

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR NEUROCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. NILS OLE SCHMIDT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

INZIDENZ INTERNISTISCHER UND CHIRURGISCHER
KOMPLIKATIONEN BEI ELEKTIVEN EINGRIFFEN
AN DER LUMBALEN WIRBELSÄULE

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
DER MEDIZIN

DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

VORGELEGT VON
HANNAH WERLE

2021

AUS DEM LEHRSTUHL
FÜR NEUROCHIRURGIE
DIREKTOR: PROF. DR. NILS OLE SCHMIDT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

INZIDENZ INTERNISTISCHER UND CHIRURGISCHER
KOMPLIKATIONEN BEI ELEKTIVEN EINGRIFFEN
AN DER LUMBALEN WIRBELSÄULE

INAUGURAL-DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DES DOKTORGRADES
DER MEDIZIN

DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

VORGELEGT VON
HANNAH WERLE

2021

DEKAN:

PROF. DR. DIRK HELLWIG

1. BERICHTERSTATTER:

PROF. DR. KARL-MICHAEL SCHEBESCH

2. BERICHTERSTATTER:

PD DR. MARTIN KIENINGER

TAG DER MÜNDLICHEN PRÜFUNG:

14. OKTOBER 2021

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung, Fragestellung und Hintergrund	5
1.1	Operationen an der Wirbelsäule – aktuelle Aspekte	5
1.2	Fragestellung	6
1.3	Indikationen für elektive Eingriffe an der lumbalen Wirbelsäule.....	7
1.3.1	Bandscheibenprolaps	7
1.3.2	Spinalkanalstenose	8
1.3.3	Spondylolisthese	10
1.4	Operatives Vorgehen	11
1.4.1	Bandscheibenprolaps	11
1.4.2	Spinalkanalstenose	11
1.4.3	Spondylolisthese	12
1.5	Postoperative Komplikationen	13
1.5.1	Chirurgisch.....	13
1.5.2	Internistisch.....	17
2	Material und Methoden	23
2.1	Studiendesign und Patientenkollektiv	23
2.1.1	Ein- und Ausschlusskriterien	23
2.1.2	Aufgenommene Parameter.....	23
2.2	Ethikvotum.....	26
2.3	Statistische Analyse	26
3	Ergebnisse.....	28
3.1	Patientenkollektiv	28
3.1.1	Alters- und Geschlechterverteilung	28
3.1.2	Indikation und Lokalisation	31
3.1.3	Vorerkrankungen	39

3.1.4	OP-Dauer	42
3.1.5	Komplikationen.....	44
3.1.6	Intensivstationärer Aufenthalt.....	46
3.1.7	Analyse von Risikofaktoren und Komplikationen.....	47
4	Diskussion	52
4.1	Risikofaktoren.....	52
4.1.1	Alter	52
4.1.2	Geschlecht.....	54
4.1.3	Indikation und Lokalisation	54
4.1.4	OP-Dauer	57
4.1.5	Vorerkrankungen	58
4.2	Komplikationen.....	60
4.2.1	Chirurgische Komplikationen.....	60
4.2.2	Internistische Komplikationen	64
4.3	Limitationen.....	68
5	Zusammenfassung	70
	Literaturverzeichnis.....	72
	Abbildungsverzeichnis	82
	Tabellenverzeichnis.....	84
	Danksagung	
	Eidesstattliche Erklärung	
	Lebenslauf	

1 EINLEITUNG, FRAGESTELLUNG UND HINTERGRUND

1.1 OPERATIONEN AN DER WIRBELSÄULE – AKTUELLE ASPEKTE

Rückenleiden und insbesondere degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule stellen ein wachsendes Problem in der immer älter werdenden Bevölkerung dar [2, 3]. Nach Erkältungen sind Schmerzen im Rücken in Deutschland der zweithäufigste Grund für die Vorstellung beim Arzt [4]. Als Risikofaktoren für die Entstehung chronischer Rückenschmerzen werden unter anderem höheres Lebensalter, weibliches Geschlecht, Adipositas, Depression und ein niedriger sozioökonomischer Status angenommen [2, 5, 6].

Die Lebenszeitprävalenz für relevante Lumboischialgien liegt für Menschen in industrialisierten Ländern bei ca. 40% [7], für unspezifische Rückenschmerzen sogar bei 80% [4, 8]. Mit der Prävalenz von Rückenschmerzen steigt auch die Zahl der chirurgischen Eingriffe an der Wirbelsäule, insbesondere der Spondylodesen und Dekompressionen, stetig an [2, 7, 9-11]. In den USA nahm die Zahl der Operationen an der lumbalen Wirbelsäule zwischen 1997 und 2005 um 157% zu, in Deutschland stieg die Zahl der Wirbelsäuleneingriffe bei über 65-jährigen zwischen 2005 und 2010 um 162% [2, 7].

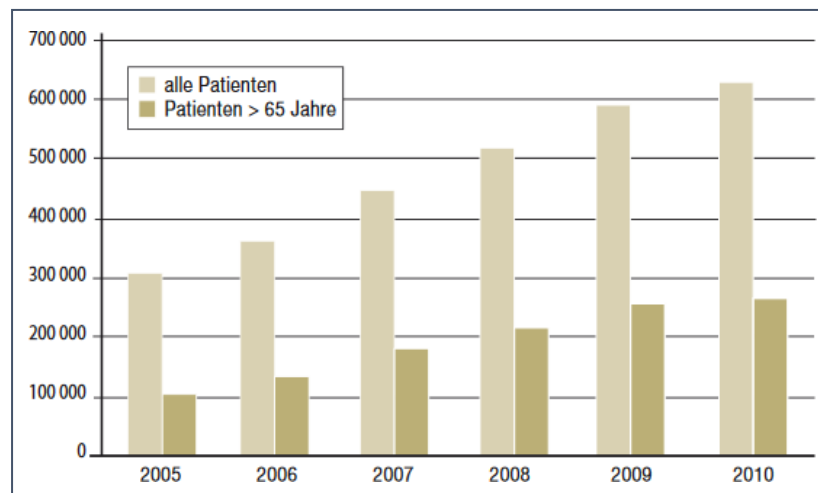


Abbildung 1: Anzahl der Wirbelsäulenoperationen in Deutschland (2005-2010) [7].

Hier zeigt sich auch die sozioökonomische Relevanz von Erkrankungen des unteren Rückens: die Zahl der Menschen, die chronische Rückenschmerzen als Hauptgrund bei der Beantragung einer Erwerbsunfähigkeitsrente angaben, stieg in der gleichen Zeit von 16% auf 25%. In Deutschland stehen sie damit nach psychischen Erkrankungen an zweiter Stelle. In der Rangliste der Krankheiten mit den längsten Erwerbsunfähigkeitszeiten lagen sie im Jahr 2010 sogar

auf Platz 1 [12]. 15% der Krankschreibungen entfallen auf Rückenschmerzen [8, 13] - pro Jahr verursachen sie damit allein in den USA etwa 149 Mio. Krankheitstage [14]. Die durch Rückenschmerzen verursachten indirekten Kosten durch Arbeitsunfähigkeit und Produktionsausfälle belaufen sich jährlich auf 16-22 Milliarden Euro [15]. 2008 entfielen in Deutschland 135.000 verlorene Erwerbstätigkeitsjahre auf die Diagnose der unspezifischen Rückenschmerzen, also solche, die nicht durch Frakturen, Entzündungen, rheumatoide Arthritis, Tumoren oder Osteoporose bedingt sind [12, 15].

Zu den wichtigsten Gruppen degenerativer Wirbelsäulenerkrankungen der Lendenwirbelsäule (LWS) gehören der lumbale Bandscheibenprolaps, die Spinalkanalstenose und die degenerative Spondylolisthese. Da diese Erkrankungen zentraler Bestandteil der vorliegenden Studie sind, werden im Folgenden entsprechende Indikationen und Operationsverfahren näher beleuchtet. Anschließend werden wichtige Aspekte häufiger intra- und postoperativer Komplikationen zusammengefasst, welche in der Wirbelsäulen Chirurgie auftreten können und deren Inzidenzen und Risikofaktoren in der vorliegenden Studie untersucht wurden.

1.2 FRAGESTELLUNG

Dauer und Erfolg der Rehabilitation von Patienten, die aufgrund von degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule operiert werden, hängen unter anderem vom Auftreten postoperativer Komplikationen ab [16]. Dies ist durch verschiedene Faktoren bedingt, bei denen sowohl Charakteristika des Patienten, als auch die Art und Durchführung der Operation eine Rolle spielen [11]. Mit den steigenden OP-Zahlen und der veränderten Altersstruktur der Bevölkerung kommt der Evaluation von Risikofaktoren mehr Bedeutung zu [17]. Die vorliegende Studie soll dazu beitragen, die Risikoevaluation vor elektiven Operationen an der Wirbelsäule zu erleichtern, indem sie die Inzidenz und Risikofaktoren internistischer sowie chirurgischer Komplikationen näher beleuchtet und gleichzeitig zur Qualitätssicherung beitragen, indem sie Aufschluss über Art und Häufigkeit von Komplikationen bei Standardeingriffen der spinalen Neurochirurgie gibt.

1.3 INDIKATIONEN FÜR ELEKTIVE EINGRIFFE AN DER LUMBALEN WIRBELSÄULE

1.3.1 BANDSCHEIBENPROLAPS

Bei einem Bandscheibenprolaps handelt es sich um das Austreten von Gewebe des gallertartigen Kerns der Bandscheibe (Nucleus pulposus) durch den umgebenden Faserring (Anulus fibrosus) mit konsekutiver Irritation oder Kompression der Spinalnerven, Spinalnervenwurzel oder der Cauda equina [15]. Der Grund dafür sind in den meisten Fällen degenerative Veränderungen im Faserring, die zu Rissen im Gewebe führen. Nur selten ist ein Bandscheibenprolaps traumatisch bedingt.

Zwar sind Bandscheibenvorfälle in nur ca. 5% der Fälle für isolierte Rückenschmerzen verantwortlich, jedoch sind sie mit Abstand der häufigste Grund für radikuläre Schmerzen. Schätzungsweise sind ca. 5% der Männer und 2,5% der Frauen im Laufe ihres Lebens mindestens einmal davon betroffen [1]. Am häufigsten sind Menschen im mittleren Lebensalter zwischen 46 und 55 Jahren davon betroffen [15].

Das klinische Bild ist abhängig von Lokalisation und Art des Bandscheibenvorfalles. Sie können intraspinal, intraforaminal oder extraforaminal auftreten und somit unterschiedliche Symptome hervorrufen, obgleich sie von derselben Etage ausgehen. Bei isolierten medialen Bandscheibenvorfällen kommt es häufig nur zu eher unspezifischen Symptomen mit einem regionalen Schmerzsyndrom, Klopfschmerz über der Wirbelsäule und Myogelosen [1], welche oft nicht mit dem Ausmaß der Kompression des Rückenmarks korrelieren [18]. Das typische Bild von ins Bein ausstrahlenden radikulären Schmerzen sowie dermatombezogenen Kribbelparästhesien zeigt sich typischerweise beim lateralen Prolaps. Am häufigsten sind die Segmente LW (Lendenwirbel) 4/5 und LW 5/S1 betroffen [1]. Diagnostisches Mittel der Wahl ist die lumbale MRT [19].

Zwischen 70% und 90% der symptomatischen Bandscheibenvorfälle können durch eine nicht-chirurgische Therapie mit Analgetika, Antiphlogistika, Physiotherapie, lokalen Injektionsverfahren und physikalischen Maßnahmen suffizient behandelt werden [15]. Die Indikation zur Operation wird bei anhaltenden Schmerzen trotz konservativer Therapie sowie bei progredienten neurologischen Defiziten gestellt [20]. Zeigt sich nach 6-8 Wochen nach Beginn der konservativen Behandlung keine deutliche Besserung, sollte eine Operation angestrebt werden [15, 21]. Nygaard et al. zeigten eine signifikante Verbesserung des Outcomes bei Patienten, die be-

reits innerhalb von 6 Monaten nach Symptombeginn eine operative Behandlung erhielten gegenüber solchen, bei denen die OP erst nach mehr als einem halben Jahr erfolgte [22]. Zum Notfall wird ein Bandscheibenprolaps, wenn es zum sogenannten Kaudasyndrom kommt, bei dem eine Kompression des Rückenmarks kaudal des Segmentes S2 zu Blasenentleerungsstörungen, Stuhlinkontinenz sowie zu Sensibilitätsausfällen im Bereich der Innenseite der Oberschenkel, einer sogenannten „Reithosenparästhesie“ führt [23]. Treten diese Symptome auf, ist die absolute Indikation zu einer sofortigen operativen Therapie gegeben, um unwiderrufliche Nervenschädigungen zu verhindern [19]. Nur 5% der Bandscheibenoperationen entfallen auf derartige Notfalloperationen, demnach erfolgen 95% der Eingriffe elektiv [15].

1.3.2 SPINALKANALSTENOSE

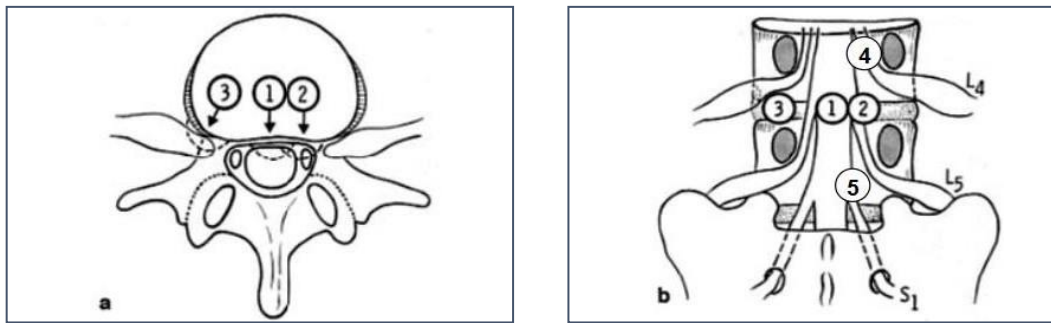


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Beziehung zwischen Lokalisation eines Bandscheibenvorfalles L4/5 und neuraler Kompression (a: transversaler Schnitt, b: dorsale Ansicht) Während ein medialer Vorfall bei L4/5 (Position 1) den Dural Schlauch und tiefer abgehende Nervenwurzeln komprimiert, irritiert ein mediolateraler Vorfall (Position 2) die L5-Wurzel. Ein nach intra- oder extraforaminal verlagerter Vorfall (Position 3) wird die L4- Wurzel komprimieren. Diese kann auch durch einen weit nach kranial verlagerten Vorfall (Position 4) geschädigt werden. In seltenen Fällen kommt es zu einer Kompression der S1- Wurzel, wenn der Vorfall weit nach kaudal disloziert (Position 5) [1].

Bei der Spinalkanalstenose kommt es durch Hypertrophie von Bändern und knöchernen Strukturen der Wirbelsäule zu einer Einengung des Spinalkanals. Diese ist meist durch eine, primär durch eine Bandscheibenprotrusion ausgelöste, Instabilität und Höhenminderung des Segments bedingt, die zur konsekutiven Zusammenfaltung der Ligamenta flava, belastungsbedingten Hypertrophie der Wirbelgelenke und Bänder sowie zu osteophytären Anbauten am Wirbel führt [19]. Die Inzidenz der Spinalkanalstenose hat in den letzten Jahren aufgrund des demografischen Wandels mit einem höheren Anteil älterer Menschen exponentiell zugenommen und gehört zu den häufigsten Diagnosen in neurochirurgischen Kliniken [15].

Bereits bei mehr als einem Fünftel der über 60-jährigen lässt sich eine Verengung des Wirbelkanals kernspintomographisch feststellen [3, 4]. Diese ist nicht immer symptomatisch, weshalb die Bildgebung isoliert in der Diagnostik eine eher untergeordnete Rolle spielt. Vielmehr wird die Indikation zur Therapieeinleitung durch Vorhandensein des typischen klinischen Bildes gestellt, welches vor allem durch die kompressionsbedingte Nervenreizung hervorgerufen wird [24]. Durch Einengung des Rückenmarks im Spinalkanal kommt es zur sog. Claudicatio spinalis, die durch charakteristische intermittierende, meist pseudoradikuläre Schmerzen und Kribbelparästhesien in der unteren Extremität gekennzeichnet ist. Auch vegetative Störungen können auftreten. Die Beschwerden werden meist als über viele Jahre progredient beschrieben [15]. Im Gegensatz zum vaskulär bedingten Claudicatio-Phänomen, welches ebenfalls durch eine Gehstreckenminderung und Schmerzen in den Beiden gekennzeichnet ist, sistieren die Beschwerden nicht durch Entlastung, sondern durch Einnahme einer entlordosierten Körperhaltung, wie z.B. typischerweise beim Fahrradfahren [7]. Halten diese Symptome auch unter einer multimodalen konservativen Therapie mehr als 3 Monate an, kann die Indikation zur OP gestellt werden. Auch hier geben hochgradige neurologische Defizite sowie das Kauda-Syndrom dringenden Anlass zur sofortigen chirurgischen Intervention [24].

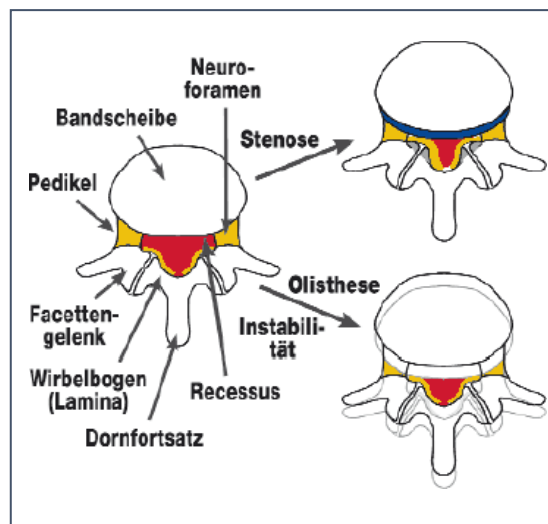


Abbildung 3: Schematische axiale Darstellung der degenerativen Veränderungen an der Lendenwirbelsäule. Durch Bandscheibenprotrusion (blau), Facettenhypertrophie (grau) und Hypertrophie beziehungsweise Auffaltung des Ligamentum flavum (gelb) kommt es zur Einengung des Spinalkanals (rot). Je nach Lokalisation resultiert auch eine Einengung des Recessus und/oder der Neuroforamina (orange). Ein Wirbelgleiten (Olisthese) oder eine Instabilität können ebenso zu einer Einengung des Spinalkanals und speziell der Neuroforamina führen [3].

1.3.3 SPONDYLOLISTHESE

Der Begriff Spondylolisthese setzt sich zusammen aus den griechischen Worten „spondylos“ (Wirbelkörper) und „olisthesis“ (Gleiten). Dabei beschreibt die Olisthesis ein Abgleiten des Wirbels unabhängig von der Richtung. Die häufigste Form, die Verschiebung nach ventral, wird als Spondylolisthese bezeichnet. Sie kann als Folge degenerativer Veränderungen des Segments, ausgedehnter Operationen oder einer sog. Spondylolyse, einer Spaltbildung im Bereich der Pars interarticularis des Wirbelbogens, auftreten [15, 25].

Die Einteilung des Schweregrads erfolgt in der seitlichen Röntgenaufnahme nach Meyerding, wobei das Ausmaß der ventralen Verschiebung in Relation zum darunter liegenden Wirbelkörper angegeben wird. So kommt es bei Grad I nach Meyerding zu einem Versatz der Hinterkante eines abgeglittenen Wirbels um bis zu 25% der Fläche des kaudal davon gelegenen Wirbelkörpers, bei Grad II 50% und bei Grad III nach Meyerding um bis zu 75% [15].

Das Phänomen des Wirbelgleitens kann unterschiedliche Ursachen haben. Es werden sechs Formen unterschieden. Sowohl beim dysplastischen, als auch beim isthmischen Typ, welchem eine starke Beanspruchung der Lendenwirbelsäule bei anhaltender Hyperextensionsbelastung, wie z.B. beim Kunstturnen, vorausgeht, wird eine kongenitale Komponente angenommen [26]. Der traumatischen Form liegt eine Fraktur des Wirbels außerhalb der Interartikularportion zugrunde, während bei der pathologischen Form eine Knochendestruktion durch eine generalisierte Skeletterkrankung ursächlich ist. Eine postoperative Spondylolisthese tritt oftmals nach ausgedehnten Dekompressionen auf [26].

Bei der degenerativen Form kommt es durch Höhenminderung der Bandscheibe und zunehmende Degeneration der Facettengelenke zu einer Erschlaffung des Kapsel-Band-Apparats und somit zu einer fortschreitenden Instabilität des Segments. Eine zusätzliche Fehlstellung der Gelenkachse im Sinne einer Sagittalisierung begünstigt unter diesen Umständen das Abgleiten eines Wirbels [15, 26]. Kommt es zu einer Ventralverschiebung des gesamten Wirbels einschließlich des Bogens und der Fortsätze ohne das Vorliegen eines Kontinuitätsdefekts, so spricht man von degenerativer oder Pseudospondylolisthese [25]. Die Prävalenz liegt für Frauen bei etwa 8,5%, bei Männern etwa 2,7%. Das Segment LW 4/5 ist dabei am häufigsten betroffen [15].

Bei der Frage nach einer OP-Indikation spielt bei Erwachsenen weniger der Grad der Verschiebung als vielmehr die Ausprägung des klinischen Erscheinungsbildes eine Rolle. Bei anhaltenden Schmerzen, neurologischen Komplikationen, wie einer radikulären Symptomatik, oder einem progredienten Abgleiten des Wirbels wird eine chirurgische Intervention in Erwägung gezogen [27].

1.4 OPERATIVES VORGEHEN

1.4.1 BANDSCHEIBENPROLAPS

Das Standardverfahren zur chirurgischen Therapie bei lumbalen Bandscheibenvorfällen ist die mikrochirurgische Diskektomie über einen interlaminären Zugang. Hierbei handelt es sich um einen der häufigsten Eingriffe der Neurochirurgie überhaupt. Die Dauer der OP beträgt je nach Erfahrung des Operierenden 45- 120 Minuten. Der Patient wird in Bauchlage unter Aussparung des Abdomens gelagert. Unter Allgemeinanästhesie erfolgt ein 2-3cm langer Hautschnitt mit anschließender Eröffnung der Fascia thoracolumbalis und Abpräparation der Rückenstrecker-muskulatur. Nach Einsetzen eines Retraktors wird das Ligamentum flavum eröffnet. Nach eventueller Resektion hypertrophierter Gelenkanteile wird die Nervenwurzel dargestellt. Der Vorfall wird palpiert und mobilisiert, anschließend wird der Sequester unter Schonung der nervalen Strukturen entfernt. Es folgt die Inspektion des Bandscheibenfachs und gegebenenfalls dessen Ausräumung. Abschließend werden eventuelle Blutungen koaguliert und der Situs mit Kochsalzlösung gespült. Das Blutungsrisiko ist insgesamt eher gering, da keine großen Gefäße angrenzen. Es wird im Rahmen des Eingriffs eine Single- Shot- Antibiose, beispielsweise ein Cephalosporin, verabreicht. Eine Therapie mit Cortison ist lediglich zur PONV- Prophylaxe angezeigt. Erfolgt der Eingriff elektiv, so wird eine Risikoeinstufung nach ASA-Score (American Society of Anesthesiologists) und Prämedikation durch die Anästhesiologie vorgenommen. Im Anschluss an die Operation folgt eine Überwachung im Aufwachraum, ein Monitoring ist in der Regel nicht notwendig [15].

1.4.2 SPINALKANALSTENOSE

Ziel der Operation ist die Entfernung einengender Strukturen unter größtmöglichem Erhalt der Segmentstabilität. Ein mögliches Verfahren zur Dekompression ist die mikrochirurgische Hemilaminektomie. Ihr Vorteil besteht in einem besseren Stabilitätserhalt durch Schonung des

kontralateralen Bandapparats sowie der dorsalen Zuggurtung [7]. Der Zugang erfolgt unter Allgemeinanästhesie über einen ca. 5 cm langen Hautschnitt mit anschließender Eröffnung der Fascia thoracolumbalis. Die Rückenstrecker Muskulatur wird präpariert und die Ansätze durchtrennt, um die Lamina, den Teil des Wirbelbogens zwischen Quer- und Dornfortsatz, darzustellen, welche daraufhin einseitig abgetragen wird. Oftmals ist aufgrund der, aus einer Instabilität resultierenden, Genese der Spinalkanalstenose mit gleichzeitigem Vorliegen einer degenerativen Spondylolisthese, eine zusätzliche Stabilisierung des Segments erforderlich. Auch im Rahmen dieses Eingriffs kommt es selten zu Blutungen. Die Risikoeinstufung wird im Vorfeld nach ASA-Score vorgenommen, bei elektiven Eingriffen erfolgt die Prämedikation durch die Anästhesiologie. Perioperativ wird eine Single- Shot- Antibiose verabreicht. Postoperativ wird der Patient im Aufwachraum überwacht [15].

1.4.3 SPONDYLOLISTHESE

Wirbelfusionen oder Spondylodesen dienen zur Versteifung von Wirbelsäulensegmenten. Es gibt verschiedene ventrale und dorsale Verfahren, wie die ALIF (anterior lumbar interbody fusion) oder PLIF (posterior lumbar interbody fusion). Moderne Fusionstechniken der LWS basieren zum größten Teil auf einer Verwendung von Instrumentation wie Fixateur interne, Platte-Schrauben-Systeme oder Stab-Schrauben-Systeme. Dies gewährleisten eine raschere postoperative Mobilisierung des Patienten. Bei dorsalen Fusionstechniken haben sich Schrauben-Stab-Systeme gegenüber anderen Instrumentierungen durchgesetzt. Hierbei werden die Pedikel unter Resektion der äußeren unteren Gelenkanteile freipräpariert und mit einem Schraubenkanal versehen, in den die Schrauben anschließend eingedreht werden. Ein Stab verbindet die Pedikelschrauben des oberen mit der des unteren Segments und sorgt so für Stabilisierung. Das Bandscheibenfach wird ausgeräumt und ein spongiosagefülltes Cageinterponat eingesetzt, welches im weiteren Verlauf eine Verknöcherung der Segmente gewährleistet. Bereits aufgrund der großen Menge eingebrachten Fremdmaterials, jedoch auch wegen einer im Durchschnitt längeren OP-Dauer von meist 3 bis 4 Stunden und der häufig onkologischen Ätiologie, ist die Spondylodese deutlich risiko- und komplikationsreicher. So kommt es deutlich häufiger zu Schädigungen der Dura oder der Nervenwurzeln. Auch der Blutverlust ist im Vergleich zu den oben genannten Eingriffen höher, sodass Transfusionen oder maschinelle Autotransfusionen nötig werden können. Meist ist die Einlage zweier subfaszialer Drainagen notwendig. Eine antibiotische Therapie erfolgt aufgrund der höheren Gefahr einer Sepsis häufig über deutlich längere Zeit-

räume als bei der Diskektomie oder Laminektomie. Selten muss eine postoperative Überwachung auf Intensivstation stattfinden. Die Durchführung des Eingriffs bleibt erfahrenen Operateuren vorbehalten [15].

1.5 POSTOPERATIVE KOMPLIKATIONEN

Je invasiver der Eingriff, desto größer ist das Risiko für Komplikationen und lebensbedrohliche Zwischenfälle. Dies trifft auch auf die Wirbelsäulenchirurgie zu [11]. Die Entwicklung minimalinvasiver Techniken hat dazu beigetragen, dass die Komplikationsraten insgesamt zurückgingen [28, 29]. Die überwiegende Zahl der Eingriffe an der lumbalen Wirbelsäule entfällt auf Bandscheibenvorfälle, gleichzeitig haben diese vergleichsweise die geringste Rate an Komplikationen. Zahlreichere und schwerwiegendere Komplikationen treten bei komplexen Spondylodesen auf – ein Eingriff, der, genauso wie Dekompressionen bei Spinalkanalstenosen, in den letzten Jahren immer häufiger durchgeführt wurde [11, 30]. Intra- und postoperative Komplikationen korrelieren mit Alter, OP-Dauer und Komorbiditäten, drei Faktoren, die gerade bei den oben genannten Eingriffen von prognostischer Bedeutung sind, da das Durchschnittsalter der Patienten hier höher ist [17, 28]. Mit den steigenden OP-Zahlen und der veränderten Altersstruktur der Bevölkerung kommt der Evaluation von Risikofaktoren mehr Bedeutung zu [17].

Komplikationen können qualitativ in chirurgisch, internistisch und neurologisch unterschieden werden. Die häufigsten chirurgischen Komplikationen sind Verletzungen der Dura und Infektionen im Operationsgebiet [31-33]. Internistische Komplikationen sind oftmals thrombotischer Genese, wie tiefe Beinvenenthrombose (TVT) oder Lungenarterienembolie, oder infektiöser Natur wie Pneumonien oder Harnwegsinfekte [32]. Neurologische Komplikationen wie neu auftretende Schmerzen, motorische Schwäche oder Radikulopathien treten zu etwa 9% nach Eingriffen an der lumbalen Wirbelsäule auf [34].

1.5.1 CHIRURGISCH

Nachblutung

Bei postoperativ neu auftretenden neurologischen Defiziten sollte immer ein spinales Epiduralhämatom (SEH) ausgeschlossen werden. Klinisch machen sich diese Patienten durch etwa 1,5-5 h nach OP-Ende auftretende segmentale Schmerzen bemerkbar, gefolgt von uni- oder bilateralen sensorischen und motorischen Defiziten [35]. Risikofaktoren für das Auftreten einer Nachblutung sind hohes Alter, eine lange OP-Dauer, Eingriffe über mehrere Segmente, sowie

präoperativ niedriges Hämoglobin, Koagulopathien und postoperativer INR >2 [36, 37]. Bei Verdacht auf ein epidurales Hämatom ist eine sofortige Revisionsoperation angezeigt, da sonst die Gefahr irreversibler Lähmungen oder permanenter Sphinkterdysfunktion gegeben ist. Das Risiko für kompressive SEH hängt stark von der Art der Operation ab und variiert laut Cabana et al. in der Literatur von 1-2 pro 1000 bis 3-6 pro 100 Operationen [35, 152].

Materialfehlfrage

Fehlplatzierte oder gelockerte Pedikelschrauben können die Stabilität der Wirbelsäule gefährden, epidurale Blutungen und Bandscheibenläsionen verursachen und in seltenen Fällen (ca. 1%) zu Verletzungen von Spinalnerven führen [38, 39]. Die Häufigkeit einer Schraubenfehlplatzierung durch den Operateur wird in Deutschland mit 10%, im amerikanischen Raum sogar mit 30% angegeben. Gute anatomische Kenntnisse, sorgfältige präoperative Planung und eine ausreichende röntgenologische Kontrolle sind unerlässlich, um solche Materialdislokationen zu vermeiden. Computergestützte Navigationstechniken konnten bei einzelnen Prozeduren eine signifikante Verbesserung der Fehllageraten erzielen, haben sich jedoch noch nicht flächendeckend durchgesetzt und werden innerhalb der Fachgesellschaften kontrovers gesehen [15, 39]. Nicht immer sind Fehllagen operationstechnisch bedingt. Auch Materialermüdung oder erhöhte biomechanische Belastung, beispielsweise durch unvollständige Stabilisierung eines Segments können für Schraubenlockerungen oder -brüche verantwortlich sein [39].

Duraverletzung

Ein intraoperativer Einriss der Dura gehört zu den häufigsten Komplikationen in der spinalen Chirurgie. In der Literatur variieren die Angaben zur Häufigkeit unbeabsichtigter Durotomien bei spinalen Eingriffen zwischen 0,07% und 17%. Eine prospektive Studie von Tafazal et al. bei 1.549 Patienten in Großbritannien ergab Raten zwischen 3,5% und 13,2%. Bei Revisionsoperationen war das Risiko am höchsten [33, 159]. Durch die reaktive cerebrale Vasodilatation sowie den Abfall des Liquordrucks und den dadurch zustande kommenden Zug auf schmerz sensible Strukturen, kann es bei Patienten zu Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen und Schwindel kommen [40, 41]. Mit einer Duraverletzung können auch schwerwiegendere Folgekomplikationen wie Pseudomeningocelen, Liquorfisteln oder Meningitiden assoziiert sein [33, 153]. Wird der Duradefekt perioperativ erkannt und verschlossen, beispielsweise mit Fibrinkleber oder einem Faszienpatch, sind die postoperative Morbidität nicht erhöht und das Outcome

nicht schlechter [15, 42]. Bei fehlenden Symptomen kann nach einer intraoperativen Defektschließung auch auf die konservative Therapie von bis zu sieben Tagen Bettruhe verzichtet werden [40].

Transfusion von Erythrozytenkonzentraten

Die Transfusion von Blutprodukten unterliegt strengen Richtlinien, welche seit 1998 im Transfusionsgesetz festgehalten werden. Die Indikation zur Transfusion von Erythrozytenkonzentraten (EK) wird nach aktuellen Empfehlungen bei einer Hämoglobinkonzentration von $<6,0$ g/dl gestellt, sofern die kardialen Kompensationsmechanismen des Patienten gewährleistet sind. Liegen eine eingeschränkte Kompensation oder Zeichen einer anämischen Hypoxie vor, so wird bereits bei einem Hämoglobin zwischen 6 und 10 g/dl transfundiert [43]. Bei Fieber oder Sepsis kann eine Transfusion auch schon bei Hämoglobinwerten >10 g/dl sinnvoll sein. Die wichtigsten Risiken einer Bluttransfusion sind Volumenüberlastung, Fehltransfusion sowie bakterielle und virale Infektion. Eine Hypervolämie ist vor allem bei Säuglingen und Patienten mit kardialer Vorerkrankung relevant; hier kann es zu Lungenödem kommen [44]. Bei einer von 6.000-80.000 Transfusionen kommt es zu einer AB0-Unverträglichkeit, in einer von 250.000-600.000 verläuft diese tödlich [45]. Die Gefahr der Übertragung von Infektionskrankheiten wie HIV oder Hepatitis ist durch eine sorgfältige Spenderselektion sowie Labortestungen der Blutprodukte stark zurückgegangen. Zur Übertragung bakterieller Erreger kann es durch Keimvermehrung während der Lagerung der Blutprodukte kommen. Sie ist bei der Transfusion von Thrombozytenkonzentraten wegen der Lagerung bei höheren Temperaturen stärker ausgeprägt [44]. Auch die immunologisch vermittelte TRALI (Transfusion Associated Lung Injury), die wegen ihres oft verzögerten Auftretens und ihrer Ähnlichkeit zum ARDS (Acute Respiratory Distress Syndrome) häufig nicht erkannt und deshalb inadäquat behandelt wird, tritt hauptsächlich bei der Gabe von Thrombozytenkonzentraten auf, spielt aber auch bei der Transfusion von EK eine Rolle [46].

Infektion

Infektionen im OP-Gebiet treten nicht selten nach Wirbelsäuleneingriffen auf und werden zum größten Teil durch *Staphylokokkus aureus* hervorgerufen, gefolgt von Koagulase-negativen Staphylokokken [47, 48]. Die Einführung einer antibiotischen Prophylaxe konnte die Häufigkeit postoperativer Infektionen deutlich reduzieren [48, 49]. Als Risikofaktoren gelten präoperative Hyperglykämie, Übergewicht, Unterernährung, Nikotinabusus, Komorbiditäten wie Diabetes und disseminierte maligne Erkrankungen sowie ein falscher Zeitpunkt der perioperativen

Antibiotikaphylaxe [48, 50, 159]. Therapeutisch ist fast immer ein chirurgisches Debridement angezeigt, eine rein konservative Therapie wird nur in Ausnahmefällen, wie starker Immuninsuffizienz, in Betracht gezogen [48]. Lokale Infektionen sind der häufigste Grund zur Revision bei dorsaler Stabilisierung [39]. Fast nie muss eingebrachtes Fremdmaterial dabei wieder entfernt werden- bei radikalem chirurgischen Debridement und einer frühzeitigen und angemessenen, testgerechter Antibiotikagabe kann zugunsten der Stabilitätserhaltung darauf verzichtet werden [51, 52].

Wundheilungsstörung

Der Verschluss von Wunden kann primär und sekundär erfolgen: die primäre Wundheilung setzt glatte, gut adaptierte Wundränder und eine ausreichende Perfusion voraus. Die sekundäre Heilung tritt bei größeren Defekten auf, welche langsam mit Granulationsgewebe aufgefüllt werden. Ziel der chirurgischen Naht ist immer der primäre Wundverschluss [53]. Der Prozess der gestörten Wundheilung unterscheidet sich im Wesentlichen nicht von der physiologischen - zeitliche Verzögerungen führen allerdings zu verlängerten Zwischenstadien mit dem Ergebnis qualitativ minderwertigen Granulationsgewebes [54]. Es werden septische von aseptischen Wundheilungsstörungen unterschieden. Eine weitere Einteilung differenziert bei der Entstehung intrinsische (lokale) Faktoren wie Nachblutungen, Infektionen, Fremdkörper oder mechanische Belastung im Wundgebiet von extrinsischen (systemischen) Ursachen, wie Diabetes mellitus, Adipositas, Immunsuppression, hohes Lebensalter, Tumorerkrankung oder Unterernährung [53, 54]. Pharmakologisch können Antikoagulanzen, Kortikosteroide und Immunsuppressiva ursächlich sein [154]. Hieraus ergeben sich auch die Behandlungsprinzipien: Unterstützung der Mikrozirkulation und des Immunsystems sowie chirurgisches Debridement [54]. Laut Gierhake et al. liegt die Rate der postoperativen Wundheilungsstörungen allgemein bei etwa 10-15%, unter Einbezug von Seromen, Hämatomen, Rupturen und Dehissenzen [55].

Intraoperativer Blutverlust

Mit der steigenden Zahl komplexerer Eingriffe an der lumbalen Wirbelsäule und dem höheren Alter der Patienten gewinnen auch perioperative Blutverluste in der spinalen Chirurgie zunehmend an Bedeutung. Bei älteren Patienten spielen die dünnere Periostschicht, die zunehmend osteoporotisch veränderte Knochenstruktur und arthrotische Facettengelenke, welche Osteotomien erfordern können, eine Rolle, aber auch die Einnahme von Präparaten wie nichtsteroidalen Antirheumatika, Ginseng, Gingko und Vitamin E kann zu einer erhöhten Blutungsneigung beitragen und wird von Patienten oft vergessen zu erwähnen. Art und Dauer der Operation sind

entscheidende Faktoren, die sich auf den durchschnittlichen intraoperativen Blutverlust auswirken. Ein erhöhtes Risiko findet sich bei Spondylodesen über mehrere Segmente sowie Revisions-Operationen [56]. Bei elektiven Wirbelsäuleneingriffen ist die Eigenblutspende inzwischen ein übliches Verfahren, welches die Risiken allogener Transfusionen bei größeren Blutverlusten reduziert [56, 57].

1.5.2 INTERNISTISCH

Kardial

Von den ca. 100 Mio. Erwachsenen, die sich weltweit jedes Jahr nichtkardialen Operationen unterziehen, haben etwa 900.000 perioperative kardiovaskuläre Komplikationen [58]. Diese sind der häufigste Grund für den Tod eines Patienten nach nichtkardiochirurgischen Eingriffen [59]. Da Patientencharakteristika eine große Rolle bei der Entstehung von Myokardinfarkten (MI), Herzstillstand, Arrhythmien und Herzinsuffizienz spielen, kommt der präoperativen Einschätzung patienteneigener Faktoren besondere Bedeutung zu [60, 61]. Der Revised Cardiac Risk Index, oder „Lee Index“, wird als wichtigstes Werkzeug zur präoperativen Risikoevaluation für kardiovaskuläre Ereignisse angesehen und wird als Ergänzung zur ASA-Klassifikation (American Society Of Anesthesiologists) verwendet [60]. Er berücksichtigt das Vorliegen folgender Faktoren: koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz, cerebrovaskuläre Erkrankung, insulinpflichtiger Diabetes mellitus, Niereninsuffizienz und die Art des geplanten Eingriffs [62].

Die Ätiologie perioperativer Myokardinfarkte (MI) ist noch nicht vollständig geklärt. Neben Plaquerupturen spielen bei Infarkten, die während eines operativen Eingriffs stattfinden, auch hämodynamische Ursachen eine Rolle, welche zu einem Ungleichgewicht zwischen Sauerstoffangebot und -nachfrage im kardialen Gewebe führen. Angaben zur Inzidenz perioperativer MI variieren je nachdem, welche Kriterien zur Definition des MI angewandt werden (beispielsweise EKG-Veränderungen oder Anstieg der Herzenzyme). Das Risiko von Patienten, die perioperativ einen MI erleiden, noch im Krankenhaus zu versterben, liegt bei 15-25%. Bei einem Herzstillstand liegt die Rate gar bei 65%. Zu den Strategien, einen MI zu vermeiden, zählt zum einen die prophylaktische Revaskularisation, die jedoch nur bei Hochrisikopatienten präoperativ zum Einsatz kommt, zum anderen die medikamentöse Therapie mit Betablockern, Statinen und Alpha-1-Blockern. Eine sorgfältige Überwachung des Patienten während und nach dem Eingriff ist essenziell, um ein rasches Handeln zu ermöglichen. 94% der postoperativen MI ereignen sich innerhalb der ersten 2 Tage nach dem Eingriff [58].

Arrhythmien treten postoperativ sehr häufig auf und sind mit einer erhöhten Mortalität, Morbidität und verlängerten Liegezeiten assoziiert [63]. Es werden Brady- und Tachyarrhythmien unterschieden, wobei Tachyarrhythmien in ventrikuläre und supraventrikuläre Rhythmusstörungen unterteilt werden. Supraventrikuläre Arrhythmien treten zu etwa 8% bei nichtkardiologischen Eingriffen auf, meist innerhalb der ersten 3-5 Tage nach der Operation. Die häufigste Rhythmusstörung stellt dabei das Vorhofflimmern dar.

Therapiebedürftige ventrikuläre Arrhythmien kommen nur bei etwa 1% der Patienten vor. Bradykardien treten oft als Folge einer Vagusstimulation, z.B. im Rahmen von Spinal- oder Epiduralanästhesie, Medikamentennebenwirkungen oder chirurgischer Manipulation auf [58].

Infektion

Als nosokomiale Infektionen bezeichnet man lokale oder systemische Infektionen, die kausal mit einem Krankenhausaufenthalt zusammenhängen. Sie stellen die mit Abstand häufigste Komplikation einer Krankenhausbehandlung dar. Zu einem großen Teil sind sie endogener Natur, also von körpereigenen Keimen verursacht, die in primär sterile Körperhöhlen gelangen und sind daher nicht grundsätzlich vermeidbar [45]. Exogene Infektionen jedoch werden häufig durch Krankenhauspersonal übertragen. Hierbei spielt eine adäquate Handdesinfektion sowie das Tragen von Schutzkleidung eine entscheidende Rolle [45]. In Deutschland werden nosokomiale Infektionen seit 1997 in der sogenannten KISS-Studie (Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System) dokumentiert. 2006 kam es in Deutschland zu ca. 400.000-600.000 im Krankenhaus erworbenen Infektionen, etwa 10.000-15.000 Patienten verstarben daran [64]. Auf chirurgischen Stationen sind Wund- und Harnwegsinfektionen mit jeweils 32% die häufigsten nosokomialen Infektionen, gefolgt von Pneumonien mit 14% [65]. Hiermit sind chirurgische Patienten ein Sonderfall, bei welchem der Harnwegsinfekt mit 40% die mit Abstand häufigste nosokomiale Infektion darstellt, gefolgt von Infektionen der tiefen Atemwege mit 20% [45, 66]. Auf Intensivstationen ist die Pneumonie mit 47% die häufigste Krankenhausinfektion [66]. Das Erregerspektrum variiert je nach Station und Art der Infektion. Die häufigsten Keime bei beatmungsassoziierten Pneumonien sind *Staphylokokkus aureus* und *Pseudomonas aeruginosa*, bei Harnwegskatheter-assoziierten Infektionen dominieren *Escherichia coli* und Enterokokken [67]. Multiresistente Keime spielen bei nosokomialen Infektionen eine wichtige Rolle, da es gerade im Krankenhaus durch vermehrten Kontakt zu Antibiotika zu vermehrter Resistenzbildung kommt [66].

Pneumonien können in mehrere Klassifikationen eingeordnet werden. Man unterscheidet nach dem Verlauf akute von chronischen, nach dem Erreger virale, bakterielle, mykotische von atypischen Pneumonien und nach dem Ort ambulant (community acquired = CAP) von nosokomial (hospital acquired = HAP) erworbenen Pneumonien [45]. Verschiedene Risikofaktoren wie hohes Alter, vorbestehende obstruktive Lungenerkrankungen oder sonstige Lungenschädigungen, schwere Grunderkrankungen, Diabetes mellitus, Alkoholabhängigkeit, Koma und Schock begünstigen das Auftreten von Lungenentzündungen [66]. Besonders anfällig für Pneumonien sind maschinell beatmete Intensivpatienten. Man spricht hier auch von ventilator-associated pneumonia (VAP). Sie betrifft laut einem Review der englischsprachigen Literatur von Morehead et al. bis zu 28% der Patienten, die über 48h beatmet werden müssen [68]. Der Verdacht auf eine Pneumonie wird bei neu aufgetretenen Infiltraten in der Röntgenthoraxaufnahme, Fieber $>38,3^{\circ}\text{C}$, Leukozytose $>11.000/\text{ml}$ oder Leukopenie $<3500/\text{ml}$ und gegebenenfalls Husten mit Auswurf gestellt. Eine rasche, kalkulierte Therapie mit einem Breitspektrumantibiotikum ist neben Allgemeinmaßnahmen wie Flüssigkeits- und Sauerstofftherapie, Analgesie und Thromboseprophylaxe bis zur Auswertung der Kultur aus dem Bronchialsekret angezeigt. Danach wird eine zielgerichtete, erregerspezifische antibiotische Therapie verordnet [45].

Auch Harnwegsinfekte (HWI) können je nach Ursprung in ambulant und nosokomial unterschieden werden. Während ambulant erworbene HWI oft typische Symptome wie Harndrang, Pollakisurie und Dysurie hervorrufen, ist die Diagnosestellung bei Katheter-assoziierten HWI oft weniger eindeutig. Mehr als 90% verlaufen völlig asymptomatisch. Die Aussagekraft von Urinkulturen ist sehr eingeschränkt, da eine bakterielle Besiedlung zwischen Katheteraußenfläche und Urethra häufig vorkommt, jedoch nicht zwangsläufig einen Krankheitswert besitzt. Zur Abgrenzung von Kolonisation, asymptomatischer Bakteriurie und einer Infektion der Harnwege existiert keine einheitliche Definition. Je nach Art der Ausbreitung, intra- oder extraluminal, unterscheidet sich das Erregerspektrum der Katheter-assoziierten HWI. An der extraluminalen Ausbreitung, die mit 66% die häufigere Form darstellt, sind meist endogene, grampositive Keime der Hautflora beteiligt, während bei der intraluminalen Infektion oft auch gramnegative Keime nachgewiesen werden. Auch wenn HWI vergleichsweise geringere Komplikationsraten, Verlängerungen der Liegedauer und Krankheitskosten mit sich ziehen als andere nosokomiale Infektionen, so sind sie doch der zweithäufigste Grund für Infektionen der Blutstrombahn und spielen in der Krankenhaushygiene insofern eine Rolle, als dass die dadurch vermehrte Verschreibung von Antibiotika zur Resistenzentwicklung beiträgt. Das Risiko, an

einer HWI zu erkranken, beträgt bei Kathetern, die länger als eine Woche liegen, etwa 25%. Daher ist streng darauf zu achten, dass ein Harnwegskatheter nur bei Patienten zum Einsatz kommt, bei denen eine klare Indikation besteht. Eine fachgerechte und sterile Katheteranlage ist ebenfalls essenziell [65]. Eine spontane Sanierung lässt sich in 30-50% der Fälle durch einen Katheterwechsel erzielen. Eine zielgerichtete antimikrobielle Therapie nach Antibiogramm ist nach anfänglicher Abdeckung gramnegativer Keime durch ein Breitspektrumantibiotikum bei symptomatischen HWI außerdem indiziert [66].

Thrombembolien

Unter einer tiefen Beinvenenthrombose (TVT) versteht man die partielle oder komplette Verlegung einer Leit- oder Muskelvene durch ein Blutgerinnsel. Die Risikofaktoren zur Entstehung von venösen Thrombosen sind in der sogenannten Virchow-Trias zusammengefasst: venöse Stase (veränderte Hämodynamik), Läsionen des Endothels und veränderte Blutzusammensetzung (Hyperkoagulabilität) [69]. Thrombembolien gehören zu den führenden Auslösern postoperativer Morbidität und Mortalität [70, 71]. Sie treten in der Wirbelsäulenchirurgie zu bis zu 26,5% auf, in bis zu 8% der Fälle kommt es zu einer Lungenarterienembolie. Die ohnehin recht unspezifischen klinischen Symptome einer TVT sind oft gering bis gar nicht ausgeprägt, so können Schmerzen, Schwellungen und Zyanose im Bein trotz Vorhandensein eines Thrombus fehlen [71]. Der sorgfältigen bildgebenden (Phlebographie, Duplexsonographie) und laborchemischen (D- Dimere) Beurteilung kommt daher besondere Bedeutung zu. Der D-Dimer-Test ist aufgrund seiner geringen Spezifität zum Nachweis einer Thrombose zwar nicht geeignet, ein Nichtvorliegen von D-Dimeren kann jedoch diagnostisch als Ausschlusskriterium gewertet werden [72]. Eine perioperative Behandlung mit Antikoagulantien ist mit Vorsicht zu betrachten, da diese zu vermehrtem intraoperativem Blutverlust oder postoperativen epiduralen Hämatomen führen kann [71]. Jedoch zeigten Gerlach et al. in einer Studie, dass eine frühzeitige Antikoagulation zur Thromboseprophylaxe bei Patienten mit Wirbelsäuleneingriffen kein erhöhtes Risiko postoperativer Blutungen birgt [73]. Das vorrangige therapeutische Ziel liegt vor allem in der Verhinderung lebensbedrohlicher Lungenembolien und von Spätfolgen einer TVT, wie dem postthrombotischen Syndrom. Eine Kompressionstherapie sowie eine medikamentöse Behandlung mit niedermolekularen Heparinen oder Fondaparinux in therapeutischer Dosis sind nach Diagnosestellung zügig einzuleiten. Ist eine Niereninsuffizienz bekannt, so erfolgt die Therapie mit unfraktioniertem Heparin [45].

Gelangt ein Blutgerinnsel aus der peripher-venösen in die Lungenstrombahn und führt dort zu einer partiellen oder vollständigen Verlegung einer Lungenarterie, so spricht man von einer Lungenarterienembolie (LAE). Häufig geschieht dies, wenn ein Patient nach längerer Immobilisation erstmals wieder mobilisiert wird, weshalb das Risiko für eine LAE postoperativ besonders hoch ist. Aus der Unterbrechung der Perfusion bei fortbestehender Ventilation eines Lungenareals resultieren Hypoxie und Hyperkapnie, aus der reflektorischen pulmonalen Vaso- und Bronchokonstriktion eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Rechtsherzbelastung [74]. Bei etwa 70% der Patienten mit LAE können, laut der Leitlinien für die Diagnose und das Management von akuten Lungenembolien, Thrombosen in den tiefen Beinvenen nachgewiesen werden [74, 75]. Die Inzidenz liegt in Deutschland bei ca. 60-70 Fällen pro 100.000 Einwohner und steigt exponentiell mit dem Alter [74]. Die LAE ist bei hämodynamisch relevanter rechtsventrikulärer Dysfunktion in ca. 22% der Fälle letal, bei kreislaufstabilen Patienten liegt die Letalität zwischen 2,5 und 8%. Da die Mortalität in den ersten Stunden besonders hoch ist (50-90% der Todesfälle ereignen sich innerhalb von 1-2h), kommt einer raschen Diagnosestellung besondere Bedeutung zu. Diese stellt jedoch aufgrund der unspezifischen klinischen Symptome (Dyspnoe, Thoraxschmerz, Hämoptysen, Fieber, Hypotension) eine Herausforderung dar. [45] Die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens einer LAE kann anhand des sogenannten Wells-Score abgeschätzt werden, welcher bestimmte Kriterien zur Risikoevaluation zusammenfasst (z.B. stattgehabte LAE/TVT, Neoplasie, Immobilisation). Eine Röntgenaufnahme des Thorax in zwei Ebenen, ein Elektrokardiogramm (EKG) und eine Blutuntersuchung gehören neben der klinischen Evaluation zur Standarddiagnostik. Wegen seiner hohen Spezifität und Sensitivität ist die CT-Pulmonalisangiographie (CTPA) zunehmend zur Methode der Wahl in der klinischen Routinediagnostik geworden [74]. Die Therapie ist abhängig vom klinischen Zustand des Patienten. Ziele sind bei Schocksymptomatik sowohl die hämodynamische und respiratorische Stabilisierung durch Volumen- und Sauerstoffgabe sowie gegebenenfalls Beatmung und Verabreichung von Katecholaminen als auch die Rekanalisation des verlegten Gefäßes. Dies geschieht entweder medikamentös (z.B. mit rt-PA, Streptokinase, Urokinase) oder, bei absoluter Kontraindikation gegen eine Lysetherapie, wie beispielsweise bei kürzlich stattgehabter intrakranieller Blutung, durch eine notfallmäßige Embolektomie. Des Weiteren findet eine Antikoagulation mit Heparin statt, welche in der Regel mit Cumarinen oder neuen oralen Antikoagulanzen (NOAK) zur Prophylaxe für mindestens 6 Monate weitergeführt wird [45, 74].

Nephrologisch

Das akute Nierenversagen (ANV) ist eine, innerhalb von Stunden oder wenigen Tagen auftretende, potenziell reversible Beeinträchtigung der Nierenfunktion [76]. Es tritt laut Noor et al. bei ca. 1-5% der hospitalisierten Patienten auf und ist somit keine seltene Komplikation [77]. Das Ausmaß einer Nierenschädigung kann von moderaten Einschränkungen in der Urinausscheidung und leichtem Anstieg der Retentionsparameter bis zur Notwendigkeit von Nierenersatzverfahren reichen. Deshalb wurde neben dem Begriff des akuten Nierenversagens (acute kidney failure =AKF) der Begriff der akuten Nierenschädigung (acute kidney injury = AKI) eingeführt, der bereits kleinere Veränderungen der Nierenfunktion mit beinhaltet. Seit 2004 bestehen die, von der Acute Dialysis Quality Initiative (ADQI) eingeführten, sogenannten RIFLE-Kriterien - ein Akronym der verschiedenen Stadien (Risk, Injury, Failure, Loss, und End Stage Renal Disease) zur besseren Einteilung einer Nierenfunktionsstörung. Hierfür werden sowohl die Serumkreatininkonzentration, als auch die Harnausscheidung in einem bestimmten Zeitintervall herangezogen. Diese Kriterien wurden vom Acute Kidney Injury Network (AKIN) nochmals modifiziert und verfeinert [78]. Um eine angemessene Therapie einzuleiten ist neben dem Schweregrad auch die Klärung der Erstehung von großer Bedeutung. Je nach Ursache spricht man bei Nierenversagen von prä- (niedriger renaler Perfusionsdruck aufgrund von Hypotonie, Herzinsuffizienz, Hypovolämie), intra- (primär renoparenchymatöse Erkrankungen, tubulotoxische Noxen, Thrombosen) und postrenalen (Harnleiterobstruktion) Ursachen. Im Rahmen großer Operationen spielen vor allem Schwierigkeiten beim Volumenmanagement und Nebenwirkungen von Narkotika eine Rolle [45, 76]. Nach kardiochirurgischen Eingriffen ist das Risiko postoperativen Nierenversagens besonders hoch, vor allem nach dem Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine kommt es vermehrt zu nephrologischen Komplikationen [79]. Therapeutische Basismaßnahme ist eine adäquate Flüssigkeitstherapie unter Bilanzierung und Einbezug möglicher kardialer Beeinträchtigungen des Patienten. Außerdem muss sofort die Absetzung nephrotoxischer Medikamente erfolgen. Die zusätzliche Gabe von Diuretika wie Mannitol oder Furosemid stellt eine unterstützende Maßnahme zur Volumenregulation dar, hat aber keine renoprotektive Wirkung und kann bei schwerer struktureller Nierenschädigung sogar eine zusätzliche Verschlechterung hervorrufen [80]. Nierenersatzverfahren wie die Hämodialyse kommen bei schweren Elektrolytentgleisungen und Azidosen, symptomatischen Urämien, Intoxikationen oder Volumenüberlastung zum Einsatz [76].

2 MATERIAL UND METHODEN

2.1 STUDIENDESIGN UND PATIENTENKOLLEKTIV

2.1.1 EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN

Einbezogen wurden retrospektiv erhobene Daten aller Patienten, die im Zeitraum von Januar 2009 bis einschließlich Oktober 2014 in der Klinik für Neurochirurgie des Uniklinikums Regensburg aufgrund eines Bandscheibenprolaps, einer Spinalkanalstenose oder einer Spondylolisthese der LWS erstmals elektiv operiert wurden. Alle Patienten die zwar eine dieser Diagnosen, jedoch eine ausschließlich konservative Behandlung erhalten hatten, wurden ausgeschlossen. Ebenfalls nicht aufgenommen wurden Patienten mit infektiösen, malignen oder traumatisch bedingten Wirbelsäulenerkrankungen. Auch die Indikation für eine Notoperation stellte ein Ausschlusskriterium dar. Hieraus ergab sich ein Kollektiv von 1244 Patienten.

Aus dem oben genannten Kollektiv wurden 93 Patienten identifiziert, bei welchen 115 entweder internistische oder chirurgische Komplikationen aufgetreten waren. Diese Patienten wurden in die Studiengruppe aufgenommen und hinsichtlich weiterer Prädiktoren untersucht. Nicht mitberücksichtigt wurden bei Revisionsoperationen aufgetretene chirurgische und internistische Komplikationen.

Für die Erstellung der Kontrollgruppe wurden aus logistischen und zeitökonomischen Gründen nicht die Daten des gesamten übrigen Patientenkollektivs erhoben. Stattdessen wurden alle Patienten, die im zufällig gewählten Zeitraum vom 05.02.2014 bis 16.10.2014 operiert wurden und bei denen keine Komplikationen aufgetreten waren (n=103), als Kontrollgruppe herangezogen.

2.1.2 AUFGENOMMENE PARAMETER

Zur Erstellung der Liste aller Patienten mit oben aufgeführten OP-Indikationen wurde die Onlinedatenbank der OP-Pläne der neurochirurgischen Klinik aus den Jahren 2009 bis 2014 herangezogen. Die Verschlüsselung erfolgte anhand der SAP-Patienten-ID. Sämtliche Patienten mit den ICD-10 Diagnosen M51.1, M51.2 (lumbaler Bandscheibenvorfall), M48.06 (lumbale Spinalkanalstenose), M53.26, M55.27 (lumbale Instabilität) und M43.16, M43.17 (lumbale

Spondylolisthese) wurden in der Liste aufgeführt. Zur Erhebung der Daten dienten die im Softwareprogramm System-Anwendung-Produkte (SAP) ISM, ISM med 7.40 der neurochirurgischen Station des UKR zum jeweiligen Patienten hinterlegten Stammdaten, OP-Protokolle, Anästhesieberichte, Arztbriefe, prä- und postoperativen Befunde, sowie Mitteilungen weiterbehandelnder Ärzte und Abteilungen. Diese Dokumente wurden retrospektiv hinsichtlich mehrerer Kriterien untersucht, die für die Entstehung chirurgischer oder internistischer Komplikationen eine Rolle spielen könnten.

Patientendaten

Demografische Daten der Patienten konnten den Patientenstammdaten entnommen werden. Das Alter wurde zum Zeitpunkt der Operation dokumentiert und zur statistischen Auswertung in Ein-Jahres-Schritten, zur vereinfachten graphischen Darstellung in Dekaden angegeben. Außerdem wurde in der statistischen Analyse das Risiko für Patienten über 60 Jahren gesondert untersucht.

Indikation und Lokalisation

Aus Anästhesieprotokollen und stationären Entlassbriefen ging hervor, aufgrund welcher Diagnose eine operative Behandlung durchgeführt wurde. Hierbei wurden Eingriffe wegen eines lumbalen Bandscheibenvorfalles, einer lumbalen Spinalkanalstenose oder einer Instabilität der lumbalen Wirbelsäule unterschieden. Lagerung und Art der Narkose waren bei allen Eingriffen identisch. Aus dem OP-Bericht gingen zudem Lokalisation und Ausdehnung der Erkrankung hervor sowie ob sich die chirurgische Versorgung auf ein Segment der Wirbelsäule beschränkte, oder über mehrere Segmente erstreckte.

Vorerkrankungen

Die internistischen Vorerkrankungen der Patienten wurden aus Befundberichten früherer sowie des aktuellen Krankenhausaufenthalts entnommen, zunächst einzeln dokumentiert und später in Gruppen zusammengefasst, welche in Tabelle 1 dargestellt sind.

Tabelle 1: Vorerkrankungskategorien

Kategorie der Vorerkrankung	Einbezogene Erkrankungen
Thrombembolisch	Tiefe Beinvenenthrombose, Lungenarterienembolie, Apoplex, transitorische ischämische Attacke
Kardiovaskulär	Myokardinfarkt, koronare Herzerkrankung, Herzrhythmusstörungen, Herzinsuffizienz, Klappenvitien, Carotisstenose
Nephrotisch	Niereninsuffizienz, rezidivierende Pyelonephritiden, Glomerulonephritiden
Pulmonal	Asthma bronchiale, chronisch obstruktive Lungenerkrankung
Maligne	Mamma-, Colon-, Prostata-Karzinom
Gerinnungsstörungen	Koagulopathie, präoperativ schlecht eingestellte iatrogene Antikoagulation
Diabetes mellitus	

OP-Daten

Die angegebene Dauer der OP entspricht der, im Anästhesieprotokoll dokumentierten, Schnitt-Naht-Zeit in Minuten. Zur Erleichterung der statistischen Auswertung wurde die OP-Zeit in 30-Minuten-Intervalle unterteilt. Außerdem wurde in der statistischen Analyse das Risiko für Patienten mit einer OP-Dauer von über 150 Minuten, welches dem aufgerundeten Durchschnitt der OP-Dauer in der Kontrollgruppe entspricht, gesondert untersucht. Das OP-Datum wurde dem stationären Entlassbrief entnommen.

Postoperative Komplikationen

Die Datenerhebung bezüglich Häufigkeit und Art postoperativer Komplikationen erfolgte anhand der stationären Entlassbriefe sowie der Verlegungsbriefe der Intensivstation. Auch hier wurden zunächst alle Komplikationen vermerkt und zur Verbesserung der statistischen Auswertbarkeit in Gruppen zusammengefasst. Unterschieden wurden hierbei vor allem die beiden Hauptkategorien internistischer und chirurgischer Komplikationen, welche wiederum in folgende, den Tabellen 2 und 3 zu entnehmende Gruppen unterteilt wurden. Des Weiteren wurden Aufenthalte auf der Intensivstation und die Dauer des Aufenthalts (<48h, >48h) dokumentiert.

Tabelle 2: Kategorien der internistischen Komplikationen

Kategorien internistischer Komplikationen	Einbezogene Komplikationen
Thrombembolisch	Lungenarterienembolie, tiefe Beinvenenthrombose
Kardial	Brady- und tachykarde Herzrhythmusstörungen, Nicht-ST-Hebungsinfarkt
Infektiös	Harnwegsinfekt, Pneumonie
Nephrologisch	Kreatinin-Anstieg, akutes Nierenversagen

Tabelle 3: Kategorien chirurgischer Komplikationen

Kategorien chirurgischer Komplikationen
Wundheilungsstörungen
Infektionen des OP-Gebiets oder der Zugangswege (infiziertes Serom/Hämatom, Spondylodiszitis)
Liquorfistel/Duraverletzung
Nachblutung
Fehlerhafte Lage des Materials
Intra-/ postoperative Bluttransfusion
Intraoperativer Blutverlust
Sonstige (z.B. Intraspinale Knochenfragment)

2.2 ETHIKVOTUM

Das Forschungsvorhaben wurde am 24.04.2014 von der Ethikkommission der Universität Regensburg uneingeschränkt befürwortet. (Zeichen 14-101-0085)

2.3 STATISTISCHE ANALYSE

Zur Auswertung der Daten und zur graphischen Darstellung wurden die Programme IBM-SPSS Statistics und Microsoft Excel 2010 verwendet. Die deskriptive statistische Auswertung erfolgte durch die Berechnung absoluter und relativer Häufigkeiten, quantitative Variablen wurden durch Mittelwert, Standardabweichung und Median beschrieben. Zur Identifikation und Beschreibung statistischer Differenzen zwischen Studien- und Kontrollgruppe wurden t-Tests

für unverbundene Stichproben, Chi-Quadrat-Tests sowie univariate binominale logistische Regressionsmodelle und multivariate Regressionsmodelle mit Rückwärtselemination nach Likelihood-Ratio zur Berechnung von Odds-Ratios verwendet [81]. Für das Konfidenzintervall wurde ein Grenzwert von 95% gewählt. Ein p-Wert von unter 5% ($<0,05$) wurde als statistisch signifikant angenommen.

Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Komplikationen und der in Tabelle 4 dargestellten Prädiktoren wurde untersucht.

Tabelle 4: Untersuchte Prädiktoren

Untersuchte Prädiktoren
Alter
Geschlecht
Operation eines oder mehrerer Segmente
OP-Indikation
Dauer der Operation
Vorerkrankungen des Patienten

3 ERGEBNISSE

3.1 PATIENTENKOLLEKTIV

Es wurden 1.226 Patienten in einer Fall-Kontroll-Studie untersucht. Traten bei einem Eingriff mehrere Komplikationen auf, wurden diese unter demselben Fall aufgeführt. Patienten, bei denen Komplikationen während unterschiedlicher Operationen auftraten, wurden mehrfach aufgeführt und wie unterschiedliche Fälle behandelt. Somit ergab sich für das Auftreten mindestens einer Komplikation eine allgemeine Morbidität von 7,6%.

Es traten insgesamt 89 chirurgische und 26 internistische Komplikationen auf. Damit waren 77,4% der Komplikationen chirurgisch, 22,6% waren internistisch. Die Morbidität in Bezug auf chirurgische Komplikationen betrug folglich 7,2%, auf internistische 2,1%. Die summierten höheren Prozentzahlen im Vergleich zur allgemeinen Morbidität erklären sich durch das Auftreten mehrerer Komplikationen bei einzelnen Patienten.

Die Kontrollgruppe bestand aus 103 Patienten welche im zufällig gewählten Zeitraum vom 05.02.2014 bis 16.10.2014 operiert wurden und bei denen keine Komplikationen aufgetreten waren.

3.1.1 ALTERS- UND GESCHLECHTERVERTEILUNG

Der Mittelwert des Alters in der Studiengruppe betrug 67,4 Jahre (SD 12,2). Der jüngste Patient war zum Zeitpunkt der Operation 33, der älteste 86 Jahre alt. In der Kontrollgruppe lag das Durchschnittsalter bei 58,6 Jahre (SD 13,9), der jüngste Patient war 22, der älteste 85 Jahre alt. Die Unterschiede hinsichtlich des Durchschnittsalters in Studien- und Kontrollgruppe waren statistisch signifikant ($p < 0,001$, s. Tabelle 5, Abbildung 4).

Tabelle 5: Mittelwert, Spanne und Median des Alters in Studien- und Kontrollgruppe

	Studiengruppe	Kontrollgruppe
Mittelwert Alter in Jahren	67,4 (SD 12,2)	58,6 (SD 13,9)
Altersspanne in Jahren	33 - 86	22 - 85
Median Alter in Jahren	70	59

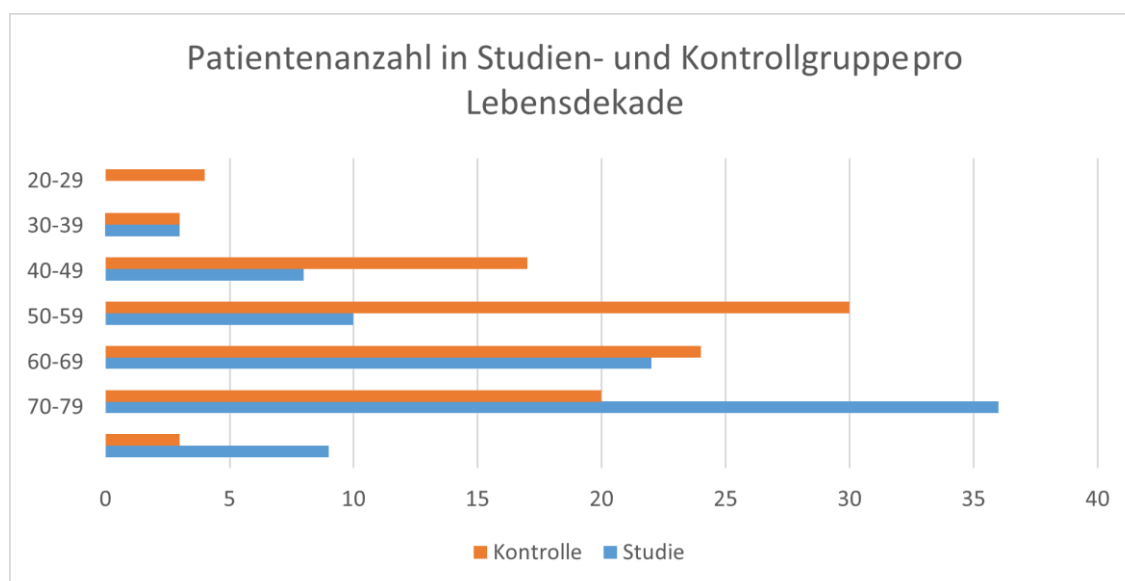


Abbildung 4: Absolute Häufigkeit von Patienten in Studien- und Kontrollgruppe pro Lebensdekade

Patienten mit internistischen Komplikationen (im Mittel 72,1 Jahre) waren im Schnitt 5,8 Jahre älter als Patienten mit chirurgischen Komplikationen (im Mittel 66,3 Jahre). Der t-Test ergab eine statistische Signifikanz ($p=0,035$, s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Mittelwert, Spanne und Median des Alters bezogen auf chirurgische und internistische Komplikationen

	Chir. Komplikationen	Int. Komplikationen
Mittelwert Alter in Jahren	66,3 (SD 14,1)	72,1 (SD 9,1)
Altersspanne in Jahren	33 - 86	48 - 85
Median Alter in Jahren	70	72,5

Die Geschlechterverteilung zeigte, dass 44,9% ($n=88$) der untersuchten Patienten weiblich waren, 55,1% ($n=108$) waren männlich. In der Studiengruppe waren 46 Patientinnen (49,5%) weiblich, 47 (50,5%) Patienten männlich, in der Kontrollgruppe gab es 42 (40,8%) weibliche und 61 (59,2%) männliche Patienten (s. Tabelle 7, Abbildung 5). Der Unterschied in der Geschlechterverteilung zeigte im Chi-Quadrat-Test keine statistische Signifikanz ($p=0,222$).

Tabelle 7: Geschlechterverteilung in Studien- und Kontrollgruppe

	♂	♀
Studiengruppe	50,5% ($n=47$)	49,5% ($n=46$)
Kontrollgruppe	59,2% ($n=61$)	40,8% ($n=42$)

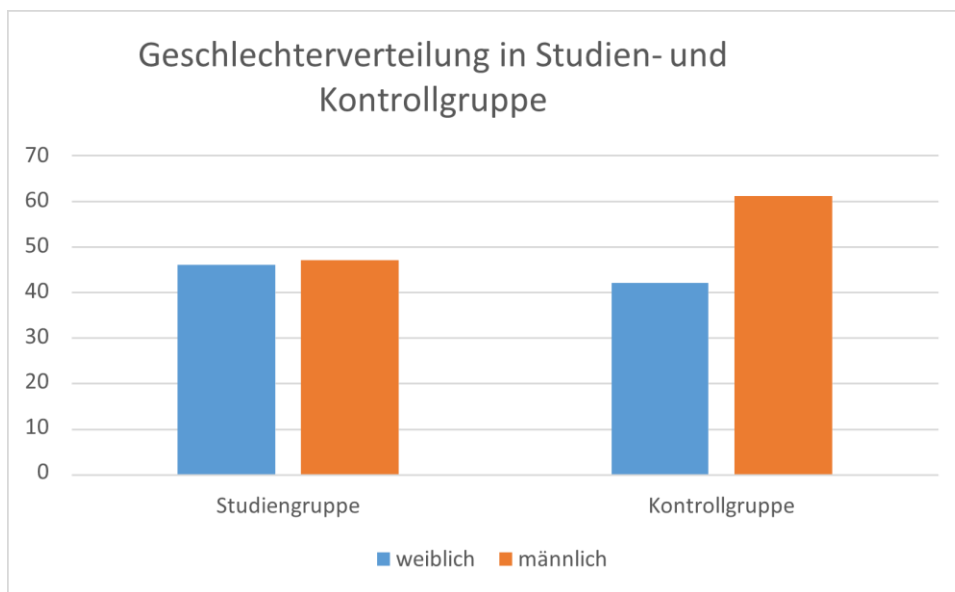


Abbildung 5: Geschlechterverteilung in Studien- und Kontrollgruppe

In der Patientengruppe mit chirurgischen Komplikationen befanden sich 50,7% (n=37) weibliche und 49,3% (n=36) männliche Patienten. Patienten mit internistischen Komplikationen waren zu 45% (n=14) weiblich und zu 55% (n=12) männlich (s. Abbildung 6). Der Chi-Quadrat-Test zeigte hier keine statistische Signifikanz, jedoch einen leichten Trend bezüglich der Geschlechterzugehörigkeit ($p=0,652$).

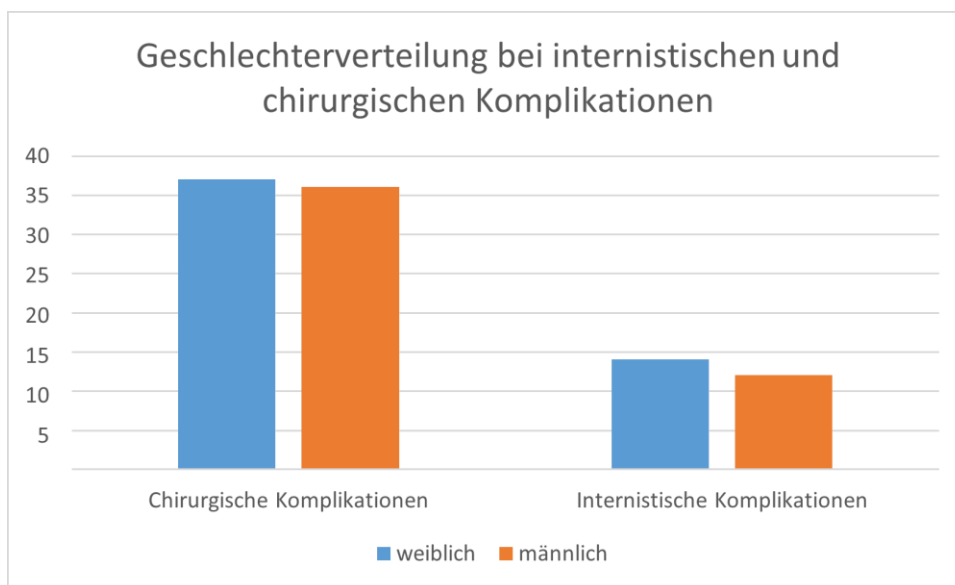


Abbildung 6: Geschlechterverteilung bei internistischen und chirurgischen Komplikationen

Frauen waren im Mittel 65,3 Jahre alt (SD 12,4), das durchschnittliche Alter der Männer betrug 60,7 Jahre (SD 14,6). In der Studiengruppe waren Frauen durchschnittlich 69,5 (SD 11,6) Jahre, Männer im Mittel 65,4 Jahre alt (SD 12,6). Frauen waren somit in der Studiengruppe im Schnitt

4,1 Jahre älter als Männer. In der Kontrollgruppe waren die weiblichen Patientinnen durchschnittlich 60,8 (SD 11,7) Jahre alt, die Männer 57,1 (SD 15,1). Frauen waren in der Kontrollgruppe im Schnitt 3,7 Jahre älter (s. Tabelle 8). Der Altersunterschied bezogen auf das Geschlecht ergab weder in der Studiengruppe ($p=0,106$), noch in der Kontrollgruppe ($p=0,185$) eine statistische Signifikanz.

Tabelle 8: Mittelwert des Alters von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Geschlecht

	♀ gesamt	♂ gesamt	♀ Studie	♂ Studie	♀ Kontrolle	♂ Kontrolle
Mittelwert Alter	65,3	60,7	69,5	65,4	60,8	57,1
Altersspanne in Jahren	35-86	22-82	35-86	33-82	40-85	22-82

3.1.2 INDIKATION UND LOKALISATION

Die prozentuale Verteilung der drei OP-Indikationen, Bandscheibenprolaps, Spinalkanalstenose und Spondylolisthese, wich in der Studiengruppe deutlich von der Kontrollgruppe ab. Während in der Studiengruppe Eingriffe mit der Diagnose Instabilität mit 48,4% ($n=45$) den größten Anteil ausmachten, stellten Bandscheibenvorfälle in der Kontrollgruppe mit 59,2% ($n=61$) die größte Gruppe dar. Spinalkanalstenose und Bandscheibenprolaps waren in der Studiengruppe mit jeweils 25,8% ($n=24$) gleich häufig, in der Kontrollgruppe wurden mehr Eingriffe auf Grund von Stenosen (25,2%, $n=26$) durchgeführt, als wegen Instabilitäten (15,5%, $n=16$). Die unterschiedliche Verteilung der Indikationen erwies sich als statistisch signifikant ($p<0,001$, s. Tabelle 9, Abbildungen 7 und 8).

Tabelle 9: Absolute und relative Häufigkeiten von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation

	Bandscheibenprolaps	Spinalkanalstenose	Instabilität
Studiengruppe	25,8% ($n=24$)	25,8% ($n=24$)	48,4% ($n=45$)
Kontrollgruppe	59,2% ($n=61$)	25,2% ($n=26$)	15,5% ($n=16$)



Abbildung 7: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen in der Kontrollgruppe

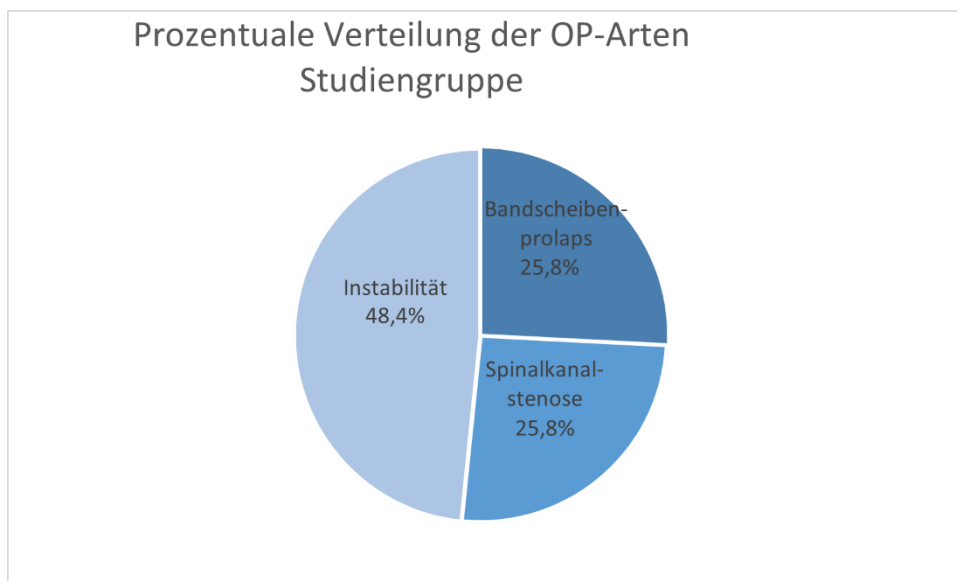


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen in der Studiengruppe

Bei näherer Betrachtung der Altersstruktur ließen sich ebenfalls Unterschiede im Bereich der verschiedenen Indikationen erkennen. Die durchschnittlich ältesten Patienten befanden sich in der Studiengruppe mit der Indikation Spinalkanalstenose (72,96 Jahre). Auch in der Kontrollgruppe waren die Patienten mit dieser Diagnose im Vergleich zu den anderen beiden Eingriffen älter (69,96 Jahre, s. Tabelle 10, Abbildung 9). Der Altersunterschied im Vergleich zu den bei-

den anderen Indikationen war sowohl in Studien- als auch Kontrollgruppe signifikant (Studien-
gruppe $p=0,006$, Kontrollgruppe $p<0,001$). Die im Schnitt jüngsten Patienten fanden sich in der
Kontrollgruppe mit der Diagnose Bandscheibenvorfall (53,75 Jahre), ebenso waren in der Stu-
diengruppe die Patienten mit dieser Indikation im Durchschnitt jünger (60,96 Jahre) als jene
mit Spinalkanalstenose oder Instabilität (s. Tabelle 10, Abbildung 9). Die Unterschiede im
Durchschnittsalter zwischen Studien- und Kontrollgruppe waren bei den Indikationen Band-
scheibenprolaps und Instabilität statistisch signifikant.

Tabelle 10: Mittelwert des Alters von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation

	Bandscheibenprolaps	Spinalkanalstenose	Instabilität
Studiengruppe	60,96 Jahre (SD 15,2) n=24	72,96 (SD 9,0) n=24	67,89 (SD 10,5) n=45
Kontrollgruppe	53,75 Jahre (SD 13,1) n=61	69,96 (SD 10,3) n=26	58,38 (SD 11,3) n=16
p-Wert	0,031*	0,282	0,003**

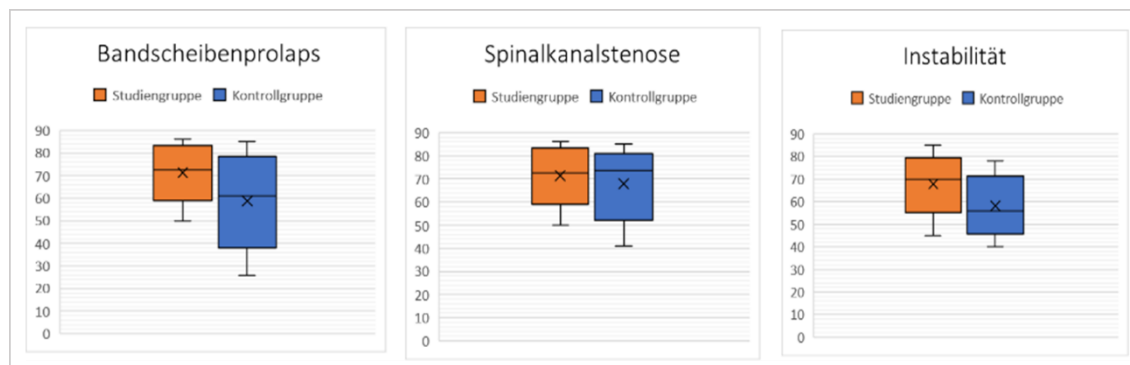


Abbildung 9: Altersdurchschnitt von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation

Die Geschlechterverteilung zeigte in Bezug auf die unterschiedlichen Indikationen keine statistisch signifikanten Unterschiede (s. Tabelle 11, Abbildung 10).

Tabelle 11: Absolute und relative Häufigkeit und Geschlechterverteilung von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation

	Bandscheibenprolaps		Spinalkanalstenose		Instabilität	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
Studiengruppe	66,7% (n=16)	33,3% (n=8)	45,8% (n=11)	54,2% (n=13)	44,4% (n=20)	55,6% (n=25)
Kontrollgruppe	64,0% (n=39)	36,0% (n=22)	61,5% (n=16)	38,5% (n=10)	37,5% (n=6)	62,5% (n=10)

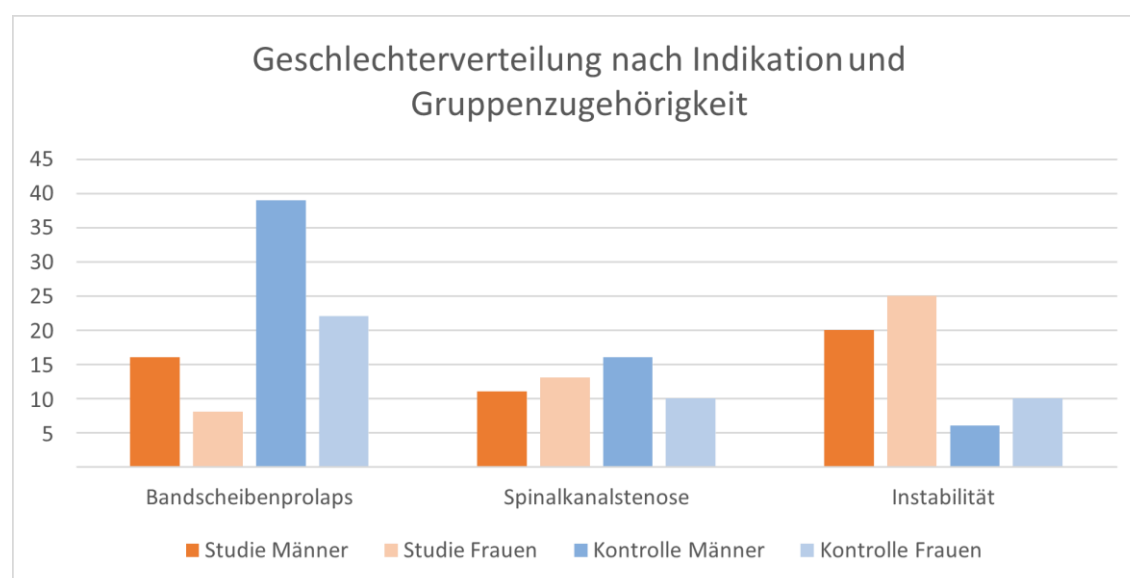


Abbildung 10: Geschlechterverteilung nach Indikation und Gruppenzugehörigkeit

Sowohl in der Patientengruppe mit internistischen als auch in der mit chirurgischen Komplikationen war mit 46,2% bzw. 52,1% die häufigste Indikation die Spondylolisthese (s. Tabelle 12, Abbildungen 11 und 12). Die Spinalkanalstenose war mit 34,6% in der Gruppe mit internistischen Komplikationen die zweithäufigste, in der Gruppe mit chirurgischen Komplikationen mit 21,9% die dritthäufigste Indikation. Entsprechend stand der Bandscheibenprolaps bei chirurgischen Komplikationen an zweiter Stelle (26,0%), bei internistischen Komplikationen an dritter (19,2%). Die Verteilung der verschiedenen Indikationen in der Patientengruppe mit chirurgischen und jener mit internistischen Komplikationen zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p=0,279$).

Tabelle 12: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten mit chirurgischen und internistischen Komplikationen bezogen auf Indikation

	Bandscheibenprolaps		Spinalkanalstenose		Instabilität	
Internistische Komplikationen	5	19,2%	9	34,6%	12	46,2%
Chirurgische Komplikationen	19	26,0%	16	21,9%	38	52,1%

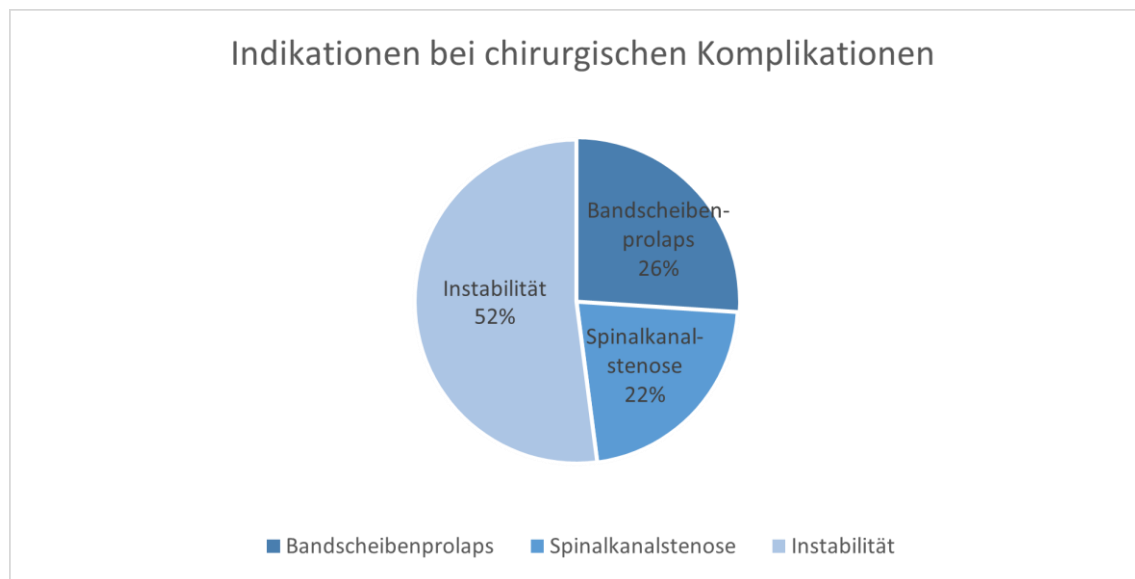


Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen bei Patienten mit chirurgischen Komplikationen

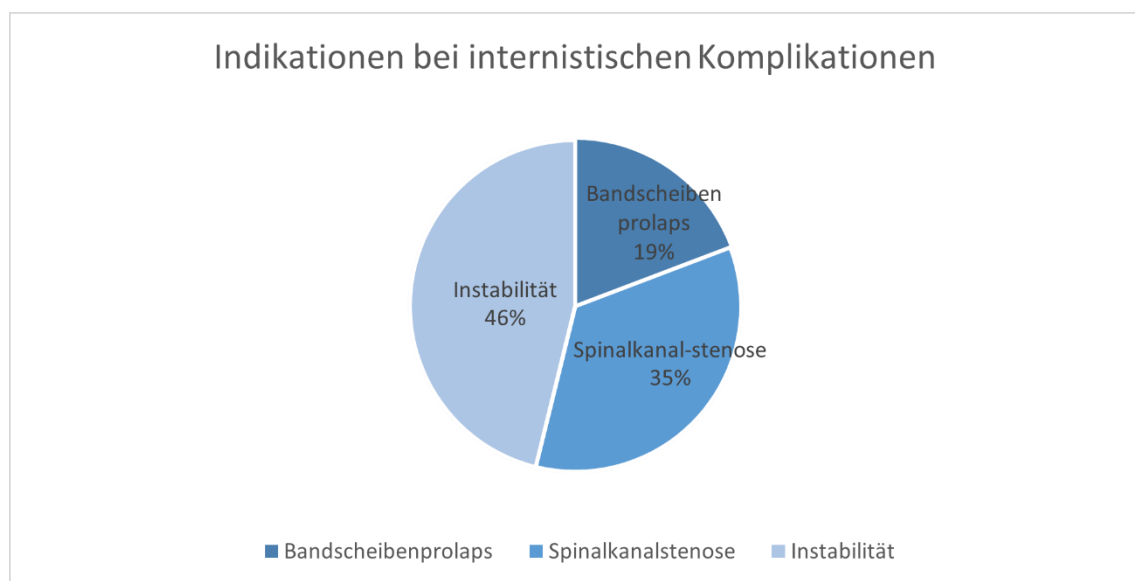


Abbildung 12: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen bei Patienten mit internistischen Komplikationen

Die am häufigsten operierte Lokalisation war sowohl in Studien- als auch Kontrollgruppe das Segment L4/5. Die geringste Zahl an Eingriffen wurde auf Höhe L1/2 durchgeführt (s. Tabelle 13, Abbildung 13).

Tabelle 13: Absolute Häufigkeit von Patienten in Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Lokalisation

	L 1/2	L 2/3	L 3/4	L 4/5	L 5/S 1
Studiengruppe	n=2	n=8	n=37	n=62	n=11
Kontrollgruppe	n=2	n=5	n=26	n=56	n=26

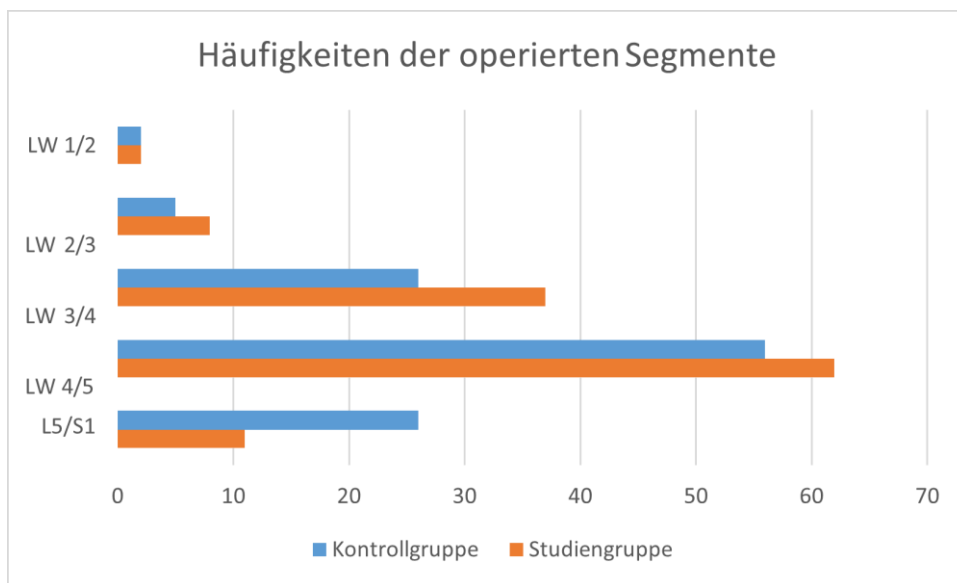


Abbildung 13: Absolute Häufigkeiten der operierten Segmente in Studien- und Kontrollgruppe

In der Studiengruppe fand bei 24,7% ein Eingriff über mehrere Wirbelsäulensegmente statt, in der Kontrollgruppe waren es lediglich 11,7%. Dieser Unterschied war bei einem p-Wert von 0,017 statistisch signifikant (s. Tabelle 14, Abbildungen 14 und 15).

Tabelle 14: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten in Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Ausdehnung des Eingriffs

	Multisegmental	Monosegmental
Studiengruppe	24,7% (n=23)	75,3% (n=70)
Kontrollgruppe	11,7% (n=12)	88,3% (n=91)

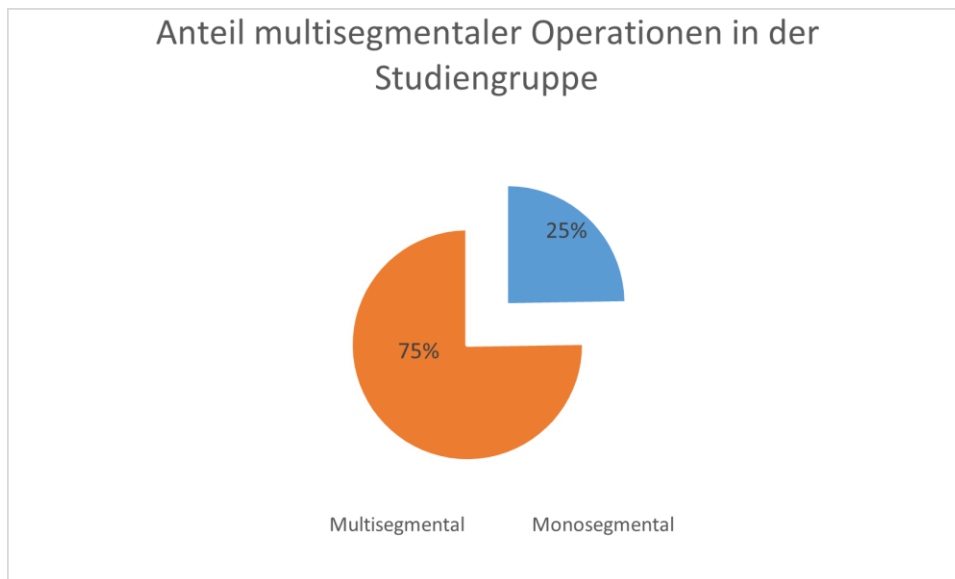


Abbildung 14: Anteil multisegmentaler Operationen in der Studiengruppe

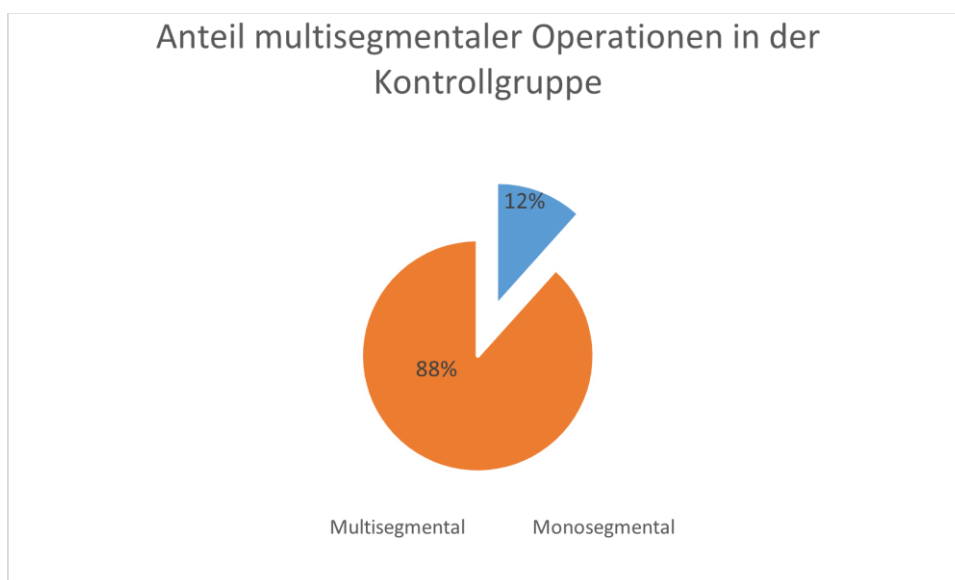


Abbildung 15: Anteil multisegmentaler Operationen in der Kontrollgruppe

Patienten, bei welchen Eingriffe über mehrere Wirbelsäulensegmente durchgeführt wurden, waren in der Studien- und Kontrollgruppe im Mittel signifikant älter als jene mit einer OP an nur einem Segment ($p=0,006$). Auch war die OP-Dauer im Durchschnitt bei Patienten mit multisegmentalen Eingriffen länger, dieser Effekt erwies sich jedoch nur in der Studiengruppe als signifikant ($p=0,002$, s. Tabelle 15).

Tabelle 15: Mittelwerte der OP-Dauer und des Alters bei mono- und multisegmentalen Operationen

		Monosegmental	Multisegmental	p-Wert
Mittelwert Alter in Jahren	Studiengruppe	65,44 (SD 12,87)	73,39 (SD 7,52)	0,006**
	Kontrollgruppe	57,26 (SD 13,69)	68,42 (SD 11,34)	0,008**
	p-Wert	<0,001***	0,130	
OP-Dauer Mittelwert in Minuten	Studiengruppe	160,41 (SD 69,36)	217,35 (SD 83,35)	0,002**
	Kontrollgruppe	139,62 (SD 58,28)	168,00 (SD 66,93)	0,122
	p-Wert	0,040*	0,086	

Bei multisegmentalen Eingriffen waren in der Studiengruppe Patienten mit der Diagnose Instabilität mit 52,2% gegenüber der Kontrollgruppe häufiger vertreten (s. Abbildungen 16 und 17).

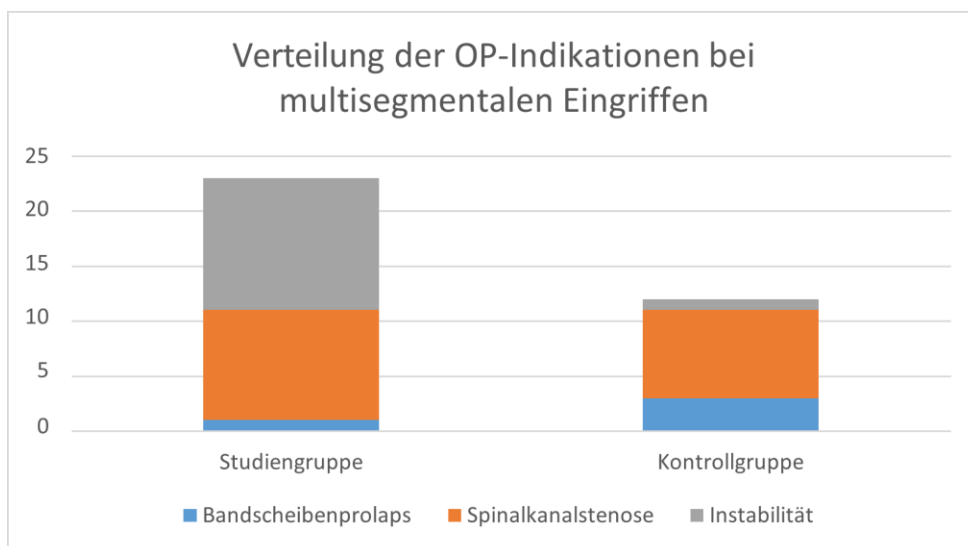


Abbildung 16: Verteilung der OP-Indikationen bei multisegmentalen Operationen

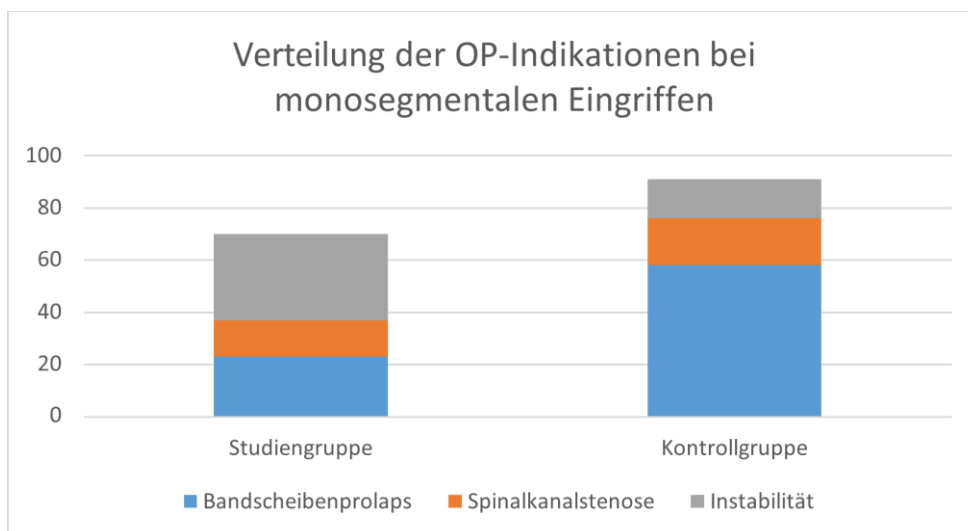


Abbildung 17: Verteilung der OP-Indikationen bei monosegmentalen Operationen

3.1.3 VORERKRANKUNGEN

Der Anteil an Patienten mit mindestens einer Vorerkrankung betrug in der Studiengruppe 37,6%, in der Kontrollgruppe 22,3%. Dieser Unterschied erwies sich als statistisch signifikant ($p=0,019$, s. Tabelle 16, Abbildungen 18 und 19).

Tabelle 16: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten mit und ohne Vorerkrankungen in Studien- und Kontrollgruppe

	Vorerkrankungen (allg.)	Keine Vorerkrankungen
Studiengruppe	37,6% (n=35)	62,4% (n=58)
Kontrollgruppe	22,3% (n=23)	77,7% (n=80)

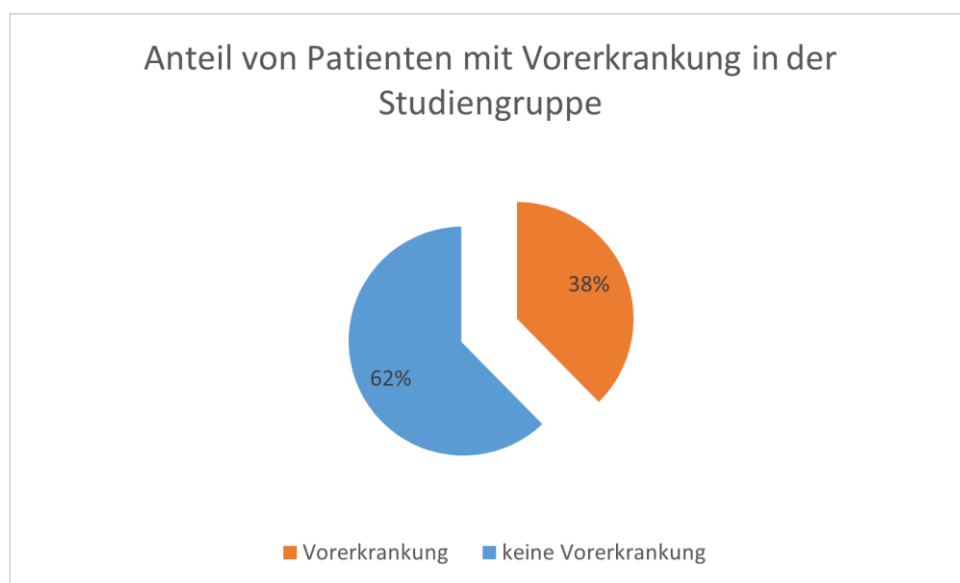


Abbildung 18: Anteil von Patienten mit Vorerkrankungen in der Studiengruppe

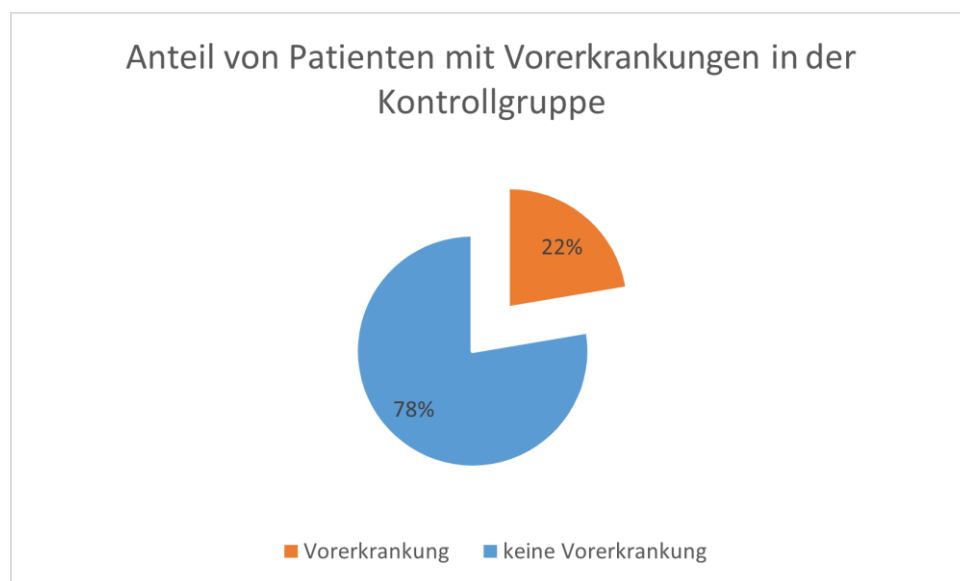


Abbildung 19: Anteil von Patienten mit Vorerkrankungen in der Kontrollgruppe

Der Anteil an Patienten mit mehr als einer Vorerkrankung war in der Studiengruppe ebenfalls höher als in der Kontrollgruppe. Während sich in der Studiengruppe 15 Patienten mit 2 oder mehr Vorerkrankungen befanden, waren es in der Kontrollgruppe lediglich 9 (s. Abbildung 20). Patienten mit 3 oder mehr Vorerkrankungen fanden sich nur in der Studien- jedoch nicht in der Kontrollgruppe. Diese Unterschiede erwiesen sich jedoch nicht als statistisch signifikant.

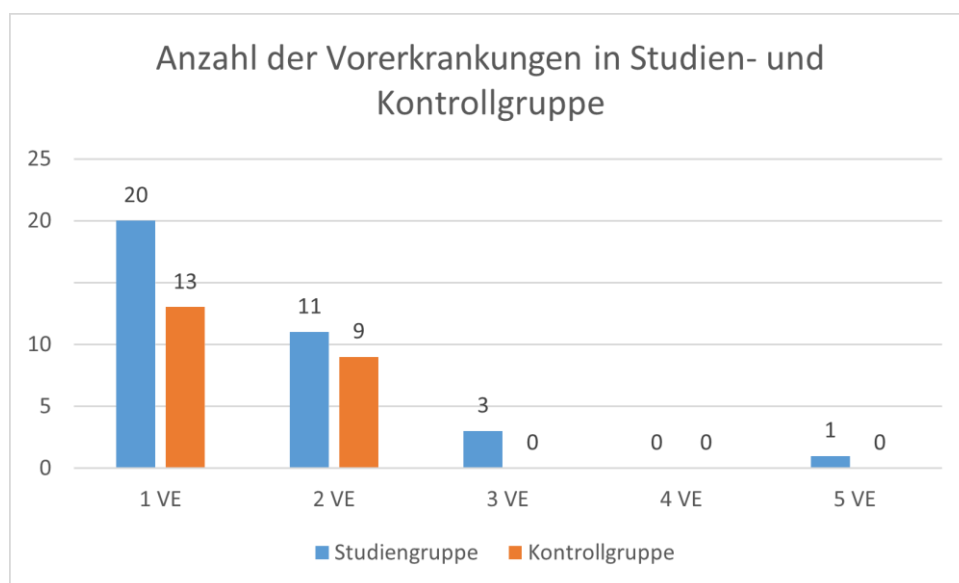


Abbildung 20: Anzahl der Vorerkrankungen in Studien- und Kontrollgruppe

Bezüglich der einzelnen Vorerkrankungskategorien konnte lediglich bei kardialen Vorerkrankungen eine statistisch signifikante Häufung in der Studiengruppe nachgewiesen werden ($p=0,015$, s. Tabelle 17, Abbildung 21). Aufgrund der niedrigen Stichprobenzahl sind die Ergebnisse jedoch nur eingeschränkt beurteilbar.

Tabelle 17: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten der unterschiedlichen Vorerkrankungskategorien bezogen auf Studien- und Kontrollgruppe

	Studiengruppe	Kontrollgruppe	p-Wert
VE kardial	23,7% (n=22)	10,7 % (n=11)	0,015*
VE thrombembolisch	5,4% (n=5)	2,9 % (n=3)	0,384
VE nephrologisch	4,3% (n=4)	1% (n=1)	0,140
VE maligne	3,2% (n=3)	1,9% (n=2)	0,569
VE Gerinnung	2,2% (n=2)	0% (n=0)	0,135
VE pulmonal	4,3% (n=4)	3,9% (n=4)	0,883
VE Diabetes mellitus	17,2% (n=16)	9,7% (n=10)	0,122

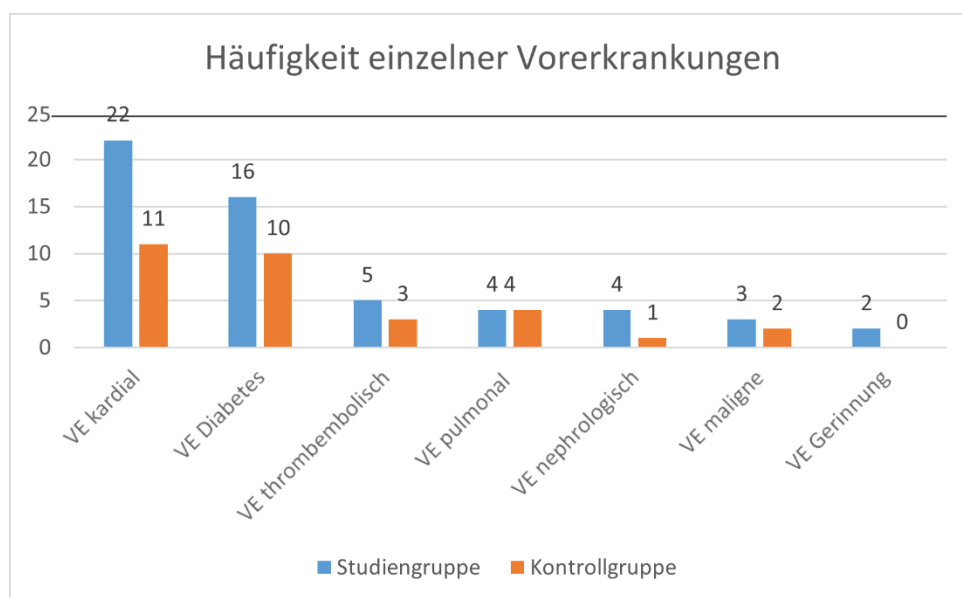


Abbildung 21: Häufigkeiten der einzelnen Vorerkrankungen in Studien- und Kontrollgruppe

Im Vergleich zwischen den Patientengruppen mit chirurgischen und internistischen Komplikationen zeigte sich eine signifikante Häufung von kardialen und nephrologischen Vorerkrankungen sowie Diabetes mellitus bei Patienten mit internistischen Komplikationen (Tabelle 18). Auch hier ist die Analyse jedoch auf Grund niedriger Stichprobenzahlen nur eingeschränkt verwertbar.

Tabelle 18: Absolute relative Häufigkeit von Patienten der unterschiedlichen Vorerkrankungskategorien bezogen auf chirurgische und internistische Komplikationen

	Chirurg. Komplikationen (n=89)	Intern. Komplikationen (n=26)	p-Wert
VE kardial	12,4% (n=11)	42,3% (n=11)	0,000***
VE thrombembolisch	4,4% (n=4)	3,8% (n=1)	0,933
VE nephrologisch	1,1% (n=1)	11,5% (n=3)	0,008**
VE maligne	2,2% (n=2)	3,8% (n=1)	0,612
VE Gerinnung	1,1% (n=1)	3,8% (n=1)	0,321
VE pulmonal	3,4% (n=3)	3,8% (n=1)	0,862
VE Diabetes mellitus	9,0% (n=8)	30,8% (n=8)	0,002**

3.1.4 OP-DAUER

Die Dauer der Eingriffe variierte in der Studiengruppe zwischen 55 Minuten und 394 Minuten. In der Kontrollgruppe dauerte die kürzeste OP 46 Minuten, die längste 337 Minuten. Im Durchschnitt dauerten die Eingriffe in der Studiengruppe 36,44 Minuten länger als in der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied zeigte sich statistisch signifikant ($p < 0,001$, s. Tabelle 19, Abbildung 22).

Tabelle 19: Mittelwert der OP-Dauer in Minuten und absolute Zeitspanne in Studien- und Kontrollgruppe

	Studiengruppe	Kontrollgruppe
OP-Dauer (Mittelwert in Minuten)	174,49 (SD 75,49)	142,92 (SD 76,68)
Zeitspanne (minimale und maximale OP-Dauer)	55 - 394	46 - 337
OP-Dauer (Median in Minuten)	163	136

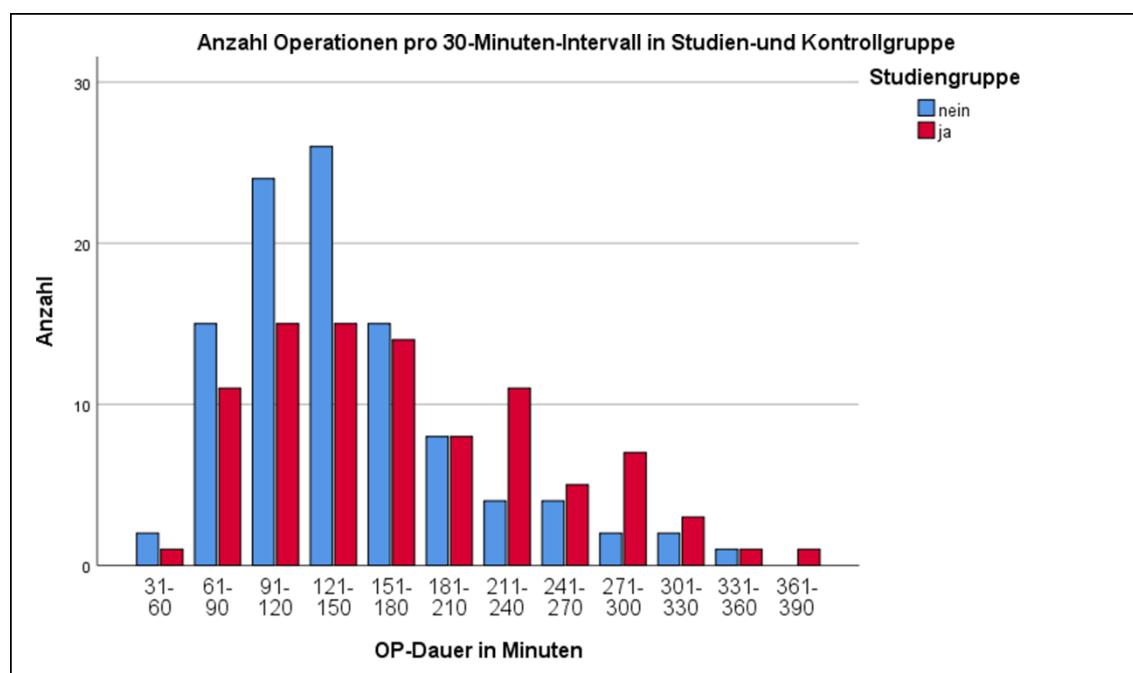


Abbildung 22: Anzahl der Operationen pro 30-Minuten-Intervall in Studien- und Kontrollgruppe

Der Vergleich zwischen den Patientengruppen mit internistischen und chirurgischen Komplikationen ergab trotz einer, bei internistischen Komplikationen durchschnittlich um 7,76 Minu-

ten längeren, Operationsdauer keinen signifikanten Unterschied diesbezüglich ($p=0,641$, s. Tabelle 20). Durch den Einbezug von Patienten, welche sowohl chirurgische als auch internistische Komplikationen entwickelt hatten, ergeben sich hier höhere Durchschnittswerte als im Vergleich zwischen Studien- und Kontrollgruppe.

Tabelle 20: Mittelwert der OP-Dauer in Minuten bezogen auf chirurgische und internistische Komplikationen

	Chirurg. Komplikationen	Intern. Komplikationen
OP-Dauer		
(Mittelwert in Minuten)	177,57 (SD 71,47)	185,33 (SD 88,83)
OP-Dauer		
(Median in Minuten)	164	188

Bei näherer Betrachtung der OP-Dauer in Bezug auf die verschiedenen Indikationen fiel auf, dass die durchschnittliche OP-Dauer bei Eingriffen aufgrund von Instabilität deutlich länger war als bei Bandscheibenprolaps und Spinalkanalstenose. Die Differenz der Mittelwerte betrug hierbei für die Studiengruppe 63,99 Minuten (Kontrollgruppe 78,81 Minuten) im Vergleich zur Spinalkanalstenose und 102,61 Minuten (Kontrollgruppe 100,26 Minuten) im Vergleich zum Bandscheibenprolaps. Diese Unterschiede waren für beide Gruppen statistisch signifikant ($p<0,001$, s. Tabelle 21).

Bezogen auf die einzelnen Indikationen ließ sich in der Studiengruppe keine signifikant längere OP-Dauer im Vergleich zur Kontrollgruppe nachweisen. Die über alle Indikationen gemittelte OP-Dauer ist womöglich in der Studiengruppe auch deshalb länger, weil der Anteil an Patienten mit der Diagnose Instabilität überdurchschnittlich hoch ist.

Tabelle 21: Mittelwert der OP-Dauer in Minuten bezogen auf Indikation

	Bandscheibenprolaps	Spinalkanalstenose	Instabilität
OP-Dauer Studie			
(Mittelwert in min)	114,88 (SD40,26)	153,50 (SD65,96)	217,49 (71,43)
OP-Dauer Kontrolle			
(Mittelwert in min)	121,93 (SD41,51)	143,38 (SD 47,15)	222,19 (SD 71,72)
p-Wert	0,479	0,533	0,822

3.1.5 KOMPLIKATIONEN

Chirurgische Komplikationen

Die häufigste chirurgische Komplikation war die Nachblutung im OP-Gebiet (n=23, 25,9%), gefolgt von fehlerhafter Lage des Materials (n=18, 20,2%). Duraverletzungen stellten die dritthäufigste Komplikation dar (n=14, 15,7%). In 13 Fällen (14,6% der chirurgischen Komplikationen) war eine Bluttransfusion post- oder intraoperativ notwendig. Infektionen waren für 11,2% der chirurgischen Komplikationen verantwortlich (n=10), Wundheilungsstörungen für 9,0% (n=8). Ein erhöhter intraoperativer Blutverlust wurde in einem Fall dokumentiert. Sonstige chirurgische Komplikationen, wie der postoperative Nachweis eines intraspinalen Knochenfragments, traten in 2 Fällen auf (2,2%, s. Abbildung 23).

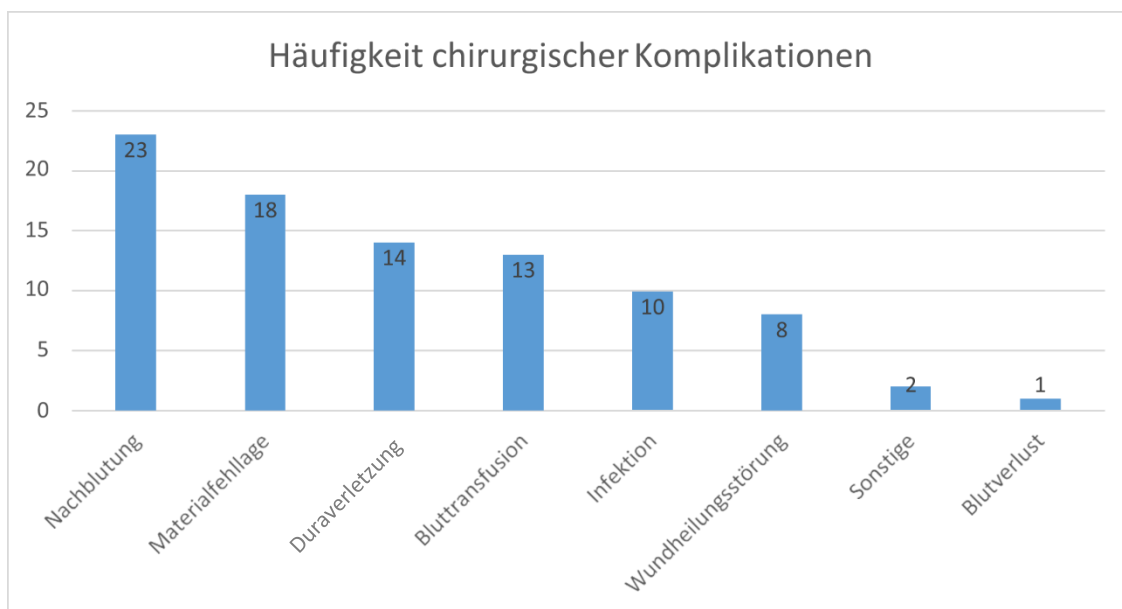


Abbildung 23: Häufigkeiten chirurgischer Komplikationen

In 56 Fällen (69%) kam es bei chirurgischen Komplikationen zu einer Revision. Antibiotisch wurden 12 Fälle (15%) behandelt, anderweitig konservativ 11 (14%) Fälle (s. Abbildung 24).

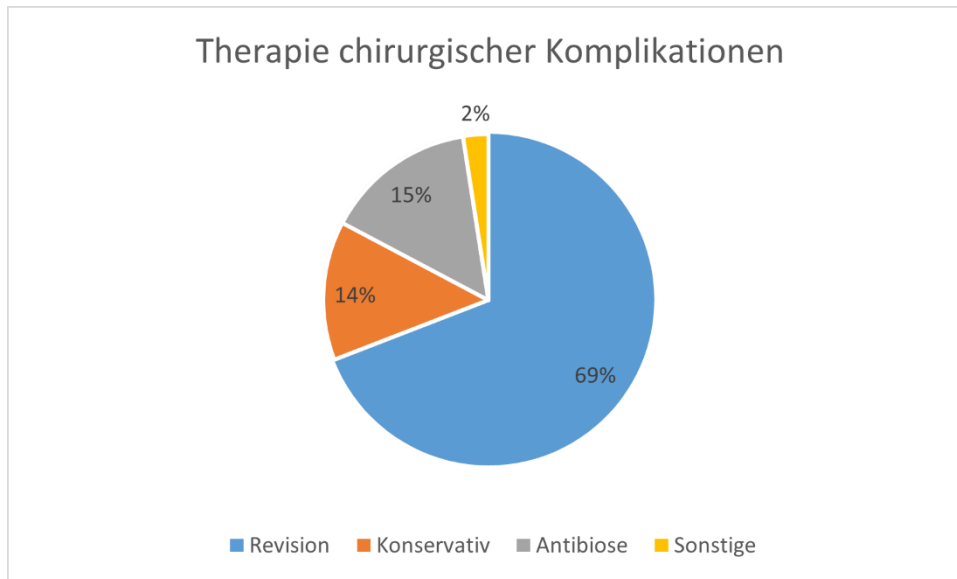


Abbildung 24: Prozentuale Verteilung der Therapien chirurgischer Komplikationen

Internistische Komplikationen

Kardiale Komplikationen stellten die häufigsten Zwischenfälle dar ($n=10$, 38,5%), wobei es hierbei zu 2 NSTEMIs kam, die übrigen Fälle zeigten Herzrhythmusstörungen.

Zu den thrombembolischen Ereignissen ($n=4$, 15,4%) zählen jeweils 2 Lungenarterienembolien und 2 tiefe Beinvenenthrombosen. Unter Infektionen ($n=9$, 34,6%) wurden 6 Harnwegsinfekte, eine Pneumonie und zwei sonstige Infekte mit unklarem Fokus/CRP-Anstieg zusammengefasst. Unter nephrologischen Komplikationen ($n=3$, 11,5%) wurden Kreatininanstiege bei akutem Nierenversagen verzeichnet (s. Abbildung 25).

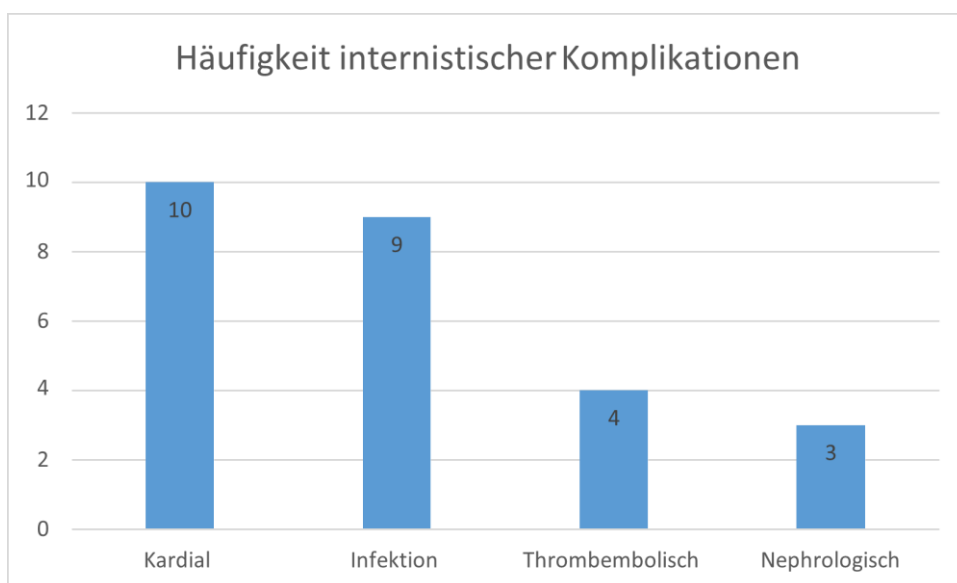


Abbildung 25: Häufigkeiten internistischer Komplikationen

Bei internistischen Komplikationen bestand die Therapie in 6 Fällen (22%) in einer Heparinierung. 9 Patienten (33%) wurden antibiotisch behandelt. In einem Fall wurde ein Herzschrittmacher eingesetzt.

3.1.6 INTENSIVSTATIONÄRER AUFENTHALT

In der Studiengruppe war bei 8 Patienten ein postoperativer Aufenthalt auf der Intensivstation notwendig. Dabei war der Aufenthalt bei 6 Patienten unter 48h, bei 2 Patienten mehr als 48h lang. In der Kontrollgruppe wurde bei keinem Patienten ein Aufenthalt auf der Intensivstation dokumentiert (s. Tabelle 22).

Tabelle 22: Dauer des intensivstationären Aufenthalts bezogen auf Studien- und Kontrollgruppe

	Kein Aufenthalt	<48h	>48h
Studiengruppe	91,4% (n=85)	6,4% (n=6)	2,2% (n=2)
Kontrollgruppe	100% (n=103)	0	0

Kardiale Komplikationen stellten mit 4 Fällen die häufigste Ursache für einen intensivstationären Aufenthalt dar. Hierbei handelte es sich in 3 Fällen um Herzrhythmusstörungen, in einem Fall um einen NSTEMI. In einem Fall führte eine Lungenarterienembolie bei der postoperativen Mobilisation zu einer Verlegung auf die Intensivstation, in einem anderen Fall war der Grund ein erhöhter Blutverlust. Zwei sonstige Fälle beschrieben ein postoperatives Delir und die Notwendigkeit der medikamentösen Kreislaufunterstützung. Als Risikofaktoren für einen intensivstationären Aufenthalt konnten kardiale Vorerkrankungen, Diabetes mellitus, die Indikation Instabilität und das Patientenalter identifiziert werden (s. Tabelle 23).

Tabelle 23: Univariate Analyse von Risikofaktoren für intensivstationären Aufenthalt

Risikofaktor	Odds-Ratio	95%-Konfidenzintervall		p-Wert
Alter	1,110	1,025	1,202	0,010*
Alter >60 Jahre	7,714	0,916	64,958	0,030*
Instabilität	5,438	1,232	24,004	0,015*
Kardiale VE	n.a. ¹	n.a.	n.a.	<0,001***
Diabetes mellitus	15,5	3,215	74,725	<0,001***

¹ Alle Patienten mit intensivstationärem Aufenthalt wiesen eine kardiale Vorerkrankung auf. Daraus resultiert der Wert 0 für eine Zelle der Kreuztabelle, weshalb die Berechnung der Odds-Ratio mittels Chi-Quadrat-Test nicht möglich ist.

3.1.7 ANALYSE VON RISIKOFAKTOREN UND KOMPLIKATIONEN

Allgemeine Komplikationen

Um eine Risikoeinschätzung für das Auftreten von Komplikationen mittels Odds-Ratio vornehmen zu können, wurden univariate sowie multivariate Analysen durchgeführt. Die Ergebnisse für das Auftreten von Komplikationen allgemein sind in Tabellen 24 und 25 aufgeführt. Risikofaktoren für chirurgische Komplikationen werden in Tabellen 26 und 27, für internistische in Tabellen 28 und 29 betrachtet.

Tabelle 24: Univariate Analyse von Risikofaktoren für Komplikationen allgemein

Risikofaktor	Odds-Ratio	95%-KI		p-Wert
Alter	1,115	1,045	1,191	0,001***
Alter >60 Jahre	3,778	2,030	7,032	<0,001***
OP-Dauer	1.015	1.007	1.024	<0,001***
OP-Dauer >150min	2,166	1,221	3,853	0,008**
Instabilität	5,098	2,607	9,968	<0,001***
Multisegmental	2,492	1,160	5,251	0,017*
Vorerkrankung allgemein	2,101	1,124	3,922	0,019*
Kardiale Vorerkrankung	2,592	1,179	5,694	0,015*

Tabelle 25: Multivariate Analyse von Risikofaktoren für Komplikationen allgemein

Risikofaktor	Odds-Ratio	95%-Konfidenzintervall		p-Wert
Alter >60 Jahre	3,689	1,903	7,152	<0,001***
Instabilität	4,989	2,474	10,061	<0,001***

Chirurgische Komplikationen

Die Analyse der Risikofaktoren in Bezug auf die spezifischen chirurgischen Komplikationen zeigte bei Bluttransfusionen signifikante Effekte für weibliches Geschlecht, Instabilität, multisegmentale OP, Alter, OP-Dauer und Gerinnungsstörungen. Für die Komplikation Material-

fehlage konnte die OP-Dauer als Prädiktor identifiziert werden. Ebenso fanden sich bei Nachblutungen signifikante Zusammenhänge mit multisegmentalen Eingriffen und Alter sowie bei Wundheilungsstörungen mit Instabilität, multisegmentaler OP, Alter und Gerinnungsstörungen. Duraverletzungen waren mit der OP-Dauer assoziiert (s. Tabellen 26 und 27).

Tabelle 26: Univariate Analyse von Risikofaktoren für chirurgische Komplikationen

Komplikation	Risikofaktor	Odds-Ratio	95%-Konfidenzintervall		p-Wert
Bluttransfusion					
	Weibl. Geschlecht	8,000	0,125	0,026	0,003**
	Instabilität	18,125	4,487	73,209	<0,001***
	Multisegmental	8,847	2,546	30,742	<0,001***
	Alter	1,115	1,045	1,191	0,001***
	Alter >60 Jahre	13,224	1,658	105,466	0,002**
	OP-Dauer	1,015	1,007	1,024	<0,001***
	OP-Dauer>150min	4,014	1,156	13,934	0,021*
	Gerinnungsstörung	n.a. ²	n.a.	n.a.	0,005**
Materialfehlfrage					
	OP-Dauer	1,016	1,007	1,024	<0,001***
	OP-Dauer>150min	14,270	3,108	65,514	<0,001***
Duraverletzung					
	OP-Dauer	1,008	1,001	1,016	0,036*
	OP-Dauer>150min	3,211	1,002	10,293	0,041*
Nachblutung					
	Multisegmental	3,318	1,135	9,701	0,023*
	Alter	1,061	1,019	1,105	0,004**
	Alter >60 Jahre	5,235	1,665	16,457	0,002**
Wundheilungsstörung					
	Instabilität	9,063	1,967	41,745	0,001***
	Multisegmental	4,550	0,963	21,497	0,039*
	Gerinnungsstörung	n.a.	n.a.	n.a.	<0,001***
	Alter	1,074	1,074	1,003	0,040*
	Alter >60 Jahre	7,714	0,916	64,958	0,030*
Infektion					
Keine signifikanten Ergebnisse					

² Für Gerinnungsstörungen lag lediglich eine Fallzahl von zwei vor, beide Fälle befanden sich in der Studien-
gruppe. Daraus resultiert der Wert 0 für eine Zelle der Kreuztabelle, weshalb die Berechnung der Odds-Ratio
mittels Chi-Quadrat-Test nicht möglich ist.

Tabelle 27: Multivariate Analyse von Risikofaktoren für chirurgische Komplikationen

Komplikation	Risikofaktor	Odds-Ratio	95%-Konfidenzintervall	p-Wert	
Bluttransfusion					
	Alter > 60 Jahre	17,009	1,77	254,766	0,038*
	Instabilität	74,794	5,986	934,615	0,001***
	Multisegmental	26,706	2,300	310,062	0,009*
Liquorfistel					
	OP-Dauer	1,008	1,001	1,016	0,036*
Wundheilungsstörung					
	Instabilität	9,049	1,860	44,033	0,006**

Internistische Komplikationen

Die Analyse der Risikofaktoren für internistische Komplikationen zeigte bei kardialen Komplikationen einen Zusammenhang mit kardialen Vorerkrankungen, Gerinnungsstörung, Patientenalter und Diabetes mellitus. Infektionen konnten mit nephrologischen Vorerkrankungen, Instabilität, Alter, OP-Dauer und multisegmentalen OPs in Verbindung gebracht werden. Bei nephrologischen Komplikationen konnten mit nephrologischen Vorerkrankungen, Instabilität sowie kardialen Vorerkrankungen signifikante Zusammenhänge identifiziert werden. Bei thromboembolischen Komplikationen waren maligne Vorerkrankungen als Risikofaktor signifikant (s. Tabellen 28 und 29).

Tabelle 28: Univariate Analyse von Risikofaktoren für internistische Komplikationen

Komplikation	Risikofaktor	Odds-Ratio	95%- Konfidenzint.	p-Wert	
Kardial					
	Kardiale VE	33,455	6,292	177,875	<0,001***
	Gerinnungsstörung	n.a.	n.a.	n.a.	0,001***
	Diabetes mellitus	9,300	2,292	37,741	<0,001***
	Alter	1,129	1,042	1,223	0,003**
	Alter >60 Jahre	n.a. ³	n.a.	n.a.	0,002**
Infektion					
	Nephrologische VE	12,750	0,727	223,459	0,023*
	Instabilität	6,797	1,645	28,085	0,003**
	Multisegmental	9,479	2,232	40,251	<0,001***
	Alter	1,082	1,013	1,155	0,018*
	OP-Dauer	1,013	1,005	1,022	0,003**
	OP-Dauer >150min	6,243	1,233	31,617	0,014*
Nephrologisch					
	Instabilität	10,875	0,930	127,156	0,020*
	Kardiale VE	16,727	1,400	199,856	0,004**
	Nephrologische VE	204,000	9,144	4551,288	<0,001***
Thrombembolisch					
	Maligne VE	16,833	1,176	240,885	0,006**
	Alter >60 Jahre	1,082	1,002	1,168	0,040*

Tabelle 29: Multivariate Analyse von Risikofaktoren für internistische Komplikationen

Komplikation	Risikofaktor	Odds-Ratio	95%-Konfidenzintervall	p-Wert	
Infektion					
	Nephrologische VE	21,545	1,062	436,883	0,046*
	Multisegmental	6,908	1,257	37,957	0,026*

³ Alle Patienten mit kardialen Komplikationen waren über 60 Jahre alt. Daraus resultiert der Wert 0 für eine Zelle der Kreuztabelle, weshalb die Berechnung der Odds-Ratio mittels Chi-Quadrat-Test nicht möglich ist.

4 DISKUSSION

In der vorliegenden Studie wurden internistische und chirurgische Komplikationen sowie entsprechende Prädiktoren bei elektiven Eingriffen an der lumbalen Wirbelsäule retrospektiv und monozentrisch, über einen Zeitraum von 5 Jahren untersucht. Der Literaturvergleich zeigte, dass viele Studien, welche ebenfalls Komplikationsraten bei neurochirurgischen Eingriffen behandeln, auch kraniale Operationen und Eingriffe an der Halswirbelsäule mit einbeziehen, oder Notfall- und Traumapatienten, Skoliosen, infektiöse Wirbelsäulenerkrankungen oder spinale Metastasen ins Studienkollektiv integrieren, so dass ein unmittelbarer Vergleich der Ergebnisse hier oft nicht vorgenommen werden kann [82-85]. Andere Studien beziehen sich ausschließlich auf bestimmte Indikationen [11, 86]. Des Weiteren unterscheidet sich oftmals der Katalog an Komplikationen, welcher in die Studie mit einbezogen wird. So werden häufig neurologische oder anästhesiologische Komplikationen mitberücksichtigt, oder es wird ein größerer postoperativer Analysezeitraum gewählt [16, 84, 87]. Aus diesen Gründen kann die vorliegende Literatur an vielen Stellen nicht zum direkten Vergleich von Häufigkeiten oder Risikoschätzungen herangezogen werden, es können jedoch Trends und Zusammenhänge für bestimmte Komplikationen abgewogen werden.

Im Folgenden werden die, in der Literatur benannten, bzw. die, aus der vorgenommenen Analyse folgenden, Risikofaktoren nacheinander betrachtet und vor dem Hintergrund der vorhandenen Fachliteratur diskutiert. Dies geschieht zunächst allgemein (4.1), bevor die aufgetretenen Komplikationen und zugehörige spezielle Risikofaktoren im Einzelnen diskutiert werden (4.2). Anschließend erfolgt eine Darstellung der Limitationen dieser Studie (4.3).

4.1 RISIKOFAKTOREN

4.1.1 ALTER

Ein Zusammenhang zwischen erhöhtem Patientenalter und postoperativen Komplikationen wird in zahlreichen Studien untersucht. Eine statistisch signifikante Häufung komplizierter postoperativer Verläufe bei älteren Patienten wurde auch für die Wirbelsäulenchirurgie nachgewiesen [11, 28, 88-91]. In der vorliegenden Arbeit konnte ebenfalls gezeigt werden, dass Patienten mit Komplikationen im Schnitt signifikant älter waren als Patienten der Kontrollgruppe (s. Tabelle 5, Abbildung 4). Saleh et al. untersuchten in einer 2017 erschienenen Studie Verläufe nach lumbalen Wirbelsäuleneingriffen bei Patienten über 80 Jahren, mit dem Ergebnis

hoher Raten an Wiederaufnahmen und Komplikationen [90]. Ähnliche Ergebnisse wurden unter anderen auch von Bekelis et al. und Li et al. gefunden [91, 92]. Dennoch wurde ein erhöhtes Patientenalter nicht in allen Studien als Risikofaktor in der Wirbelsäulenchirurgie identifiziert. Proietti et al. zeigten beispielsweise in einer Studie an 338 Patienten, dass das Alter nicht für postoperative Komplikationen prädisponierte [85].

In der vorliegenden Arbeit konnte gezeigt werden, dass Patienten mit internistischen Komplikationen im Schnitt älter waren als jene mit chirurgischen Komplikationen. Dies kann unter anderem daran liegen, dass bestimmte chirurgische Komplikationen von externen Faktoren – wie beispielsweise der Erfahrung des Operateurs – abhängen können und somit eher altersunabhängig sind [93, 94]. Auch Deyo et al. fanden in ihrer Arbeit zu Komplikationen bei chirurgischen Eingriffen bei Spinalkanalstenosen keinen Zusammenhang zwischen Alter und Wund-, wohl aber mit internistischen Komplikationen [11].

Weiterhin konnte gezeigt werden, dass Patienten mit der Diagnose Spinalkanalstenose insgesamt signifikant älter waren als Patienten, die an Bandscheibenprolaps oder Spondylolisthese litten. Bei Patienten mit einer Spinalkanalstenose zeigte sich jedoch kein signifikanter Altersunterschied zwischen Studien- und Kontrollgruppe, sodass vermutet werden kann, dass das Lebensalter bei Patienten mit einer Spinalkanalstenose im Vergleich zu anderen Prädiktoren einen eher geringeren Risikofaktor darstellt (s. Tabelle 10, Abbildung 9). Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen von Cassinelli et al., welche die Folgen von spinaler Dekompression und Arthrodesen bei 166 Patienten über 65 überprüften [95]. Anders kamen Ciol et al. zu dem Schluss, dass erhöhtes Patientenalter durchaus auch bei Spinalkanalstenosen eine Rolle bei der Entstehung von Komplikationen spielt, jedoch deutlich weniger als Komorbiditäten oder die Ausdehnung des Eingriffs [17]. Möglich ist auch, dass das Durchschnittsalter bei Patienten mit Spinalkanalstenosen in der Studiengruppe deshalb nicht signifikant höher als in der Kontrollgruppe ist, weil bei älteren Patienten bestimmte komplexe Eingriffe nicht mehr durchgeführt werden, bzw. die Alterskurve durch die beschränkte Lebenserwartung natürlicherweise abbricht.

Für die Diagnosen Bandscheibenvorfall und Instabilität konnte gezeigt werden, dass das durchschnittliche Patientenalter in der Studiengruppe signifikant höher war als in der Kontrollgruppe (s. Tabelle 10, Abbildung 9). Dies steht in Einklang mit der vorhandenen Literatur [28, 96, 97]. In der univariaten Analyse konnte das Patientenalter außerdem insbesondere als Risikofaktor für Transfusionen, Wundheilungsstörungen, Nachblutungen sowie kardiale Komplikationen und internistische Infektionen identifiziert werden (s. Tabellen 26 und 28).

4.1.2 GESCHLECHT

Bisher gibt es wenige Daten zum Einfluss des Geschlechts auf die Entstehung von Komplikationen in der Wirbelsäulenchirurgie. In mehreren Studien war jedoch, vergleichbar zur vorliegenden Arbeit (s. Tabelle 7, Abbildung 5), der Anteil an Männern im untersuchten neurochirurgischen Patientenkollektiv insgesamt höher [85, 88, 96]. Außerdem konnte gezeigt werden, dass der präoperative Gesundheitszustand in Bezug auf Schmerzen, Bewegungseinschränkung und generelle Lebensqualität bei Frauen signifikant schlechter war als bei Männern, hinsichtlich des Outcomes jedoch keine signifikanten Unterschiede sichtbar waren [96, 98, 99]. Kothari et al. konnten zeigen, dass weibliches Geschlecht in der Skoliose-Chirurgie mit einer allgemein höheren Morbidität in Bezug auf Komplikationen vergesellschaftet war. Insbesondere Harnwegsinfekte, Bluttransfusionen und verlängerte Hospitalisierung traten bei Patientinnen vermehrt auf. Männliches Geschlecht ging hingegen mit einem erhöhten Risiko für kardiale und pulmonale Komplikationen einher [100]. Li et al. etablierten weibliches Geschlecht als einen Risikofaktor dafür, nach lumbaler Laminektomie nicht primär ins häusliche Umfeld entlassen zu werden [91]. Auch Schoenfeld et al. listen weibliches Geschlecht als Risikofaktor für postoperative Komplikationen in der Wirbelsäulenchirurgie [88]. Ein für Frauen erhöhtes Risiko für postoperative Bluttransfusionen, wie bei Kothari et al. beschrieben, konnte in der vorliegenden Studie ebenfalls nachgewiesen werden (s. Tabelle 26). Dieser Zusammenhang wurde auch von Zheng et al. manifestiert [101]. Darüber hinaus konnte das Geschlecht weder in der univariaten noch in der multivariaten Analyse als isolierter Risikofaktor für eine bestimmte Komplikation oder Komplikationen im Allgemeinen identifiziert werden, dies steht in Einklang mit der Veröffentlichung von Deyo et al. [11]. Zwar war, obwohl im Gesamtkollektiv mehr Männer als Frauen operiert wurden, das Geschlechterverhältnis in der Studiengruppe nahezu ausgeglichen, dieser Effekt erwies sich jedoch als nicht statistisch signifikant (s. Tabelle 7). Es konnte gezeigt werden, dass Frauen meist erst in höherem Alter Eingriffe an der lumbalen Wirbelsäule erhielten, während Männer bereits in jüngeren Jahren häufiger operiert wurden (s. Tabelle 8). Da das Auftreten von Komplikationen stark mit dem Alter korreliert, kann hiermit möglicherweise der Ausgleich des Geschlechterverhältnisses zwischen Studien- und Kontrollgruppe erklärt werden.

4.1.3 INDIKATION UND LOKALISATION

Die Indikation Bandscheibenvorfall stellt mit 58,3% der Eingriffe im Gesamtkollektiv die häufigste der drei in dieser Studie untersuchten Diagnosen dar. Rompe et al. zeigten in einer Studie

an 558 Patienten, dass ca. 20,6% der an einem Bandscheibenprolaps operierten Patienten intra- oder postoperative Komplikationen erlitten. 5,9% erlitten leichte Komplikationen, z.B. Harnwegsinfektionen, gastrointestinale Störungen oder lokale Wundirritationen. Mittelschwere Komplikationen wie Duraverletzung, TVT oder leichte Wundheilungsstörung traten zu 10,2% auf. Bei 4,4% der Patienten wurden schwere Komplikationen wie Lungenarterienembolie, Verschlechterung der Neurologie, tiefe Wundinfekte oder Revisionspflichtigkeit dokumentiert. Als Risikofaktoren konnten Alter und die Vorerkrankungen Hepatitis und Diabetes mellitus identifiziert werden [96]. In einer Studie von Schüwer et al. an 1.720 Patienten mit lumbalem Bandscheibenprolaps wurde eine allgemeine Morbiditätsrate von 6,5% ermittelt [102]. In einer Studie von Yeung et al. an 307 Patienten, die eine Bandscheibenoperation erhalten hatten, wird eine Komplikationsinzidenz von 3,5% angegeben [103]. In den zitierten Arbeiten wurden jedoch neurologische Komplikationen und Revisionsoperationen eingeschlossen, so dass diese Zahlen nicht unmittelbar mit den Ergebnissen dieser Studie vergleichbar sind.

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass der Bandscheibenprolaps im Vergleich zu anderen Indikationen für Eingriffe an der lumbalen Wirbelsäule ein signifikant geringeres Risiko postoperativer Komplikationen barg, da der Anteil von an der Bandscheibe operierten Patienten in der Kontrollgruppe, welche näherungsweise dem Gesamtkollektiv entsprach, einen Anteil von 59,2% ausmachte, in der Studiengruppe jedoch lediglich 25,8% (s. Tabelle 9, Abbildungen 7 und 8). Dies entsprach einer allgemeinen Morbidität von 3,4%. Die im Vergleich zu den oben aufgeführten Studien deutlich im niedrigeren Bereich liegende Zahl könnte neben dem Ausschluss von Revisionsoperationen sowie neurologischer und anästhesiologischer Komplikationen darauf zurückzuführen sein, dass in der vorliegenden Studie aufgrund des retrospektiven Designs lediglich Komplikationen einbezogen werden konnten, welche unmittelbar intra- oder postoperativ aufgetreten waren, während Rompe et al. beispielsweise alle Komplikationen berücksichtigten, welche innerhalb der folgenden drei Monate entstanden waren [96]. Auch wenn davon auszugehen ist, dass zumindest schwerwiegende Komplikationen Eingang die Dokumentation fanden, auch wenn sie nach der Entlassung auftraten, ist eine Unvollständigkeit in Bezug auf zeitverzögerte Ereignisse nicht sicher auszuschließen.

Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass die niedrige Komplikationsrate bei Diskektomien im Vergleich zu anderen Eingriffen an der lumbalen Wirbelsäule mit dem geringeren Durchschnittsalter, der kürzeren OP-Dauer und dem geringeren Anteil multisegmentaler Eingriffe erklärt werden können [11, 30]. In der uni- und multivariaten Analyse konnte die Diagnose

Bandscheibenprolaps für keine der Komplikationen als isolierter Risikofaktor identifiziert werden (s. Tabellen 23 bis 29). Auch Deyo et al. zeigen in einer retrospektiven Analyse eine deutlich geringere Morbidität für Bandscheibenvorfälle im Vergleich zu anderen Indikationen [11].

Die Indikation Spinalkanalstenose war mit 24,2% die zweithäufigste der untersuchten Diagnosen (s. Tabelle 9, Abbildungen 7 und 8). Die allgemeine Morbidität lag in der vorliegenden Arbeit bei 8,1%. Insgesamt konnte eine im Vergleich zum Bandscheibenvorfall höhere und zur Spondylolisthese niedrigere Morbidität nachgewiesen werden. Außerdem fand sich bei dieser Indikation ein höherer Anteil internistischer Komplikationen im Vergleich zu chirurgischen, was sich möglicherweise durch den signifikant höheren Altersdurchschnitt des Patientenkollektivs mit Spinalkanalstenose erklären lässt, welches wiederum mit einer höheren Anzahl an Vorerkrankungen korreliert (s. Tabellen 10 und 12, Abbildungen 11 und 12).

Instabilitäten waren mit 17,5% die am wenigsten häufige Indikation zur Operation an der lumbalen Wirbelsäule, stellten jedoch mit 48,4% den größten Anteil in der Studiengruppe dar (s. Tabelle 9, Abbildungen 7 und 8). Es ergab sich eine allgemeine Morbidität von 21,0%. Die Diagnose erwies sich als eigenständiger Risikofaktor zur Entwicklung intra- und postoperativer Komplikationen im Allgemeinen im Vergleich zu den Diagnosen Bandscheibenvorfall und Spinalkanalstenose. Dieser Zusammenhang ließ sich auch in der multivariaten Analyse nachweisen. Die Notwendigkeit von Bluttransfusionen sowie das Auftreten von Wundheilungsstörungen, internistischen Infektionen und nephrologischen Komplikationen traten in der Analyse signifikant häufiger bei Patienten mit Instabilitäten der Wirbelsäule auf. Außerdem war bei diesen Patienten häufiger ein postoperativer Aufenthalt auf der Intensivstation notwendig (s. Tabellen 23 und 29).

Proietti et al. verglichen ebenfalls mehrere Eingriffsarten an der lumbalen Wirbelsäule, darunter Mikrodiskektomie, Dekompression und Spondylodese. Bei Mikrodiskektomien lag der Anteil von Patienten mit Komplikationen bei 4,5%, für Spinalkanalstenosen bei 14,77%. Für Spondylolisthese-Patienten wurde eine allgemeine Komplikationsrate von 25,7% bei ermittelt. In der besagten Studie wurden auch neurologische Komplikationen mit einbezogen, sodass die Morbiditätsraten insgesamt höher liegen als in der vorliegenden Arbeit. Dennoch lässt sich auch hier ein ähnlicher Anteil der verschiedenen Indikationen an der Gesamtzahl der Eingriffe mit komplizierten Verläufen erkennen [85].

Das am häufigsten operierte Segment war in der vorliegenden Untersuchung L4/5 (s. Tabelle 13 und Abbildung 13), diese Daten stehen in Einklang mit Park et al. sowie Rompe et al. [104, 105]. Multisegmentale Eingriffe konnten, wie in der vorliegenden Arbeit (s. Tabelle 13, Abbildungen 14 und 15), bereits in zahlreichen Studien als Risikofaktor für intra- und postoperative Komplikationen etabliert werden [11, 85, 92, 95, 106]. In der vorliegenden Studie konnte der Faktor der multisegmentalen Operation mit einer erhöhten Odds-Ratio für Komplikationen allgemein sowie für internistische Infektionen, Wundheilungsstörungen, Bluttransfusionen und Nachblutungen in Verbindung gebracht werden (s. Tabellen 24, 26 und 28). Der Zusammenhang mit Bluttransfusionen und internistischen Infektionen ließ sich auch in der multivariaten Analyse bestätigen (s. Tabellen 27 und 29). Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit Studien von Butler et al. [155] und Chughtai et al. [158]. Patienten mit multisegmentalen Operationen waren außerdem älter (s. Tabelle 15), ein Trend, den auch Park et al. beschreiben [104]. Dieser Effekt kann auch durch den überdurchschnittlich hohen Anteil an Patienten mit der Diagnose Instabilität bedingt sein, welche einen hohen Altersdurchschnitt aufweisen (s. Abbildungen 16 und 17).

4.1.4 OP-DAUER

Die Operationsdauer ist ein häufig untersuchter Faktor bei der Analyse von Risikofaktoren intra- und postoperativer Komplikationen. Im Allgemeinen ist eine prolongierte OP-Dauer häufig mit höheren Komplikationsraten assoziiert, so auch in der Wirbelsäulenchirurgie [88, 90, 107]. Der Vergleich zwischen Studien- und Kontrollgruppe ergab in der vorliegenden Untersuchung eine im Mittel um 36,44 Minuten längere OP-Dauer bei Patienten mit Komplikationen (s. Tabelle 19, Abbildung 22). Der Unterschied erwies sich als statistisch signifikant, war jedoch bei einem Vergleich der OP-Dauer zwischen Studien- und Kontrollgruppe innerhalb der einzelnen Indikationsgruppen statistisch nicht nachweisbar (s. Tabelle 21). Somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass die längere OP-Dauer in der Studiengruppe auf den höheren Anteil von Patienten mit Instabilitäten und Spinalkanalstenosen bzw. multisegmentalen Eingriffen zurückzuführen ist, deren Operationszeiten grundsätzlich länger sind. Es ist ebenfalls möglich, dass gerade die besagte höhere OP-Zeit mit ein Grund für die Häufung von Komplikationen bei Laminektomien und Spondylodesen ist [11]. Umgekehrt können intraoperative Komplikationen und deren Behebung auch ursächlich für die prolongierte Dauer der Eingriffe sein.

In der univariaten Analyse konnte die OP-Dauer außerdem als Risikofaktor für internistische Infektionen wie Pneumonien und Harnwegsinfekte identifiziert werden (s. Tabelle 28). In einer

Studie von Garibaldi et al. an 520 thorax- und abdominalchirurgischen Patienten wurde ein Zusammenhang zwischen OP-Zeit und postoperativen Pneumonien ebenfalls als hoch signifikant beschrieben [108]. In einer retrospektiven Studie von Lim et al. an 3.353 Patienten nach monosegmentalem Eingriff an der Wirbelsäule wird eine OP-Dauer >6h als Risikofaktor für Infektionen angegeben [109]. Die chirurgischen Komplikationen Materialfehlage, Duraverletzung und Transfusion traten in der vorliegenden Studie ebenfalls signifikant häufiger bei Patienten mit längeren Eingriffen auf (s. Tabelle 26). Diese Daten können durch Ergebnisse von Smorgick et al. untermauert werden, welche in einer Studie an 523 Patienten mit lumbalen und thorakalen Wirbelsäulenoperationen die Dauer des Eingriffs als signifikanten Risikofaktor für Duraverletzungen beschreiben [110]. Eine Auswirkung der OP-Dauer auf die Häufigkeit postoperativer Bluttransfusionen wird selten genannt, allerdings gibt es Veröffentlichungen, welche eine Korrelation mit multisegmentalen Eingriffen beschreiben – so auch die vorliegende Arbeit – welche wiederum mit längeren OP-Zeiten einhergehen [101].

4.1.5 VORERKRANKUNGEN

Eine Korrelation zwischen dem Vorhandensein von Vorerkrankungen beziehungsweise der Anzahl der Komorbiditäten und einer erhöhten Rate intra- und postoperativer Komplikationen wurde bereits von diversen Autoren beschrieben und konnte auch durch die vorliegenden Daten bestätigt werden [17, 91, 111]. Es wurde gezeigt, dass in der Studiengruppe der Anteil an Patienten mit Komorbiditäten um 16% höher war als in der Kontrollgruppe (s. Tabelle 16, Abbildungen 18 und 19). Außerdem fanden sich in der Ersteren mehr Patienten mit zwei oder mehr Vorerkrankungen sowie einige Individuen mit bis zu 5 Komorbiditäten, während in der Kontrollgruppe kein Patient mehr als zwei Vorerkrankungen aufwies (s. Abbildung 20). Somit stehen diese Ergebnisse in Einklang mit der vorhandenen Literatur.

Besondere Bedeutung kommt in der vorliegenden Arbeit kardialen Komorbiditäten zu, da sich eine starke Korrelation zwischen Vorerkrankungen am Herzen und dem Auftreten von Komplikationen im Allgemeinen und kardialen und nephrologischen Komplikationen im Speziellen nachweisen ließ. Des Weiteren hatten alle Patienten mit intensiv- stationärem Aufenthalt eine kardiale Vorerkrankung (s. Tabellen 23, 24 und 28). Reeg et al. betonen in ihrem „Review of comorbidities and spinal surgery“ die Wichtigkeit der präoperativen Evaluation der Herzfunktion, da bei vorbestehender Herzerkrankung das Risiko für kardiale Komplikationen stark erhöht ist. So liegt bei einem weniger als 6 Monate zurückliegenden Herzinfarkt das Risiko eines Re-Infarkts bei 37% [112]. Liegt ein Myokardinfarkt länger als 6 Monate zurück, bleibt die

Inzidenz noch immer 50-mal höher als in einer gesunden Vergleichsgruppe. Des Weiteren wird die Herzinsuffizienz als wichtigster Faktor für perioperative kardiale Morbidität und Mortalität genannt. Auch bei valvulären Herzrhythmusstörungen wird empfohlen, eine elektive Operation an der Wirbelsäule aufzuschieben, bis die Krankheit entsprechend gut eingestellt ist [112]. Auch von diversen anderen Autoren wird die Bedeutung hervorgehoben, die kardialen Vorerkrankungen bei nichtkardialen Eingriffen in Bezug auf Komplikationen zukommt [113-115].

Auch für Patienten mit Diabetes mellitus wurde in der vorliegenden Studie ein erhöhtes Risiko für kardiale Komplikationen nach elektiven Operationen identifiziert (s. Tabelle 28). Es ist allgemein bekannt, dass Diabetes mellitus die Entstehung kardiovaskulärer Erkrankungen begünstigt. So sollte diesen Patienten laut der Europäischen Gesellschaft für Anästhesiologie präoperativ besondere Aufmerksamkeit bei Anamnese, Untersuchung und OP-Vorbereitung zukommen [116]. Reeg et al. führen Diabetes mellitus im oben erwähnten Review ebenfalls als einen mittelstarken Prädiktor für kardiovaskuläre Komplikationen bei nichtkardialen Eingriffen auf [112]. Diese Ergebnisse stehen somit in Übereinstimmung mit den vorliegenden Daten.

Eine weitere Vorerkrankungskategorie, die in der vorliegenden Arbeit signifikant mit kardialen Komplikationen korrelierte, waren Gerinnungsstörungen. Mit einer Odds Ratio von 1,111 war die Effektstärke jedoch deutlich geringer als bei kardialen Vorerkrankungen (Odds-Ratio 33,455) und Diabetes mellitus (Odds-Ratio 9,300, s. Tabelle 28). Signifikante Zusammenhänge fanden sich auch bei Bluttransfusionen und Wundheilungsstörungen mit vorbestehenden Gerinnungsstörungen. Die Fallzahlen waren hier zwar sehr gering, und lassen eine Bestimmung der Odds-Ratio nicht zu (s. Tabelle 28, Abbildung 21), stehen jedoch in Einklang mit bestehenden Studien [156, 157].

Ein starker Zusammenhang konnte zwischen präoperativer Beeinträchtigung der Nierenfunktion und nephrologischen Komplikationen sowie Infektionen festgestellt werden (s. Tabellen 28 und 29). Auch von anderen Autoren wurde das Risiko von präoperativ eingeschränkter Nierenfunktion beschrieben. So konnte in einer Studie von O'Brien et al. bereits eine Serumkreatininerhöhung von 1,5-3,0 mg/dL mit einer erhöhten perioperativen Morbidität und Mortalität assoziiert werden [117, 118].

Ein weiterer statistisch signifikanter Zusammenhang bestand in der vorliegenden Studie zwischen malignen Vorerkrankungen und thrombembolischen Ereignissen wie TVT und Lungenarterienembolie (s. Tabelle 28). Schulte et al. nennen in ihrer Studie zu Risikofaktoren in der

Wirbelsäulenchirurgie aktive Tumorerkrankungen ebenfalls als Prädiktor für Thrombembolien. Hier werden noch weitere Risikofaktoren angegeben, zu denen in der vorliegenden Arbeit keine signifikanten Zusammenhänge ermittelt werden konnten, unter anderem vorangegangene Thrombose oder Lungenembolie, Nierenerkrankungen, Herzinsuffizienz und Östrogentherapie [119].

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass viele der gezeigten Zusammenhänge zwischen Vorerkrankungen und internistischen sowie chirurgischen Komplikationen in Übereinstimmung mit der existierenden Literatur stehen, jedoch einige in anderen Studien beschriebene Korrelationen in dieser Studie nicht reproduziert werden konnten. Dies kann vor allem an der sehr niedrigen Stichprobenzahl liegen, die sich trotz der Zusammenfassung in Vorerkrankungsgruppen für einige Komorbiditäten ergab.

4.2 KOMPLIKATIONEN

4.2.1 CHIRURGISCHE KOMPLIKATIONEN

Nachblutung

Nachblutungen im OP-Gebiet stellten mit einer Inzidenz von 1,9% in der vorliegenden Studie die häufigste chirurgische Komplikation dar (s. Abbildung 23). Liu et al. ermittelten in einer retrospektiven Studie an 2.715 Patienten eine Inzidenz von 1,14%, für epidurale Hämatome an der Wirbelsäule, Hohenberger et al. geben in einer retrospektiven Studie an 6.024 Patienten eine Inzidenz von 0,69%, Kou et al. eine Inzidenz von 0,1% bis 3% an [36, 37, 152]. Die Tatsache, dass die vorliegenden Daten sich somit eher im höheren Bereich einordnen, kann damit zusammenhängen, dass alle Formen von Nachblutungen, auch oberflächliche, erfasst wurden. Risikofaktoren für das Auftreten eines spinalen epiduralen Hämatoms sind laut Kou et al. multisegmentale Eingriffe und Koagulopathien [36]. Liu et al. führen niedrigen Serumkalziumspiegel, Blutgruppe A, erhöhten intraoperativen Blutverlust, OP-Dauer und niedrigen postoperativen Hämoglobinspiegel auf [37]. Awad et al. identifizierten NSAR-Einnahme, Rhesus-positive Blutgruppe sowie Alter über 60 Jahre als signifikante Prädiktoren [120]. In dieser Arbeit erwiesen sich ebenfalls hohes Patientenalter und OPs über mehrere Segmente als statistisch signifikante Einflussgrößen (s. Tabelle 26). Medikation, Blutgruppe und Laborparameter wurden nicht erfasst, sodass diese Ergebnisse durch die vorliegende Studie nicht reproduziert werden konnten. Gerinnungsstörungen liegen als Risikofaktor für epidurale Hämatome nahe, aufgrund

der niedrigen Stichprobenzahl von insgesamt zwei Patienten mit dieser Vorerkrankung können jedoch in dieser Arbeit keine verlässlichen Aussagen getroffen werden (s. Abbildung 21).

Materialfehlage

Viele Autoren fokussieren sich in ihren Studien eher auf die Folgen fehlplatzierten Materials als auf Risikofaktoren, welche dazu führen können. Einige Studien stammen außerdem aus der Skoliose-Therapie und sind daher nicht unmittelbar mit dem Patientenkollektiv dieser Studie vergleichbar [121-123]. In der vorliegenden Arbeit konnte ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Materialfehlage und der Dauer des operativen Eingriffs nachgewiesen werden, was mit einer erhöhten Komplexität längerer Operationen erklärt werden könnte (s. Tabelle 26).

Liquorfistel

Die akzidentielle Duraverletzung stellt eine der häufigsten Komplikationen bei neurochirurgischen Eingriffen an der Wirbelsäule dar [33]. Die in der Literatur angegeben Inzidenzen variieren stark. Williams et al. nennen eine Inzidenz von 1,6% in einer prospektiven Studie an 108.478 Patienten [124]. Guerin et al. ermittelten in einer retrospektiven Studie an 1.326 Patienten eine Inzidenz von 3,84% [125]. Tafazal et al. geben Zahlen zwischen 3,5% für primäre Diskektomien, 8,5% bei Spinalkanalstenosen und 13,2% für Revisionseingriffe an [33]. Hohenberger et al. beschreiben in einer retrospektiven Studie an 6.024 Patienten über 15 Jahre ein Auftreten von Liquorfisteln nach intraoperativer Duraverletzung bei 0,36% [153]. Diese Zahl beschreibt jedoch nur jene Duraverletzungen, die postoperativ mit der Ausbildung einer Liquorfistel einhergingen. Dies kann die, im Vergleich zur vorliegenden Arbeit- wo alle Formen der Duraverletzung eingingen- sehr niedrige Inzidenz bei Hohenberger et al. erklären. Mit einer Inzidenz von 1,14% liegt die Häufigkeit von Duralecks in der vorliegenden Arbeit im Literaturvergleich im unteren Bereich (s. Abbildung 23). Dies kann unter anderem daran liegen, dass Revisionsoperationen in unserer Studie ausgeschlossen wurden, welche laut Tafazal et al., Baker et al. und Williams et al. mit einer besonders hohen Komplikationsrate einhergehen [33, 124, 126]. Des Weiteren war der Anteil an Patienten mit Spinalkanalstenosen und Spondylolisthesen geringer und Trauma-, Tumor und Skoliosepatienten wurden aus der Studie ausgeschlossen. Primäre Diskektomien stellten den Hauptanteil des untersuchten Patientenkollektivs, welche ebenfalls laut Tafazal et al. ein geringeres Risiko beinhalten. Multisegmentale Eingriffe und Patientenalter konnten in der vorliegenden Studie nicht als Risikofaktoren für Duraverletzungen identifiziert werden (s. Tabellen 26 und 27). Diese Ergebnisse sind gegensätzlich zu

denen von Baker et al. und Williams et al, welche diese als solche aufführen. Für die OP-Dauer konnte hingegen in der vorliegenden Arbeit sowohl in der uni- als auch multivariaten Analyse ein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Diese wird von oben genannten Autoren zwar nicht explizit genannt, jedoch besteht ein Zusammenhang zwischen verlängerter OP-Dauer und größerer chirurgischer Invasivität und der Diagnose Spondylolisthese (s. Tabellen 15 und 21), welche wiederum von Baker et al. und Williams et al. genannt werden. [124, 126].

Transfusion

Als Risikofaktoren für eine postoperative Bluttransfusion konnten in der vorliegenden Studie weibliches Geschlecht, multisegmentale Eingriffe, hohes Alter, OP-Dauer und die Indikation Instabilität identifiziert werden (s. Tabellen 26 und 27). Damit stehen die Daten in Einklang mit der zur Verfügung stehenden Literatur. Berenholtz et al. führen in einer Studie an 3.988 an der Wirbelsäule operierten Patienten unter anderem Alter, weibliches Geschlecht und Diabetes mellitus als signifikante Prädiktoren auf [127]. Zheng et al. beschreiben ebenfalls Alter, weibliches Geschlecht und multisegmentale Eingriffe als Risikofaktoren für Transfusionen bei Patienten mit Revisionseingriffen bei lumbaler Spinalkanalstenose [101]. Letztere werden auch von Nuttall et al. in einer Studie an 244 Patienten mit unterschiedlichen multisegmentalen Wirbelsäulenoperationen aufgeführt [128]. Da bei Instabilitäten verhältnismäßig oft Eingriffe über mehrere Segmente stattfinden, ist es nachvollziehbar, dass sich bei dieser Diagnose ebenfalls eine statistisch signifikante Korrelation ergab (s. Tabellen 26 und 27). Der präoperative Serumhämoglobinspiegel wird ebenfalls häufig als Risikofaktor genannt, wurde aber in der vorliegenden Arbeit nicht untersucht. Ebenso wurden maligne Indikationen ausgeschlossen, welche ebenfalls als Risikofaktoren hervorgehoben werden [128]. Durch die Indikationen, welche in die Studie integriert beziehungsweise ausgeschlossen wurden, kann möglicherweise die vergleichsweise niedrige Inzidenz von 1,1% für Bluttransfusionen in der vorliegenden Arbeit erklärt werden (s. Abbildung 23). Gerinnungsstörungen als Komorbidität konnten aufgrund der niedrigen Stichprobenzahl von zwei Patienten nicht in die Analyse mit eingehen.

Infektion

Laut Beiner et al. treten postoperative Wundinfektionen nach Eingriffen an der Wirbelsäule bei 1 bis 12 % der Patienten auf [48]. Eine Studie von Gunner et al. an 3.174 Patienten mit Wirbelsäulenoperationen ergab für Infektionen im OP-Gebiet eine Inzidenz von 4,2% [129]. Mit 0,8% ist die Inzidenz in der vorliegenden Studie sehr niedrig (s. Abbildung 23). Dies kann unter

anderem an dem kurzen Beobachtungszeitraum liegen, da Infektionen oft erst im späteren Verlauf auffällig werden. In einer Studie von Rhode et al. wurden 1.642 Patienten mit Operationen an der lumbalen Bandscheibe untersucht, von denen 508 Patienten keine Antibiotikaphylaxe erhielten. Bei den prophylaktisch antimikrobiell behandelten Patienten trat keine einzige Infektion auf, während in der Gruppe ohne Antibiotikagabe die Inzidenz 3,7% betrug. Somit kommt der präoperativen Antibiose, welche im untersuchten OP-Zentrum standardmäßig durchgeführt wird, eine große Bedeutung zu [49, 50]. Als weitere Risikofaktoren gelten OP-Dauer, präoperative Hyperglykämie, Übergewicht, Unterernährung, Nikotinabusus, Komorbiditäten wie Diabetes und disseminierte maligne Erkrankungen und ein falscher Zeitpunkt der perioperativen Antibiotikaphylaxe [48, 50, 129, 130]. In der vorliegenden Studie konnte keiner dieser Risikofaktoren als statistisch signifikant reproduziert werden (s. Tabellen 26 und 27). Dies mag zum einen an der insgesamt sehr niedrigen Inzidenz postoperativer Wundinfektionen liegen, zum anderen am Ausschluss von Revisions-OPs aus dem Untersuchungskollektiv. Präoperativer BMI und Raucherstatus wurden aufgrund mangelnder Dokumentation nicht als Prädiktoren erfasst. Des Weiteren können spät aufgetretene Spondylodiszitiden aufgrund des begrenzten Überwachungszeitraums der Analyse entgangen sein.

Wundheilungsstörung

Risikofaktoren für Wundheilungsstörungen werden in lokale Faktoren wie Nachblutungen, Infektionen, Fremdkörper oder mechanische Belastung im Wundgebiet und systemische Ursachen, wie Diabetes mellitus, Adipositas, Immunsuppression, hohes Lebensalter, Tumorerkrankung oder Unterernährung eingeteilt [53, 54]. Extrinsische Faktoren wurden in der vorliegenden Studie nicht untersucht, sodass hier keine Differenzierung vorgenommen werden kann. Hohes Alter, die Diagnose Instabilität und multisegmentale Eingriffe zeigten eine signifikante Korrelation (s. Tabellen 26 und 27). Aufgrund der physiologischen Hintergründe erscheint Diabetes mellitus als ein naheliegender Risikofaktor. Dass dieser Zusammenhang in der vorliegenden Arbeit nicht reproduziert werden konnte, kann unter anderem an der niedrigen Fallzahl liegen. Die Inzidenz postoperativer Wundheilungsstörungen wird in der Literatur mit etwa 10-15% angegeben, unter Einbezug von Seromen, Hämatomen, Rupturen und Dehiszenzen [55]. In der vorliegenden Studie betrug die Rate lediglich 0,7%. Dies kann dadurch begründet werden, dass postoperative Hämatome unter der Kategorie „Nachblutungen“ separat dokumentiert wurden. Zudem zeigt sich eine verzögerte Wundheilung oft erst im späteren Verlauf und kann somit der Datenerhebung entgangen sein.

4.2.2 INTERNISTISCHE KOMPLIKATIONEN

Kardial

Weltweit treten bei knapp einem Prozent der Patienten, die sich nichtkardialen Operationen unterziehen, schwerwiegende perioperative kardiovaskuläre Komplikationen auf [58]. Diese stellen gleichzeitig die häufigste Todesursache nach elektiven nichtkardiochirurgischen Eingriffen dar [59]. In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass die Hälfte der Patienten, die postoperativ intensivpflichtig wurden, kardiovaskuläre Komplikationen erlitten hatten. Die Stichprobengröße war mit 8 Patienten zwar sehr klein und somit nicht repräsentativ, lässt aber dennoch einen Trend beobachten, welcher erneut den Schweregrad derartiger Komplikationen aufzeigt. Kardiovaskuläre Komplikationen stellten in unserer Studie außerdem die häufigste Kategorie internistischer Komplikationen dar (s. Abbildung 25). Der präoperativen Einschätzung patienteneigener Risikofaktoren kommt aus diesen Gründen besondere Bedeutung zu [60, 61].

Alter, Diabetes mellitus und kardiale Vorerkrankungen konnten in der vorliegenden Studie als Risikofaktoren identifiziert werden (s. Tabelle 28). Auch Goldman et al. beschrieben in ihrer Studie zu kardialem Risiko bei nichtkardialen Operationen ein hohes Patientenalter als eigenständigen Risikofaktor für Komplikationen am Herzen. Patienten über 70 Jahre hatten ein zehnfach erhöhtes Risiko einen perioperativen Herztod zu erleiden [61]. Diese Korrelation ließ sich auch für spinale Eingriffe bestätigen [131, 132]. Kardiovaskuläre Vorerkrankungen wie Herzinsuffizienz und Rhythmusstörungen werden bei Goldman et al. ebenfalls als Hauptrisikofaktor genannt, wobei es hinsichtlich der Art der Komplikationen keine signifikanten Unterschiede zwischen vorbestehenden Rhythmusstörungen und strukturellen Herzerkrankungen wie ischämischer Kardiomyopathie gab. Die OP-Dauer konnte, wie auch in der vorliegenden Arbeit, nicht als Risikofaktor etabliert werden. Dahingegen ist die Art des Eingriffs laut Goldman et al. ein entscheidender Prädiktor. Hierbei bestand das größte Risiko für intraabdominelle, intrathorakale und aortale Operationen [61]. Bezüglich spinaler Indikationen wurde bei Fineberg et al. für Spondylodesen ein höheres Risiko kardialer Komplikationen identifiziert als für Dekompressionen [131]. Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Risikofaktoren Alter, kardiale Komorbidität und Diabetes mellitus, wurden in einer Studie an 767 Patienten von Lee et al. ebenfalls als signifikante Prädiktoren für kardiale Komplikationen bei Eingriffen an der lumbalen Wirbelsäule eingestuft (s. Tabelle 28). In der genannten Arbeit wurden zusätzlich COPD, renale, cerebrovaskuläre oder maligne Vorerkrankung sowie Ausdehnung der Operation als

statistisch signifikant aufgeführt [132]. Im Vergleich zur vorliegenden Arbeit lagen jedoch andere Ein- und Ausschlusskriterien vor, so wurden alle Eingriffe an der lumbalen Wirbelsäule untersucht, ungeachtet der Indikation. Ausgeschlossen wurden lediglich Patienten unter 18 Jahren und Patienten mit unvollständig dokumentierten Daten.

Die Inzidenz kardialer Komplikationen bei lumbalen spinalen Eingriffen wird in einer retrospektiven Studie an 578.457 Eingriffen von Fineberg et al. mit 0,67% angegeben [131]. Dies steht in Einklang mit den Daten der vorliegenden Arbeit, in der eine Inzidenz von 0,82% ermittelt werden konnte (s. Abbildung 25).

Infektion

Aufgrund der niedrigen Fallzahlen wurden infektiöse Komplikationen lediglich nach chirurgischen (Wundinfektion, Spondylodiszitis) und internistischen Kriterien unterschieden. Innerhalb der Gruppe internistischer Infektionen wurde der jeweilige Infektionsfokus nicht einzeln statistisch analysiert. Insgesamt wurde bei 0,73% der Patienten ein Harnwegsinfekt oder eine Pneumonie dokumentiert.

In einer retrospektiven Studie von Lim et al. an 3.353 Patienten nach monosegmentalem Eingriff an der Wirbelsäule wird eine Inzidenz internistischer Infektionen von 3,3% angegeben. Statistisch signifikante Risikofaktoren waren Alter >60 und >70 Jahre, OP-Dauer >6h, weibliches Geschlecht, erhöhter präoperativer Kreatininspiegel und ASA-Score <2 [109]. Diese Ergebnisse sind teilweise mit den vorliegenden vergleichbar, auch hier wurden Alter, OP-Dauer und nephrologische Vorerkrankungen als signifikante Prädiktoren ermittelt (s. Tabellen 28 und 29). Zusätzlich ergab die vorliegende Analyse eine Korrelation mit multisegmentalen Eingriffen und der Diagnose Instabilität. Bohl et al. ermittelten in einer Analyse von 10.825 Patienten nach lumbaler Spondylodese eine Rate von 1,77% für Harnwegsinfekte. Als Risikofaktoren werden unter anderem Alter, weibliches Geschlecht, Diabetes mellitus und OP-Dauer angegeben [133]. Eine retrospektive Arbeit von Tominaga et al. an 825 Patienten mit spinalen Eingriffen zeigte, dass 87% der internistischen Infektionen Harnwegsinfekte waren. Insgesamt betrug die Inzidenz 2,8%. Risikofaktoren waren erneut OP-Dauer und ASA-Score >3 [134]. Ein Review zu internistischen Komplikationen bei Wirbelsäulendeformitäten von Baron et al. zeigt, dass die Inzidenz postoperativer Pneumonien unklar ist und in der Literatur zwischen 1% und 3,36% angegeben wird [135]. Insgesamt ist die Zahl der Veröffentlichungen zu postoperativen Pneumonien und Harnwegsinfekten nach wirbelsäulenchirurgischen Eingriffen spärlich, die meisten Studien konzentrieren sich auf Wundinfektionen.

Thrombembolisch

Thrombembolien gehören zu den führenden Auslösern postoperativer Morbidität und Mortalität [70, 71]. Oda et al. untersuchten 110 Patienten, die sich Eingriffen an der lumbalen Wirbelsäule unterzogen hatten, phlebografisch. Bei 26,5% waren Zeichen der TVT nachweisbar, obwohl kein Patient entsprechende klinische Zeichen gezeigt hatte [71]. Da in der vorliegenden Studie kein systematisches postoperatives Screening mittels Phlebografie vorgenommen wurde, gingen lediglich symptomatische Thrombosen in die Analyse mit ein. Eine Studie an 1.229 Skoliose-Patienten von Uden et al. ergab eine Inzidenz von 0,65% symptomatischer postoperativer TVT, was den vorliegenden Daten nahekommt, die eine Rate von 0,32% thrombembolischer Ereignisse zeigen (s. Abbildung 25). In der genannten Studie waren jedoch Lungenarterienembolien mit eingeschlossen [136]. In einer Arbeit zu großen Eingriffen an der thorakolumbalen Wirbelsäule von Dearborn et al. wurden Raten von 6% für anteroposteriore OPs und 0,5% für ausschließlich posteriore Eingriffe angegeben [137]. In weiteren Studien werden Inzidenzen zwischen 0,3% und 14% angegeben [16, 119, 138, 139]. Die genannten Zahlen hängen stark von den verwendeten Diagnosekriterien ab. Aufgrund der Gefahr postoperativer epiduraler Hämatome ist eine Thromboseprophylaxe mit Vorsicht anzuwenden. Trotzdem wird das Risiko für thrombembolische Ereignisse in der Wirbelsäulen Chirurgie im Allgemeinen als eher gering dargestellt [119, 138, 140]. Andere Studien, insbesondere solche mit systematischen phlebografischen Nachuntersuchungen legen jedoch nahe, dass die Prävalenz von postoperativen TVT deutlich höher liegt, als bisher angenommen [71, 139].

Auch bezüglich Lungenarterienembolien finden sich in der Literatur unterschiedliche Angaben. Eine Metaanalyse von 14 Studien zum Embolierisiko bei elektiven Wirbelsäulenoperationen von Sansone et al. ergab eine Prävalenz von 0,06% für Lungenembolien [140]. Pateder et al. nannten eine Inzidenz von 2,4% in einer Studie an 361 Erwachsenen mit Wirbelsäulendeformitäten [141].

Schulte et al. nennen nach univariater Analyse aktive Malignität, vorangegangene Thrombembolie, Östrogen Therapie, Major Depression, renale und kardiale Vorerkrankungen sowie benigne Prostatahyperplasie als Risikofaktoren für die Entstehung postoperativer Thrombembolien [119]. In unserer Arbeit konnten lediglich maligne Vorerkrankungen als statistisch signifikante Korrelation bestätigt werden (s. Tabelle 28). Psychische und urologische Vorerkrankungen sowie Medikation wurden jedoch nicht erfasst und konnten somit nicht in die Analyse mit

eingehen. Der Zusammenhang zwischen Thrombosen und malignen Erkrankungen wurde vielfach untersucht und ist insbesondere für Gliompatienten in zahlreichen Studien verifiziert worden [142-146].

Aufgrund der niedrigen Fallzahl von insgesamt 4 thrombotischen Ereignissen wurden für die statistische Auswertung TVT und Lungenembolie in eine Gruppe zusammengefasst.

Nephrologisch

Zur Inzidenz des akuten postoperativen Nierenversagens bei nichtkardiochirurgischen Patienten findet man unterschiedliche Angaben in der Literatur. Brienza et al. geben eine Rate von 1% an, während Biteker et al. in einer prospektiven Studie an 1.200 Patienten eine Inzidenz von 6,7% ermittelten [147, 148]. Manku et al. gaben eine Inzidenz nephrologischer Komplikationen bei nichtkardialen Eingriffen von 2,6% an [149]. Die Abweichungen können möglicherweise durch Unterschiede in den Bewertungskriterien erklärt werden. Je nachdem, ob bei Analyse nach den RIFLE-Kriterien eine Gesamtinzidenz für „Risk“, „Injury“, „Failure“, „Loss“ und „End Stage Renal Disease“ angegeben wird, oder beispielsweise nur schwerwiegende Nierenfunktionseinschränkungen in die Analyse eingehen, können die Ergebnisse sehr unterschiedlich ausfallen.

Es existieren wenige Studien, welche Risikofaktoren für nephrologische Komplikationen speziell in der Wirbelsäulenchirurgie untersuchen. In einer Arbeit von Naik et al., in der die Evaluation des Nierenversagens nach den RIFLE-Kriterien erfolgte, wurde in einem Kollektiv von 726 an der thorakalen oder lumbalen Wirbelsäule operierten Patienten eine Inzidenz von 3,17% für „Risk“ und 0,69% für „Injury“ ermittelt. Schwerwiegendere Einschränkungen der Nierenfunktion waren nicht aufgetreten [150]. In der vorliegenden Studie wurde bei 0,32% der Patienten eine postoperative Nierenfunktionseinschränkung dokumentiert (s. Abbildung 25).

Wie auch in dieser Studie wurde in einer Arbeit über perioperative internistische Komplikationen bei Erwachsenen mit spinaler Deformität von Baron et al. das präoperative chronische Nierenversagen als wichtiger Risikofaktor für postoperatives Nierenversagen identifiziert. In der besagten Studie wurden außerdem ASA-Status, Alter und Diabetes mellitus genannt [135]. Die letzteren zwei Faktoren liegen aufgrund der Pathophysiologie chronischer Nierenerkrankungen nahe, erwiesen sich in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht als statistisch signifikant (s. Tabelle 28). Dies mag der niedrigen Fallzahl von 3 Patienten mit nephrologischen Komplikationen ge-

schuldet sein. Kardiale Vorerkrankungen und die Diagnose Instabilität konnten in der vorliegenden Studie hingegen als signifikante Risikofaktoren ermittelt werden (s. Tabelle 28). In einer retrospektiven Studie an 1.166 Patienten von Abelha et al. wurden kardiale Komorbiditäten wie ischämische Kardiomyopathie und Herzinsuffizienz ebenfalls als statistisch signifikante Prädiktoren für postoperatives Nierenversagen bei präoperativ uneingeschränkter Nierenfunktion identifiziert [151]. In der oben zitierten Studie von Naik et al. an einem ausschließlich wirbelsäulenchirurgischen Patientengut wurde präoperative Hypertension als einziger statistisch signifikanter Risikofaktor genannt [150].

4.3 LIMITATIONEN

Aufgrund des retrospektiven Studiendesigns ist die Vollständigkeit der Daten stark von der Dokumentation des behandelnden Arztes abhängig. Es kann nicht immer garantiert werden, dass alle Fälle postoperativer Komplikationen in den Entlassberichten vermerkt wurden, insbesondere, wenn es sich dabei um weniger schwerwiegende Fälle handelte, bei welchen der weitere Verlauf nicht beeinträchtigt war. Außerdem wurden Kriterien, die in vergleichbaren Studien häufig untersucht wurden, wie beispielsweise präoperative Laborwerte, ASA-Score, Body-Mass-Index und Medikation nicht einheitlich dokumentiert und konnten somit nicht statistisch ausgewertet werden.

Weiterhin wurden in der vorliegenden Studie lediglich Komplikationen dokumentiert, welche noch während desselben Krankenhausaufenthalts auftraten. Aufgrund dieses beschränkten Beobachtungszeitraums können Ereignisse, die sich erst im späteren Verlauf entwickelten und wegen derer beispielsweise nur der Hausarzt konsultiert wurde der Analyse entgangen sein.

Ein weiterer Faktor, welcher die statistische Analyse erschwerte, waren die beschränkten Fallzahlen hinsichtlich einzelner Komplikationen oder auch Vorerkrankungen. Trotz des initial mit 1.226 untersuchten Patienten umfangreich angelegten Kollektivs wurden letztendlich lediglich 93 Patienten mit Komplikationen bei primären lumbalen Eingriffen ermittelt. Aus den kleinen Stichprobenzahlen resultierte die Notwendigkeit zur Zusammenfassung von Merkmalen in Gruppen, um eine statistische Auswertung zu ermöglichen. Gleichzeitig machte die fehlende Distinktion diese auch unschärfer. Wie am Beispiel von Gerinnungsstörungen war trotz einer Zusammenfassung einzelner Vorerkrankungen manchmal keine statistische Analyse mit Ermittlung von Odds-Ratios möglich. Einzig bei kardialen Vorerkrankungen und Diabetes mellitus konnte eine Stichprobenzahl von mehr als 10 Patienten dokumentiert werden.

In der vorliegenden Studie konnten Komplikationen über einen langen Zeitraum nahezu vollständig erhoben werden. Die Ergebnisse leisten einen Beitrag zur besseren Einordnung und Evaluation von Risikofaktoren vor elektiven Operationen an der Wirbelsäule. Zudem dienen sie insbesondere aufgrund des großen untersuchten Patientenkollektivs zur Qualitätssicherung der Eingriffe am untersuchten OP-Zentrum.

5 ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit untersucht die Inzidenz sowie potenzielle Risikofaktoren internistischer und chirurgischer Komplikationen nach elektiven neurochirurgischen Eingriffen an der lumbalen Wirbelsäule. Hierzu wurde ein Patientenkollektiv bestehend aus 1.226 Patienten betrachtet, welche im Zeitraum von Januar 2009 bis einschließlich Oktober 2014 in der Klinik für Neurochirurgie des Universitätsklinikums Regensburg aufgrund eines Bandscheibenprolaps, einer Spinalkanalstenose oder einer Instabilität der LWS erstmals elektiv operiert wurden. Als Referenzgruppe dienten die Daten aller, im Zeitraum vom 05.02.2014 bis 16.10.2014 mit oben genannten Indikationen operierten Patienten, welche einen unkomplizierten intra- und postoperativen Verlauf zeigten. Die untersuchten Prädiktoren Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen, Indikation und Lokalisation sowie die Art und der Verlauf postoperativer Komplikationen konnten Stationsakten und Entlassberichten entnommen werden. Zur Erhebung intraoperativer Daten wie der Dauer des Eingriffs dienten OP- und Anästhesieprotokolle. Um statistisch verwertbare Stichprobengrößen zu generieren wurden sowohl Vorerkrankungen als auch Komplikationen in Gruppen zusammengefasst. Der Altersdurchschnitt der Patienten in der Studiengruppe betrug 67,4 (SD 12,2) Jahre, 49,5% waren weiblich. In der Kontrollgruppe waren Patienten im Schnitt 58,6 (SD 13,9) Jahre alt, 40,8% waren weiblich. Die Diagnose Bandscheibenvorfall war mit 59,2% die häufigste Indikation in der Kontrollgruppe, in der Studiengruppe überwog hingegen mit 48,4% die Diagnose Instabilität. Am häufigsten wurde das Segment L4/5 operiert. Multisegmentale Eingriffe wurden bei 24,7% der Patienten in der Studiengruppe durchgeführt, in der Kontrollgruppe waren es 11,7%. Eine oder mehrere Vorerkrankungen wurden bei 37,6% der Patienten der Studiengruppe dokumentiert, in der Kontrollgruppe wiesen 22,3% der Patienten Komorbiditäten auf. Kardiale Vorerkrankungen waren mit 23,7% in der Studien- und 10,7% in der Kontrollgruppe am häufigsten, gefolgt von Diabetes mellitus.

Als allgemeine Risikofaktoren für das Auftreten internistischer oder chirurgischer Komplikationen konnten in der univariaten Analyse hohes Patientenalter, lange OP- Dauer, multisegmentale Eingriffe, die Indikation Instabilität sowie das Vorhandensein einer oder mehrere Vorerkrankungen im Allgemeinen und kardialer Vorerkrankungen im Speziellen identifiziert werden. Diese Ergebnisse stehen in Einklang mit der vorhandenen Literatur. Nach multivariater Analyse konnten Alter und die Indikation Instabilität als Risikofaktoren bestehen. Spezielle Komplikationen, bei welchen ein Zusammenhang mit dem Patientenalter zu erkennen war, waren Bluttransfusionen, Nachblutungen, Wundheilungsstörungen, kardiale Komplikationen und

internistische Infektionen. Bezüglich des Geschlechts hatten lediglich weibliche Patientinnen ein erhöhtes Risiko intra- oder postoperativer Bluttransfusionen. Die Dauer der Operation spielte für das Auftreten einer Materialfehl- lage, Verletzungen der Dura sowie Pneumonien und Harnwegsinfekte eine Rolle, außerdem kam es auch hier zu einer vermehrten Notwendigkeit von Bluttransfusionen. Multisegmentale Eingriffe korrelierten mit Bluttransfusionen, Nachblutungen, Wundheilungsstörungen und internistischen Infektionen. Die Indikation Instabilität war signifikant mit Wundheilungsstörungen, internistischen Infektionen und nephrologischen Komplikationen vergesellschaftet.

Hinsichtlich spezieller Vorerkrankungen fanden sich einige statistisch signifikante Ergebnisse. Für kardiale Komplikationen fand sich starker Zusammenhang mit kardialen Komorbiditäten und Diabetes mellitus. Infektionen und nephrologische Komplikationen traten vermehrt bei Patienten mit nephrologischen Vorerkrankungen auf. Ein in der Literatur häufig beschriebener Zusammenhang zwischen malignen Vorerkrankungen und Thrombembolien konnte in der vorliegenden Studie ebenfalls nachgewiesen werden. Für die Vorerkrankung Gerinnungsstörung konnten aufgrund der niedrigen Stichprobenzahl keine Aussagen getroffen werden.

Patienten mit internistischen Komplikationen waren im Schnitt älter, hatten einen höheren Anteil an Männern sowie den Indikationen Spinalkanalstenose und Spondylolisthese, mehr Vorerkrankungen und längere Operationszeiten als die Gruppe der Patienten, welche chirurgische Komplikationen entwickelten.

Insgesamt lagen die in der vorliegenden Studie ermittelten Komplikationsinzidenzen im Literaturvergleich in einem sehr niedrigen Bereich. Dies kann an den Ein- und Ausschlusskriterien für das gewählte Patientenkollektiv liegen, spricht aber auch für die Qualität der untersuchten Eingriffe, zumal schwerwiegende oder lebensbedrohliche Komplikationen sehr selten auftraten.

Ein besonderes Augenmerk sollte auch in Zukunft auf Patienten mit hohem Alter, multisegmentalen Eingriffen sowie mit Komorbiditäten, insbesondere mit kardialen Vorerkrankungen, gelegt werden.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Börm, W., et al., *Leitlinie: Lumbaler Bandscheibenvorfall*. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie, 2005.
2. Freburger, J.K., et al., *The rising prevalence of chronic low back pain*. Archives of Internal Medicine, 2009. 169(3): p. 251-258.
3. Thomé, C., W. Börm, and F. Meyer, *Die degenerative lumbale Spinalkanalstenose*. Dtsch Arztebl International, 2008. 105(20): p. 373-9.
4. Jensen, M.C., et al., *Magnetic Resonance Imaging of the Lumbar Spine in People without Back Pain*. New England Journal of Medicine, 1994. 331(2): p. 69-73.
5. Lake, J.K., C. Power, and T.J. Cole, *Back pain and obesity in the 1958 British birth cohort. cause or effect?* J Clin Epidemiol, 2000. 53(3): p. 245-50.
6. Croft, P.R., et al., *Psychologic distress and low back pain. Evidence from a prospective study in the general population*. Spine (Phila Pa 1976), 1995. 20(24): p. 2731-7.
7. Kalff, R., et al., *Degenerative lumbale Spinalkanalstenose im höheren Lebensalter*. Deutsches Ärzteblatt, 2013.
8. Robertson, J.T., *The rape of the spine*. World Neurosurgery, 1993. 39(1): p. 5- 12.
9. Deyo, R.A. and S.K. Mirza, *Trends and Variations in the Use of Spine Surgery*. Clinical Orthopaedics and Related Research, 2006. 443: p. 139-146.
10. Weinstein, J.N., et al., *United States' trends and regional variations in lumbar spine surgery: 1992-2003*. Spine (Phila Pa 1976), 2006. 31(23): p. 2707-14.
11. Deyo, R.A., et al., *Trends, major medical complications, and charges associated with surgery for lumbar spinal stenosis in older adults*. JAMA, 2010. 303(13): p. 1259-65.
12. Raspe, H., Gesundheitsberichterstattung des Bundes, *Robert Koch Institut, statistisches Bundesamt*. Gesundheit in Deutschland, 2006. 5: p. 109-112.
13. Raspe, H.H. and T. Kohlmann, *The current backache epidemic*. Ther Umsch, 1994. 51(6): p. 367-74.
14. Guo, H.R., et al., *Back pain prevalence in US industry and estimates of lost workdays*. American Journal of Public Health, 1999. 89(7): p. 1029-1035.
15. Börm, W., *Spinale Neurochirurgie: operatives Management von Wirbelsäulenerkrankungen; mit 107 Tabellen*. 2009: Schattauer Verlag.
16. Chotai, S., et al., *106 Effect of Complications Within 90 Days on Cost-Utility Following Elective Surgery for Degenerative Lumbar Spine Disease*. Neurosurgery, 2016. 63 Suppl 1: p. 145.
17. Ciol, M.A., et al., *An assessment of surgery for spinal stenosis: time trends, geographic variations, complications, and reoperations*. Journal of the American Geriatrics Society, 1996. 44(3): p. 285-290.

18. Geile, G. and K. Puff, *Zur Problematik der klinischen Diagnose medianer Bandscheibenvorfälle*. DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift, 1964. 89(30): p. 1417-1421.
19. Sitzer, M. and H. Steinmetz, *Lehrbuch Neurologie*. 2011: Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH.
20. Greenberg, M.S., *Handbook of neurosurgery*. 2010: Thieme Medical Publishers.
21. Rothoerl, R.D., C. Woertgen, and A. Brawanski, *When should conservative treatment for lumbar disc herniation be ceased and surgery considered?* Neurosurgical Review, 2002. 25(3): p. 162-165.
22. Nygaard, Ø.P., B. Romner, and J.H. Trumpy, *Duration of symptoms as a predictor of outcome after lumbar disc surgery*. Acta Neurochirurgica, 1994. 128(1): p. 53-56.
23. Ende-Henningsen, B., et al., *Erkrankungen des Rückenmarks*. Klinische Neurologie, 2005: p. 458.
24. Schulte, T.L., et al., *Lumbale Spinalkanalstenose*. Der Orthopäde, 2006. 35(6): p. 675-694.
25. Fritsch, E.W., *Spondylolisthesis*. Der Orthopäde, 2003. 32(4): p. 340-361.
26. Wittenberg, R.H., R.E. Willburger, and J. Krämer, *Spondylolyse und Spondylolisthese*. Der Orthopäde, 1998. 27(1): p. 51-63.
27. Harms, J. and H. Rolinger, *Die operative Behandlung der Spondylolisthese durch dorsale Aufrichtung und ventrale Verblockung*. Z Orthop Unfall, 1982. 120(03): p. 343-347.
28. Stolke, D., W.-P. Sollmann, and V. Seifert, *Intra- and Postoperative Complications in Lumbar Disc Surgery*. Spine, 1989. 14(1): p. 56-59.
29. Carragee, E.J., *The increasing morbidity of elective spinal stenosis surgery: is it necessary?* JAMA, 2010. 303(13): p. 1309-10.
30. Deyo, R.A., et al., *Morbidity and mortality in association with operations on the lumbar spine. The influence of age, diagnosis, and procedure*. J Bone Joint Surg Am, 1992. 74(4): p. 536-43.
31. Bisevic, M., et al., *Postoperative infections after posterior spondylodesis of thoracic and lumbar spine. Surgical spine infections*. Psychiatr Danub, 2014. 26 Suppl 2: p. 382-6.
32. Carreon, L.Y., et al., *Perioperative Complications of Posterior Lumbar Decompression and Arthrodesis in Older Adults*. JBJS, 2003. 85(11): p. 2089- 2092.
33. Tafazal, S.I. and P.J. Sell, *Incidental durotomy in lumbar spine surgery: incidence and management*. European Spine Journal, 2005. 14(3): p. 287-290.
34. Ghobrial, G.M., et al., *Iatrogenic neurologic deficit after lumbar spine surgery: A review*. Clin Neurol Neurosurg, 2015. 139: p. 76-80.
35. Cabana, F., et al., *Postoperative compressive spinal epidural hematomas. 15 cases and a review of the literature*. Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur, 2000. 86(4): p. 335-345.

36. Kou, J., et al., *Risk Factors for Spinal Epidural Hematoma After Spinal Surgery*. *Spine*, 2002. 27(15): p. 1670-1673.
37. Liu, J.-M., et al., *Incidence and risk factors for symptomatic spinal epidural haematoma following lumbar spinal surgery*. *International Orthopaedics*, 2017. 41(11): p. 2297-2302.
38. Reichle, E., et al., *Zur Definition der Pedikelfehllage*. *Der Orthopäde*, 2002. 31(4): p. 402-405.
39. Roth, R. and O. Wörsdörfer, *Gefahren und Komplikationen bei der operativen Behandlung von Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule*. *OP- JOURNAL*, 2001. 17(02): p. 177-184.
40. Hodges, S.D., et al., *Management of Incidental Durotomy Without Mandatory Bed Rest: A Retrospective Review of 20 Cases*. *Spine*, 1999. 24(19): p. 2062.
41. Safa-Tisseront, M.D.V., et al., *Effectiveness of Epidural Blood Patch in the Management of Post-Dural Puncture Headache*. *Anesthesiology*, 2001. 95(2): p. 334-339.
42. Jones, A.A.M., et al., *Long-Term Results of Lumbar Spine Surgery Complicated by Unintended Incidental Durotomy*. *Spine*, 1989. 14(4): p. 443-446.
43. Heim, M.U., *Die neuen Querschnitts-Leitlinien der Bundesärztekammer – Evidenz-basierte Empfehlungen für die Risiko-Nutzen-Abwägung bei der Hämotherapie*. *AINS-Anästhesiologie · Intensivmedizin · Notfallmedizin · Schmerztherapie*, 2009. 44(03): p. 186-199.
44. Fopp, M. and M. Wernli. *Sicherheit der Bluttransfusion heute*. in *Schweiz Med Forum*. 2006.
45. Fresenius, H., *Repetitorium Intensivmedizin*. 2003: Springer.
46. Bux, J., *Transfusion-related acute lung injury (TRALI): a serious adverse event of blood transfusion*. *Vox sanguinis*, 2005. 89(1): p. 1-10.
47. Weinstein, M.A., J.P. McCabe, and F.P.J. Cammisa, *Postoperative Spinal Wound Infection: A Review of 2,391 Consecutive Index Procedures*. *Clinical Spine Surgery*, 2000. 13(5): p. 422-426.
48. John M. Beiner, et al., *Postoperative wound infections of the spine*. *Neurosurgical Focus*, 2003. 15(3): p. 1-5.
49. Rohde, V., et al., *Spondylodiscitis After Lumbar Discectomy: Incidence and a Proposal for Prophylaxis*. *Spine*, 1998. 23(5): p. 615-620.
50. Olsen, M.A., et al., *Risk Factors for Surgical Site Infection Following Orthopaedic Spinal Operations*. *JBJS*, 2008. 90(1): p. 62-69.
51. Picada, R., et al., *Postoperative Deep Wound Infection in Adults After Posterior Lumbo-sacral Spine Fusion with Instrumentation: Incidence and Management*. *Clinical Spine Surgery*, 2000. 13(1): p. 42-45.
52. Wimmer, C. and H. Gluch, *Management of Postoperative Wound Infection in Posterior Spinal Fusion with Instrumentation*. *Clinical Spine Surgery*, 1996. 9(6): p. 505-508.

53. Scheithauer, M. and H. Riechelmann, *Übersicht Teil II: Die gestörte kutane Wundheilung*. Laryngo-Rhino-Otol, 2003. 82(01): p. 36-39.
54. Weise, K. and M. Schäffer, *Behandlungsstrategien bei Wundheilungsstörungen*. Der Unfallchirurg, 2000. 103(2): p. 100-109.
55. Gierhake, F.W., *Postoperative Wundheilungsstörungen: Untersuchungen zur Statistik, Ätiologie und Prophylaxe*. 2013: Springer-Verlag.
56. Hu, S.S., *Blood loss in adult spinal surgery*. European Spine Journal, 2004. 13(1): p. S3-S5.
57. Goodnough, L. and R. Marcus, *Effect of autologous blood donation in patients undergoing elective spine surgery*. Spine, 1992. 17(2): p. 172-175.
58. Manjarrez, E.C., K.F. Mauck, and S.L. Cohn, *Postoperative Cardiac Complications*, in *Perioperative Medicine*. 2012, John Wiley & Sons, Inc. p. 407-424.
59. Polanczyk, C.A., et al., *Right heart catheterization and cardiac complications in patients undergoing noncardiac surgery: An observational study*. JAMA, 2001. 286(3): p. 309-314.
60. Boersma, E., et al., *Perioperative cardiovascular mortality in noncardiac surgery: Validation of the Lee cardiac risk index*. The American Journal of Medicine, 2005. 118(10): p. 1134-1141.
61. Goldman, L., *Cardiac risks and complications of noncardiac surgery*. Annals of surgery, 1983. 198(6): p. 780.
62. Ford, M.K., W. Beattie, and D.N. Wijeyesundera, *Systematic review: Prediction of perioperative cardiac complications and mortality by the revised cardiac risk index*. Annals of Internal Medicine, 2010. 152(1): p. 26-35.
63. Polanczyk, C.A., et al., *Supraventricular arrhythmia in patients having noncardiac surgery: clinical correlates and effect on length of stay*. Annals of internal medicine, 1998. 129(4): p. 279-285.
64. Gastmeier, P. and C. Geffers, *Nosokomiale Infektionen in Deutschland: Wie viele gibt es wirklich?* Dtsch med Wochenschr, 2008. 133(21): p. 1111-1115.
65. Gastmeier, P., *Prävention nosokomialer Infektionen*. Der Chirurg, 2008. 79(3): p. 263-272.
66. Daschner, F., et al., *Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz*. 1992: Springer.
67. Geffers, C. and P. Gastmeier, *Nosokomiale Infektionen und multiresistente Erreger in Deutschland*. Deutsches Ärzteblatt, 2011. 108(6): p. 87-93.
68. Morehead, R. and S. Pinto, *Ventilator-associated pneumonia*. Archives of Internal Medicine, 2000. 160(13): p. 1926-1936.
69. Esmon, C.T., *Basic mechanisms and pathogenesis of venous thrombosis*. Blood Reviews, 2009. 23(5): p. 225-229.

70. Ahmad Khaldi, et al., *Venous thromboembolism: deep venous thrombosis and pulmonary embolism in a neurosurgical population*. Journal of Neurosurgery, 2011. 114(1): p. 40-46.
71. Ferree, B.A., et al., *Deep Venous Thrombosis After Spinal Surgery*. Spine, 1993. 18(3): p. 315-319.
72. Blättler, W., *Leitlinien zur Diagnostik und Therapie der tiefen Bein-/Beckenvenenthrombose*. Phlebologie, 1998. 27: p. 84-8.
73. Gerlach, R., et al., *Postoperative nadroparin administration for prophylaxis of thrombotic events is not associated with an increased risk of hemorrhage after spinal surgery*. European Spine Journal, 2004. 13(1): p. 9-13.
74. Torbicki, A., et al., *Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism*The Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology (ESC). European Heart Journal, 2008. 29(18): p. 2276-2315.
75. Bhardwaj, A. and M.A. Mirski, *Handbook of neurocritical care*. Vol. 406. 2010: Springer Science & Business Media.
76. Keller, C.K. and S.K. Geberth, *Akutes Nierenversagen*, in *Praxis der Nephrologie*. 2010, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 181-198.
77. Noor, S. and A. Usmani, *Postoperative Renal Failure*. Clinics in Geriatric Medicine, 2008. 24(4): p. 721-729.
78. Lehner, G.F., et al., *Monitoring von Organfunktionen*. Medizinische Klinik - Intensivmedizin und Notfallmedizin, 2012. 107(1): p. 7-16.
79. Scheler, F., L. Brunner, and R. Stunkat, *Postoperative Nierenstörung*. Thoraxchirurgie und Vaskuläre Chirurgie, 1969. 17(06): p. 487-493.
80. Ambühl, P. *Klinik und Therapie des akuten Nierenversagens*. in *Schweiz Med Forum*. 2001.
81. Field, A., *Discovering Statistics Using SPSS*. 2009.
82. Ibañez, F.A.L., et al., *A new classification of complications in neurosurgery*. World neurosurgery, 2011. 75(5-6): p. 709-715.
83. Nasser, R., et al., *Complications in spine surgery*. 2010. 13(2): p. 144.
84. Manninen, P.H., et al., *Early postoperative complications following neurosurgical procedures*. Canadian Journal of Anesthesia, 1999. 46(1): p. 7.
85. Proietti, L., et al., *Complications in lumbar spine surgery: a retrospective analysis*. Indian journal of orthopaedics, 2013. 47(4): p. 340.
86. Deyo, R.A., et al., *Lumbar spinal fusion. A cohort study of complications, reoperations, and resource use in the Medicare population*. Spine, 1993. 18(11): p. 1463-1470.
87. Rampersaud, Y.R., et al., *Intraoperative Adverse Events and Related Postoperative Complications in Spine Surgery: Implications for Enhancing Patient Safety Founded on Evidence-Based Protocols*. Spine, 2006. 31(13): p. 1503-1510.

88. Schoenfeld, A.J., et al., *Risk Factors for Immediate Postoperative Complications and Mortality Following Spine Surgery: A Study of 3475 Patients from the National Surgical Quality Improvement Program*. JBJS, 2011. 93(17): p. 1577- 1582.
89. Pugely, A.J., et al., *Causes and risk factors for 30-day unplanned readmissions after lumbar spine surgery*. Spine (Phila Pa 1976), 2014. 39(9): p. 761-8.
90. Saleh, A., et al., *Complications and readmission after lumbar spine surgery in elderly patients: an analysis of 2,320 patients*. Spine J, 2017.
91. Li, G., et al., *Effects of age and comorbidities on complication rates and adverse outcomes after lumbar laminectomy in elderly patients*. Spine, 2008. 33(11): p. 1250-1255.
92. Bekelis, K., et al., *A predictive model of complications after spine surgery: the National Surgical Quality Improvement Program (NSQIP) 2005–2010*. The Spine Journal, 2014. 14(7): p. 1247-1255.
93. Hobbs, M., et al., *Surgeon experience and trends in intraoperative complications in laparoscopic cholecystectomy*. British Journal of Surgery: Incorporating European Journal of Surgery and Swiss Surgery, 2006. 93(7): p. 844-853.
94. Sosa, J.A., et al., *The importance of surgeon experience for clinical and economic outcomes from thyroidectomy*. Annals of surgery, 1998. 228(3): p. 320.
95. Cassinelli, E.H., et al., *Risk factors for the development of perioperative complications in elderly patients undergoing lumbar decompression and arthrodesis for spinal stenosis: an analysis of 166 patients*. Spine, 2007. 32(2): p. 230-235.
96. Rompe, J.D., et al., *Intra- und postoperative Risikoanalyse nach lumbaler Bandscheibenoperation*. Z Orthop Unfall, 1999. 137(03): p. 201-205.
97. Kalanithi, P.S., C.G. Patil, and M. Boakye, *National Complication Rates and Disposition After Posterior Lumbar Fusion for Acquired Spondylolisthesis*. Spine, 2009. 34(18): p. 1963-1969.
98. Strömquist, F., et al., *Gender differences in lumbar disc herniation surgery*. Acta orthopaedica, 2008. 79(5): p. 643-649.
99. Pochon, L., et al., *Influence of gender on patient-oriented outcomes in spine surgery*. European Spine Journal, 2016. 25(1): p. 235-246.
100. Kothari, P., et al., *Impact of gender on 30-day complications after adult spinal deformity surgery*. Spine, 2016. 41(14): p. 1133-1138.
101. Zheng, F., et al., *Factors Predicting Hospital Stay, Operative Time, Blood Loss, and Transfusion in Patients Undergoing Revision Posterior Lumbar Spine Decompression, Fusion, and Segmental Instrumentation*. Spine, 2002. 27(8): p. 818-824.
102. Schüwer, U. and K. Roosen, *Komplikationen bei lumbalen Bandscheibenoperationen*. Neurochirurgia, 1988. 31(S 1): p. 192-195.
103. Yeung, A.T. and P.M. Tsou, *Posterolateral Endoscopic Excision for Lumbar Disc Herniation: Surgical Technique, Outcome, and Complications in 307 Consecutive Cases*. Spine, 2002. 27(7): p. 722-731.

104. Park, D.K., et al., *Does multilevel lumbar stenosis lead to poorer outcomes?: a subanalysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT) lumbar stenosis study*. Spine (Phila Pa 1976), 2010. 35(4): p. 439-46.
105. Rompe, J.D., et al., *[Intra- and postoperative risk analysis after lumbar intervertebral disk operation]*. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, 1999. 137(3): p. 201-205.
106. Cloyd, J.M., et al., *Effects of age on perioperative complications of extensive multilevel thoracolumbar spinal fusion surgery*. Journal of Neurosurgery: Spine, 2010. 12(4): p. 402-408.
107. Siemionow, K., et al., *Predictive Factors of Hospital Stay in Patients Undergoing Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion and Instrumentation*. Spine, 2012. 37(24): p. 2046-2054.
108. Garibaldi, R.A., et al., *Risk factors for postoperative pneumonia*. The American journal of medicine, 1981. 70(3): p. 677-680.
109. Lim, S., et al., *Risk factors for postoperative infections after single-level lumbar fusion surgery*. Spine, 2018. 43(3): p. 215-222.
110. Smorgick, Y., et al., *Predisposing factors for dural tear in patients undergoing lumbar spine surgery*. 2015. 22(5): p. 483.
111. Campbell, P.G., et al., *Patient comorbidity score predicting the incidence of perioperative complications: assessing the impact of comorbidities on complications in spine surgery*. 2012. 16(1): p. 37.
112. Reeg, S.E., *A Review of Comorbidities and Spinal Surgery*. Clinical Orthopaedics and Related Research®, 2001. 384: p. 101-109.
113. Janssen-Heijnen, M.L., et al., *Comorbidity in older surgical cancer patients: influence on patient care and outcome*. European Journal of Cancer, 2007. 43(15): p. 2179-2193.
114. Bartels, H., *Präoperative Risikoabschätzung und Operationsvorbereitung in der onkologischen Chirurgie*, in *Praxis der Viszeralchirurgie: Onkologische Chirurgie*, J.R. Siwert, F. Harder, and M. Rothmund, Editors. 2001, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 331-341.
115. Hecker, A., et al., *Chirurgie bei Patienten mit Vorerkrankungen und Schwangeren*. Allgemein- und Viszeralchirurgie up2date, 2012. 6(04): p. 231- 247.
116. De Hert, S., et al., *Preoperative evaluation of the adult patient undergoing non- cardiac surgery: guidelines from the European Society of Anaesthesiology*. European Journal of Anaesthesiology (EJA), 2011. 28(10): p. 684-722.
117. O'Brien, M.M., et al., *Modest serum creatinine elevation affects adverse outcome after general surgery*. Kidney international, 2002. 62(2): p. 585-592.
118. Polanczyk, C.A., et al., *Impact of age on perioperative complications and length of stay in patients undergoing noncardiac surgery*. Annals of internal medicine, 2001.
119. Schulte, L.M., et al., *Deep vein thrombosis and pulmonary embolism after spine surgery: incidence and patient risk factors*. Am J Orthop, 2013. 42(6): p. 267- 70.

120. Awad, J., et al., *Analysis of the risk factors for the development of post-operative spinal epidural haematoma*. The Journal of bone and joint surgery. British volume, 2005. 87(9): p. 1248-1252.
121. Suk, S.-I., et al., *Thoracic Pedicle Screw Fixation in Spinal Deformities: Are They Really Safe?* Spine, 2001. 26(18): p. 2049-2057.
122. Di Silvestre, M., et al., *Complications of Thoracic Pedicle Screws in Scoliosis Treatment*. Spine, 2007. 32(15): p. 1655-1661.
123. Lonstein, J.E., et al., *Complications associated with pedicle screws*. JBJS, 1999. 81(11): p. 1519-28.
124. Williams, B.J., et al., *Incidence of unintended durotomy in spine surgery based on 108 478 cases*. Neurosurgery, 2011. 68(1): p. 117-124.
125. Guerin, P., et al., *Incidental durotomy during spine surgery: incidence, management and complications. A retrospective review*. Injury, 2012. 43(4): p. 397-401.
126. Baker, G.A., et al., *Risk factors for unintended durotomy during spine surgery: a multivariate analysis*. The Spine Journal, 2012. 12(2): p. 121-126.
127. Berenholtz, S.M., et al., *Predictors of transfusion for spinal surgery in Maryland, 1997 to 2000*. Transfusion, 2002. 42(2): p. 183-189.
128. Nuttall, G.A., et al., *Predictors of Blood Transfusions in Spinal Instrumentation and Fusion Surgery*. Spine, 2000. 25(5): p. 596-601.
129. Pull ter Gunne, A.F. and D.B. Cohen, *Incidence, Prevalence, and Analysis of Risk Factors for Surgical Site Infection Following Adult Spinal Surgery*. Spine, 2009. 34(13): p. 1422-1428.
130. Abdul-Jabbar, A., et al., *Surgical Site Infection in Spinal Surgery: Description of Surgical and Patient-Based Risk Factors for Postoperative Infection Using Administrative Claims Data*. Spine, 2012. 37(15): p. 1340-1345.
131. Fineberg, S.J., et al., *Incidence and Mortality of Cardiac Events in Lumbar Spine Surgery*. Spine, 2013. 38(16): p. 1422-1429.
132. Lee, M.J., et al., *Risk factors for medical complication after lumbar spine surgery: a multivariate analysis of 767 patients*. Spine, 2011. 36(21): p. 1801.
133. Bohl, D.D., et al., *Urinary Tract Infection Following Posterior Lumbar Fusion Procedures: An American College of Surgeons National Surgical Quality Improvement Program Study*. Spine, 2015. 40(22): p. 1785-1791.
134. Tominaga, H., et al., *Risk factors for surgical site infection and urinary tract infection after spine surgery*. European Spine Journal, 2016. 25(12): p. 3908- 3915.
135. Baron, E.M. and T.J. Albert, *Medical Complications of Surgical Treatment of Adult Spinal Deformity and How to Avoid Them*. Spine, 2006. 31(19S): p. S106- S118.
136. Uden, A., *Thromboembolic complications following scoliosis surgery in Scandinavia*. Acta Orthop Scand, 1979. 50(2): p. 175-8.

137. Dearborn, J.T., et al., *Thromboembolic complications after major thoracolumbar spine surgery*. Spine (Phila Pa 1976), 1999. 24(14): p. 1471-6.
138. Rokito, S.E., M.C. Schwartz, and M.G. Neuwirth, *Deep Vein Thrombosis After Major Reconstructive Spinal Surgery*. Spine, 1996. 21(7): p. 853-858.
139. West, J.L.I. and L.D. Anderson, *Incidence of Deep Vein Thrombosis in Major Adult Spinal Surgery*. Spine, 1992. 17: p. 254-257.
140. Sansone, J.M., A.M. del Rio, and P.A. Anderson, *The Prevalence of and Specific Risk Factors for Venous Thromboembolic Disease Following Elective Spine Surgery*. JBJS, 2010. 92(2): p. 304-313.
141. Pateder, D.B., et al., *Pulmonary Embolism After Adult Spinal Deformity Surgery*. Spine, 2008. 33(3): p. 301-305.
142. Marras, L.C., W.H. Geerts, and J.R. Perry, *The risk of venous thromboembolism is increased throughout the course of malignant glioma: an evidence-based review*. Cancer, 2000. 89(3): p. 640-646.
143. Jenkins, E., et al., *Venous thromboembolism in malignant gliomas*. Journal of Thrombosis and Haemostasis, 2010. 8(2): p. 221-227.
144. Falanga, A. and M. Marchetti, *Venous thromboembolism in the hematologic malignancies*. J Clin Oncol, 2009. 27(29): p. 4848-57.
145. Rickles, F.R. and M.N. Levine, *Venous thromboembolism in malignancy and malignancy in venous thromboembolism*. Pathophysiology of Haemostasis and Thrombosis, 1998. 28(Suppl. 3): p. 43-49.
146. Semrad, T.J., et al., *Epidemiology of venous thromboembolism in 9489 patients with malignant glioma*. Journal of neurosurgery, 2007. 106(4): p. 601-608.
147. Biteker, M., et al., *Incidence, risk factors, and outcomes of perioperative acute kidney injury in noncardiac and nonvascular surgery*. The American Journal of Surgery, 2014. 207(1): p. 53-59.
148. Brienza, N., M.T. Giglio, and M. Marucci, *Preventing acute kidney injury after noncardiac surgery*. Current Opinion in Critical Care, 2010. 16(4): p. 353-358.
149. Manku, K., P. Bacchetti, and J.M. Leung, *Prognostic Significance of Postoperative In-Hospital Complications in Elderly Patients. I. Long-Term Survival*. Anesthesia & Analgesia, 2003. 96(2): p. 583-589.
150. Naik, B.I., et al., *Incidence and risk factors for acute kidney injury after spine surgery using the RIFLE classification*. Journal of Neurosurgery: Spine, 2014. 20(5): p. 505-511.
151. Abelha, F.J., et al., *Determinants of postoperative acute kidney injury*. Critical Care, 2009. 13(3): p. R79.
152. Hohenberger, C., et al., *Symptomatic postoperative spinal epidural hematoma after spinal decompression surgery: prevalence, risk factors, and functional outcome*. Journal of Neurological Surgery Part A: Central European Neurosurgery, 2020. 81(4): p 290-296.
153. Hohenberger, C., et al., *Development of cerebrospinal fluid fistula after incidental durotomy in spinal decompression surgery*. Journal of neurosurgical sciences, 2019.

154. Makrantonaki, E., et al., *Pathogenesis of wound healing disorders in the elderly*. JDDG: Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft, 2017. 15(3): p 255-275
155. Butler, J. et al., *Risk analyses of blood transfusion requirements in emergency and elective spinal surgery*. European spine journal, 2011. 20(5), p.753-758.
156. Rodriguez-Merchan, E. C., et al., *Surgical wound healing in bleeding disorders*. Haemophilia, 2012. 18(4), 487-490.
157. Everhart, J. S., et al., *Perioperative allogeneic red blood-cell transfusion associated with surgical site infection after total hip and knee arthroplasty*. JBJS, 2018. 100(4), 288-294.
158. Chughtai, M., et al., *The epidemiology and risk factors for postoperative pneumonia*. Journal of clinical medicine research, 2017. 9(6), 466.
159. Schlaeger, R., Lieb, et al., *Postoperative Wirbelsäule*. Der Radiologe, 2014 54(11), 1093-1102.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Anzahl der Wirbelsäulenoperationen in Deutschland (2005-2010) [7]. 5

Abbildung 2: Schematische Darstellung der Beziehung zwischen Lokalisation eines Bandscheibenvorfalls L4/5 und neuraler Kompression (a: transversaler Schnitt, b: dorsale Ansicht) Während ein medialer Vorfall bei L4/5 (Position 1) den Duralschlauch und tiefer abgehende Nervenwurzeln komprimiert, irritiert ein mediolateraler Vorfall (Position 2) die L5-Wurzel. Ein nach intra- oder extraforaminal verlagertes Vorfall (Position 3) wird die L4-Wurzel komprimieren. Diese kann auch durch einen weit nach kranial verlagerten Vorfall (Position 4) geschädigt werden. In seltenen Fällen kommt es zu einer Kompression der S1-Wurzel, wenn der Vorfall weit nach kaudal disloziert (Position 5) [1]. 8

Abbildung 3: Schematische axiale Darstellung der degenerativen Veränderungen an der Lendenwirbelsäule. Durch Bandscheibenprotrusion (blau), Facettenhypertrophie (grau) und Hypertrophie beziehungsweise Auffaltung des Ligamentum flavum (gelb) kommt es zur Einengung des Spinalkanals (rot). Je nach Lokalisation resultiert auch eine Einengung des Recessus und/oder der Neuroforamina (orange). Ein Wirbelgleiten (Olisthese) oder eine Instabilität können ebenso zu einer Einengung des Spinalkanals und speziell der Neuroforamina führen [3]. 9

Abbildung 4: Absolute Häufigkeit von Patienten in Studien- und Kontrollgruppe pro Lebensdekade 29

Abbildung 5: Geschlechterverteilung in Studien- und Kontrollgruppe 30

Abbildung 6: Geschlechterverteilung bei internistischen und chirurgischen Komplikationen 30

Abbildung 7: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen in der Kontrollgruppe 32

Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen in der Studiengruppe 32

Abbildung 9: Altersdurchschnitt von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation 33

Abbildung 10: Geschlechterverteilung nach Indikation und Gruppenzugehörigkeit..... 34

Abbildung 11: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen bei Patienten mit chirurgischen Komplikationen.....	35
Abbildung 12: Prozentuale Verteilung der OP-Indikationen bei Patienten mit internistischen Komplikationen.....	35
Abbildung 13: Absolute Häufigkeiten der operierten Segmente in Studien- und Kontrollgruppe	36
Abbildung 14: Anteil multisegmentaler Operationen in der Studiengruppe.....	37
Abbildung 15: Anteil multisegmentaler Operationen in der Kontrollgruppe	37
Abbildung 16: Verteilung der OP-Indikationen bei multisegmentalen Operationen.....	38
Abbildung 17: Verteilung der OP-Indikationen bei monosegmentalen Operationen	38
Abbildung 18: Anteil von Patienten mit Vorerkrankungen in der Studiengruppe.....	39
Abbildung 19: Anteil von Patienten mit Vorerkrankungen in der Kontrollgruppe	39
Abbildung 20: Anzahl der Vorerkrankungen in Studien- und Kontrollgruppe	40
Abbildung 21: Häufigkeiten der einzelnen Vorerkrankungen in Studien- und Kontrollgruppe	41
Abbildung 22: Anzahl der Operationen pro 30-Minuten-Intervall in Studien- und Kontrollgruppe	42
Abbildung 23: Häufigkeiten chirurgischer Komplikationen.....	44
Abbildung 24: Prozentuale Verteilung der Therapien chirurgischer Komplikationen	45
Abbildung 25: Häufigkeiten internistischer Komplikationen	45

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vorerkrankungskategorien	25
Tabelle 2: Kategorien der internistischen Komplikationen.....	26
Tabelle 3: Kategorien chirurgischer Komplikationen	26
Tabelle 4: Untersuchte Prädiktoren.....	27
Tabelle 5: Mittelwert, Spanne und Median des Alters in Studien- und Kontrollgruppe	28
Tabelle 6: Mittelwert, Spanne und Median des Alters bezogen auf chirurgische und internistische Komplikationen.....	29
Tabelle 7: Geschlechterverteilung in Studien- und Kontrollgruppe	29
Tabelle 8: Mittelwert des Alters von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Geschlecht	31
Tabelle 9: Absolute und relative Häufigkeiten von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation	31
Tabelle 10: Mittelwert des Alters von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation	33
Tabelle 11: Absolute und relative Häufigkeit und Geschlechterverteilung von Patienten aus Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Indikation.....	34
Tabelle 12: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten mit chirurgischen und internistischen Komplikationen bezogen auf Indikation.....	35
Tabelle 13: Absolute Häufigkeit von Patienten in Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Lokalisation.....	36
Tabelle 14: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten in Studien- und Kontrollgruppe bezogen auf Ausdehnung des Eingriffs.....	36
Tabelle 15: Mittelwerte der OP-Dauer und des Alters bei mono- und multisegmentalen Operationen	38

Tabelle 16: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten mit und ohne Vorerkrankungen in Studien- und Kontrollgruppe.....	39
Tabelle 17: Absolute und relative Häufigkeit von Patienten der unterschiedlichen Vorerkrankungskategorien bezogen auf Studien- und Kontrollgruppe	40
Tabelle 18: Absolute relative Häufigkeit von Patienten der unterschiedlichen Vorerkrankungskategorien bezogen auf chirurgische und internistische Komplikationen	41
Tabelle 19: Mittelwert der OP-Dauer in Minuten und absolute Zeitspanne in Studien- und Kontrollgruppe	42
Tabelle 20: Mittelwert der OP-Dauer in Minuten bezogen auf chirurgische und internistische Komplikationen.....	43
Tabelle 21: Mittelwert der OP-Dauer in Minuten bezogen auf Indikation	43
Tabelle 22: Dauer des intensivstationären Aufenthalts bezogen auf Studien- und Kontrollgruppe	46
Tabelle 23: Univariate Analyse von Risikofaktoren für intensivstationären Aufenthalt	46
Tabelle 24: Univariate Analyse von Risikofaktoren für Komplikationen allgemein.....	47
Tabelle 25: Multivariate Analyse von Risikofaktoren für Komplikationen allgemein.....	47
Tabelle 26: Univariate Analyse von Risikofaktoren für chirurgische Komplikationen.....	49
Tabelle 27: Multivariate Analyse von Risikofaktoren für chirurgische Komplikationen.....	50
Tabelle 28: Univariate Analyse von Risikofaktoren für internistische Komplikationen	51
Tabelle 29: Multivariate Analyse von Risikofaktoren für internistische Komplikationen	51

DANKSAGUNG

Mein herzlicher Dank gilt meinem Doktorvater PD Dr. Karl-Michael Schebesch für die freundliche Überlassung des Dissertationsthemas und die ausgezeichnete Unterstützung. Besonders danke ich Dr. Ruth Albert für die Anregungen und stets freundliche, engagierte und unkomplizierte Beratung.

Ich danke meiner Familie für ihr Vorbild, ihre Motivation und ihre stetige Zuversicht. Größter Dank gilt insbesondere meinem Freund, meinem Bruder und meiner Schwägerin, für ihre Ratschläge und die unermüdliche moralische Unterstützung.

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

ERKLÄRUNG ZUM PROMOTIONSVERFAHREN

nach § 3 Abs. 3 und 4 der Promotionsordnung der Fakultät für Medizin der Universität Regensburg

Ich erkläre,

- dass ich den Doktorgrad der Medizin nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland erworben habe
- dass ich nicht an anderer Stelle zu einem Promotionsverfahren zum Erwerb des medizinischen Doktorgrades zugelassen bin
- dass ich die medizinische Doktorprüfung nicht schon an einer Hochschule der Bundesrepublik Deutschland endgültig nicht bestanden habe.

Außerdem erkläre ich,

- dass mir keine Tatsachen bekannt sind, die mich zur Führung eines akademischen Grades im Sinne des Gesetzes über die Führung akademischer Grade unwürdig erscheinen lassen
- dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Kiel,