Komplikationsspektrum operativ versorgter Wirbelsäulenverletzungen

Eine Analyse der Multicenterstudien I und II der AG Wirbelsäule

Die operative Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen hat mehr als jeder anderer Skelettabschnitt in der zurückliegenden Dekade eine rasche Entwicklung der Operationsverfahren und Behandlungsstrategien erfahren. Das Spektrum der verschiedenen Operationsmethoden mit ihren unterschiedlichen Zugängen, Implantaten und Techniken bleibt jedoch groß und erweitert sich ständig [6, 54]. Minimal-invasive Verfahren (endoskopische Technik), Augmentation mit Knochenzement (Vertebro-, bzw. Kyphoplastie) und navigierte Eingriffe an der Wirbelsäule („computer-assisted orthopedic surgery“, CAOS) erlangen zunehmende Bedeutung [3, 45, 46]. Da es sich bei den Wirbelsäulenverletzungen zudem um eher seltene Läsionen handelt, weist die Literatur oft nur Auswertungen über kleinere, sehr uneinheitliche Patientenkollektive auf. Angaben zu den spezifischen Komplikationen bei diesen Operationen beschränken sich daher überwiegend auf Einzelfälle oder müssen durch Metaanalysen retrospektiv evaluiert werden, um höhere Fallzahlen mit repräsentativeren Komplikationsraten zu gewinnen.

Im folgenden Beitrag schildern die Autoren zunächst Fehlerquellen operativ versorgter Wirbelsäulenverletzungen und analysieren daraufhin die multizentrischen Erhebungen I (MCS I, 1994–1996) und II (MCS II, 2001–2003) der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Ge-

sellschaft für Unfallchirurgie (DGU) in Bezug auf Komplikationsmöglichkeiten. Abschließend werden die eigenen Ergebnisse (MCS I) in Zusammenhang mit den Komplikationsraten einer kürzlich publizierten Metaanalyse der Publikationen (132 „peer-reviewed“ Artikel) zu operativ behandelten Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule der letzten 30 Jahre von Verlaan et al. [55] diskutiert.

Bei den eigenen Ergebnissen handelt es sich zum einen um Daten der ersten Sammelstudie aus den Jahren 1994–1996, die 682 prospektiv erfasste und ausschließlich operierte Patienten mit frischen Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule umfasst. Zum anderen sollen aktuell erste epidemiologische Fallzahlen und Daten der 2. modifizierten, internetbasierten Sammelstudie (Multicenterstudie II) des Erfassungszeitraums 2001–2003 in Bezug auf die angewandten Operationstechniken vorgestellt werden. Die internetbasierte Datenbank und das neu entwickelte Abfragetool (MEMDoc-Applikation) für eingespeiste Daten der teilnehmenden Kliniken wurde vom Institut für evaluative Forschung in orthopädischer Chirurgie, Universität Bern (ehemals M.E. Müller Stiftung) entwickelt und betreut. Das Datenbankkonzept der MCS II ersetzt heute die herkömmlichen Erfassungsbögen, u. a. durch intelligente Online-Eingabemasken, die allen Teilnehmer der Studie täglich 24 h über das Internet zur Verfügung ste-

hen, ohne dabei auf höchste Sicherheitsansprüche zu verzichten. Sensible Patientendaten sind durch erhöhten Benutzerkomfort und verbesserte Verfügbarkeit der Datenbank durch das Internet nicht gefährdet, da insbesondere auch auf elektronische Datensicherheit (128-bit-Verschlüsselung auf Electronic-banking-Niveau) größter Wert gelegt wird. Durch entsprechende Zugangskontrollen in Form von Passwörtern kombiniert mit entsprechender physischer Sicherheit (Institut gesichert, Speichermedien) wird Schutz vor Fremdzugriffen gewährleistet.

Wesentliche inhaltliche Neuerungen der Multicenterstudie II (MCS II) sind neben Angaben zu neuen operativen Techniken (Vertebro- bzw. Kyphoplastie – Endoskopie – CAOS/Navigation) auch nicht-operative Behandlungsverläufe (ab einer Verletzungsschwere des Typs A.2.3) und die Erfassung von Wirbelverletzungen der gesamten Brust- und Lendenwirbelsäule.

Fehlerquellen und Komplikationsmöglichkeiten

Typische Fehler und Komplikationsmöglichkeiten bei Eingriffen an der Brust- und Lendenwirbelsäule lassen sich anhand der einzelnen Operationsschritte unterteilen. Im Einzelnen sind dies:

1. Fehler bei der Lagerung und geschlossenen Reposition,

2. zugangsbedingte Komplikationen,
3. Fehler bei der Dekompression des Spinalkanals,
4. Komplikationen bei der Instrumentierung bzw. Stabilisierung,
5. Komplikationen bei der operativen Fusion.

Hinzu kommen dann noch allgemeine chirurgische Komplikationen, die nicht spezifisch für eine Wirbelsäulenoperation sind.

Fehler bei der Lagerung und geschlossenen Reposition

Nach präoperativer Analyse der Verletzung und Abschätzen der Instabilität folgt das Planen der notwendigen Reposition. Die Grobreposition wird unmittelbar vor Operationsbeginn in Bauchlage auf dem OP-Tisch vorgenommen. Hier gilt es, vorliegende kyphotische, skoliotische, translatorische und rotatorische Fehlstellungen zu beseitigen. Insbesondere die beiden letztgenannten sind intraoperativ nur ungenügend zu kontrollieren und müssen deswegen präoperativ korrigiert und mit dem Bildwandlergerät in 2 Ebenen kontrolliert werden.

Die Feinreposition kann dann intraoperativ über einen Fixateur interne vorgenommen werden. Die Repositionsmöglichkeiten bei rein ventralem Vorgehen sind geringer. Hier kann intraoperativ lediglich die Segmenthöhe und begrenzt Kyphose und Skoliose kontrolliert werden.

Zugangsbedingte Komplikationen

Der dorsale Zugang zur thorakolumbalen Wirbelsäule gilt als einfach und wenig komplikationsträchtig. Sein größtes Risiko besteht darin, dass durch unnötig ausgedehnte Darstellung dorsaler Wirbelanteile Weichgewebe wie Muskulatur und Gelenkkapseln dauerhaft geschädigt werden [7].

Ventrale Zugänge bergen mehr Gefahren in sich. Jede Thorakotomie ist von einer – meist vorübergehenden – respiratorischen Funktionseinschränkung, durch postoperative Schmerzen und die Beeinträchtigung der Thoraxwandmuskulatur begleitet [24]. Vorbestehende Einschränkungen der Lungenfunktion, wie z. B. bei

Vorerkrankung oder begleitender Lungenkontusion, können dadurch in kritischem Maße verstärkt werden. Für jeden ventralen Eingriff sind daher eine präoperative Evaluation der respiratorischen Funktion und eine sorgfältige postoperative Überwachung notwendig, um drohende Komplikationen wie Dys- oder Atelektasen schnell beseitigen zu können. Bei Patienten mit begleitender Lungenkontusion oder Polytraumatisierten ist eine Thorakotomie in den ersten 2 Wochen nach dem Unfall kontraindiziert [5].

Als Alternative für die Thorakotomie hat sich die Thorakoskopie bewährt [4, 40, 50]. Sie bietet mit der notwendigen apparativen Ausstattung und nach entsprechender Einarbeitung in die Technik eine deutliche Verringerung der perioperativen Belastung des Patienten [36, 37]. Die Patienten klagen über signifikant geringere postoperative Schmerzen und Einschränkung der Lungenfunktion. Besonders querschnittgelähmte Patienten profitieren von der verringerten zugangsbedingten Morbidität: Die für diese Patienten so wichtige Rumpfmuskulatur wird durch die endoskopischen Zugänge weniger geschädigt und funktionell beeinträchtigt. Gleichzeitig ist mit anteriorem Zugang in Verbindung mit der endoskopischen Technik eine bessere Visualisierung zu erzielen [2, 16]. Dies bietet unseres Erachtens für die Präparation der Endplatten und insbesondere die Dekompression des Spinalkanals einen großen Vorteil.

Fehler bei der Dekompression des Spinalkanals

Die schwerste und am meisten gefürchtete Komplikation ist natürlich eine *Verschlechterung des neurologischen Befundes*. Die Gefahr ist im Bereich des Rückenmarks und des Conus medullaris größer als im Bereich der Cauda equina. Am häufigsten dürften technische Fehler verantwortlich sein. In sehr seltenen Fällen kann es aber auch zu teilweise dramatischen Verschlechterungen ohne äußere Ursache kommen, bei denen nach Ausschluss aller anderen Möglichkeiten nur vaskuläre Ursachen als Erklärung bleiben. Grundsätzlich gilt, dass postoperativ neu aufgetretene Defizite sofort mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln abgeklärt werden

müssen. Das Risiko einer neurologischen Verschlechterung ist insgesamt jedoch als sehr gering einzustufen (s. unten).

Eine ungenügende oder *unvollständige Dekompression* des Spinalkanals ist eine weitere, typische Komplikation. Ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Dekompression und der Erholung neurologischer Defizite ist statistisch nicht gesichert. Trotzdem gilt, dass bei Ausfallerscheinungen immer eine vollständige Befreiung anzustreben und das postoperative Ergebnis mit Hilfe eines Computertomogramms zu kontrollieren ist. Bei einer Reststenose muss im Einzelfall abgewogen werden, ob eine erneute Revision gerechtfertigt erscheint.

Einrisse der Dura können durch unvorsichtiges Präparieren des Spinalkanals entstehen und lassen sich in der Regel leicht fortlaufend vernähen. Bei sehr ausgedehnten Rissen muss abgewogen werden, wie weit man durch Ausdehnung einer Laminektomie Knochen „opfern“ möchte, um das Ende der Ruptur zu erreichen. Gelingt der Verschluss nicht vollständig, sollte ein Muskellappen aufgenäht und Fibrinkleber appliziert werden. Ein anhaltendes Liquorleck erfordert, besonders im thorakalen Bereich, für einige Tage eine Drainage über einen lumbalen Katheter.

Komplikationen bei der Instrumentierung, Stabilisierung

Die von Roy-Camille eingeführte transpedikuläre Schraubenverankerung und moderne Pedikelfixateursysteme bieten die beste Möglichkeit, Fehlstellungen zu reponieren und den verletzten Wirbelsäulenabschnitt zu stabilisieren. Das Verfahren ist technisch anspruchsvoll. Risiken und Komplikationen wurden bereits recht genau untersucht.

Kraniale Perforation des Pedikels

Kraniale Schraubenfehlagen führen zu einer verminderten Festigkeit und möglicherweise zur Verletzung eines angrenzenden Diskus. Die Spitze hat mit hoher Sicherheit die Wirbelkörperendplatte nicht durchdrungen, wenn sie auf einer exakt eingestellten lateralen oder a.p.-Aufnahme einen Abstand von mindestens 3 mm aufweist [44]. Bei kaudaler Perforation eines Pedikels kann es zu Verletzungen der

entsprechenden Nervenwurzel kommen. Medial besteht zu den neurogenen Strukturen durch den Liquorraum meist ein ausreichender Sicherheitsabstand. Blutungen aus epiduralen Venen können sekundäre neurologische Schäden verursachen. Roy-Camille [52] gab einen „Spielraum“ von 2 mm für die Lendenwirbelsäule an.

Gertzbein und Robbins [23] beobachteten in ihrer Serie 2 Patienten mit geringen neurologischen Verschlechterungen bei Einengungen von 4–8 mm; die Ausfallserscheinungen bildeten sich ohne spezielle Maßnahmen zurück. Auch Louis [39] stellte eine „relativ geringe“ Rate von neurologischen Komplikationen bei Pedikelperforationen fest. West et al. [57] gaben 7% neurologische Defizite nach transpedikulärer Fixation bei 61 Patienten an.

Castro et al. [10] kontrollierten die Schraubenlage an 4 Präparaten und bei 30 Patienten. Die Schrauben waren unter Bildwandlerkontrolle in 2 Ebenen eingebracht worden: Nur etwa 60% lagen korrekt. Es fand sich eine gute Übereinstimmung zwischen der CT- und In-vitro-Kontrolle. 5 Patienten wiesen postoperativ eine neurologische Verschlechterung auf; bei allen fanden sich Schrauben 6 mm oder weiter medial als zulässig. Bei allen Patienten mit einer Schraubenfehlage von 4 mm oder weniger wurden keine neurologischen Verschlechterungen gesehen.

Laterale Pedikelperforation

Auch bei lateraler Perforation der Kortikalis des Pedikels droht ein schlechter Halt. Außerdem ist die Konvergenz der Schrauben dann nicht ausreichend. Im thorakalen Bereich sind die Lunge, segmentale Gefäße, sympathischer Grenzstrang und Aorta gefährdet. Ventral kann es zu Gefäßläsionen kommen. Die runde oder herzförmige Wirbelkörperform muss vor allem im Bereich der BWS bei der Wahl der Schraubenlänge bedacht werden. Beim Besetzen des rechten thorakalen Pedikels können Ösophagus, V. azygos und Ductus thoracicus, über den linken auch die Aorta verletzt werden. Um den wahren Abstand der Schraubenspitze von der vorderen Wirbelkörperkortikalis zu bestimmen, empfahlen Krag et al. [35] eine um 30° von der seitlichen Ansicht abweichende Projektion („near approach view“). Bei Perfora-

Zusammenfassung · Abstract

Trauma Berufskrankh 2005 · 7 [Suppl 2]: S281–S291
DOI 10.1007/s10039-004-0933-2
© Springer Medizin Verlag 2004

M. Reinhold · R. Schmid · C. Knop · M. Blauth

Komplikationsspektrum operativ versorgter Wirbelsäulenverletzungen. Eine Analyse der Multicenterstudien I und II der AG Wirbelsäule

Zusammenfassung

Die Operationsmethoden in der Wirbelsäulenchirurgie zeigen mit ihren unterschiedlichen Zugängen, Implantaten und Techniken ein großes, sich ständig erweiterndes Spektrum. So erlangten zuletzt minimal-invasive Verfahren mit endoskopischer Technik, die Augmentation mit Knochenzement (Vertebro-/Kyphoplastie) und navigierte Eingriffe an der Wirbelsäule („computer-assisted orthopedic surgery“, CAOS) zunehmende Bedeutung. Fehlerquellen der operativen Versorgung von Wirbelsäulenverletzungen betreffen die Lagerung und geschlossenen Reposition, zugangsbedingte Komplikationen, Fehler bei der Dekompression des Spinalkanals, Komplika-

tionen bei der Instrumentierung bzw. Stabilisierung sowie der operativen Fusion. Der vorliegende Beitrag präsentiert die Daten zweier multizentrischer Erhebungsstudien der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie bezüglich der aufgetretenen Komplikationen und vergleicht diese mit den Ergebnissen einer kürzlich publizierten Metaanalyse.

Schlüsselwörter

Wirbelsäulenchirurgie · Vertebroplastie · Kyphoplastie · Minimal-invasive Technik · Komplikationen

Spectrum of complications involved in surgical management of spinal injuries: Analysis of two multicenter studies

Abstract

Operative methods in spine surgery exhibit a large and constantly expanding spectrum of various approaches, implants, and techniques. Minimally invasive procedures with endoscopic techniques, augmentation with bone cement (vertebroplasty/kyphoplasty), and navigated intervention on the spine (computer-assisted orthopedic surgery) have all gained in importance. Potential sources of error in surgical management of spinal injuries involve positioning and closed reposition, approach-related complications, errors in decompression of the spi-

nal canal, complications in instrumentation or stabilization, and surgical fusion. This article presents data from two multicenter studies conducted by the “Spine” Working Group of the German Association of Trauma Surgery pertaining to complications that occurred and compares them with the results of a recently published meta-analysis.

Keywords

Spine surgery · Vertebroplasty · Kyphoplasty · Minimally invasive technique · Complications

Abb. 1 ▲ Relative Häufigkeiten von Querschnittslähmungen nach dem modifizierten Frankel-Schema [1, 20] bei den 3 Hauptverletzungstypen nach der Magerl-Klassifikation [41]; Typ A: n=439; Typ B: n=136; Typ C: n=102; 5 Patienten ohne Angabe von Klassifikation oder Neurologie; QSL: Querschnittslähmung, ohne Frankel/ASIA E, inkomplett: Frankel/ASIA B–D; komplett: Frankel/ASIA A

Abb. 2 ▲ Häufigkeitsverteilung und Höhenlokalisierung der am schwersten verletzten Wirbelkörper

tion der Pedikelkortikalis fanden George et al. [21] 11% weniger Halt bei Schraubenauszugstests.

Misenhimer et al. [44] beschrieben bei der Besetzung eines Pedikels mit einer zu dicken Schraube zunächst eine plastische Deformation und dann eine Fraktur des Pedikels. Immer dann, wenn die Schraube größer als der innere Pedikeldurchmesser oder größer als 80% des Außendurchmessers war, kam es zur Perforation der Pedikelfwand. Nach Untersuchungen von Kothe et al. [34] an dünn-schichtigen Knochenschnitten 18 thorakaler Wirbel bestehen die Pedikel zu 62–79% aus spongiosen Knochenschnitten, wobei die kortikale Wand unterschiedlich dick ist: Die mediale war bei allen Bogenwurzeln 2- bis 3-mal dicker als die laterale ($p < 0,001$). Bei einem Missverhältnis von Schrauben- zu Pedikeldurchmesser ist deswegen davon auszugehen, dass zuerst die äußere Wand nachgibt und verformt wird.

Sonstige Komplikationen

Weitere Komplikationsmöglichkeiten bei der Instrumentierung und Stabilisierung sind in der folgenden Übersicht stichpunktartig zusammengefasst:

1. Liquorleck nach Vorbereitung des Schraubenlochs.
Bei dieser Komplikation muss der Spinalkanal eröffnet und das Leck verschlossen werden. Die Stabilisierung ist evtl. auf ein weiteres Segment auszuweiten.
2. Ungenügende Reposition der Fehlstellung.

Vor allem bei längerstreckigen Verletzungen oder ungenügenden Kenntnissen der Repositionstechniken mit dem jeweiligen Instrumentarium kann es dazu kommen, dass das Repositionsergebnis im intraoperativen Bildverstärkerbild falsch eingeschätzt wird. Bei gravierender Achsabweichung bleibt nur die operative Revision.

3. Unterschätzung der „Knochenqualität“. Dies kann zu einer Lockerung der Implantate und zu frühzeitigem Korrekturverlusten führen. Bekannt ist, dass der Schraubenhalt signifikant vom Kalksalzgehalt des Knochens abhängt [11]. Systematische Untersuchungen an Patienten fehlen jedoch bis jetzt. Bei fraglicher Festigkeit der Verankerung und fortgeschrittenem Alter sollte—ohne dass man hierfür Grenzwerte angeben könnte—eher längerstreckig instrumentiert werden.
4. Technisch und anatomisch fehlerhafte Verankerung der Implantate.
Eine extrapedikuläre Schraubenfixation, mangelnde Konvergenz und/oder Länge der Schrauben sowie ein ungenügendes Anziehen der mechanischen Verbindungen zwischen Schrauben und Längsträgern sind Beispiele für mögliche Fehler.
5. Schraubenbrüche.
Diese sind in erster Linie vom Durchmesser und Design der Schrauben abhängig. Weitere Faktoren sind Art und Qualität der ventralen Abstützung sowie die Liegedauer der Implantate.

Komplikationen bei der operativen Fusion

Für die Spondylodese verletzter Bewegungssegmente stehen dorsale und ventrale Techniken zur Verfügung. Wesentliche Komplikationen sind eine neurologische Verschlechterung durch diese Maßnahme, das biomechanische Versagen der gewählten Fusionstechnik mit Korrekturverlust und eine ausbleibende knöcherne Heilung.

Bei der transpedikulären Spongiosoplastik kann durch falsche Länge oder Lage des Trichters eingebrachte *Spongiosa in den Spinalkanal* gelangen und zu einem neurologischen Defizit führen. Auch bei ventraler Spaninterposition kann es zu dieser gefürchteten Komplikation kommen, wenn ein breiter Beckenkammspan in der „Nut-und-Feder-Technik“ eingebolt wird und dabei Hinterkantenfragmente in Richtung Spinalkanal verschoben werden.

Die Frage nach der Notwendigkeit und dem Anteil der *ventralen Abstützung* bei Verletzungen mit Zerstörung der vorderen Säule kann derzeit nicht abschließend beantwortet werden. Unbefriedigende Ergebnisse nach rein dorsalem Vorgehen sprechen für eine zusätzliche Wiederherstellung der Tragfähigkeit der ventralen Säule, wobei diese auf transpedikulärem Wege kaum zu erzielen ist; zusätzlich konnte eine biomechanisch ungenügende Abstützung mit resultierendem Korrekturverlust und eine ungenügende Einheilung des Transplantats nachgewiesen werden [28, 30, 48, 54, 56]. Eine ausschließlich dor-

sale interlaminaire Spondylodese hatte in eigenen Untersuchungen keinen Einfluss auf den Korrekturverlust [27, 33]. Bisher fehlen Spätergebnisse, die den Wert einer ventralen Spaninterposition oder die Verwendung eines Wirbelkörperersatzimplantats beweisen.

Mögliche Gründe für *Spanpseudarthrosen* sind ein schlecht vorbereitetes „Spanbett“ ohne sorgfältige Präparation der Endplatten und das Federn der dorsalen Instrumentierung, die eine kontinuierliche ventrale Kompression verhindert. Therapeutisch wird eine Kompression des Spans über die dorsalen Implantate empfohlen. Alternativ kann auch eine Implantatenentfernung erwogen werden, wenn der Span beispielsweise einseitig einen schmalen Lysesaum aufweist und am anderen Ende bereits eingehellt ist. Bei der dann fehlenden Protektion des Spans heilt dieser in der Regel rasch ein, wobei ein geringer Korrekturverlust in Kauf genommen werden muss. Bei Spanfrakturen ist eine Revision nur bei stärkerem Korrekturverlust notwendig.

Komplikationsanalyse der Multicenterstudien

An den prospektiven multizentrischen Studien der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der DGU beteiligten sich jeweils 18 (MCS I) bzw. 17 (MCS II) unfallchirurgische Kliniken in Deutschland und Österreich. Ein Schwerpunkt der Untersuchung war die Komplikationsanalyse bei den verschiedenen Operationsmethoden, die in der folgenden Übersicht geschildert wird. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse der ersten Studie ist in den Originalpublikationen von Knop et al. [29, 30, 31] zu finden.

Patientenkollektive

Von September 1994 bis Dezember 1996 wurden 682 Patienten (64% männlich) mit einem Durchschnittsalter von 39 1/2 (7–83) Jahren erfasst. Eingeschlossen waren Patienten mit frischer und ausschließlich operierter thorakolumbalen Verletzung (T10 bis L2). 606 (89%) Patienten erlitten eine mono- oder bisegmentale Wirbelsäulenverletzung, wobei am häufigsten L1 betroffen war. 440 (65%) Patienten hat-

Tabelle 1

Gegenüberstellung der neurologischen Begleitverletzungen (Frankel-Schema) der MCS I und MCS II

	MCS I (n=682)	Unterschied	MCS II (n=1251)
ASIA E (keine)	79%	+3%	82%
ASIA B–D (inkomplette Querschnittslähmung)	16%	–5%	11%
ASIA A (komplette Querschnittslähmung)	5%	+2%	7%

Tabelle 2

Häufigkeit der 3 verschiedenen Operationstechniken und Angaben zu den Patientenkollektiven

	Operative Behandlung		
	Dorsal	Kombiniert	Ventral
Häufigkeit insgesamt	448 (65,7%)	197 (28,9%)	37 (5,4%)
Alter der Patienten [Jahre]	40,1 (7–83)	38,7 (16–82)	40,5 (18–81)
Frakturtyp A	295 (65,8%)	112 (56,9%)	32 (86,5%)
Frakturtyp B	93 (20,8%)	40 (20,3%)	3 (8,1%)
Frakturtyp C	58 (12,9%)	44 (22,3%)	2 (5,4%)
Kein neurologisches Defizit	366 (81,7%)	145 (73,6%)	27 (73,0%)
Inkomplette Querschnittläsion	53 (11,8%)	43 (21,8%)	10 (27,0%)
Komplette Querschnittläsion	26 (5,8%)	8 (4,1%)	0 (0%)
Keine weiteren Verletzungen	250 (55,8%)	117 (59,4%)	26 (70,3%)
Mit Begleitverletzungen	169 (37,7%)	68 (34,5%)	8 (21,6%)
Polytrauma	29 (6,5%)	10 (5,1%)	3 (8,1%)

Anzahl (Häufigkeit in %) oder Mittelwert (Minimum–Maximum); durch fehlende Angaben kann eine Summe <100% entstehen!

Tabelle 3

Operative Details und Häufigkeiten von Komplikationen in den 3 Behandlungsgruppen: Anzahl (Häufigkeit in %) oder Mittelwert (Minimum–Maximum)

	Operative Behandlung		
	Dorsal	Kombiniert	Ventral
Häufigkeit insgesamt	448 (65,7%)	197 (28,9%)	37 (5,4%)
Operationszeit [min]	134 (30–390)	254 (80–562)	218 (108–520)
Röntgenzeit [s]	248 (6–1458)	222 (6–1320)	96 (3–330)
Blutverlust [ml]	828 (0–8000)	1387 (200–8800)	876 (200–5500)
Ohne Komplikation	385 (85,9%)	170 (86,3%)	26 (70,3%)
Operativ revidierte Komplikation	21 (4,7%)	16 (8,1%)	4 (10,8%)
Nicht revidierte Komplikation	42 (9,4%)	11 (5,6%)	7 (18,9%)

ten sich eine Kompressions- (Typ A), 136 (20%) eine Distraktions- (Typ B) und 104 (15%) eine Rotationsverletzung (Typ C) zugezogen. Der Anteil der Patienten mit neurologischer Zusatzverletzung nahm mit der Schwere der Wirbelsäulenläsion

nach der Magerl-Klassifikation [41] zu (■ **Abb. 1**). Bei 395 (58%) Patienten lag eine isolierte Wirbelsäulenverletzung vor. 245 (36%) Patienten erlitten eine oder mehrere Begleitverletzungen und 42 (6%) waren polytraumatisiert.

Tabelle 4

Allgemeine Komplikationen (n=27)

Komplikation	n	%
Tod	7	1,0
Thrombose mit Lungenembolie	6	0,9
Delir bei Drogen- bzw. Alkoholabusus	5	0,7
Pulmonale Komplikation	5	0,7
Abdominelle Komplikation	4	0,6

Häufigkeiten bezogen auf das Gesamtkollektiv (n=682); durch Mehrfachnennungen entsteht eine Summe >100%!

Tabelle 5

Spezielle, operativ revidierte Komplikationen (n=40)

Komplikation	n	%
Tiefe Wundinfektion	15	2,2
Hämatom, Wundheilungsstörung	12	1,8
Instabilität oder zunehmende Fehlstellung	5	0,7
Implantatfehlheile	4	0,6
Persistierende Liquorfistel ^a	2	0,3
Angenähte Redondrainage	1	0,1
Arterielle Embolie der A. femoralis	1	0,1

Häufigkeiten bezogen auf das Gesamtkollektiv (n=682); durch Mehrfachnennungen entsteht eine Summe >100%!

^a Davon 1 Liquorfistel nach gesicherter intraoperativer Duraverletzung.

Durch die Erweiterung der Einschlusskriterien (MCS II) um nicht-operative Verläufe (ab einer Verletzungsschwere von A.2.3) und die Erfassung von Frakturen im Bereich der gesamten BWS/LWS wurden von Januar 2001 bis Dezember 2003 weitere 1251 Patienten (61% männlich) mit einem Durchschnittsalter von 47 (9–95) Jahren erfasst. Die Wirbelsäulenverletzungen wurden in 875 (70%) Fällen als Kompressions- (Typ A), in 219 (18%) Fällen als Distaktions- und bei 157 (12%) Patienten als Rotationsverletzungen klassifiziert. Entsprechend geringe Veränderungen zeigten sich im Vergleich zur MCS I bzw. bei den entsprechenden prozentualen Anteilen an

neurologischen Zusatzverletzungen (■ Tabelle 1).

882 (66%) Patienten wurden operativ, d. h. entweder isoliert dorsal (n=427; 52%), isoliert ventral (n=43; 5%), kombiniert einzeitig (n=45; 5,6%) oder kombiniert zweizeitig (n=310; 37,5%) behandelt. 114 Patienten wurden einer isolierten Augmentation der Wirbelkörperfraktur mit Knochenzement zugeführt (Kyphoplastie n=105, 92% und Vertebroplastie n=9, 8%). Nichtoperativ behandelte Wirbelsäulenverletzungen konnten insgesamt 228-mal registriert werden (funktionell n=147, 65%; 3-Punkt-Korsett n=47, 20%; Gipsmieder n=34, 15%). Das Durchschnittsalter der 3 Patientengruppen (Operation – Vertebro-/Kyphoplastie – nicht-operative Behandlung) unterschied sich signifikant (p<0,001 ANOVA) mit einem steigenden Durchschnittsalter von:

- operativ versorgte Patienten: 42 Jahre (10–89 Jahre; 67% männliche Patienten);
- nichtoperativ versorgte Patienten: 54 Jahre (9–95 Jahre; 54% männliche Patienten),
- Vertebro-/Kyphoplastie: 71 Jahre (45–92 Jahre; 27% männliche Patienten).

Die Häufigkeitsverteilung und Höhenlokalisation der am schwersten verletzten Wirbelkörper folgt einem typischen Verteilungsmuster und konzentriert sich auf den thorakolumbalen Übergang um den am häufigsten betroffenen 1. Lendenwirbelkörper (■ Abb. 2).

Ergebnisse und Komplikationen der MCS I

448 (66%) der 682 Patienten wurden nur von dorsal operiert. Ein kombiniertes Vorgehen wurde in 197 (29%) und ein ventrales in 37 (5%) Fällen gewählt. Die Gruppen unterschieden sich nicht signifikant bezüglich der Altersverteilung und Häufigkeit von neurologischen oder anderen Begleitverletzungen (■ Tabelle 2).

Komplikationsraten

Bei 581 (85%) der 682 Patienten war ein komplikationsloser Verlauf zu verzeichnen. 101-mal (15%) trat intra- oder postoperativ mindestens eine Komplikation

ein: Diese Anzahl verteilt sich auf 60 (9%) Patienten ohne operative Revision und 41 (6%) mit einer revidierten Komplikation.

In den 3 Behandlungsgruppen waren unterschiedlich hohe Raten von Komplikationen zu beobachten (■ Tabelle 3). Der Anteil der Patienten, bei dem mindestens eine revidierte oder nicht revidierte Komplikation eintrat, war mit 14% in der dorsalen und kombinierten Behandlungsgruppe gleich hoch. Bei ausschließlich ventralem Vorgehen war die Komplikationsrate im Vergleich zu beiden anderen Methoden mit 30% signifikant höher (p<0,05; Chi-Quadrat-Test). Zu beachten ist jedoch die deutlich geringere Zahl operierter Patienten in dieser Gruppe (n=37).

Die Häufigkeit revidierter Komplikationen war bei dorsaler Behandlung mit 4,7% am niedrigsten, der Unterschied zur kombinierten Behandlung (8%) jedoch nicht signifikant (Chi-Quadrat-Test). Revidierte Komplikationen kamen bei ventralem Vorgehen mit 11% am häufigsten vor; im Vergleich zu anderen Verfahren ergaben sich aber wegen der geringen Fallzahl keine signifikanten Unterschiede.

Allgemeine Komplikationen

Unter den allgemeinen Komplikationen sind an erster Stelle 7 (1%) Todesfälle zu nennen (■ Tabelle 4): 3-mal trat der Tod infolge einer fulminanten Lungenembolie ein. Das Alter dieser Patienten betrug 22, 60 und 68 Jahre. Es lagen keine Begleitverletzungen von Becken oder unteren Extremitäten vor, die beiden erstgenannten Patienten wiesen eine Querschnittslähmung auf (Frankel/ASIA A und B). 2 polytraumatisierte Patienten erlitten ihren Verletzungen nach 3 und 4 Wochen intensivmedizinischer Behandlung (Alter 36 und 55 Jahre), eine 53-jährige Patientin verstarb bei vorbestehender Leberzirrhose sowie terminaler Niereninsuffizienz und eine 23-jährige Patientin ohne dokumentierte Begleitverletzung verstarb am 4. postoperativen Tag am Lungenversagen.

Neben den 3 verstorbenen Patienten kam es in 6 (1%) weiteren Fällen zur Thrombose mit nachfolgender Lungenembolie: 3 Patienten hatten keine wesentlichen Begleitverletzungen, 2 wiesen eine inkomplette Querschnittläsion (Frankel/ASIA D) und Verletzungen des Becken oder der unteren Extremität auf und bei 1 Patienten

bestand eine inkomplette Querschnittlähmung vom Typ Frankel/ASIA B.

Bei 5 Patienten war eine *pulmonale Komplikation* zu verzeichnen: 2-mal entstanden Pneumonien, 2-mal wurden erneute Intubationen bei respiratorischer Insuffizienz notwendig und 1-mal musste ein Pleuraerguss drainiert werden. Bei den 4 *abdominellen Komplikationen* handelte es sich um 2 Patienten mit einem Ileus, 1 mit einer Ulkusblutung und 1 mit Pankreatitis nach stumpfem Bauchtrauma. Das in 5 Fällen beobachtete postoperative *Delirium tremens* oder Durchgangssyndrom war Folge von Drogen- oder Alkoholabhängigkeit.

Spezielle, operativ revidierte Komplikationen

Die Art der speziellen, operativ revidierten Komplikationen sind **■ Tabelle 5** zu entnehmen. Von den revisionspflichtigen Infektionen (n=15; 2%) betrafen 2 die Knochenentnahmestelle am Beckenkamm; dasselbe gilt für 3 der 12 Wundheilungsstörungen. 9 Patienten wurden aufgrund einer implantatbedingten Komplikation revidiert: Bei 5 Patienten wurde postoperativ eine Fehlstellung oder Instabilität festgestellt und bei 4 eine revisionsbedürftige Implantatfehlhülle.

Revisionspflichtige Liquorfisteln (n=2) entstanden einmal durch eine iatrogene intraoperative Duraverletzung und einmal posttraumatisch. Bei 1 Patienten musste eine angenähte Redondrainage operativ entfernt werden und bei einem weiteren wurde ein Gefäßeingriff nach Embolie der A. femoralis notwendig.

Spezielle, nicht revidierte Komplikationen

Als häufigste spezielle, nicht revidierte Komplikation wurde eine stärkere *intraoperative Blutung* angegeben (**■ Tabelle 6**). Blutungsquelle und -menge waren dabei nicht näher definiert. 5-mal (1%) kam es zu einem iatrogenen Bruch der Bogenwurzel durch das Implantat. Bei 3 Patienten wurde die betreffende Pedikelschraube neu platziert, bei einem wurde die Schraube an derselben Stelle mit Knochenzement verankert und einmal wurde die Schraube unverändert belassen. An iatrogenen Läsionen wurden außerdem 1-mal eine zugangsbedingte Rippenfrak-

tur und 1-mal eine Verletzung des Peritoneums bei Lumbotomie angeführt.

Die in 1 Fall beobachtete *Einengung des Spinalkanals* um etwa 30% durch transpedikulär eingebrachte Spongiosa führte zu keiner neurologischen Beeinträchtigung. Bei 3 Patienten wurde eine Implantatfehlhülle, bei 2 eine Instabilität oder zunehmende Fehlstellung und bei 1 eine persistierende Liquorfistel nicht revidiert. Am Beckenkamm trat in 1 Fall eine Fraktur ein, die funktionell behandelt wurde, 2 Wundheilungsstörungen am Beckenkamm wurden ebenfalls nicht revidiert.

Neurologische Komplikationen

Bei 13 (2%) Patienten trat eine neurologische Komplikation ein (**■ Tabelle 7**). Bei 1 Patienten kam es zu einer kompletten Querschnittlähmung (von Frankel/ASIA D auf A), die sich trotz sofortiger Revision nicht besserte: Der 29-jährige Patient mit Berstungsspaltbruch von T12 wies keine Begleitverletzungen auf und wurde am Unfalltag von dorsal stabilisiert (AO-Fixateur, transpedikuläre interkorporelle Spondylodese, keine Dekompression). Bei aufsteigendem Querschnitt erfolgte am 3. postoperativen Tag die Revision von dorsal mit Laminektomie und Spinalkanaldekompression.

Der neurologische Befund verschlechterte sich bei 2 Patienten um eine Stufe (von Frankel/ASIA E auf D): Ein 49-jähriger Patient mit Berstungsspaltbruch von L1 (kein neurologisches Defizit, zusätzlich Rippenfrakturen, Verletzung eines Beines) wurde am 4. Tag nach dem Unfall von dorsal stabilisiert (Wolter-Plattenfixateur, transpedikuläre interkorporelle Spondylodese), über eine Laminotomie wurde ein Hinterkantenfragment entfernt. Es erfolgte keine operative Revision, bei Entlassung war der Patient gehfähig mit Kraftgrad 4 aller Kennmuskeln beider unterer Extremitäten.

Der 2. Patient hatte sich einen Berstungsspaltbruch von L2 zugezogen, außerdem eine Beckenverletzung mit Symphysensprengung und Sakrumfraktur sowie Femurfraktur links. Bei geplanter zweizeitig kombinierter Behandlung wurde der Patient am Unfalltag von dorsal stabilisiert (USS, keine Dekompression). Postoperativ wurde eine linksbetonte Kraftminderung festgestellt und im Rahmen des ven-

Tabelle 6

Spezielle, nicht revidierte Komplikationen (n=29)

Komplikation	n	%
Intraoperative Blutung	10	1,5
Iatrogener Bruch eines Pedikels	5	0,7
Implantatfehlhülle	3	0,4
Instabilität oder zunehmende Fehlstellung	2	0,3
Wundinfektion, Wundheilungsstörung Beckenkamm	2	0,3
Ohne Angabe	2	0,3
Iatrogene Rippenfraktur, zugangsbedingt	1	0,1
Iatrogene Pleura- und Peritoneumverletzung	1	0,1
Spinalkanaleinengung durch Spongiosa	1	0,1
Beckenkammfraktur nach Spanentnahme	1	0,1
Persistierende Liquorfistel	1	0,1

Häufigkeiten bezogen auf das Gesamtkollektiv (n=682); durch Mehrfachnennungen entsteht eine Summe >100%!

Tabelle 7

Neurologische revidierte und nicht revidierte Komplikationen (n=13; durch Mehrfachnennungen entsteht eine Summe >100%!)

Komplikation	n	%
Periphere Nervenläsion ^a	5	0,7
Passagere neurologische Beeinträchtigung	4	0,6
Neurologische Verschlechterung (Frankel/ASIA E→D)	2	0,3
Neurologische Verschlechterung (Frankel/ASIA D→A) ^b	1	0,1
Brennparästhesien ohne neurologische Ausfälle	1	0,1

^a Davon 3 Läsionen nach gesicherter intraoperativer Wurzel- oder Nervenschädigung.

^b Operativ revidiert.

tralen Eingriffes 11 Tage später durch partielle Korporektomie dekomprimiert. Aufgrund der o. g. Begleitverletzungen bestand die Möglichkeit, dass der Patient be-

Tabelle 8

Literaturübersicht zu Komplikationen bei Operationen an der BWS und LWS

Autoren	n	k	OP-Methode und Kollektiv	Komplikationen und Bemerkungen
Carl et al. 1992 [9]	38	11 (28,9%)	Dorsal, Cotrel-Debousset-Implantat, nur Trauma	10-mal Implantatversagen, 1-mal tiefe Wundinfektion
Daniaux 1986 [12]	44	4 (9,1%)	Dorsal, verschiedene Implantate, gemischtes Krankengut	1-mal Wundinfektion Beckenkamm, 1-mal tiefe Beinvenenthrombose, 2-mal Implantatbruch
Dick 1987 [13]	183	15 (8,2%)	Dorsal, Fixateur interne, gemischtes Krankengut	1-mal tödliche Lungenembolie, 8-mal Wundinfektion, 2-mal passagere und 2-mal bleibende radikuläre Symptome, 1-mal Implantatbruch und 1-mal -Fehllage
Dickson et al. 1987 [15]	59	26 (44,1%)	Dorsal, Harrington-Stäbe, nur Trauma	Viele implantatbedingte Komplikationen
Eysel et al. 1991 [17]	125	23 (18,7%)	Dorsal, verschiedene Implantate, nur Trauma	2-mal Tod, 1-mal Lungenembolie, 4-mal neurologische Verschlechterung, 5-mal Wundinfektion
Faciszewski et al. 1995 [18]	1223	495 (40,5%)	162 ventral, 674 einzeitig kombiniert, 387 zweizeitig kombiniert, gemischtes Krankengut	Retrospektiv 1969–1992: 4-mal Tod (davon 2-mal Embolie), 10-mal Lungenembolie, 19-mal Wundinfektion, 2-mal Querschnitt bei Korrekturverlust, 6-mal passagere periphere Neurologie, 1-mal Nervenwurzelläsion
Feil u. Wörsdörfer 1992 [19]	58	9 (15,5%)	Kombiniert ein- (n=53) und zweizeitig (n=5), nur Trauma	Auch Spätkomplikationen erfasst
Gertzbein 1992 [22]	820	204 (24,9%)	113 ventral, 607 dorsal, 84 kombiniert, 16 dorsolateral, gemischtes Krankengut	6-mal neurologische Verschlechterung, 12-mal Wundinfektion, 20-mal Wundheilungsstörung, 102-mal Implantatkomplikation
Kaneda et al. 1997 [25]	150	?	Ventral, Kaneda-Instrumentarium, nur Trauma	9-mal Implantatversagen, 1-mal V.-Cava-Verletzung, 4-mal Wundinfektion, 3-mal Harnwegsinfekt, 10-mal Atelektase, 5-mal passagere periphere Neurologie, 15-mal passagerer Sympathektomie-Effekt (nach Exposition von L4/L5)
Knop et al. 1997 [27]	56	2 (3,6%)	Dorsal, Fixateur interne, nur Trauma	1-mal Infekt, 1-mal Pedikelbruch (intraoperativ neu platziert)
Knop et al. 1998 [33]	29	2 (6,9%)	Dorsal, Fixateur interne, nur Trauma	1-mal Thrombose mit Lungenembolie, 1-mal Wundheilungsstörung
Mayer et al. 1992 [42]	40	5 (12,5%)	Dorsal, verschiedene Implantate, nur Trauma	4-mal Infekt, 1-mal neurologische Verschlechterung
Place et al. 1994 [49]	65	18 (28%)	Nur BWS, verschiedene Methoden, nur Trauma	2-mal Lungenembolie, 3-mal Wundheilungsstörung, 1-mal Liquorfistel
Sasso u. Cotler 1993 [54]	70	?	23 Luque-Stäbe, 23 AO-Platten, 24 Harrington-Instrumentarium; nur Trauma	Hohe Infektraten: Luque-Stäbe 26%; AO-Platten 4%; Harrington-Instrumentarium 9%
Spivak et al. 1994 [57]	91	48 (53%)	Ein- (n=48) und zweizeitig (n=43) kombiniert, gemischtes Krankengut	Auch unbedeutende Komplikationen aufgeführt, Komplikationsrate „major complications“ 25 von 91 (27%)
Wawro et al. 1994 [58]	14	2 (14%)	Dorsal, Fixateur interne monosegmental, nur Trauma	1-mal intraoperative Pleuraeröffnung mit notwendiger Thoraxdrainage; 1-mal revisionspflichtige Wundinfektion

n: Anzahl aller Patienten, k: Anzahl der Patienten mit Komplikation.

reits initial ein neurologisches Defizit aufwies, das übersehen wurde.

Bei 5 Patienten kam es zu einer peripheren Nerven- oder Wurzelläsion: 1-mal wurde die Wurzel L2 rechts durch eine

fehlplatzierte Schraube, 1-mal die Wurzel L3 rechts beim Zurückstoßen eines Hinterrantenfragments, 1-mal der N. thoracicus longus rechts durch Lagerung auf der rechten Seite, 1-mal der N. ilioinguinalis

ohne nähere Angabe und 1-mal der N. cutaneus fem. lat. bei Knochenentnahme am linken vorderen Beckenkamm geschädigt. Bei 4 Patienten trat eine vorübergehende neurologische Beeinträchtigung auf. Da-

bei handelte es sich 3-mal um eine Blasen-/Mastdarmstörung und 1-mal um eine nicht näher beschriebene Schwäche im Bein. 1 Patient klagte über nicht näher beschriebene therapierefraktäre Brennparesen.

Diskussion

Die Ergebnisanalyse und das vorgestellte Komplikationsspektrum der MCS I basiert auf einem umfassenden Konzept für die Dokumentation von Behandlungs- und Nachuntersuchungsdaten, das von der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ entwickelt wurde, sodass eine einheitliche, standardisierte, prospektive Datensammlung erfolgen konnte [29, 30, 31]. Die erweiterte Neuauflage (MCS II) mit den angesprochenen Modifikationen, baut auf diesem bewährten Konzept auf und reagiert damit adäquat auf die schnellen Weiterentwicklungen der Operationsverfahren und -techniken auf dem Gebiet der Wirbelsäulenchirurgie. Dabei konnten jeweils große Patientenkollektive mit mehr als 600 Patienten prospektiv erfasst werden. Eine ähnlich große Fallzahl findet sich nur in einer einzigen weiteren publizierten Multicenterstudie von Gertzbein et al. [22] oder aber in wenigen retrospektiven Metaanalysen [8, 14, 55, 58, 59].

In der folgenden Diskussion sollen deshalb die registrierten Komplikationen der eigenen Studie (MCS I) mit Literaturangaben verglichen werden. Insbesondere wird auf die Komplikationsraten und Zahlen einer kürzlich veröffentlichten Metaanalyse eingegangen werden [55], welche über 132 Artikel zur operativen Behandlung von traumatischen Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule mit insgesamt 5748 Patienten über einen Erfassungszeitraum von mehr als 30 Jahren analysiert.

Vergleichbarkeit der Studien

In der Literatur findet sich eine Vielzahl von Publikationen mit z. T. sehr unterschiedlichen Mitteilungen über Komplikationen. ■ **Tabelle 8** gibt eine Übersicht zum Thema. Viele Arbeiten berichten über inhomogene Kollektive unterschiedlichster Indikationen und nur zum Teil traumatologischem Krankengut. Dementsprechend ist die Spannweite der berichte-

Tabelle 9

Vergleich von allgemeinen, speziellen und neurologischen Komplikationsraten der Metaanalyse von Verlaan et al. [55] mit den eigenen Ergebnissen der MCS I [30]

Studie	Metaanalyse			MCS I
Technik	PS (Dorsal)	AP (Kombiniert)	A (Ventral)	Operativ
Patienten	n=1508	n=151	n=457	n=682
Allgemeine Komplikationen				
• Wundheilungsstörung	0,90%	0,00%	0,70%	1,80%
• Wundinfektion (tief)	1,60%	2,00%	3,10%	2,20%
• Tiefe Beinvenenthrombose mit Lungenembolie	0,20%	2,00%	0,40%	0,90%
• Sonstige	2,90%	4,60%	12,20%	8,60%
Spezielle Komplikationen				
• Implantatfehlalage	3,40%	2,00%	1,40%	0,40%
• Frühes Implantatversagen	2,10%	0,00%	2,80%	0,30%
Neurologische Komplikationen				
• Verschlechterung	0,60%	0,70%	0,20%	0,60%
Gesamt:	11,70%	11,30%	20,80%	14,80%

PS: „posterior short“; A: „anterior“, AP: „anterior combined with posterior“.

ten Komplikationsraten zwischen 4–50% [9, 17, 18, 33, 42, 53] groß.

Ein weiterer Nachteil für die Vergleichbarkeit der Arbeiten besteht darin, dass die Komplikationen einen unterschiedlichen Stellenwert im jeweiligen Beitrag einnehmen und dass Komplikationen erst ab einer unterschiedlichen Schwere aufgeführt werden [12, 43, 51]. Einige Autoren unterscheiden zwischen „minor“ und „major“ Komplikationen [53]. Einzelne Arbeiten unterscheiden sich zusätzlich stark in der Länge des Beobachtungszeitraums. Daher werden in unterschiedlichem Maße auch Spätkomplikationen oder Komplikationen im Verlauf berücksichtigt, die in unseren Ergebnissen nicht dargestellt werden [9, 15, 18, 19, 22, 43, 49, 51]. Bei der Bewertung ist auch zu berücksichtigen, dass einige Autoren über eigene Methoden oder Instrumentarien berichten [12, 13, 25, 26, 47].

Dickson et al., McAfee et al. und Riebel et al. berichteten über hohe Raten ernsthafter Komplikationen nach Verwendung des Harrington-Instrumentariums [15, 43, 51]. Seit Einführung des Fixateur interne hat dieses Implantat bei der Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen im deutschsprachigen Raum keine Bedeutung mehr, was die vorliegende Untersuchung ebenfalls nachdrücklich gezeigt hat [30]. Die Komplikationsraten bei Einsatz des Fixa-

teur interne und moderner Pedikelschraubenfixateure erscheinen deutlich niedriger [6, 12, 27, 33, 38], auch Boos et al. beschreiben in einer weiteren Metaanalyse mit über 5600 Fällen diese Methoden als sicheres Verfahren mit sehr guten Fusionsraten und klinischem Outcome [8].

Valides Datenmaterial

Um den Diskrepanzen individuell berichteter Angaben in Bezug auf Komplikationsraten kleiner Fallserien zu begegnen und valideres, aussagekräftiges, vor allem aber repräsentatives Zahlenmaterial zu gewinnen, gib es unserer Meinung nach nur zwei akzeptable Methoden:

1. groß angelegte, retrospektive Metaanalysen [8, 14, 55, 58] mit langen Erfassungszeiträumen und entsprechend großen Patientenzahlen,
2. prospektive, randomisierte Multicenterstudien mit guten Studiendesigns, die gleichzeitig als „golden standard“ anzusehen sind.

Unseres Wissens wurde neben den eigenen Studien nur eine einzige weitere prospektive Multicenterstudie zum Thema operativ behandelte Wirbelsäulenverletzungen publiziert [22].

Im Rahmen einer Literaturanalyse bildeten Verlaan et al. 5 Untergruppen des erfassten Gesamtkollektivs von 5748 Patienten je nach angewandtem Operationsverfahren. Davon lassen 3 Untergruppen (PS „posterior short“ n=1328, A „anterior“ n=179, AP „anterior combined with posterior“ n=65) aufgrund vergleichbarer Operationstechniken und ähnlichen präoperativen Charakteristika eine direkte Gegenüberstellung mit den von uns beschriebenen Gruppen „dorsal“, „ventral“, „kombiniert“ zu (■ **Tabelle 9**).

Hervorzuheben ist, dass die intra- und postoperativen Komplikationsraten der Metaanalyse lediglich minimale Unterschiede zwischen den Gruppen aufwiesen und insgesamt selten waren. Allgemeine Komplikationen (tiefe Beinvenenthrombose, pulmonale Embolie, oberflächliche Infektion) waren z. B. sehr selten (<2,5%); spezielle Komplikationen (z. B. temporäre neurologische Defizite, Implantatfehlagen, frühes Implantatversagen) nur geringfügig öfter zu beklagen (<4%), waren aber dabei in aller Regel nicht mit einer Verschlechterung des neurologischen Status vergesellschaftet [55].

Fazit für die Praxis

Im Vergleich zu vorliegenden Mitteilungen anderer Autoren dürfen die Komplikationsraten der MCS I der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der DGU als niedrig eingestuft werden und entsprechen den Komplikationen bei Verlaan et al. [55]. Die zu erwartende realistische Gesamtrate aller Komplikationen (allgemeine, spezielle revisionsbedürftige und nicht revisionsbedürftige sowie neurologische Komplikationen) bei der operativen Versorgung von Frakturen der Wirbelsäule liegt deshalb in einem Bereich zwischen 10–20%. Zu betonen ist jedoch, dass schwerwiegende Komplikationen gängiger operativer Verfahren selten sind und nur sehr selten mit einer iatrogenen neurologischen Verschlechterung einhergehen; dies kann durch eigene Untersuchungen und aktuelle, umfangreiche Metaanalysen von jeweils mehr als 100 peer-reviewed Artikeln und über 5500 analysierten Patienten [8, 55, 59] bestätigt werden. Bei den Komplikationshäufigkeiten ist der hohe Anteil von Patienten mit Begleitverletzungen (n=287; 42%) zu be-

rücksichtigen. Bei den eigenen Ergebnissen handelt es sich um eine umfassende Dokumentation aller Komplikationen, wobei bewusst auch nicht revidierte Komplikationen aufgelistet wurden.

Korrespondierender Autor

Dr. M. Reinhold

Universitätsklinik für
Unfallchirurgie und
Sporttraumatologie,
Medizinische Universität,
Anichstraße 35, 6020 Innsbruck, Österreich
E-Mail: maximilian.reinhold@uklibk.ac.at

Interessenkonflikt: Der korrespondierende Autor versichert, dass keine Verbindungen mit einer Firma, deren Produkt in dem Artikel genannt ist, oder einer Firma, die ein Konkurrenzprodukt vertreibt, bestehen.

Literatur

1. American Spinal Injuries Association (1992) ASIS Classification: Standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. Chicago, Illinois, USA
2. An HS, Lim TH, You JW, Hong JH, Eck J, McGrady L (1995) Biomechanical evaluation of anterior thoracolumbar spinal instrumentation. Spine 20: 1979–1983
3. Anderson JE (2001) Percutaneous vertebroplasty: a novel treatment for acute vertebral fractures. Med J Aust 175: 54–55
4. Beisse R, Potulski M, Bühren V (1999) Thorakoskopisch gesteuerte ventrale Plattenspondylodese bei Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Operat Orthop Traumatol 11: 54–69
5. Blauth M, Knop C, Bastian L, Krettek C, Lange U (1998) Complex injuries of the spine. Orthopade 27: 17–31
6. Blauth M, Knop C, Bastian L, Lobenhoffer P (1997) New developments in surgery of the injured spine. Orthopade 26: 437–449
7. Boelderl A, Daniaux H, Kathrein A, Maurer H (2002) Danger of damaging the medial branches of the posterior rami of spinal nerves during a dorsomedian approach to the spine. Clin Anat 15: 77–81
8. Boos N, Webb JK (1997) Pedicle screw fixation in spinal disorders: a European view. Eur Spine J 6: 2–18
9. Carl AL, Tromanhauser SG, Roger DJ (1992) Pedicle screw instrumentation for thoracolumbar burst fractures and fracture-dislocations. Spine 17 (8 Suppl): S317–S324
10. Castro WH, Halm H, Jerosch J, Malm J, Steinbeck J, Blasius S (1996) Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae. Spine 21: 1320–1324
11. Coe JD, Warden KE, Herzig MA, McAfee PC (1990) Influence of bone mineral density on the fixation of thoracolumbar implants. A comparative study of transpedicular screws, laminar hooks, and spinous process wires. Spine 15: 902–907
12. Daniaux H (1986) Transpedicular repositioning and spongiosplasty in fractures of the vertebral bodies of the lower thoracic and lumbar spine. Unfallchirurg 89: 197–213

13. Dick W (1987) The „fixateur interne“ as a versatile implant for spine surgery. Spine 12: 882–900
14. Dickman CA, Yabro MA, Lu HT, Melkerson MN (1994) Surgical treatment alternatives for fixation of unstable fractures of the thoracic and lumbar spine. A meta-analysis. Spine 19 (20 Suppl): 2266S–2273S
15. Dickson JH, Harrington PR, Erwin WD (1978) Results of reduction and stabilization of the severely fractured thoracic and lumbar spine. J Bone Joint Surg Am 60: 799–805
16. Dunn HK (1984) Anterior stabilization of thoracolumbar injuries. Clin Orthop 189: 116–124
17. Eysel P, Meinig G, Sanner F (1991) Comparative study of various dorsal stabilization procedures in recent fractures of the thoracic spine. Unfallchirurgie 17: 264–273
18. Faciszewski T, Winter RB, Lonstein JE, Denis F, Johnson L (1995) The surgical and medical perioperative complications of anterior spinal fusion surgery in the thoracic and lumbar spine in adults. A review of 1223 procedures. Spine 20: 1592–1599
19. Feil J, Worsdorfer O (1992) Ventral stabilization in the area of the thoracic and lumbar spine. Chirurg 63: 856–865
20. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G et al. (1969) The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. Paraplegia 7: 179–192
21. George DC, Krag MH, Johnson CC, Van Hal ME, Haugh LD, Grobler LJ (1991) Hole preparation techniques for transpedicle screws. Effect on pull-out strength from human cadaveric vertebrae. Spine 16: 181–184
22. Gertzbein SD (1992) Scoliosis Research Society. Multicenter spine fracture study. Spine 17: 528–540
23. Gertzbein SD, Robbins SE (1990) Accuracy of pedicular screw placement in vivo. Spine 15: 11–14
24. Hasse J (1984) Pathophysiologic and technical aspects of transthoracic surgery of the spinal column. Z Orthop Ihre Grenzgeb 122: 509–512
25. Kaneda K (1991) Anterior approach and Kaneda instrumentation for lesions of the thoracic and lumbar spine. In: Bridwell KH, DeWald RL (eds) The textbook of spinal surgery. Lippincott, Philadelphia, pp 959–990
26. Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, Hashimoto T, Satoh S, Fujiya M (1997) Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits. J Bone Joint Surg Am 79: 69–83
27. Knop C, Blauth M, Bastian L, Lange U, Kesting J, Tschern H (1997) Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule – Spätergebnisse nach dorsaler Instrumentierung und ihre Konsequenzen. Unfallchirurg 100: 630–639
28. Knop C, Blauth M, Bastian L, Tschern H (1999) Transpedikuläre Spongiosoplastik bei Frakturen des thorakolumbalen Übergangs – klinische, röntgenologische und computertomographische Spätergebnisse. Orthopade 28: 703–713
29. Knop C, Blauth M, Bühren V et al. (1999) Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs: Teil 1 „Epidemiologie“. Unfallchirurg 102: 924–935
30. Knop C, Blauth M, Bühren V et al. (2000) Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs: Teil 2 „Operation und Radiologie“. Unfallchirurg 103: 1032–1047
31. Knop C, Blauth M, Bühren V et al. (2001) Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs – Teil 3: Nachuntersuchung. Unfallchirurg 104: 583–600

32. Knop C, Blauth M, Bühren V et al. (2000) Surgical treatment of injuries of the thoracolumbar transition. 2: Operation and roentgenological findings. *Unfallchirurg* 103: 1032–1047
33. Knop C, Fabian HF, Bastian L, Blauth M (2001) Late results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation and transpedicular bone grafting. *Spine* 26: 88–99
34. Kothe R, O'Holleran JD, Liu W, Panjabi MM (1996) Internal architecture of the thoracic pedicle. An anatomic study. *Spine* 21: 264–270
35. Krag MH, Van Hal ME, Beynon BD (1989) Placement of transpedicular vertebral screws close to anterior vertebral cortex. Description of methods. *Spine* 14: 879–883
36. Landreneau RJ, Hazelrigg SR, Mack MJ et al. (1993) Postoperative pain-related morbidity: video-assisted thoracic surgery versus thoracotomy. *Ann Thorac Surg* 56: 1285–1289
37. Landreneau RJ, Wiechmann RJ, Hazelrigg SR, Mack MJ, Keenan RJ, Ferson PF (1998) Effect of minimally invasive thoracic surgical approaches on acute and chronic postoperative pain. *Chest Surg Clin N Am* 8: 891–906
38. Liljenqvist U, Mommsen U (1995) Surgical treatment of thoracolumbar spinal fractures with internal fixator and transpedicular spongiosa-plasty. *Unfallchirurgie* 21: 30–39
39. Louis R (1986) Fusion of the lumbar and sacral spine by internal fixation with screw plates. *Clin Orthop* 203:18–33
40. Mack MJ, Regan JJ, Bobechko WP, Acuff TE (1993) Application of thoracoscopy for diseases of the spine. *Ann Thorac Surg* 56: 736–738
41. Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S (1994) A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3: 184–201
42. Mayer H, Schaaf D, Kudernatsch M (1992) Use of internal fixator in injuries of the thoracic and lumbar spine. *Chirurg* 63: 944–949
43. McAfee PC, Bohlman HH (1985) Complications following Harrington instrumentation for fractures of the thoracolumbar spine. *J Bone Joint Surg Am* 67: 672–686
44. Misenhimer GR, Peek RD, Wiltse LL, Rothman SL, Widell EH (1989) Anatomic analysis of pedicle cortical and cancellous diameter as related to screw size. *Spine* 14: 367–372
45. Nolte LP, Slomczykowski MA, Berlemann U et al. (2000) A new approach to computer-aided spine surgery: fluoroscopy-based surgical navigation. *Eur Spine J* 9 (Suppl 1):S78–88
46. Nolte LP, Visarius H, Arm E, Langlotz F, Schwarzenbach O, Zamorano L (1995) Computer-aided fixation of spinal implants. *J Image Guid Surg* 1: 88–93
47. Olerud S, Karlstrom G, Sjöstrom L (1988) Transpedicular fixation of thoracolumbar vertebral fractures. *Clin Orthop* 227: 44–51
48. Pickel H, Hofmeister M, Mückley T, Bühren V (1997) Schicksal der transpedikulären Spongiosaplastik nach Frakturversorgung. *Hefte Z Unfallchirurg* 268: 251–260
49. Place HM, Donaldson DH, Brown CW, Stringer EA (1994) Stabilization of thoracic spine fractures resulting in complete paraplegia. A long-term retrospective analysis. *Spine* 19: 1726–1730
50. Potulski M, Beisse R, Bühren V (1999) Thoracoscopy-guided management of the „anterior column“. Methods and results. *Orthopäde* 28: 723–730
51. Riebel GD, Yoo JU, Fredrickson BE, Yuan HA (1993) Review of Harrington rod treatment of spinal trauma. *Spine* 18: 479–491
52. Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C (1986) Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin Orthop* 203: 7–17
53. Spivak JM, Neuwirth MG, Giordano CP, Bloom N (1994) The perioperative course of combined anterior and posterior spinal fusion. *Spine* 19: 520–525
54. Tscherny H, Blauth M (1998) Tscherny Unfallchirurgie: Wirbelsäule. Tscherny H, Blauth M, (Hrsg) Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio
55. Verlaan JJ, Diekerhof CH, Buskens E et al. (2004) Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome. *Spine* 29: 803–814
56. Weckbach A, Vogel S (1997) Einfluss der transpedikulären intercorporellen Spongiosaplastik auf den Korrekturverlust nach alleiniger dorsaler Instrumentierung thoracolumbalen Wirbelsäulenverletzungen. *Hefte Z Unfallchirurg* 268: 205–208
57. West JL III, Bradford DS, Ogilvie JW (1991) Results of spinal arthrodesis with pedicle screw-plate fixation. *J Bone Joint Surg Am* 73: 1179–1184
58. Yaihiro MA (1994) Comprehensive literature review. Pedicle screw fixation devices. *Spine* 19 (20 Suppl): 2274S–2278S
59. Yaihiro MA (1994) Review of the „Historical Cohort Study of Pedicle Screw Fixation in Thoracic, Lumbar, and Sacral Spinal Fusions“ report. *Spine* 19 (20 Suppl): 2297S–2299S