-Mass-Index#cite_note-BMI-DE-12, besucht am 01.11.2016
58. Huang, T.-J., Hsu, R. W.-W., Li, Y.-Y., & Cheng, C.-C. (2006). Minimal Access Spinal Surgery (MASS) in Treating Thoracic Spine Metastasis: *Spine*, 31(16), 1860–1863.
59. Ikard RW. (2006). MEthods and complications of anterior exposure of the thoracic and lumbar spine. *Archives of Surgery*, 141(10), 1025–1034.
60. Jacobaeus H: Uber die Möglichkeit, die Zystoskopie bei der Untersuchung seroser Hohlen anzuwenden. *Munch Med Wochen- schr* 57:2090–2092, 1910
61. Jansson, K.-Å., & Bauer, H. C. F. (2006). Survival, complications and outcome in 282 patients operated for neurological deficit due to thoracic or lumbar spinal metastases. *European Spine Journal*, 15(2)
62. Kaiser, L. R. (1994). Video-assisted thoracic surgery. Current state of the art. *Annals of Surgery*, 220(6), 720–734.
63. Kaiser, L. R., & Bavaria, J. E. (1993). Complications of thoracoscopy. *The Annals of Thoracic Surgery*, 56(3), 796–798.
64. Kan, P., & Schmidt, M. H. (2008). Minimally invasive thoracoscopic approach for anterior decompression and stabilization of metastatic spine disease. *Neurosurgical Focus*, 25(2)
65. Kaneda K., Abumi K., Fujiya M., Burst fractures with neurologic deficits of the thoracolumbar-lumbar spine. Results of anterior decompression and stabilization with anterior instrumentation. *Spine*, 1984. 9(8): 788-795
66. Kaneda, K., Taneichi, H., Abumi, K., Hashimoto, T., Satoh, S., & Fujiya, M. (1997). Anterior Decompression and Stabilization with the Kaneda Device for Thoracolumbar Burst Fractures Associated with Neurological Deficits*†. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 79(1), 69–83.

67. Khoo, L. T. M. D., Beisse, R. M. D., & Potulski, M. M. D. (2002). Thoracoscopic-assisted Treatment of Thoracic and Lumbar Fractures: A Series of 371 Consecutive Cases. [Miscellaneous Article]. *Neurosurgery*, 51(5).
68. Kim, D. H., Jahng, T. A., Balabhadra, R. S. V., Potulski, M., & Beisse, R. (2004). Thoracoscopic transdiaphragmatic approach to thoracolumbar junction fractures. *The Spine Journal*, 4(3), 317–328.
69. Kim, D.-H., O'Toole, J. E., Ogden, A. T., Eichholz, K. M., Song, J., Christie, S. D., & Fessler, R. G. (2009). Minimally invasive posterolateral thoracic corpectomy: cadaveric feasibility study and report of four clinical cases. *Neurosurgery*, 64(4), 746–753.
70. King, A. G., Mills, T. E., Loe, W. A., Chutkan, N. B., & Revels, T. S. (2000). Video-assisted thoracoscopic surgery in the prone position. *Spine*, 25(18), 2403–2406.
71. Knop, C., Bastian, L., Lange, U., Oeser, M., Zdichavsky, M., & Blauth, M. (2002). Complications in surgical treatment of thoracolumbar injuries. *European Spine Journal*, 11(3), 214–226.
72. Knop C., Blauth M., Bastian L., Lange U., Kesting J., Tscherne H., Fractures of the thoracolumbar spine Late results and consequences of dorsal instrumentation. *Der Unfallchirurg*, 1997. 100(8): 630-639.
73. Knop C., Blauth M., Bühren V., Arand M., Egbers H.J., Hax P.M., Nothwang J., Oestern H.J., Pizanis A., Roth R., Weckbach A., Wentzensen A., Arbeitsgemeinschaft "Wirbelsäule" der Deutschen Gesellschaft für U., Operative Behandlung von Verletzungen des thorako-lumbalen Übergangs Teil 3: Nachuntersuchung Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft "Wirbelsäule" der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Der Unfallchirurg*, 2001. 104(7): 583- 600
74. Knop, C., Blauth, M., Bühren, V., Hax, P. M., Kinzl, L., Mutschler, W., ... Wörsdörfer, O. (1999). [Surgical treatment of injuries of the thoracolumbar transition. 1: Epidemiology]. *Der Unfallchirurg*, 102(12), 924–935.
75. Knop C., Blauth M., Bühren V., Hax P.M., Kinzl L., Mutschler W., Pommer A., Ulrich C., Wagner S., Weckbach A., Wentzensen A., Wörsdörfer O., Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs Teil 2: Operation und röntgenologische Befunde. *Der Unfallchirurg*, 2000. 103(12): 1032-1047.
76. Knop, C., Lange, U., Reinhold, M., & Blauth, M. (2005). [Vertebral body replacement with Synex in combined posteroanterior surgery for treatment of thoracolumbar injuries]. *Operative Orthopädie Und Traumatologie*, 17(3), 249–280.
77. Knop C., Oeser M., Bastian L., Lange U., Zdichavsky M., Blauth M., Entwicklung und Validierung des VAS-Wirbelsäulenscores. *Der Unfallchirurg*, 2001. 104(6): 488- 497.
78. Kostuik J.P., Anterior fixation for burst fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurological involvement. *Spine*, 1988. 13(3): 286-293

79. Kostuik J.P., Anterior fixation for fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurologic involvement. *Clin Orthop Relat Res*, 1984(189): 103-115
80. Korovessis, P., Piperos, G., Sidiropoulos, P., Karagiannis, A., & Dimas, T. (1994). Spinal canal restoration by posterior distraction or anterior decompression in thoracolumbar spinal fractures and its influence on neurological outcome. *European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 3(6), 318–324.
81. Laforgia, R., D’Elia, G., Lattarulo, S., Mestice, A., & Volpi, A. (2016). Cellular and humoral inflammatory response after laparoscopic and conventional colorectal surgery. Preliminary report. *Annali Italiani Di Chirurgia*, 87, 337–342.
82. Landreneau, R. J., Hazelrigg, S. R., Mack, M. J., Dowling, R. D., Burke, D., Gavlick, J., ... DeFino, J. (1993). Postoperative pain-related morbidity: video-assisted thoracic surgery versus thoracotomy. *The Annals of Thoracic Surgery*, 56(6), 1285–1289.
83. Lange, U., Edeling, S., Knop, C., Bastian, L., Oeser, M., Krettek, C., & Blauth, M. (2006). Anterior vertebral body replacement with a titanium implant of adjustable height: a prospective clinical study. *European Spine Journal*, 16(2), 161–172.
84. Lange, U., Knop, C., Bastian, L., & Blauth, M. (2003). Prospective multicenter study with a new implant for thoracolumbar vertebral body replacement. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 123(5), 203–208.
85. Levin, R., Matusz, D., Hasharoni, A., Scharf, C., Lonner, B., & Errico, T. (2005). Mini-open thoracoscopically assisted thoracotomy versus video-assisted thoracoscopic surgery for anterior release in thoracic scoliosis and kyphosis: a comparison of operative and radiographic results. *The Spine Journal*, 5(6), 632–638.
86. Liljenqvist U., Steinbeck J., Halm H., Schröder M., Jerosch J., Thorakoskopischer Zugang zur Brustwirbelsäule. *Arthroskopie*, 1996. 9: 267-273
87. Liljenqvist, U., O’Brien, J. P., & Renton, P. (1998). Simultaneous combined anterior and posterior lumbar fusion with femoral cortical allograft. *European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 7(2), 125–131.
88. Mack, M. J., Regan, J. J., McAfee, P. C., Picetti, G., Ben-Yishay, A., & Acuff, T. E. (1995). Video-assisted thoracic surgery for the anterior approach to the thoracic spine. *The Annals of Thoracic Surgery*, 59(5), 1100–1106.
89. Magerl, F., Aebi, M., Gertzbein, S. D., Harms, J., & Nazarian, S. (1994). A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity*

- Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society, 3(4), 184–201.
90. Magerl F.P., Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res*, 1984(189): 125-141
91. McAfee P.C., Bohlman H.H., Complications following Harrington instrumentation for fractures of the thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Am*, 1985. 67(5): 672-686.
92. McAfee P.C., Bohlman H.H., Yuan H.A., Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using a retroperitoneal approach. *J Bone Joint Surg Am*, 1985. 67(1): 89-104
93. McAfee, P. C., Regan, J. R., Fedder, I. L., Mack, M. J., & Geis, W. P. (1995). Anterior thoracic corpectomy for spinal cord decompression performed endoscopically. *Surgical Laparoscopy & Endoscopy*, 5(5), 339–348.
94. McAfee, P. C., Regan, J. R., Zdeblick, T., Zuckerman, J., Picetti, G. D., Heim, S., ... Fedder, I. L. (1995). The incidence of complications in endoscopic anterior thoracolumbar spinal reconstructive surgery. A prospective multicenter study comprising the first 100 consecutive cases. *Spine*, 20(14), 1624–1632.
95. McAfee P.C., Yuan H.A., Lasda N.A., The unstable burst fracture. *Spine*, 1982. 7(4): 365-373
96. McDonnell, M. F., Glassman, S. D., Dimar, J. R., Puno, R. M., & Johnson, J. R. (1996). Perioperative Complications of Anterior Procedures on the Spine*†. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 78(6), 839–47.
97. McDonough, P. W., Davis, R., Tribus, C., & Zdeblick, T. A. (2004). The management of acute thoracolumbar burst fractures with anterior corpectomy and Z-plate fixation. *Spine*, 29(17), 1901–1908; discussion 1909.
98. Merk H., Koch H., Liebau C., Baltzer A., Dragendorf L., Graßhoff H., Der Einsatz des Harms-Titannetz-zylinders zum Wirbelkörperersatz bei Wirbelsäulenmetastasen. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2000. 138(2): 169-173.
99. Molinari, R. W., Bridwell, K. H., Klepps, S. J., & Baldus, C. (1999). Minimum 5-year follow-up of anterior column structural allografts in the thoracic and lumbar spine. *Spine*, 24(10), 967–972.
100. Moore, A. J., & Uttley, D. (1989). Anterior decompression and stabilization of the spine in malignant disease. *Neurosurgery*, 24(5), 713–717.
101. Oken, M. M., Creech, R. H., Tormey, D. C., Horton, J., Davis, T. E., McFadden, E. T., & Carbone, P. P. (1982). Toxicity and response criteria of the Eastern Cooperative Oncology Group. *American Journal of Clinical Oncology*, 5(6), 649–655.

102. Payer, M. (2005). Unstable burst fractures of the thoraco-lumbar junction: treatment by posterior bisegmental correction/fixation and staged anterior corpectomy and titanium cage implantation. *Acta Neurochirurgica*, 148(3), 299–306.
103. Payer, M., & Sottas, C. (2008). Mini-open anterior approach for corpectomy in the thoracolumbar spine. *Surgical Neurology*, 69(1), 25–31.
104. Place, H. M., Donaldson, D. H., Brown, C. W., & Stringer, E. A. (1994). Stabilization of thoracic spine fractures resulting in complete paraplegia. A long-term retrospective analysis. *Spine*, 19(15), 1726–1730.
105. Potulski, M., Beisse, R., & Bühren, V. (1999). Thoroscopically guided therapy of the “anterior column”. Technique and results. *Der Orthopäde*, 28(8), 723–730.
106. Powell, E. T., Krenzel, W. F., King, H. A., & Lagrone, M. O. (1994). Comparison of same-day sequential anterior and posterior spinal fusion with delayed two-stage anterior and posterior spinal fusion. *Spine*, 19(11), 1256–1259.
107. Ragel, B. T., Amini, A., & Schmidt, M. H. (2007). Thoracoscopic vertebral body replacement with an expandable cage after ventral spinal canal decompression: *Neurosurgery*, 61 (Supplement 2), 317–323.
108. Reinhold M., Knop C., Lange U., Bastian L., Blauth M., Nichtoperative Behandlung von Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Der Unfallchirurg*, 2003. 106(7): 566-576
109. Reinhold, M., Knop, C., Beisse, R., Audigé, L., Kandziora, F., Pizanis, A., ... Blauth, M. (2010). Operative treatment of 733 patients with acute thoracolumbar spinal injuries: comprehensive results from the second, prospective, internet-based multicenter study of the Spine Study Group of the German Association of Trauma Surgery. *European Spine Journal*, 19(10), 1657–1676.
110. Resch H., Rabl M., Klampfer H., Ritter E., Povacz P., Operative vs. konservative Behandlung von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs. *Der Unfallchirurg*, 2000. 103(4): 281-288
111. Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. B. (1984). Difficulties with regression analyses of age-adjusted rates. *Biometrics*, 40(2), 437–443
112. Rutges J.P., Oner F.C., Leenen L.P., Timing of thoracic and lumbar fracture fixation in spinal injuries: a systematic review of neurological and clinical outcome. *Eur Spine J*, 2007. 16(5): 579-587.
113. Saklad M. Grading of patients for surgical procedures. *Anesthesiology* 1941; 2:281-4.
114. Salas, N., Prébet, R., Guenoun, B., Gayet, L.-E., & Pries, P. (2011). Vertebral body cage use in thoracolumbar fractures: Outcomes in a prospective series of 23 cases at 2 years' follow-up. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 97(6), 602–607.

115. Sasso, R. C., & Cotler, H. B. (1993). Posterior instrumentation and fusion for unstable fractures and fracture-dislocations of the thoracic and lumbar spine. A comparative study of three fixation devices in 70 patients. *Spine*, 18(4), 450–460.
116. Sasso R.C., LeHuec J.C., Shaffrey C., Iliac crest bone graft donor site pain after anterior lumbar interbody fusion: a prospective patient satisfaction outcome assessment. *J Spinal Disord Tech*, 2005. 18 Suppl: S77-81.
117. Scheufler, K.-M. (2007). Technique and clinical results of minimally invasive reconstruction and stabilization of the thoracic and thoracolumbar spine with expandable cages and ventrolateral plate fixation: *Neurosurgery*, 61(4), 798–809.
118. Schnee, C. L., & Ansell, L. V. (1997). Selection criteria and outcome of operative approaches for thoracolumbar burst fractures with and without neurological deficit. *Journal of Neurosurgery*, 86(1), 48–55.
119. Schomacher, J. (2008): Quality Criteria of the Visual Analogue Scale for Pain Assessment, 10.1055/s-2008-1027685 *physioscience* 2008; 4: 125 – 133 Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 1860-3092
120. Schultheiss, M., Kinzl, L., Claes, L., Wilke, H.-J., & Hartwig, E. (2003). Minimally invasive ventral spondylodesis for thoracolumbar fracture treatment: surgical technique and first clinical outcome. *European Spine Journal*, 12(6), 618–624.
121. Schultheiss, M., Sarkar, M., Arand, M., Kramer, M., Wilke, H.-J., Kinzl, L., & Hartwig, E. (2005). Solvent-preserved, bovine cancellous bone blocks used for reconstruction of thoracolumbar fractures in minimally invasive spinal surgery-first clinical results. *European Spine Journal: Official Publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 14(2), 192–196.
122. Seybold, E. A., Sweeney, C. A., Fredrickson, B. E., Warhold, L. G., & Bernini, P. M. (1999). Functional outcome of low lumbar burst fractures. A multicenter review of operative and nonoperative treatment of L3-L5. *Spine*, 24(20), 2154–2161.
123. Shawky, A., Al-Sabrou, A.-M. A. R. Z., El-Meshtawy, M., Hasan, K. M., & Boehm, H. (2013). Thoracoscopically assisted corpectomy and percutaneous transpedicular instrumentation in management of burst thoracic and thoracolumbar fractures. *European Spine Journal*, 22(10), 2211–2218.
124. Siebenga, J., Leferink, V. J. M., Segers, M. J. M., Elzinga, M. J., Bakker, F. C., Haarman, H. J. T. M., ... Patka, P. (2006). Treatment of traumatic thoracolumbar spine fractures: a multicenter prospective randomized study of operative versus nonsurgical treatment. *Spine*, 31(25), 2881–2890.

125. Smith, Z. A., Yang, I., Gorgulho, A., Raphael, D., Salles, A. A. F. D., & Khoo, L. T. (2012). Emerging techniques in the minimally invasive treatment and management of thoracic spine tumors. *Journal of Neuro-Oncology*, 107(3), 443–455.
126. Snell, B. E., Nasr, F. F., & Wolfla, C. E. (2006). Single-stage thoracolumbar vertebrectomy with circumferential reconstruction and arthrodesis: surgical technique and results in 15 patients. *Neurosurgery*, 58(4 Suppl 2), ONS–263–268; discussion ONS–269.
127. Spiegl, U., Hauck, S., Merkel, P., Buhren, V., & Gonschorek, O. (2013). Six-year outcome of thoracoscopic ventral spondylodesis after unstable incomplete cranial burst fractures of the thoracolumbar junction: ventral versus dorso-ventral strategy. *International Orthopaedics*, 37(6), 1113–1120.
128. Spivak, J. M., Neuwirth, M. G., Giordano, C. P., & Bloom, N. (1994). The perioperative course of combined anterior and posterior spinal fusion. *Spine*, 19(5), 520–525.
129. Street, J., Fisher, C., Sparkes, J., Boyd, M., Kwon, B., Paquette, S., & Dvorak, M. (2007). Single-stage posterolateral vertebrectomy for the management of metastatic disease of the thoracic and lumbar spine: a prospective study of an evolving surgical technique. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 20(7), 509–520.
130. Sundaresan, N., Steinberger, A. A., Moore, F., Sachdev, V. P., Krol, G., Hough, L., & Kelliher, K. (1996). Indications and results of combined anterior-posterior approaches for spine tumor surgery. *Journal of Neurosurgery*, 85(3), 438–446.
131. Sundaresan, N., Galicich, J. H., & Lane, J. M. (1984). Harrington rod stabilization for pathological fractures of the spine. *Journal of Neurosurgery*, 60(2), 282–286.
132. Sur, A., Tsang, K., Brown, M., & Tzerakis, N. (2015). Management of adult spontaneous spondylodiscitis and its rising incidence. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, 97(6), 451–455.
133. Swank S.M., Mauri T.M., Brown J.C., The lumbar lordosis below Harrington instrumentation for scoliosis. *Spine*, 1990. 15(3): 181-186
134. Tofuku, K., Koga, H., Ijiri, K., Ishidou, Y., Yamamoto, T., Zenmyo, M., ... Komiya, S. (2012). Combined Posterior and Delayed Staged Mini-open Anterior Short-segment Fusion for Thoracolumbar Burst Fractures: *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 25(1), 38–46.
135. Ulmar, B., Richter, M., Kelsch, G., Cakir, B., Puhl, W., & Huch, K. (2005). Distractable vertebral body replacement for the thoracic and lumbar spine. *Acta Orthopaedica Belgica*, 71(4), 467–471.
136. Vaccaro, A. R., & Bono, C. M. (2007). *Minimally Invasive Spine Surgery*. CRC Press.

137. Verlaan J.J., Diekerhof C.H., Buskens E., van der Tweel I., Verbout A.J., Dhert W.J., Oner F.C., Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome. *Spine*, 2004. 29(7): 803-814.
138. Visocchi, M., Masferrer, R., Sonntag, V. K., & Dickman, C. A. (1998). Thoracoscopic approaches to the thoracic spine. *Acta Neurochirurgica*, 140(8), 737–743; discussion 743–744.
139. Viviani, G. R., Raducan, V., Bednar, D. A., & Grandwilewski, W. (1993). Anterior and posterior spinal fusion: comparison of one-stage and two-stage procedures. *Canadian Journal of Surgery. Journal Canadien De Chirurgie*, 36(5), 468–473.
140. Walsh MD, G. L., Gokaslan MD, Z. L., McCutcheon MD, I. E., Mineo BS, M. T., Yasko MD, A. W., Swisher MD, S. G., ... Roth MD, J. A. (1997). Anterior Approaches to the Thoracic Spine in Patients With Cancer: Indications and Results. *The Annals of Thoracic Surgery*, 64(6), 1611–1618.
141. Weigel, B., Maghsudi, M., Neumann, C., Kretschmer, R., Müller, F. J., & Nerlich, M. (1999). Surgical management of symptomatic spinal metastases. Postoperative outcome and quality of life. *Spine*, 24(21), 2240–2246.
142. Wiggins, G. C., Mirza, S., Bellabarba, C., West, G. A., Chapman, J. R., & Shaffrey, C. I. (2001). Perioperative complications with costotransversectomy and anterior approaches to thoracic and thoracolumbar tumors. *Neurosurgical Focus*, 11(6), 1–9.
143. Wippermann, B. W., Schrott, H.-E., Steeg, S., & Tscherne, H. (1997). Komplikationen der Spongiosaentnahme am Beckenkamm Eine retrospektive Analyse von 1191 Fällen. *Der Chirurg*, 68(12), 1286–1291.
144. Wise, J. J., Fischgrund, J. S., Herkowitz, H. N., Montgomery, D., & Kurz, L. T. (1999). Complication, survival rates, and risk factors of surgery for metastatic disease of the spine. *Spine*, 24(18), 1943–1951.
145. Wong, H.-K., Hee, H.-T., Yu, Z., & Wong, D. (2004). Results of thoracoscopic instrumented fusion versus conventional posterior instrumented fusion in adolescent idiopathic scoliosis undergoing selective thoracic fusion. *Spine*, 29(18), 2031–2038; discussion 2039.
146. Wood, K., Buttermann, G., Buttermann, G., Mehbod, A., Garvey, T., Jhanjee, R., & Sechriest, V. (2003). Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*, 85-A(5), 773–781.
147. Wright, N. (2005). Single-surgeon simultaneous versus staged anterior and posterior spinal reconstruction: a comparative study. *Journal of Spinal Disorders & Techniques*, 18 Suppl, S48–57.

148. Xu, R., Garcés-Ambrossi, G. L., McGirt, M. J., Witham, T. F., Wolinsky, J.-P., Bydon, A., ... Sciubba, D. M. (2009). Thoracic vertebrectomy and spinal reconstruction via anterior, posterior, or combined approaches: clinical outcomes in 91 consecutive patients with metastatic spinal tumors. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 11(3), 272–284.
149. Yuan H.A., Mann K.A., Found E.M., Helbig T.E., Fredrickson B.E., Lubicky J.P., Albanese S.A., Winfield J.A., Hodge C.J., Early clinical experience with the Syracuse I-Plate: an anterior spinal fixation device. *Spine*, 1988. 13(3): 278-285

8. Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: ALTERSVERTEILUNG IM STUDIENKOLLEKTIV IN JAHREN	25
ABB. 2: ASA-SCORE-VERTEILUNG IM STUDIENKOLLEKTIV.....	26
ABB. 3: BMI-VERTEILUNG IM STUDIENKOLLEKTIV	27
ABB. 4: FRAKTURKLASSIFIKATION NACH MAGERL IM STUDIENKOLLEKTIV	28
ABB. 5: NEBENDIAGNOSEN IM VORLIEGENDEN STUDIENKOLLEKTIV	29
ABB. 6: OPERATIONSINDIKATIONEN IM STUDIENKOLLEKTIV	31
ABB. 7: ANZAHL OPERierter SEGMENTE IM STUDIENKOLLEKTIV	32
ABB. 8: LOKALISATION ENTFERNTER BANDSCHEIBEN VENTRAL IM STUDIENKOLLEKTIV	33
ABB. 9: VERWEILDauern IM STUDIENKOLLEKTIV	34
ABB. 10: VerLAUF CRP IM STUDIENKOLLEKTIV.....	37
ABB. 11: ERYTHROZyTENKONZENTRATE INTRAOPERATIV UND IM FALLZEITRAUM IM STUDIENKOLLEKTIV.....	38
ABB. 12: VerLAUF FRANKEL-SCORE IM STUDIENKOLLEKTIV.....	39
ABB. 13: VerLAUF ECOG-SCORE IM STUDIENKOLLEKTIV.....	40
ABB. 14: VerLAUF VAS IM STUDIENKOLLEKTIV	41
ABB. 15: KOMPLIKATIONEN NACH VENTRALEM EINGRIFF UND REVISIONEN IM STUDIENKOLLEKTIV	42
ABB. 16: KOMPLIKATIONEN NACH DORSALEM EINGRIFF UND REVISIONEN IM STUDIENKOLLEKTIV	43
ABB. 17: VERWEILDauern EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE	46
ABB. 18: VERWEILDauer INTENSIVSTATION EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE....	47
ABB. 19: DURCHLEUCHTUNGSDauer EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE	48
ABB. 20: HÄMOGLOBIN-DIFFERENZ EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE	50
ABB. 21: VerLAUF CRP EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE.....	51
ABB. 22: VerLAUF FRANKEL SCORE EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE	52
ABB. 23: VerLAUF ECOG SCORE EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE	54
ABB. 24: VerLAUF VAS EINZEITIG VERSUS ZWEIZEITIG MIT MATCHED PAIR ANALYSE	56

9. Tabellenverzeichnis

TAB. 1: ASA-SCORE (ANGELEHNT AN „NEW CLASSIFICATION OF PHYSICAL STATUS“, ANESTHESIOLOGY	13
TAB. 2: BMI-KLASSIFIKATION (ANGELEHNT AN WHO 1995)	14
TAB. 3: ECOG-SCORE (ANGELEHNT AN EASTERN COOPERATIVE ONCOLOGY GROUP).....	15
TAB. 4: FRANKEL-SCORE/ASIA SCORE (ANGELEHNT AN H. L. FRANKEL ET AL.)	16
TAB. 5: ALLGEMEINE KOMPLIKATIONEN INNERHALB VON 30 TAGEN POSTOPERATIV IM STUDIENKOLLEKTIV NACH ÄTIOLOGIEZUGEHÖRIGKEIT	45
TAB. 6: FRANKEL-WERTE IM VERLAUF IM STUDIENKOLLEKTIV	53
TAB. 7: ECOG WERTE IM VERLAUF IM STUDIENKOLLEKTIV	55
TAB. 8: VAS WERTE IM VERLAUF IM STUDIENKOLLEKTIV.....	57

10. Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Wolfgang Rüther für die Überlassung dieser Arbeit und die hervorragende Betreuung.

Darüber hinaus danke ich ganz herzlich meinem Betreuer Herr Dr. med. Lennart Viezens für die Hilfe in allen fachlichen und organisatorischen Fragen bezüglich der vorliegenden Arbeit und meinem Betreuer Herr PD Dr. med. Christian Schäfer für weitere Korrekturvorschläge.

Herr PD. Dr. med. Schäfer danke ich zudem für die Übernahme des Korreferats.

Für die statistische Auswertung hatte ich mit André Strahl, wissenschaftlicher Mitarbeiter der Klinik und Poliklinik für Orthopädie, einen stets motivierten und zuverlässigen Ansprechpartner.

Des Weiteren möchte ich meiner Familie und Freundin für die besonnene und ruhige Hilfestellung in allen Abschnitten dieser Arbeit zutiefst danken.

11. Lebenslauf

PROFIL

Mein Name ist Phillip Reer, 26 Jahre alt und geboren am 06.08.1990 in Bielefeld. Ich befinde mich derzeit im 13. Semester nach Abschluss meines Studiums der Humanmedizin am Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf (UKE).

BILDUNG

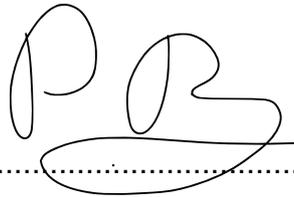
- 2009: Abitur Annette von-Droste-Hülshoff-Gymnasium, Münster
- 2009 - 2010: Zivildienst in der Dominikanischen Republik, Anderer Dienst im Ausland
- Oktober 2010 - heute: Studium der Humanmedizin am UKE
- 14.02.2011 - 29.03.2011: Krankenpflegepraktikum, Clemenshospital, Münster
- 18.07.2011 - 01.09.2011: Krankenpflegepraktikum Hospital Simon Striddels, Azua, Dominikanische Republik
- 19.07.2013 - 18.08.2013: Famulatur Notaufnahme Hospital Regional Taiwan, Azua
- 19.09.2013 - 18.10.2013: Hausarztfamulatur Dr. Rainer Tast, Greven, Deutschland
- 21.10.2013 - 20.12.2013: Famulatur Orthopädie & Unfallchirurgie, Olten, Schweiz
- 16.11.2015 - 10.01.2016: PJ-Tertial 1.1. UKE, Orthopädie & Unfallchirurgie
- 11.01.2016 - 06.03.2016: PJ-Tertial 1.2. Sri Lanka, Orthopädie & Unfallchirurgie
- 07.03.2016 - 26.06.2016: PJ-Tertial 2. München/Schwabing, Innere Medizin
- 27.06.2016 - 21.08.2016: PJ-Tertial 3.1. Kapstadt, Victoria Hospital, Allgemein-Chirurgie
- 22.08.2016 - 16.10.2016: PJ-Tertial 3.2. UKE, Plastische Chirurgie
- 16.12.2016: Approbation als Arzt

12. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Ich erkläre mich einverstanden, dass meine Dissertation vom Dekanat der Medizinischen Fakultät mit einer gängigen Software zur Erkennung von Plagiaten überprüft werden kann.



Unterschrift:

English Summary

The subject of this retrospective study is the collection and assessment of the clinical data of 247 patients, who underwent dorsoventral surgery of the spine for fracture, tumour, spondylodiscitis or scoliosis. 59,8 % of these patients could be examined for at least a second time.

Relevant parameters were defined, whereas the Frankel Score was used for neurological status, the ECOG Score for mobility status and the VAS pain scale for pain status. The ventral procedure in all patients – without the nine patients, who had to be converted – was a thoracoscopy, who followed the dorsal instrumentation with a fixateur interne. Ventral implants were tricortical bone graft of the spina iliaca anterior or synthetic implants and segments from Th1 to L2 were operated. Overall in 41,7 % of the patients we have seen minor and major complications. Complications that were associated to the operation were observed in 32,4 % of the patients, of which 21,1 % required revision. Complications, that were not associated to the operation occurred in 17,4 % of the patients. The rates for complications and revisions have to be regarded as high compared to the literature, though the handicapped collective (old patients, high ASA-Score, high incidence of besides disease and high number of patients with tumour and spondylodiscitis) can be seen as reason therefore. The collective of patients was split into 104 single-staged and 143 two-staged operated patients and matched trough a Matched Pair Analysis comparing 64 pairs. Statistically significant was the prolonged hospitalisation of the patients, who underwent two-staged surgery and the higher postoperative pain scale und higher incidence of loosening of the implant in the single-staged group.

The present study shows that the single and two-staged procedures are both safe and well applicable procedures to stabilise the thoracolumbar spine for the aetiologies present in this study. Moreover, they leaded to improvement of neurological status, status of mobility and pain status being reassessed over a period of averaging 16 months. In the absence of contraindications, a single-staged procedure should be preferred for shorter hospitalisation and the perspective of faster mobility.