

Seite 1

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Der expandierbare Wirbelkörperersatz VBR® bei Frakturen,
Entzündungen und malignen Erkrankungen der Wirbelsäule

Eine prospektive klinische Studie

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Kathrin Rainsborough

aus Lübben

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. med. C. Khodadadyan-Klostermann

2. Prof. Dr. med. M. J. Raschke

3. Prof. Dr. med. U. Stöckle

Datum der Promotion: 16.09.2008

Der expandierbare Wirbelkörperersatz VBR® bei Frakturen, Entzündungen und malignen Erkrankungen der Wirbelsäule - eine prospektive klinische Studie

Kathrin Rainsborough

Problemstellung

Zur Rekonstruktion der vorderen Säule bei Frakturen, Entzündungen und Tumorerkrankungen werden verschiedene Therapieverfahren eingesetzt. Als Standardtransplantat gilt der autologe trikortikale Beckenkammspan, dessen Gewinnung mit einer erheblichen Entnahmemorbidity belastet ist. Bei Knochentransplantaten wurden Pseudarthrosen, unzureichende biomechanische Stabilität und Sinterungen mit resultierender Kyphosierung, sowie Transplantatnekrosen speziell nach postoperativer Strahlentherapie beobachtet. Diese Probleme führten in den letzten Jahren zum vermehrten Einsatz metallischer Wirbelkörperersatzimplantate. Ziel der Studie ist die Evaluation der ventralen Stabilisierung mit dem expandierbaren zylindrischen Cage VBR® (Fa. Ulrich Ulm).

Methodik

Der VBR® wurde von April 1999 bis Mai 2001 bei 78 Patienten zur Versorgung von Frakturen (n=56), Tumoren (n=7) und Spondylodiszitiden (n=15) eingesetzt. Eine dorsoventrale Stabilisierung erfolgte bei 76/78 Patienten. Nach 3 und 6 Monaten erfolgten klinische und radiologische Nachuntersuchungen.

Ergebnis

Der durchschnittliche Blutverlust lag bei 2239 (± 1654) ml. Die ventrale Stabilisierung dauerte 3,9 ($\pm 1,43$) Stunden. Operative Komplikationen traten bei 3,6% und postoperative Komplikationen bei 35,7% der Patienten mit Frakturen auf. Letale Komplikationen wurden nicht beobachtet.

Der Grund-Deckplattenwinkel (GDW) im Gesamtpatientengut wurde um durchschnittlich 10,7 ($\pm 9,77$)° signifikant korrigiert (t-Test $p < 0,0001$). Die postoperativ erreichte Korrektur verringerte sich 6 Monate postoperativ geringfügig bei den dorsoventral stabilisierten Frakturpatienten um 3,5 ($\pm 3,22$)°. Die Rückenschmerzen auf der visuellen Analogskala nahmen durchschnittlich von präoperativ 77/100 Punkten auf 39/100 Punkte nach 6 Monaten ab. Eine Verbesserung des neurologischen Status auf der Frankel-Skala konnte bei 61% der Patienten mit neurologischem Defizit erreicht werden.

Schlussfolgerung

Der VBR® bietet operationstechnische Vorteile. Die Entnahmemorbidity am Beckenkamm entfällt. Es wurde kein Materialversagen beobachtet. Operative und perioperative

Komplikationsraten sind mit anderen Studien vergleichbar. Blutverlust und Operationsdauer im untersuchten Kollektiv sind vergleichsweise hoch. Ursache ist möglicherweise das operative Procedere mit häufiger Revision des Spinalkanals und Resektion der Wirbelkörperhinterkante. Das erreichte Korrekturergebnis ist mit einer Aufrichtung des GDW um durchschnittlich 10,7° zufriedenstellend. In den ersten postoperativen Monaten tritt ein geringer Repositionsverlust auf. Implantatbedingte Komplikationen wurden nicht beobachtet. Langzeitergebnisse sind erforderlich und stehen noch aus.

Schlagwörter

Wirbelkörperersatz, expandierbarer Cage, dorsoventrale Stabilisierung, Wirbelkörperfraktur, Spondylodiszitis, Wirbelkörpermetastasen

Vertebral body replacement with an expandable Cage (VBR®) in spinal fractures, metastasis and spondylodiscitis – a prospective clinical trial

Kathrin Rainsborough

Objective

There are several therapeutic strategies for restoring the anterior column of the vertebral body after trauma, tumor and infection. The gold standard for vertebral body replacement is a tricortical bone graft. This procedure is associated with a high rate of harvest site morbidity. Instability of the graft, pseudarthrosis and necrosis especially after radiation therapy in tumors have been reported. Recently, various expandable cages have been developed for vertebral body replacement. The objective of this study is a prospective analysis of the vertebral body replacement system VBR® (Ulrich, Ulm).

Methods

From April 1999 to May 2001 78 patients underwent vertebral body replacement with the VBR® for reconstruction after fracture (n=56), spondylodiscitis (n=15) and tumor (n=7) of the spine. Anterior instrumentation was combined with posterior instrumentation (transpedicular fixation) in 76/78 patients. The follow-up after 3 and 6 months included clinical and radiological examination.

Results

Average blood loss of all patients was 2239 (± 1654) ml and average duration of the ventral instrumentation 3,9 ($\pm 1,43$) hours. These results are elevated compared to other studies.

Operative complications were observed in 35,7% of patients with traumatic fractures. There were no significant complications related to the expandable cage. No implant failure or dislocation was observed.

A significant correction of segmental kyphotic angle was achieved at an average of 10,7° (t-Test $p < 0,0001$). At the follow-up after 6 months an average loss of correction of 3,5 ($\pm 3,22$)° in fracture patients was measured. Pain scores according to the visual analog scale decreased from 77/100 to 39/100 at the last follow-up after 6 months. 61% of patients with neurologic deficit attained improvement after surgery.

Conclusion

The advantage of the expandable cage is that it is easy to use and to achieve a press-fit of the cage. Harvest site morbidity at the iliac crest can be avoided. No implant failure was observed. The rate of operative and perioperative complications is similar to other studies.

Blood loss and duration of the operation are elevated compared to other publications possibly induced by the operation procedure with frequent spinal canal revision and removal of posterior wall fragments. A proper correction of segmental kyphotic angle can be achieved. Within 6 months after surgery a minimal loss of correction was observed. The use of expandable cages effectively reconstructs the anterior column. Long-term follow-up is required.

Key words

Vertebral body replacement, expandable cage, spinal fracture, spondylodiscitis, spinal metastasis, dorsoventral stabilization, titanium implant

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	10
1.1	Biomechanik und Klassifikation.....	11
1.1.1	Das Zwei-Säulen-Modell.....	11
1.1.2	Das Drei-Säulen-Modell.....	11
1.1.3	Klassifikation von Frakturen	12
1.1.4	Zum Begriff Instabilität	16
1.1.5	Spinale Tumoren und Metastasen	16
1.1.6	Spondylodiszitis	17
1.2	Operative Behandlungsverfahren	18
1.2.1	Dorsale Stabilisierung	18
1.2.2	Dorsale Stabilisierung und transpedikuläre Spongiosaplastik.....	19
1.2.3	Ventrale Stabilisierung	19
1.2.4	Die kombinierte dorsoventrale Stabilisierung	20
1.2.5	Dorsoventrale Stabilisierung mit Cages als Wirbelkörperersatz	22
1.3	Zusammenfassung.....	25
1.4	Problemstellung	25
2	Material und Methoden	26
2.1	Das Implantat.....	26
2.1.1	Technische Daten VBR® (Fa. Ulrich, Ulm)	26
2.1.2	Operatives Vorgehen	28
2.2	Patienten	34
2.3	Operative und perioperative Daten	35
2.4	Klinische Nachuntersuchung	35
2.5	Radiologische Auswertung.....	37
2.5.1	Konventionelles Röntgen in zwei Ebenen mit Funktionsaufnahmen	38
2.6	Statistische Auswertung	42
3	Klinische Ergebnisse	43
3.1	Das Patientenkollektiv	43

3.1.1	Perioperative Daten und Follow-up	43
3.1.2	Gesamtpatientengut	43
3.1.3	Operative Daten	44
3.1.4	Krankenhausverweildauer	46
3.2	Frakturpatienten	49
3.2.1	Unfallursachen	49
3.2.2	Höhenlokalisierung und Verletzungsmuster an der Wirbelsäule.....	50
3.2.3	Implantate	55
3.2.4	Perioperative Ergebnisse	57
3.3	Tumorpatienten.....	61
3.3.1	Tumorarten und Lokalisation.....	61
3.3.2	Implantate	61
3.3.3	Perioperative Ergebnisse	62
3.3.4	Neurologischer Status.....	63
3.4	Patienten mit Spondylodiscitiden	64
3.4.1	Lokalisation	64
3.4.2	Implantate	64
3.4.3	Perioperative Ergebnisse	65
3.5	Klinische Nachuntersuchung.....	67
3.5.1	Schmerzentwicklung	67
3.5.2	Gehfähigkeit und Verwendung von Hilfsmitteln.....	72
3.5.3	Range of Motion (ROM)	73
3.5.4	Neurologie	73
3.6	Radiologische Ergebnisse.....	77
3.6.1	Grund-Deckplatten-Winkel (GDW).....	77
3.6.2	Differenz des Grund-Deckplattenwinkels in Funktionsaufnahmen.....	80
3.6.3	Frontale und sagittale Dislokation des VBR	80
4	Diskussion	80
4.1	Ergebnisse.....	80
4.1.1	Patientenkollektiv und Nachuntersuchung	80

4.1.2	Perioperative Daten	81
4.1.3	Neurologischer Verlauf	87
4.1.4	Klinische Nachuntersuchung	89
4.2	Radiologischer Verlauf	90
4.3	Der Einsatz expandierbarer Cages bei Frakturen	93
4.4	Der Einsatz des VBR® bei Tumoren und Metastasen der Wirbelsäule	96
4.5	Expandierbare Cages bei Spondylodiszitis	97
4.6	Vorteile expandierbarer Cages	98
4.7	Nachteile expandierbarer Cages	99
5	Zusammenfassung	100
6	Literaturverzeichnis	103
7	Anhang	110
7.1	Abkürzungsverzeichnis	110
7.2	Danksagung	112
7.3	Lebenslauf	113
7.4	Erklärung	114

1 Einleitung

Die bedeutendste Fehlstellung der Brust- und Lendenwirbelsäule ist die Kyphose. Verursacht wird die erworbene kyphotische Deformierung hauptsächlich durch Frakturen, aber auch Tumoren, Metastasen und entzündliche Erkrankungen können der Auslöser sein. Das Prinzip jeder Behandlung besteht in einer Entlastung der ventralen Wirbelsäulenabschnitte und der Stabilisierung des geschädigten Segments. Prinzipiell konkurrieren dabei konservative und operative Verfahren miteinander. Die früher fast ausschließlich konservativ durchgeführte Behandlung ist den operativen Verfahren in zunehmendem Maße gewichen. Die Indikation zur operativen Versorgung, insbesondere von Frakturen, wurde durch die Einführung winkelstabiler Implantatsysteme (Fixateur interne und davon abgeleitete transpedikulär verankerte Implantate) deutlich erweitert. Neben den seltenen absoluten Operationsindikationen: progrediente neurologische Ausfälle, neurologische Ausfälle nach freiem Zeitintervall und die seltene offene Rückenmarkverletzung, findet sich nun auch die Indikation der sogenannten instabilen Fraktur. Die Vorteile der operativen Versorgung bestehen in der Möglichkeit der Dekompression des Spinalkanals, der gezielten Stabilisation einzelner Bewegungssegmente und der raschen Mobilisation des Patienten. Im Mittelpunkt steht die Vermeidung einer postoperativen Kyphose. Bereits Böhler (11) und Trojan (92) wiesen im Langzeitverlauf nach, dass Patienten mit einer Kyphose von $>15^\circ$ nahezu immer Beschwerden haben. McLain et al. (76) fanden bereits bei Kyphosen $>10^\circ$ Beschwerden oder Funktionseinbußen der Wirbelsäule. Als Ursachen werden eine Dekompensation der Nachbarsegmente (99), eine Instabilität der verletzten Bandscheibe (24, 31, 43, 66, 67) und der Wirbelbogengelenke mit resultierender Arthrose (90) diskutiert. Eine persistierende oder progrediente Kyphose kann zu sekundären neurologischen Schäden, u.a. über die Entwicklung einer Myelopathie oder Syringomyelie führen (31, 66, 39, 36, 74).

Zwar sehen einige Autoren keinen Zusammenhang zwischen Kyphosegrad oder spinaler Stenose und Beschwerden bzw. neurologischen Komplikationen (16, 79, 95). Allerdings wurden dabei jedoch meist nur Kurzeitergebnisse berücksichtigt.

Die Wiederherstellung der physiologischen Situation sollte deshalb das Ziel einer jeden Therapie sein.

Nach einer kurzen Einführung in die Biomechanik und Klassifikation von Verletzungen, werden die aktuellen Behandlungsverfahren in einer Übersicht umrissen.

1.1 Biomechanik und Klassifikation

1.1.1 Das Zwei-Säulen-Modell

Die Biomechanik der Rumpfwirbelsäule wird anhand unterschiedlicher Modelle erklärt. Von großer Bedeutung ist das Zwei-Säulen-Modell von Whitesides (99). Unterschieden wird eine ventrale Säule, bestehend aus Wirbelkörper und Bandscheibe und eine dorsale Säule, bestehend aus Wirbelbogengelenken und interspinösen Bändern. Ähnlich einem Baukran werden die vorderen Abschnitte auf Druck und die hinteren Bereiche auf Zug belastet.

Die Entstehung einer Kyphose durch Frakturen und andere Erkrankungen lässt sich mit diesem Modell erklären. Zum Verständnis heutiger Klassifikationen, insbesondere der Einteilung nach Magerl, und Instabilitätskonzepte reicht die modellhafte Vorstellung von zwei Säulen aus.

1.1.2 Das Drei-Säulen-Modell

Die statische Sichtweise des „Baukranmodells“ erfuhr eine Erweiterung. Louis (67) entwickelte ein Drei-Säulen-Modell, bei dem die vordere Säule von den beiden dorsalen Säulen der Wirbelbogengelenke unterschieden wird. Differenziert werden eine vorübergehende Instabilität durch knöcherne Verletzungen und eine andauernde Instabilität durch diskoligamentäre Verletzungen.

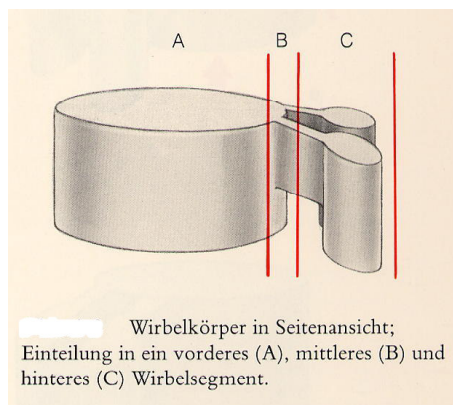


Abb. 1: Schematische Abbildung des Drei-Säulen-Modells nach Denis

Roy-Camille (84, 83) erkannte die Bedeutung des sogenannten mittleren Wirbelsegmentes („segment moyen“), bestehend aus Wirbelkörperhinterwand, hinterem Längsband, Bogenwurzel und Wirbelbogengelenken für die Instabilität. Verletzungen dieser Strukturen, die den Spinalkanal unmittelbar umgeben, neigen zu Deformierung, Dislokation und neurologischen Komplikationen.

In der klinischen Praxis war das Drei-Säulen-Modell nach Denis lange Zeit allgemein anerkannt, um die Stabilität einer Wirbelkörperläsion zu beurteilen. Denis (21, 22, 23) beschränkte das mittlere Segment auf die Wirbelkörperhinterwand, das hintere Längsband und die Bogenwurzel. Sein Drei-Säulen-Modell (Abb. 1) besteht aus der vorderen Säule mit dem ventralen Anteil des Wirbelkörpers und der Bandscheibe, der mittleren Säule mit der Wirbelkörperhinterwand, dem hinterem Längsband und der Bogenwurzel, sowie der dorsalen Säule mit den Wirbelbogengelenken und dem dorsalem Bandkomplex (23). Nach diesem Modell führen Läsionen an nur einer Säule nicht zur Instabilität. Hierzu kommt es entweder durch Verletzung aller drei Säulen oder wenn sich durch eine Läsion zweier Säulen die Wirbelkörper um den intakten dritten Säulenpunkt drehen. Eine isolierte, komplette Verletzung der mittleren Säule gibt es nicht (eine inkomplette Läsion ist der traumatische Bandscheibenvorfall). Die Verletzung der mittleren Säule deutet deshalb auf zusätzliche Schäden einer weiteren Säule und damit auf eine Instabilität hin.

1.1.3 Klassifikation von Frakturen

Ein Konzept zur Klassifikation von Wirbelsäulenverletzungen entwickelten McAfee et al. (74). Es basiert auf der Einschätzung des Schädigungsgrades des mittleren Wirbelsäulenabschnitts mittels Computertomographie.

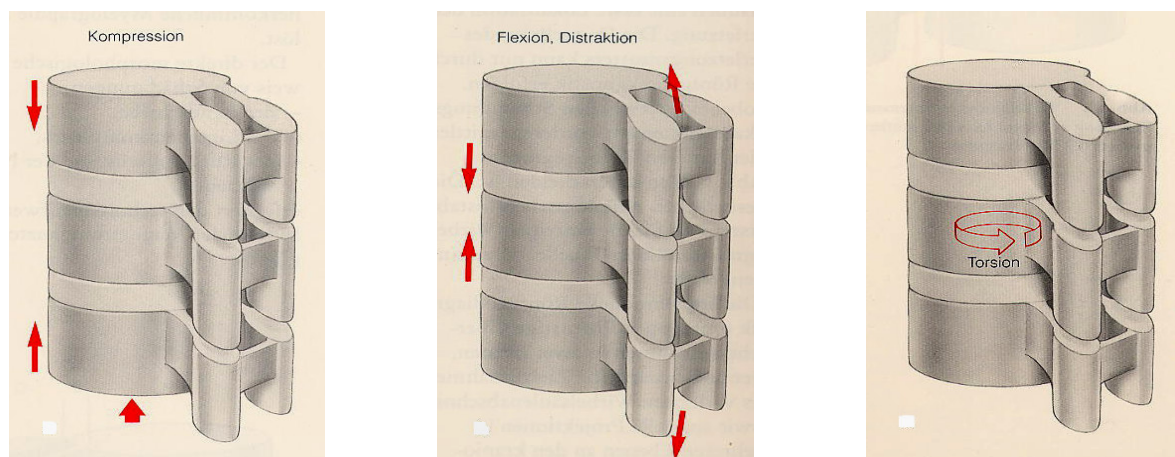


Abb. 2: Schematische Darstellung der Krafteinwirkungen bei den verschiedenen Frakturtypen A, B und C (v.l.n.r.) nach Magerl

Mittlerweile hat sich allerdings im deutschsprachigen Raum unter den verschiedenen Frakturklassifikationen die Einteilung nach Magerl et al. (69) von 1994 durchgesetzt. Das Klassifikationsmodell nach Magerl et al. (Tabelle 1) bezieht sich auf die Frakturen der Brust-

und Lendenwirbelsäule und lehnt sich im Aufbau an die Klassifizierung von Frakturen der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) an.

Die Klassifikation beruht weitgehend auf dem Zwei-Säulen-Modell nach Whitesides (s.o.). Nach der zum Unfallzeitpunkt wirkenden Krafrichtung werden drei Typen unterschieden.

Die Typ-A-Verletzung wird hervorgerufen durch Kompressionskräfte, die vor allem auf die ventrale Säule einwirken. Die hintere Säule bleibt typischerweise erhalten. Eine Ausnahme bildet der komplette Berstungsbruch vom Typ A 3.3 bei dem gelegentlich auch eine Spaltung der Lamina oder des Dornfortsatzes zu finden ist. Bei den Frakturen vom Typ B verursachen Flexions- und Distraktionskräfte eine Verletzung der vorderen und hinteren Säule. C-Verletzungen entstehen durch Rotationskräfte und führen ebenfalls zur Verletzung der vorderen und hinteren Säule.

Die Einteilung nach Magerl erfolgt mittels Nativröntgenaufnahmen und Computertomogramm (beispielhaft in Abb. 3, Abb. 4Abb. 5).

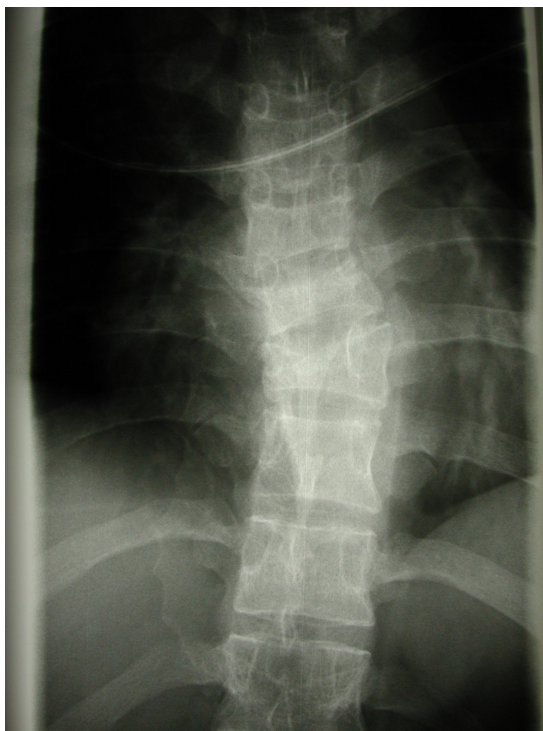


Abb. 3: Beispiel einer C-Verletzung im Bereich BWK 6, 7 und 8 (a.-p. Aufnahme). Die Verletzung trat bei dem 22jährigen Patienten im Rahmen eines generalisierten Krampfanfalls auf.

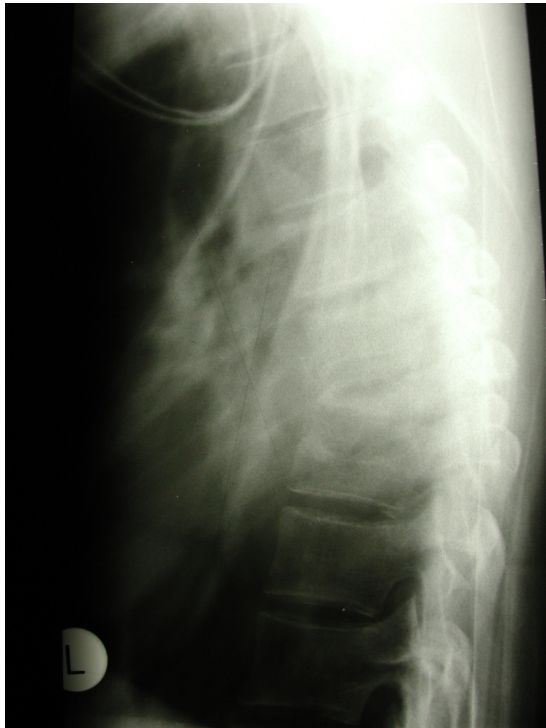


Abb. 4: Seitliche Aufnahme des oben genannte Patienten.

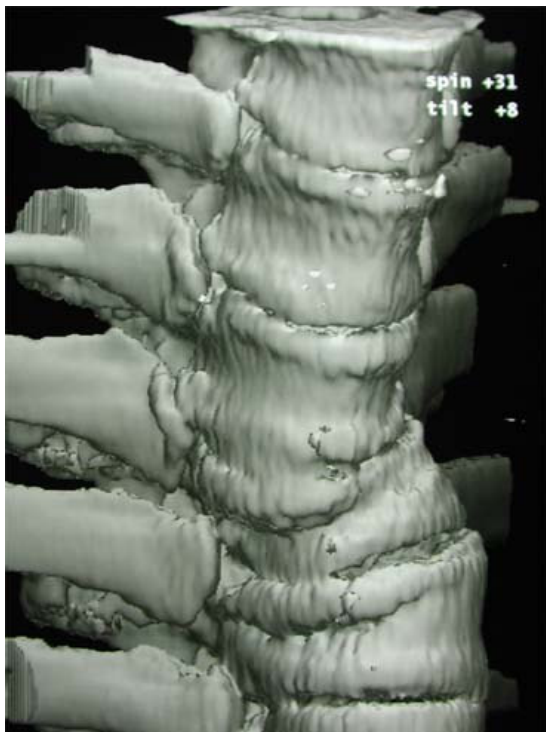


Abb. 5: 3D-Rekonstruktion einer Computertomographie des gleichen Patienten.

Die drei Grundtypen A, B und C werden wie in der AO-Klassifikation in jeweils drei Subgruppen von 1 bis 3 gegliedert. Mit zunehmendem Instabilitäts- und Verletzungsgrad steigt die alphanumerische Graduierung. So ergibt sich ein komplexes System von 55 Einzelfrakturen, das es erlaubt nahezu jede Fraktur einzuordnen. Aufgrund der präzisen

Einteilung ermöglicht dieses System den Vergleich unterschiedlicher Behandlungsverfahren. Die Komplexität der Klassifikation stellt jedoch auch hohe Anforderungen an den Untersucher.

A 1 Impaktionsbrüche	A 1.1 Deckplattenimpression A 1.2 Keilbruch A 1.3 Wirbelkörperimpaktion
A 2 Spaltbrüche	A 2.1 Sagittaler Spaltbruch A 2.2 Frontaler Spaltbruch A 2.3 Kneifzangenbruch
A 3 Berstungsbrüche	A 3.1 Inkompletter Berstungsbruch A 3.2 Berstungsspaltbruch A 3.3 Kompletter Berstungsbruch
B 1 Dorsale, überwiegend ligamentäre Zerreißung (Flexionsdistraktion)	B 1.1 Mit querer Zerreißung der Bandscheibe B 1.2 Mit Fraktur des Wirbelkörpers vom Typ A
B 2 Dorsale, überwiegend ossäre Zerreißung (Flexionsdistraktion)	B 2.1 Horizontale Zerreißung des Wirbels B 2.2 Mit querer Zerreißung der Bandscheibe B 2.3 Mit Typ-A-Wirbelkörperfraktur
B 3 Ventrale Zerreißung durch die Bandscheibe (Hyperextensionsverletzung)	B 3.1 Hyperextensionssubluxation B 3.2 Hyperextensionsspondylolyse B 3.3 Hintere Luxation
C 1 Typ-A-Verletzung mit Rotation	C 1.1 Rotationskeilbruch C 1.2 Rotationsspaltbruch C 1.3 Rotationsberstungsbruch
C 2 Typ-B-Verletzung mit Rotation	C 2.1 Typ B 1 mit Rotation C 2.2 Typ B 2 mit Rotation C 2.3 Typ B 3 mit Rotation
C 3 Rotationsscherbrüche	C 3.1 Slicefraktur (Holdsworth) C 3.2 Rotationsschrägbruch

Tabelle 1: Die Klassifikation nach Magerl

Möglicherweise werden in Zukunft kernspintomographische Informationen über den Grad der Weichteilschädigung die jetzt angewandten Klassifikationen verändern.

1.1.4 Zum Begriff Instabilität

Der Begriff der „Instabilität“ bei Wirbelkörperfrakturen ist in der Literatur nicht einheitlich definiert. Es liegt eine Vielzahl unterschiedlicher Instabilitätskonzepte vor. Von der Abschätzung der Instabilität hängt jedoch das weitere therapeutische Vorgehen ab.

White und Panjabi (98) führten den Begriff „klinische Instabilität“ ein, der folgendermaßen definiert ist:

Clinical instability is the loss of the ability of the spine under physiologic loads to maintain its pattern of displacement so that there is no initial or additional neurologic deficit, no major deformity, and no incapacitating pain.

Diese patientenorientierte Definition legt gleichzeitig wesentliche Behandlungsziele fest. Bei frischen Verletzungen ist dieses Konzept jedoch problembehaftet, da sich bei Beginn der Behandlung schwer voraussagen lässt mit welchem Fehlstellungsausmaß die Verletzung verheilt und welche Deformität oder Instabilität noch hingenommen wird. Da es eine breite Spanne zwischen sicher stabil und sicher instabilen Verletzungen gibt, schlagen Blauth et al. (10) eine abgestufte Einteilung vor. Stabil ist eine Verletzung dann, wenn keine weitere Veränderung der Stellung der Wirbelsäule zu erwarten ist. Als geringgradig instabil gelten Verletzungen, die bei funktioneller Behandlung ohne schwerwiegende Fehlstellung, evt. mit geringfügiger Restinstabilität und sicher ohne neurologisches Defizit ausheilen. Hochgradig instabil heißt, dass bei funktioneller Behandlung schwere Fehlstellungen und neurologische Komplikationen zu erwarten sind.

In der Praxis erfolgt die Grenzziehung zwischen konservativer und operativer Therapie mitten durch die Frakturen vom Typ A.2 und A.3. Stabile Frakturen der AO-Gruppen A1 und A2 können meist konservativ nach den Regeln der funktionellen Therapie behandelt werden. Instabile Berstungsbrüche und Frakturen der Gruppen B und C werden in der großen Mehrzahl operativ behandelt (15).

1.1.5 Spinale Tumoren und Metastasen

Primäre hochmaligne Knochentumoren werden überwiegend in der 1. und 2. Lebensdekade beobachtet, metastatische Erkrankungen eher im fortgeschrittenen Alter. Skelettmetastasen, meist nach Mamma-, Nieren-, Schilddrüsen- und Prostatakarzinom, aber auch nach vielen anderen Karzinomen, finden sich häufig in der Wirbelsäule. Am häufigsten treten Metastasen in der Lendenwirbelsäule und unteren Brustwirbelsäule auf. In der Hälfte der Fälle ist der Wirbelkörper allein, häufig aber Wirbelkörper, Lamina und Pedikel betroffen.

Therapieresistente Schmerzen nach Ausschöpfen sämtlicher konservativer Therapie, Wirbelkörpereinbruch mit Instabilität, sowie Kompression des Myelons, vor allem aber progrediente neurologische Symptomatik bis hin zur Para- oder Tetraplegie stellen die Indikationen zur Operation dar (44). Bösartige primäre Knochentumoren werden meist multimodal, neoadjuvant und/oder adjuvant, behandelt. Eine sogenannte „weite Resektion“ im Gesunden ist nur möglich, wenn ausschließlich der Wirbelkörper oder nur die Wirbelbögen, Quer- oder Dornfortsätze befallen sind.

Operationsindikationen bei Wirbelsäulenmetastasen stellen Schmerzen, ein drohendes bzw. vorhandenes neurologisches Defizit, Instabilität sowie bei solitärem Befall die kurative Behandlung dar.

1.1.6 Spondylodiszitis

Der Begriff Spondylodiszitis bedeutet eine Entzündung des Wirbelkörpers und der angrenzenden Bandscheibe. In der Regel geht die Entzündung von einer Wirbelkörperdeck- oder Grundplatte aus, greift auf das bradytrophe Gewebe der nächsten Bandscheibe über und befällt den benachbarten Wirbelkörper. Die Entzündung betrifft die ventralen Abschnitte der Wirbelsäule. Die typische Deformität ist aus diesem Grunde die Kyphose.

Unter pathogenetischen Gesichtspunkten lassen sich verschiedene verursachende Keime feststellen. Die weitaus häufigsten Erreger stellen *Mycobacterium tuberculosis*, *Staphylococcus aureus*, *E.coli* und *Proteus* dar, wobei ein Erregerwandel festzustellen ist. Die Häufigkeit der spezifischen Spondylodiszitis tuberculosa nimmt zugunsten der unspezifischen Formen ab. Bei der unspezifischen Spondylodiszitis ist die Infektionsquelle in bis zu 50% nachweisbar.

Auch nach der Lokalisation lässt sich eine Einteilung der Spondylodiszitis vornehmen. Am häufigsten sind die untere BWS und LWS betroffen.

Bei langsam, protrahiert verlaufenden Infektionen der Wirbelsäule wird im Allgemeinen die konservative Behandlung bevorzugt. Sobald jedoch die Stabilität der Wirbelsäule durch eine höhergradige Destruktion gefährdet ist oder neurologische Ausfallerscheinungen vorliegen, die Entzündung progredient fortschreitet oder der Schmerz nicht zu beherrschen ist, empfiehlt sich eine operative Stabilisierung (30). Das operative Vorgehen bietet den Vorteil der schnelleren Ausheilung der Entzündung nach Entfernung des Fokus und die Möglichkeit zur Reposition einer deformierten Wirbelsäule. Der Patient kann rasch mobilisiert werden.

1.2 Operative Behandlungsverfahren

1.2.1 Dorsale Stabilisierung

Die Instrumentation bei Wirbelsäulenverletzungen erhielt entscheidende Einflüsse aus der Skoliosechirurgie. Harrington setzte bereits 1958 die nach ihm benannten Stäbe zur Stabilisierung von Frakturen ein (45, 46, 47).

Einen weiteren Entwicklungsschub löste die 1963 von Roy-Camille und Saillant entwickelte transpedikuläre Implantatverankerung aus (82, 85). Bei diesem Verfahren werden zwei Platten über mehrere Segmente paraspinal durch die Wirbelbogenpedikel mit den Wirbelkörpern verschraubt. Das Resultat ist eine stabile Spondylodese. Nachteil des Verfahrens ist die vor der Instrumentation notwendige Reposition, da selten mit der Platte reponiert werden kann. Außerdem ist eine langstreckige Fusion erforderlich. Die Immobilisation gesunder Bewegungssegmente führt dabei zu einer kompensatorischen Überbelastung der Nachbarsegmente. Die ruhiggestellten Segmente neigen zu einer nicht gewünschten Versteifung und Arthrose (50). Die relativ breiten Platten behinderten zudem eine dorsolaterale Spongiosaplastik.

1977 führte Magerl den Fixateur externe zur Frakturstabilisierung ein. Der äußere Rahmenspanner wird transpedikulär über Schanz-Schrauben mit den Wirbelkörpern verbunden. Das Ergebnis ist eine stabile Spondylodese, die eine exakte Reposition ermöglicht, die Fusionsstrecke auf zwei Segmente verkürzt und die Einbringung einer posterolateralen Spongiosaplastik erlaubt. Nachteile sind der für den Patienten unangenehme Rahmenspanner sowie die Infektionsgefahr entlang der Schrauben.

Die Idee des Fixateur externe wurde von Dick und Kluger weiterentwickelt. Es entstanden mehrere Ausführungen eines Fixateur interne mit voll implantierbarem bzw. abnehmbarem Repositionsinstrumentarium (25, 55). Da es sich um ein rotations- und winkelstabiles Implantat handelt, ist eine kurzstreckige Fusion möglich. Winkelstabil bedeutet in diesem Zusammenhang, dass das Verfahren ohne Mehrpunktstützung an den Wirbelbögen, wie bei winkelinstanten Implantaten, auskommt. Die zur Lordosierung benötigte Fusionsstrecke ist bei winkelstabilen Implantaten verkürzt. Intraoperativ kann durch Distraction eine optimale Reposition der kyphotischen Fehlstellung erreicht werden. Die intraoperativ erreichte Reposition kann allerdings nicht langfristig gehalten werden. Mit einem Repositionsverlust von durchschnittlich $6,8^\circ$ Kyphosewinkel werden mit dem Fixateur interne dennoch weitaus bessere Ergebnisse erzielt als mit der Harrington-Stabilisierung (Repositionsverlust $9,1^\circ$) und

der transpedikulären Plattenstabilisierung (Repositionsverlust $12,4^\circ$) (29). Eine multizentrische Studie der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie führte zu der Schlussfolgerung, dass ein sicherer Gewinn gegenüber der präoperativen Fehlstellung mit der dorsalen Technik allein nicht zu erzielen ist (56).

1.2.2 Dorsale Stabilisierung und transpedikuläre Spongiosaplastik

Um einer späteren Kyphose entgegenzuwirken wurde von Daniaux die Technik der dorsal transpedikulär in den frakturierten Wirbelkörper eingebrachten Spongiosa entwickelt (18). Im Vergleich mit allein dorsaler Instrumentation ergaben sich für diese Methode geringere Korrekturverluste. Mayer et al. (71) berichten bei 32 Patienten nach Versorgung mit dem Fixateur interne über einen Korrekturverlust im sagittalen Profil von 13% ohne und 2-4% mit zusätzlicher transpedikulärer Spongiosaauffüllung. Daniaux et al. (19) beschreiben in 51 Fällen durchschnittlich 3,2 Jahre nach Plattenstabilisierung (Roy-Camille-Platten) einen Repositionsverlust von im Mittel 14° Kyphosewinkel. In 80 Fällen mit zusätzlicher intrakorporaler Spongiosaplastik wird der Repositionsverlust mit durchschnittlich 9° angegeben. Als Erstbeschreiber dieser Technik berichtet Daniaux somit über deutlich bessere Ergebnisse als andere Autoren. Dies könnte daran gelegen haben, dass er mit großer Akribie die sorgfältige Aufbereitung des Spongiosabettes vornimmt. Knop et al. (57) beobachteten einen Korrekturverlust von $10,4^\circ$. Im Rahmen von CT-Nachkontrollen wurde festgestellt, dass in 60% die interkorporell eingebrachte Spongiosa nicht durchbaut war. Neuere MRT-Untersuchungen belegen, dass ein Grossteil des eingebrachten Knochens bindegewebig ersetzt wird (34).

Eine vergleichende Untersuchung von Knop et al. (57) konnte keinen signifikanten Unterschied zwischen einer nur temporär stabilisierten und einer zusätzlich mit transpedikulärer Spongiosaplastik versorgten Patientengruppe feststellen. Die Gruppe mit interkorporeller Fusion wies tendenziell ($10,6^\circ$ vs. $9,7^\circ$) sogar einen höheren Korrekturverlust auf. Neben dem geschilderten Korrekturverlust, birgt die transpedikuläre Spongiosaplastik das Risiko der Dislokation von Knochen in den Spinalkanal.

1.2.3 Ventrale Stabilisierung

Bei Frakturen vom Typ A, die durch Kompressionskräfte hervorgerufen und durch eine erhaltene hintere Säule charakterisiert sind, besteht die Möglichkeit nur ventral zu instrumentieren. Die winkelstabilen ventralen Implantatsysteme sind biomechanisch in ihrer Steifigkeit den dorsalen transpedikulären Implantaten vergleichbar (1, 12, 28, 41, 88, 102).

Die Gemeinsamkeit der verfügbaren Modelle besteht in der Verankerung mit mehreren Schrauben pro Wirbel und der winkelstabilen Verbindung der Wirbelkörper. Nachteil der bisher publizierten Ergebnisse ist, wie auch bei den dorsalen Verfahren, dass häufig keine genauen Angaben über den Frakturtyp gemacht werden. Zudem ist bei rein ventralen Verfahren die Reposition der Fehlstellung sehr schwierig. Been (5) berichtet über 29 Patienten nach isolierter ventraler Dekompression und Stabilisierung mit dem Slot-Zielke-Instrumentarium. Durchschnittlich 3,1 Jahre postoperativ lag der Korrekturverlust bei 17 Patienten unter 5°, bei 8 Patienten zwischen 6° und 10° und bei 4 Patienten zwischen 11° und 15°. Haas et al. (42) berichten über 39 Patienten nach alleiniger ventraler Dekompression, Spaninterposition und Plattenfixation mit einem durchschnittlichen Korrekturverlust von 7° Kyphosewinkel. Eine dauerhafte Korrektur des Kyphosewinkels bei 150 Patienten nach Verwendung des Kaneda-Instrumentariums fanden Kaneda et al. (53, 54).

Die ventrale winkelstabile Instrumentation gewährt die Möglichkeit auf den zusätzlichen dorsalen Eingriff zu verzichten. Es ist zu beachten, dass ausschließlich Typ A Verletzungen mit intakter hinterer Säule für diese Art der Versorgung in Frage kommen. Problematisch bleibt jedoch die eingeschränkte Repositionsmöglichkeit der Fraktur beim rein ventralen Vorgehen.

1.2.4 Die kombinierte dorsoventrale Stabilisierung

Wegen der zum Teil unbefriedigenden Ergebnisse nach allein dorsaler Stabilisierung empfiehlt sich bei höhergradigen Verletzungen der vorderen Säule im Sinne eines Berstungsbruchs oder bei Rotationsinstabilität eine kombinierte dorsoventrale Instrumentierung. Nicht nur wegen der genannten Nachteile des rein ventralen Vorgehens, sondern auch unter biomechanischen Gesichtspunkten erweist sich ein dorsoventrales Vorgehen am günstigsten (97). Die physiologischen ventralen Druck- und dorsalen Zugkräfte können optimal neutralisiert werden.

1.2.4.1 Dorsoventrale Stabilisierung mit Knochenspan

Eine nordamerikanische Multicenterstudie konnte entsprechend bei dorsoventraler Stabilisierung eine Fusionsrate von 97% finden (38). Eine sichere Fusion ist dann absolut anzustreben, wenn das gesamte Bewegungssegment verletzt ist. Deshalb sollte bei instabilen Distractions- und Rotationsverletzungen Typ B und C die ventrale und dorsale Säule unter dem biomechanischen Gesichtspunkt der maximalen Primärstabilität rekonstruiert werden. Der ventrale Zugang bietet die Möglichkeit der vollständigen Dekompression des Spinalkanals und der optimalen Rekonstruktion der vorderen Säule durch Interposition eines

autologen Knochenspan. In Kombination mit einer dorsalen, winkelstabilen Instrumentation ist die Forderung nach Primärstabilität erfüllt.

Im kombinierten Verfahren wird nach Anlage der dorsalen Instrumentation, die zunächst der Reposition und Distraction dient, die ventrale partielle oder totale Korporektomie und Entfernung des Hinterkantenfragments durchgeführt. Der Defekt wird dann mit einem trikortikalen Knochenspan evt. in Kombination mit einer überbrückenden ventralen Platten-Spondylodese stabilisiert. Nach der Rekonstruktion der ventralen Säule übernimmt die dorsale Instrumentation die Aufgabe der Zuggurtung.

Bei diesem Verfahren ist der Korrekturverlust am geringsten (90). Feil und Wörsdorfer (33) fanden bei 52 von 59 Patienten nach dorsoventraler Frakturversorgung nach Abschluss der knöchernen Durchbauung eine anatomische Wiederherstellung des Wirbelsäuleprofils. Been und Bouma (6) stellten einen Korrekturverlust $> 5^\circ$ bei 72% der dorsal stabilisierten und nur bei 5% der kombiniert behandelten Patienten fest.

Ulrich (94) beschreibt bei insgesamt 128 Patienten einen Korrekturverlust von 6° nach dorsoventraler Stabilisierung mit trikortikalem Span im Vergleich zu 12° bei dorsaler Stabilisierung mit und ohne transpedikulärer Spongiosaplastik. Stoltze und Harms (90) berichten über 201 Patienten mit einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 2 Jahren. Bei 39 dorsal stabilisierten Patienten wurde in mehr als der Hälfte (54%) ein Repositionsverlust von $> 2^\circ$ gefunden, während bei den dorsoventral mit einem Knochenspan versorgten Patienten in 91,2% der Korrekturverlust $< 2^\circ$ lag.

Eine Ursache für den Repositionsverlust bei dorsoventraler Stabilisierung mit einem Knochenspan scheint das Zusammensinken des ventral eingebrachten kortikospongiösen Spans zu sein. Dieses Phänomen wurde bei den Autoren in 6 der 201 Patienten beobachtet.

Ein Problem der ventralen Spondylodese mit kortikospongiösen Spänen ist die Entnahmemorbidität. Komplikationen wie die Verletzung von Gefäßen, Nerven, tiefe Wundinfektionen, Meralgia paresthetica, Abrissfrakturen der Spina iliaca anterior superior treten in bis zu 25% der Fälle auf (2, 101). Leichtere Komplikationen im Sinne von Dysästhesien, oberflächlichen Wundinfektionen und Drainageproblemen werden immerhin bei 70% der Patienten gesehen, bei denen Knochen vom Beckenkamm entnommen wurde. In einer Multicenter-Studie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (56) wies auch die dorsoventrale Stabilisierung mit autologem Beckenkammspan einen durchschnittlichen Repositionsverlust von durchschnittlich 8° auf. Das vergleichsweise enttäuschende Ergebnis wird auf die überwiegende Anwendung der sogenannten Inlay-Span-Technik (62) zurückgeführt. Darunter versteht man das Einbolzen langer Späne nach dem Nut und Feder

Prinzip in die Endplatten angrenzender Wirbelkörper, unter Zerstörung dieser. Es traten Spanpseudarthrosen auf. Spanfrakturen wurden bei langen, bisegmentalen Spänen beobachtet (56).

1.2.4.2 Minimal-invasive dorsoventrale Stabilisierung

Der Zugang von ventral und dorsal kann auch minimal-invasiv durchgeführt werden. Dorsal besteht die Möglichkeit perkutan transpedikulär zu instrumentieren (96, 100). Die Reposition erfolgt dann jedoch wie bei der konservativen Frakturbehandlung rein über die Anspannung des hinteren Längsbandes und des Anulus fibrosus. Der ventrale minimal-invasive Zugang wird zur Frakturversorgung mit konventionellen dorsalen Stabilisierungen kombiniert. Er ist schon seit längerer Zeit für andere wirbelsäulenchirurgische Indikationsstellungen, insbesondere degenerativer Art in Gebrauch. So kann thorakoskopisch, endoskopisch oder minimal-invasiv eine Korporektomie und Spaninterposition vorgenommen werden (4, 7, 14, 17, 48, 70, 72, 75, 89).

1.2.5 Dorsoventrale Stabilisierung mit Cages als Wirbelkörperersatz

Körbchenartige Implantate zum Wirbelkörperersatz, sogenannte Cages, wurden erstmals zur Versorgung spinaler Metastasen und Tumoren in die Wirbelsäulen Chirurgie eingeführt. Scoville et al. (86) beschrieben 1967 erstmals den Einsatz von Acrylplastik als Wirbelkörperersatz bei spinalen Metastasen. Es folgten verschiedene Modelle aus Keramik und Metall.

Ziel war es, einen Wirbelkörperersatz zu schaffen, der direkt belastbar ist und somit eine rasche Mobilisation bei Patienten mit eingeschränkter Lebenserwartung gestattet. So kann ein entsprechender Teilbereich der Lebensqualität erhalten werden. Die dauerhafte Inkorporation des Implantates stellte nicht das primäre Ziel dar.

Sogenannte Cages werden nunmehr auch zur Rekonstruktion der ventralen Säule bei Frakturen und Spondylodiszitiden verwendet. Insbesondere Harms und Stoltze führten den Einsatz von Cages bei Frakturen ein. Durch die Verwendung stabiler Hohlkörper aus Titan lässt sich die Primärstabilität erhöhen. Die Autoren (90) verglichen 52 mit Span und 58 mit Titancage ventral versorgte Patienten. Die Kyphosierung betrug in der Knochenspangruppe 5°, in der Cage-Gruppe < 2°.

Heute steht eine Vielzahl von Implantaten in unterschiedlichen Designs und Materialien zur Verfügung. Ein häufig verwendeter Wirbelkörperersatz ist der von Harms entwickelte

MOSS™-Korb. Es handelt sich dabei um einen Zylinder aus Titan, der mit einer durchgehenden rhomboiden Fenestrierung versehen ist (Abb. 6 und Abb. 7).



Abb. 6: Fenestrierung des sog. Harms-Korbs (MOSS™)

Um das Implantat für verschiedene Indikationen nutzen zu können wurden interne Ringe, Verbindungsschrauben und gefenesterte Endplatten hinzugefügt um die Konstruktion gegenüber axial und vertikal wirkenden Kräften zu stärken. Folglich ist das Implantat auch in verschiedenen Größen erhältlich und integriert in das MOSS™ (modular segmental spinal) Instrumentationssystem. Experimentell zeigte die Konstruktion bei biomechanischen Tests gute Eigenschaften, die sich auch in der extrem niedrigen Implantatkompliationsrate widerspiegeln. In mehr als 7 Jahren wurden weltweit 6400 Zylinder verwendet, wobei nur 3 Fälle von frühem Implantatversagen auftraten bzw. publiziert wurden. Als Vorteile des Implantates nennen die Entwickler die sofortige biomechanische Unterstützung mit vollständiger Überbrückung des Defekts, die Einbringung von Knochentransplantaten in den Korb, der mit seiner Fenestrierung das knöcherne Einwachsen bzw. eine Durchbauung ermöglichen soll und die vergrößerte Oberfläche für die Inkorporation von Knochentransplantat das den Zylinder umgibt. Da es in verschiedenen Durchmessern verfügbar ist, wird es an der HWS als auch an BWS und LWS eingesetzt. Intraoperativ wird das Implantat an den Enden vom Operateur durch Zurechtschneiden in die erforderliche Form gebracht. Die entstehenden Spitzen verankern den Cage in den angrenzenden Endplatten. Um eine Penetration zu verhindern können zusätzlich innere Ringe im Implantat befestigt werden.

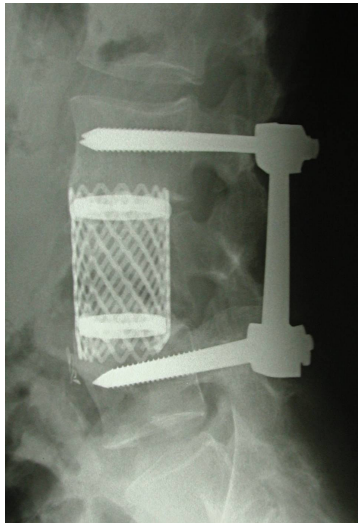


Abb. 7: Seitliche Röntgenaufnahme der LWS nach LWK 4-Fraktur, versorgt mit MOSS™-Korb und dorsaler Stabilisierung

Ein Nachteil der nicht expandierbaren Cages (z.B. MOSS™) ist, dass sie ein Zurechtschneiden erfordern. Da keine feste Verspannung zwischen den angrenzenden Endplatten („press fit“) erreicht wird, ist meist eine abschließende dorsale Kompression nötig.

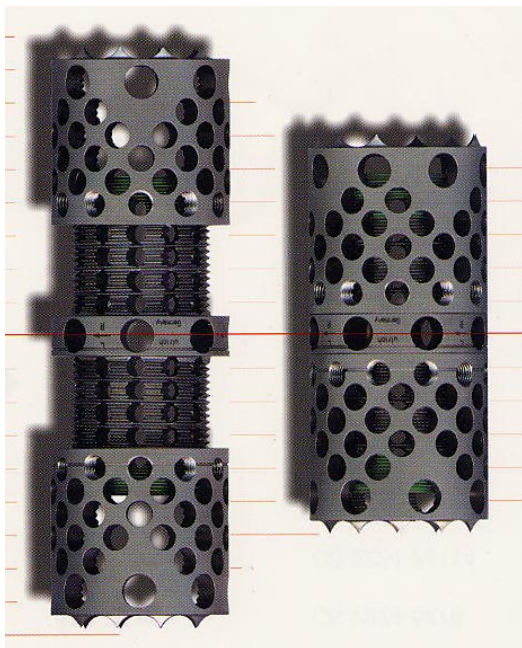


Abb. 8: Der Cage VBR® in verschiedenen Distraktionsstufen

Aufgrund dieser Problematik wurden distrahierbare Implantate entwickelt, die diesen letzten Operationsschritt erübrigen. Expandierbare Cages konkurrieren nun mit den herkömmlichen operativen Verfahren und dem Einsatz nicht expandierbarer Cages. Es gibt eine Vielzahl aufspreizbarer Cages im Box- und zylindrischem Design. Seit 1993 ist der Wirbelkörperersatz VBR® (Vertebral Body Replacement) zur Rekonstruktion der vorderen thorakalen und

lumbalen Wirbelsäule erhältlich. Der VBR® kann einen oder mehrere Wirbelkörper ersetzen. In Situ ist eine stufenlose Distraction (Abb.8) möglich. Durch die Aufspreizung des Defektes wird der VBR® sicher zwischen den angrenzenden Wirbelkörperendplatten verspannt und die vordere Wirbelsäule druckstabil abgestützt. Durch diesen sogenannten „Press-Fit“ erübrigt sich eine abschließende dorsale Kompression. Es entfällt zudem das Zurechtschneiden des Implantats, da bereits verschiedene Endplattenwinkel vorgesehen sind. Auch der Hohlraum des VBR® kann vor dem Einsetzen oder danach durch die großen seitlichen Bohrungen mit Knochenmaterial befüllt werden.

Biomechanische Studien (78) weisen darauf hin, dass aufspreizbare Cages in Verbindung mit einer dorsalen Stabilisierung über eine bessere Primärsteifigkeit im Bezug auf Torsions- und Seitneigungskräften verfügen als nicht expandierbare Cages. Der verbleibende Bewegungsumfang bei Flexions- und Extensionsbewegungen ist jedoch unabhängig vom Cage-Design und der Aufspreizbarkeit.

1.3 Zusammenfassung

Eine Vielzahl von biomechanischen und klinischen Untersuchungen proklamiert das dorsoventrale Vorgehen bei erheblichen Instabilitäten der Wirbelsäule als neuen „Gold Standard“. Der dorsoventrale Zugang bedeutet jedoch im Allgemeinen einen zweizeitigen Eingriff am Patienten und eine Zunahme der Komplikationsmöglichkeiten. Zur ventralen Abstützung stehen bei der kombinierten Stabilisierung drei Möglichkeiten zur Verfügung. In historischer Reihenfolge sind dies der trikortikale Knochenspan, der nicht-expandierbare Cage und der expandierbare Cage.

Expandierbare Cages finden in zunehmendem Maß Anwendung, da sie ohne abschließende Kompression fest verankert werden und die Entnahmemorbidität des Beckenkammspanes entfällt. Indikationen stellen unter anderem Frakturen, Spondylodiscitiden und maligne Erkrankungen der Wirbelsäule dar.

1.4 Problemstellung

Eine Vielzahl unterschiedlicher expandierbarer Cages wird inzwischen regelmäßig zur operativen Versorgung von Frakturen und Tumoren der Wirbelsäule eingesetzt. Die expandierbaren Implantate finden vor allem aufgrund ihrer operationstechnischen Vorteile zunehmend Verwendung.

Im Vergleich zur dorsoventralen Stabilisierung mit Knochenspan bzw. nicht-expandierbaren Implantaten liegen wenige Daten über das klinische Outcome expandierbarer Cages vor. Valide Vergleichsstudien zwischen expandierbaren und nicht-expandierbaren Cages fehlen.

Ziel der Studie ist die Evaluation einer mit dem expandierbaren zylindrischen Cage VBR® versorgten Patientengruppe. Der VBR® wurde bei den untersuchten Patienten zur Versorgung von Frakturen, Tumoren und Spondylodiszitiden eingesetzt. Mögliche implantat- oder operationsbedingte Komplikationen sollen dargestellt werden. Im Vordergrund stehen die perioperative Morbidität der Patienten sowie die klinischen und radiologischen Untersuchungen nach 3 und 6 Monaten. Diskutiert werden die mit dem expandierbaren Wirbelkörperersatz erreichten Ergebnisse im Vergleich zu konkurrierenden bzw. herkömmlichen operativen Verfahren. Anliegen der Studie ist es Nutzen und Risiken des speziellen Verfahrens zu charakterisieren.

2 Material und Methoden

2.1 Das Implantat

2.1.1 Technische Daten VBR® (Fa. Ulrich, Ulm)

Der zylindrische Cage wird aus einer Titanlegierung gefertigt und entspricht dem DIN EN ISO 9001 Standard. Der VBR besteht aus drei Komponenten, einem Zentralelement und zwei Ansatzstücken. Das Implantat steht in den drei Außendurchmessern 20, 24 und 28 mm zur Verfügung (Abb. 9). Die Höhe des VBR ist individuell und stufenlos einstellbar.



Abb. 9: Drei verschiedene Durchmesser des VBR®

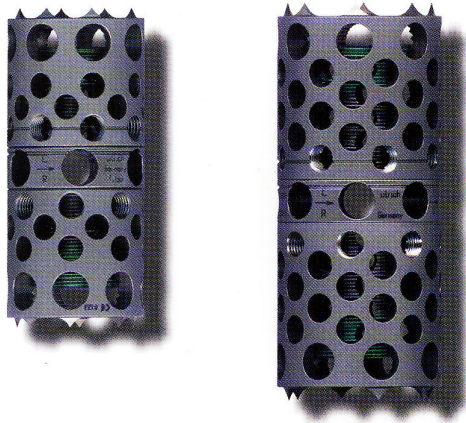


Abb. 10: beispielhafte Ansicht verschiedener VBR®-Größen

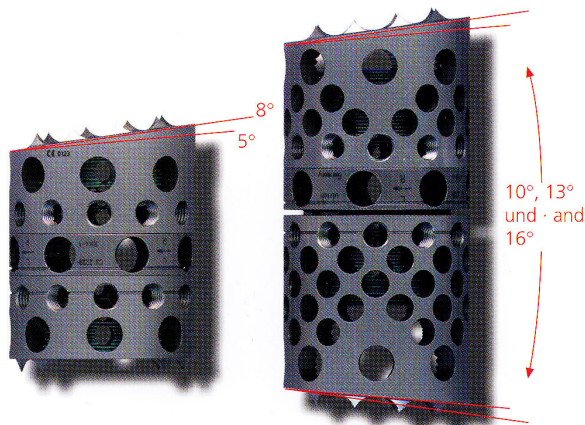


Abb. 11: Neben geraden Ansatzstücken sind auch Endplattenwinkel von 5 oder 8° möglich.

Die Aufspreizung (Abb. 12) erfolgt mit Hilfe gegenläufiger Gewinde am Zentralelement. Dementsprechend weisen die Ansatzstücke ein Rechts- oder Linksgewinde auf und sind mit „R“ und „L“ im Sieb gekennzeichnet. Das Zentralelement definiert die minimale und maximale Distraktion. Eine Aufspreizung ist abhängig vom Modell zwischen 25 mm und maximal 130 mm möglich. Es ist somit auch der Ersatz mehrerer Wirbelkörper möglich. Um eine In-situ-Derotation zu vermeiden, wird nach der Distraktion eine Madenschraube zur Sicherung eingebracht.

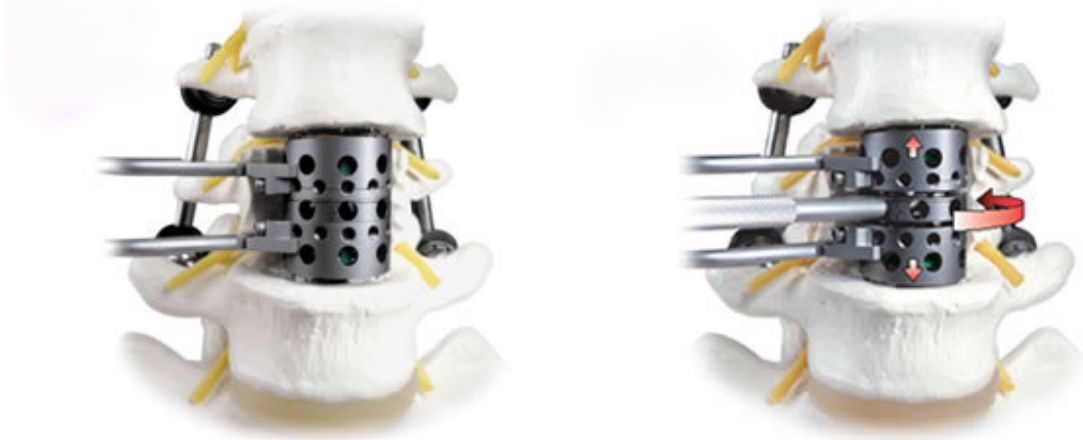


Abb. 12: Einbringen und Distraction des VBR

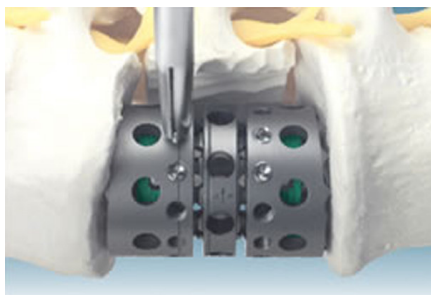


Abb. 13: Fixierung der erreichten Distraction durch Feststellung der Madenschraube

Die Zähne am Rand der Ansatzstücke sollen den Halt des Implantats an den Wirbelkörperendplatten verbessern. Je nach den anatomischen Erfordernissen kann zwischen Ansatzstücken mit geraden oder um 5° bzw. 8° abgewinkelten Endplattenflächen (Abb. 11) gewählt werden. Der Kostenpunkt des Implantates liegt bei ca. 1400 Euro.

2.1.2 Operatives Vorgehen

2.1.2.1 Dorsale Stabilisierung

Das Implantat wurde bei allen Patienten mit einer winkelstabilen dorsalen Stabilisierung, dem Universal Spine System (USS®, Fa. Synthes, Abb. 14) kombiniert.



Abb. 14: Universal Spine System (USS) zur dorsalen Stabilisierung

Der Patient wird in Bauchlage gelagert. Bereits während der Lagerung erfolgt eine erste Reposition und Lordosierung (Abb. 12 und 13) unter Bildwandlerkontrolle. Der Hautschnitt erfolgt in der Mittellinie auf einer Länge von ca. 15 bis 20 cm. Die Rückenmuskulatur wird beidseits von den Seitenflächen der Dornfortsätze und den Wirbelbögen soweit abgelöst, bis die Gelenkfortsätze des verletzten und der zwei angrenzenden Wirbelsegmente sicher lokalisiert werden können. Die transpedikulären Schraubenplatzierung erfolgt unter Bildwandler-Kontrolle und an der BWS mit ihren besonders schmalen Pedikeln zum Teil auch mit Hilfe eines Navigationssystems. Verletzungen der Spinalnerven des Rückenmarks und der ventral liegenden Strukturen (Aorta, Vena cava, Hohlorgane) sind unbedingt zu vermeiden. Über die eingebrachten Schanzschrauben erfolgt die Reposition der Fraktur durch Lordosierung des Segmentes. Ziel ist die Wiederherstellung der physiologischen Lordose. Anschließend werden die Pedikelschrauben über Backen mit den Längsstäben verbunden. Bei noch frei beweglichen Backen wird unter Bildwandler-Kontrolle die Höhe der



Abb. 15: präoperative seitliche Aufnahme einer Typ A Fraktur

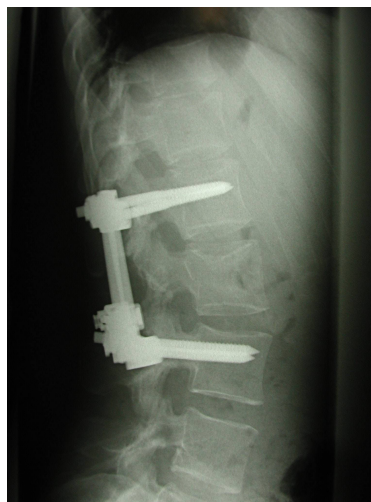


Abb. 16: Dieselbe Patientin nach dorsaler Stabilisierung

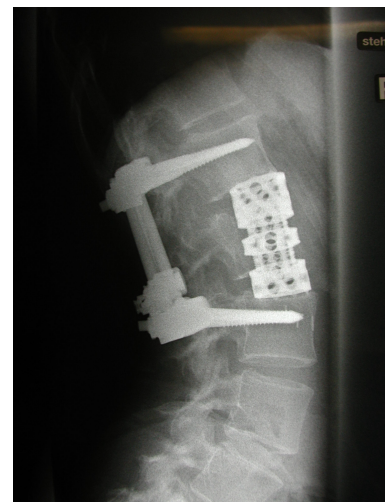


Abb. 17: Seitliche Aufnahme nach abschließender ventraler Stabilisierung

Wirbelkörper wiederhergestellt. Ist eine unmittelbare ventrale Dekompression nicht durchführbar, kann die spinale Dekompression über eine Fenestrierung der benachbarten Wirbelbögen durchgeführt werden. Das Myelon wird zur Seite gehalten, die Hinterkante mit einem Häkchen abgefahren und ggf. werden vorgewölbte Hinterkantenfragmente mit einem Stößel nach ventral geschlagen.

Im Rahmen der dorsalen Stabilisierung kann ggf. bereits eine Dekompression des Rückenmarks durch Laminektomie bzw. Hemilaminektomie erreicht werden. Eine

Spondylodese wird bei der Laminektomie durch Wiederanlage des entfernten Knochens und Entknorpeln der Facettengelenke angestrebt.

Im Großteil der Fälle erfolgte die dorsale und ventrale Instrumentierung zweizeitig.

2.1.2.2 Der ventrale Zugang zur Brust- und Lendenwirbelsäule

Im Vergleich zu den dorsalen Zugängen sind die operationstechnischen Anforderungen bei den ventralen bzw. ventro-lateralen Zugängen erhöht. Die Wahl des Zugangs richtet sich nach Lokalisation und Ausmaß der betroffenen Segmente (Tabelle 2).

Die Brustwirbelkörper BWK 4 bis BWK 8 können über eine laterale Thorakotomie erreicht werden. Spricht im Einzelfall nichts dagegen, ist der rechtsseitige Zugang, v.a. wegen der links verlaufenden Aorta, vorzuziehen.

Bei Intervention an der unteren thorakalen Wirbelsäule bis zum 2. Lendenwirbelkörper wird eine linksseitige laterale Thorakotomie unterhalb der 10. Rippe empfohlen. Zur Versorgung des 12. Brustwirbelkörpers und des 1. Lendenwirbelkörpers ist eine Einkerbung des Zwerchfells notwendig, die sog. Thorakophrenikolumbotomie. Eine Instrumentierung bis zum 2. Lendenwirbelkörper ist möglich.

Der Bereich vom 2. bis zum 5. Lendenwirbelkörper ist über eine linksseitige Lumbotomie retroperitoneal zu erreichen. Sollte der initiale Schnitt nach ventral nicht ausreichen, kann nach pararektal verlängert werden.

Tabelle 2: Übersicht über die operativen Zugänge bei ventraler Stabilisierung

Interventionshöhe	Lagerung des Patienten	Zugang
BWK 4 – BWK 8	Linksseitenlage oder Rückenlage	Laterale Thorakotomie von rechts im 5. oder 6. Interkostalraum
BWK 9 – LWK 2	Rechtsseitenlage	Laterale Thorakotomie von links im 10. oder 11. Interkostalraum, ggf. mit Zwerchfellschlitzung
LWK 2 – LWK 5	Rechtsseitenlage oder Halbseitenlage	Linksseitige Lumbotomie, Pararektalschnitt

2.1.2.3 Die spezielle Operationstechnik für den Cage

Nach der Durchführung des geeigneten Zugangs werden die betroffenen Wirbelsäulensegmente dargestellt. Die Wirbelkörper(teil-)resektion erfolgt zur Dekompression des Spinalkanals unter Einschluss der benachbarten Bandscheibe(n). Um die Größe des benötigten Implantats zu bestimmen wird der Resektionsbereich mit Hilfe des

mitgelieferten Größentastern vermessen. Die Montage des Zentralelements mit den Ansatzstücken erfolgt außerhalb des Situs. Die Ansatzstücke werden vollständig auf die freien Gewindeenden des Zentralelements aufgeschraubt. Nach Befestigung eines speziellen Halteinstrumentes kann der Cage bereits von Hand aufgespreizt und gegebenenfalls mit Spongiosa befüllt werden. Danach erfolgt die Platzierung im Situs. Mit Hilfe eines Drehinstruments für das Zentralelement wird das Implantat aufgespreizt. Nach Überprüfung auf korrekte Lage und Sitz des Implantats, werden die Ansatzstücke mit Madenschrauben am Zentralelement fixiert. Die Befüllung des Körbchens erfolgt durch die großen Bohrungen in den Ansatzstücken mit aus dem zertrümmerten Wirbelkörper gewonnener oder dem Beckenkamm entnommener Spongiosa.

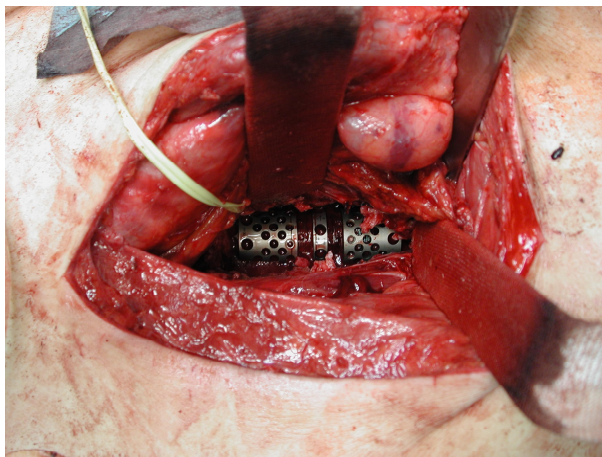


Abb. 18: Der distrahierte Cage in Situ

2.1.2.4 Additive ventrale Stabilisierung

Nach intraoperativem Ermessen des Operateurs erhielt ein Teil der Patienten zusätzlich eine ventrale Platte, um die Gesamtstabilität zu erhöhen. Typischerweise werden additive ventrale Stabilisierungen bei hochgradig instabilen Frakturen mit Verletzung des vorderen Längsbandes vom Typ B und C oder bei ausgeprägter Zerstörung durch Spondylodiszitiden oder Tumoren benutzt. Drei unterschiedliche Implantate wurden zur additiven ventralen Stabilisierung verwendet. Überwiegend wurde der Druckplattenfixateur nach Wolter (Modell „St. Georg®“, Fa. LINK, Hamburg, Abb. 19) verwendet. Zur Anwendung kamen auch die ventralen Platten MACS® und LCP®.

Der Druckplattenfixateur nach Wolter (Abb. 19Abb. 20) ist kein winkelstabiles Implantat und wird im Sinne einer Zuggurtung bei ausgedehnter Schädigung, insbesondere des vorderen Längsbandes eingesetzt.



Abb. 19: Druckplattenfixateur nach Wolter

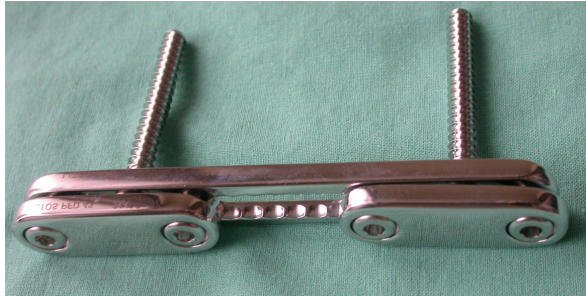


Abb. 20: Druckplattenfixateur nach Wolter, Modell „St. Georg“

Winkelstabile Implantate sind MACS® (Modular Anterior Construct System, Fa. Aesculap, Tuttlingen, Abb. 21) und LCP® (Locking Compression Plate, Fa. Synthes, Abb. 22). Mit dem MACS® ist eine Zwei- und alternativ eine Vier-Punkt-Stabilisierung mit zwei parallelen Schrauben pro Ebene möglich.



Abb. 21: MACS®

Die Besonderheit der LCP® (Locking Compression Plate, Fa. Synthes, Abb. 22) besteht im Kombinationsloch. Das heißt ein Lochanteil besitzt ein konisches Gewinde das eine sichere Fixierung der Schraube in der Platte ermöglicht. Der zweite Lochanteil ermöglicht Kompression. Hier können Schrauben auch exzentrisch gesetzt werden. Die Schraube wird jedoch nicht wie im ersten Anteil des Lochs fest verriegelt. Zur anterioren Stabilisierung wurde die LCP® der Stärke 4,5 verwendet.



Abb. 22: LCP®

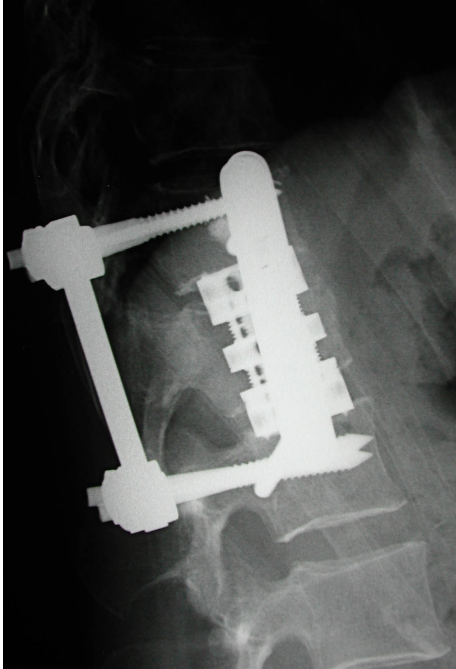


Abb. 23: 52jährige Patientin, BWK-12-Fraktur (B1.2) versorgt mit Wolter-Platte als zusätzlicher ventraler Stabilisierung

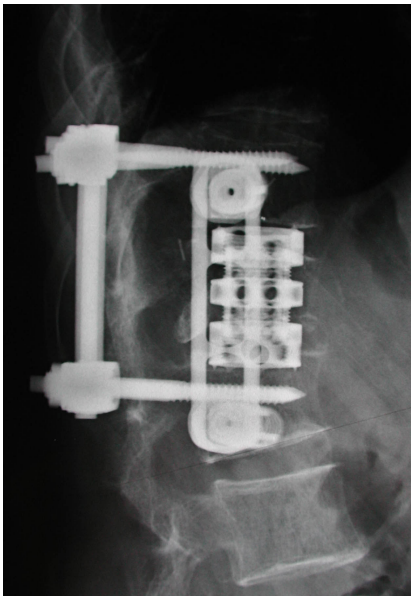


Abb. 24: 63jährige Patientin, BWK-12-Fraktur mit MACS® als zusätzliche ventrale Stabilisierung

2.1.2.5 Postoperativer Verlauf

Postoperativ wurden die Patienten bis zur Rückverlegung auf die periphere Station intensivmedizinisch überwacht.

Im weiteren Verlauf erfolgte die Mobilisation der Patienten. Zum Teil erfolgte dies im 3-Punkt- oder Boston-Korsett, immer jedoch unter physiotherapeutischer Anleitung. Das Boston-Korsett wird aus Kunststoff nach einem Gipsabdruck gefertigt. Während es sich beim Boston-Korsett (Abb. 25) um ein angefertigtes starres Korsett handelt, das den Bewegungsumfang, insbesondere auch Rotations- und Seitbewegungen stark einschränkt, bietet das 3-Punkt-Korsett (Abb. 26) mehr Bewegungsfreiheit und konzentriert sich auf das Einschränken von Inklinationsbewegungen.



Abb. 25: Boston-Korsett



Abb. 26: 3-Punkt-Korsett

Nach der stationären Behandlung ging ein Teil der Patienten in eine Anschlussheilbehandlung.

2.2 Patienten

Im Zeitraum vom April 1999 bis Mai 2001 wurden 78 Patienten im Alter von 16 bis 80 Jahren mit einem expandierbaren VBR® versorgt. Alle Patienten erhielten aufgrund ihres Verletzungsmusters bzw. ihrer Erkrankung einen expandierbaren Cage als

Wirbelkörperersatz. Von den 78 Patienten wurden 56 aufgrund von Frakturen, 15 aufgrund von entzündlichen und 7 wegen metastatischer bzw. tumoröser Erkrankungen operiert. Die Indikation zur Operation wurde bei drohender Instabilität gestellt, das heißt ohne Behandlung wären schwere Fehlstellungen oder neurologische Defizite zu erwarten gewesen. Bei den Frakturen handelte es sich nach der AO-Klassifikation um A3- und höhergradige B- und C-Frakturen. Ein Teil der Patienten zeigte präoperativ bereits neurologische Defizite. Im Rahmen von Unfällen trafen einige Patienten polytraumatisiert, das heißt mit mindestens einer weiteren lebensbedrohlichen Verletzung ein. Auch mit Opiaten nicht adäquat zu behandelnde Schmerzen bei Tumoren der Wirbelsäule stellten eine Operationsindikation dar.

2.3 Operative und perioperative Daten

Dokumentiert wurde bei Frakturen das Datum des Unfalls, der ventralen und dorsalen Stabilisierung, ferner welcher Operateur die Operation durchführte und welcher Wirbelkörper vollständig bzw. teilweise entfernt wurde. Es wurde die Konfiguration des Titancages festgehalten, d.h. der Implantatdurchmesser und die Form der Endstücke. Bei zusätzlicher anteriorer oder dorsaler Stabilisierung wurde entsprechend die Lokalisation und das verwendete Material beschrieben. Der Einsatz von autogenen bzw. allogenen Knochentransplantaten und Knochenzement, ebenso wie Blutverlust und OP-Dauer wurde festgehalten.

Komplikationen während des Krankenhausaufenthaltes im Allgemeinen und mit dem Titancage im Besonderen wurden erfasst. Unterschieden wurde zwischen Komplikationen die durch das Implantat selbst, z. B. durch Dislokation, verursacht wurden und solchen die durch den operativen Zugang entstanden. Auch Nebendiagnosen der Verunfallten wurden erfasst. Die Gesamtdauer des Krankenhausaufenthaltes und die Dauer der intensivmedizinischen Versorgung wurden erhoben. Zudem wurde untersucht, ob den Patienten zum Zeitpunkt ihrer Entlassung aus dem Krankenhaus Gehen oder Sitzen möglich war, ob und wie lange die Patienten ein Korsett trugen.

2.4 Klinische Nachuntersuchung

Bei der klinischen Untersuchung nach 3 und 6 Monaten wurden folgende Parameter (Abb. 27) erhoben:

- der Finger-Boden-Abstand

- die Seitneigung
- die Rotation des Oberkörpers nach der Neutral-0-Methode
- das Schober- und das Ott-Maß.

Az.: _____ Name: _____

Messblatt für die Wirbelsäule (nach der Neutral-0-Methode)

Größe in cm: _____ Gewicht in kg: _____

BWS und LWS

Seitneigen re./li. _____

Abb. 4

Drehen im Sitzen re./li. _____

Abb. 5

Fingerbogenabstand (cm)

a) Ott
Messstrecke DF C7 30 cm caudal

b) Schober
Messstrecke DF S1 10 cm cranial

Abb. 7

a : a' = 30 : 32
b : b' = 10 : 15

Abb. 27: Messblatt zur klinischen Untersuchung der ROM (Range of Motion) nach der Neutral-0-Methode

Die Patienten wurden befragt, ob sich ihre Schmerzen seit der letzten Nachuntersuchung verändert haben. Falls dem so war, wurde auf einer Nominalskala zwischen den Bewertungen

- schlechter
- besser
- schmerzfrei
- unverändert

entschieden. Zur Erfassung der Schmerzintensität wurde die visuelle Analogskala (VAS) mit Werten zwischen 0 und 10 verwandt. Die Schmerzintensität in Rücken, Gesäß und Beinen wurde dabei separat erhoben. Ob die Patienten Schmerzmittel benötigten und ob es sich dabei um peripher wirksame Analgetika bzw. NSAR oder Opioide handelt wurde ebenso festgehalten.

Zur Kategorisierung des neurologischen Status wurde eine Abwandlung des Frankel-Schemas (35) mit fünf Stufen von A bis E benutzt. Die fünf Stufen sind folgendermaßen charakterisiert:

- A) Keine motorische und sensible Funktion
- B) Sensibilität erhalten, keine motorische Funktion
- C) Unbeweglich, im Rollstuhl, etwas motorische Funktion
 - a) Blasen-/Mastdarmlähmung
 - b) Neurogene Blasen- / Mastdarmdysfunktion
 - c) Normale Blasen-/Mastdarmfunktion
- D) Gehfähig, aber mit neurologischen Ausfällen
 - 1. Gehwagen notwendig
 - 2. Unterarmgehstützen notwendig
 - 3. selbständiges Gehen
 - a) Blasen-/Mastdarmlähmung
 - b) Neurogene Blasen-/Mastdarmdysfunktion
 - c) Normale Blasen-/Mastdarmfunktion aber sensorische Ausfälle oder Symptome
- E) Normale motorische und sensible Funktion.

2.5 Radiologische Auswertung

Die röntgenologische Nachuntersuchung nach 3 und 6 Monaten umfasste a.-p. und seitliche Röntgenaufnahmen im Stehen, sofern möglich, und Funktionsaufnahmen in Reklinations- und Inklinationsstellung.

Präoperative Unfallröntgenbilder, direkt postoperativ erstellte Repositionsbilder und Bilder zu den jeweiligen Nachuntersuchungsterminen wurden befundet. Die Messungen erfolgten zu 70% an digitalisierten Röntgenbildern mit Hilfe der Software „Osiris“ (Freeware, Digital Imaging Unit, Universitätshospital Genf) und zu 30% manuell. Manuelle Messungen erfolgten an nicht digitalisierten externen Aufnahmen und bei Aufnahmen die vor Einführung des digitalen Bildarchivs durchgeführt wurden. Jede Messung wurde von mindestens 2 Untersuchern vorgenommen und der daraus resultierende Mittelwert diente der weiteren statistischen Auswertung.

2.5.1 Konventionelles Röntgen in zwei Ebenen mit Funktionsaufnahmen

Von Patienten die zur Nachuntersuchung erschienen, wurden Röntgenaufnahmen des operierten Abschnitts stehend in zwei Ebenen, sowie seitliche Aufnahmen in Reklination und Inklination angefertigt. Folgende Größen wurden anhand der konventionellen Aufnahmen bestimmt:

- Der Grund-Deckplattenwinkel (GDW) zwischen zwei Segmenten nach Cobb
- Die seitliche Kippung des Körbchens in Relation zur darunter liegenden intakten Grundplatte
- Die Kippung nach dorsal oder ventral in Bezug auf die intakte Hinterkante des darunter liegenden Wirbelkörpers
- Der Abstand zwischen dem Mittelstück des Cages und der Deckplatte des Wirbelkörpers, der oberhalb des Cages von dorsal stabilisiert wurde
- Der Abstand zwischen dem Mittelstück des Cages und der Grundplatte des untersten stabilisierten Wirbelkörpers.

2.5.1.1 Grund-Deckplattenwinkel (GDW)

Bei allen Patienten wurde zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten im seitlichen Röntgenbild der GDW (Abb. 28) bestimmt. Dieser wird zwischen der Grund- und Deckplatte benachbarter Wirbel gemessen, ist Ausdruck der Deformierung und ermöglicht die Beurteilung einer kyphotischen Fehlstellung. Die Differenz zwischen prä- und postoperativem Wert wird als Korrektur oder Reposition bezeichnet, die Differenz des GDW zwischen postoperativem Wert und den Nachuntersuchungen als Repositionsverlust .

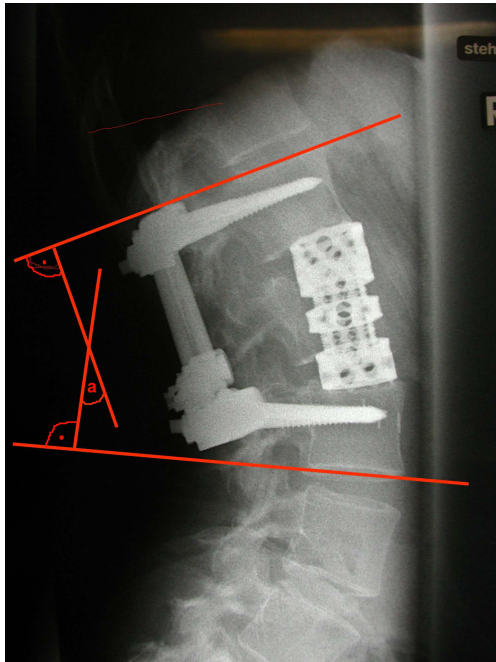


Abb. 28: Bestimmung des Grund-Deckplattenwinkels (a)

Mit Funktionsaufnahmen in Flexions- und Extensionsstellung wird die Lage der dorsalen Instrumentierung kontrolliert und die Differenz des GDW in beiden Aufnahmen gilt als Kriterium für die Stabilität der Konstruktion bzw. die Beweglichkeit des versteiften Segments (35). Bei Vorliegen einer Pseudarthrose sollte eine residuale segmentale Beweglichkeit messbar sein. Wie diese Untersuchungen genau durchzuführen und auszuwerten sind, lässt sich aus der aktuellen Literatur noch nicht ableiten (73). Uneinigkeit besteht darüber bei welchem Ausmaß von einer Instabilität bzw. Pseudarthrose ausgegangen werden muss. Je nach Studie werden Differenzen des Grund-Deckplatten-Winkels von 2° bis 3° Grad mit einer knöchernen Fusion bzw. gewährleisteter Stabilität gleichgesetzt (73).

2.5.1.2 Kippung

Die Kippung des Implantats nach ventral bzw. dorsal wurde in der seitlichen Projektion bestimmt. Gemessen wurde der Winkel zwischen der Hinterkante des VBR® und der Grundplatte des darunter angrenzenden Wirbelkörpers (Abb. 29).

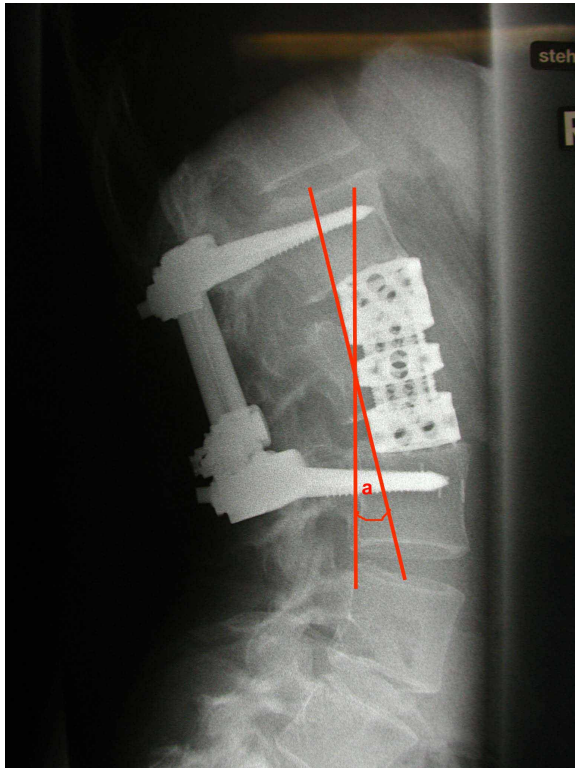


Abb. 29: Kippungswinkel nach dorsal/ventral (a)

Die seitliche Kippung des VBR® wurde im anterior-posterioren Strahlengang bestimmt. Hierzu wird der Winkel zwischen der Längsachse des Implantats und der Grundplatte des unten angrenzenden Wirbelkörpers gemessen (Abb. 30).

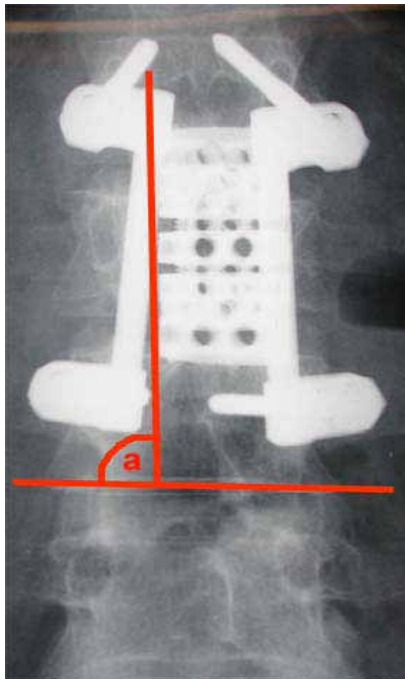


Abb. 30: seitliche Kippung im Bezug auf die angrenzende Grundplatte (Winkel a)

Für die statistische Auswertung dienten die postoperativ ermittelten Werte als Ausgangswert. Von diesen Ausgangswerten wurden Differenzen zu den Ergebnissen der Nachuntersuchungen gebildet, um eine Lageänderung des Implantats zu erfassen.

2.5.1.3 Sinterung

Die Sinterung des VBR® in die angrenzenden Wirbelkörper wurde im seitlichen Röntgenbild erfasst. Gemessen wurde in der Achse des Cages der Abstand vom Zentrum des Mittelstücks des VBR® zur oben angrenzenden Deckplatte des benachbarten Wirbelkörpers und zur Grundplatte des unten angrenzenden Wirbelkörpers. Die gemessene Strecke wurde in Relation zum bekannten Durchmesser des VBR gesetzt um Schwankungen verursacht durch den variierenden Film-Fokus-Abstand zu vermeiden. Die Sinterung wurde als Differenz dieser Abstände zu den postoperativ bzw. in der vorangegangenen Nachuntersuchung ermittelten Werten bestimmt. Mit dieser Messung wurde beobachtet, ob das Implantat in die angrenzenden Wirbelkörper einbricht und somit eine Zunahme der Kyphosierung verursacht.

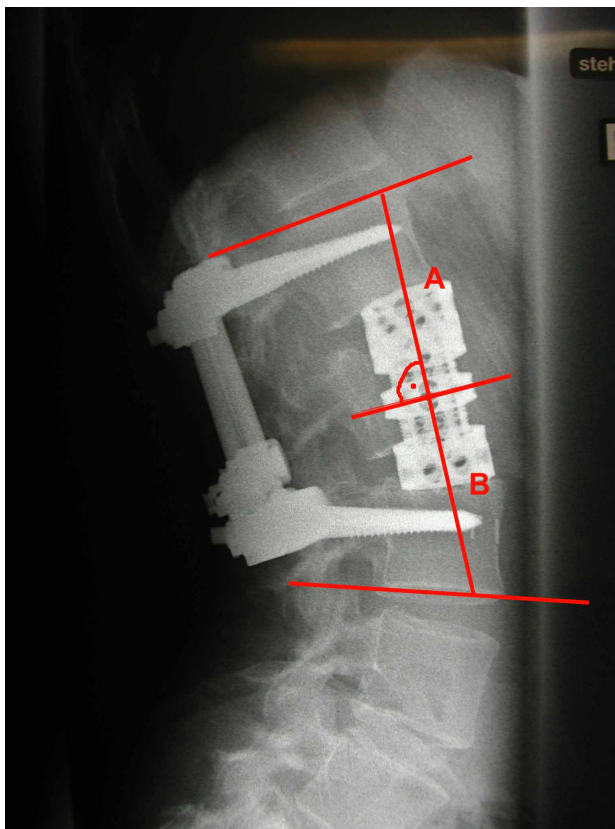


Abb. 31: Sinterung des VBR in die oben (A) und unten (B) angrenzenden Wirbelkörper

2.5.1.4 Statistische Auswertung und Messfehler

Die Messungen erfolgten zu 70% an digitalisierten Röntgenbildern durch die Software „Osiris“ (Freeware, Digital Imaging Unit, Universitätshospital Genf) und zu 30% an

konventionellen Abzügen per Hand. Jede Messung wurde unabhängig von 2 Untersuchern vorgenommen. Der resultierende Mittelwert diente der weiteren statistischen Auswertung.

2.6 Statistische Auswertung

Im Rahmen der beschreibenden Statistik wurden zu den metrischen Größen der Mittelwert und die Standardabweichung, Minimum und Maximum, der Median sowie die 25%- und 75%-Perzentile angegeben, zu nominal und ordinal skalierten Größen die Häufigkeiten.

Mit Hilfe des Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstests wurde ermittelt, ob die untersuchten Größen normalverteilt sind, so dass jeweils entsprechend parametrische bzw. nicht parametrische Verfahren zur statistischen Prüfung herangezogen wurden.

Für den Vergleich abhängiger Beobachtungen, wie z.B. präoperative und postoperative Messungen, wurde im Falle normalverteilter Größen der t-Test für gepaarte Stichproben herangezogen und bei nicht normalverteilten Größen der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen.

Gegenüberstellungen der drei Diagnosegruppen sowie der drei Frakturgruppen anhand normalverteilter Parameter erfolgte mittels ANOVA, Post-Hoc-Vergleiche waren aufgrund fehlender Signifikanz nicht notwendig. Vergleiche der Diagnosegruppen oder Frakturgruppen anhand von nicht normalverteilten Größen wurden mit dem Kruskal-Wallis-Test durchgeführt, multiple Paarvergleiche erfolgten hier nach dem Verfahren von Dunn.

Der Friedmanntest wurde eingesetzt, um die Schmerzentwicklung präoperativ, 3 Monate und 6 Monate postoperativ auf Veränderung zu prüfen. Zur Berechnung von Post-Hoc-Paarvergleichen diente das Verfahren nach Schaich-Hamerle.

Zusammenhänge zwischen ordinalskalierten Parametern konnten nur deskriptiv in Kreuztabellen dargestellt werden, aufgrund zu geringer Fallzahlen konnte in keinem Fall ein Chi-Quadrat-Test zur statistischen Prüfung eingesetzt werden.

Zur Analyse des Zusammenhangs zwischen Schmerzentwicklung und Kyphosierung wurde der Korrelationskoeffizient nach Spearman berechnet. Mit dem Symmetrietest nach Bowker wurde Entwicklung des subjektiven Schmerzempfindens auf Veränderung geprüft.

Die grafische Darstellung einiger Gegenüberstellungen erfolgte mittels Boxplots.

Es wurde bei allen angewendeten statistischen Tests ein Signifikanzniveau von 5% zugrunde gelegt. Die statistische Auswertung wurde mit SPSS für Windows durchgeführt.

3 Klinische Ergebnisse

3.1 Das Patientenkollektiv

3.1.1 Perioperative Daten und Follow-up

Von April 1999 bis Mai 2001 wurden 78 Patienten mit einem expandierbaren Cage (VBR®) versorgt. Von 78 Patienten wurden 62% nach 3 oder 6 Monaten untersucht. 38% (n=31) konnten zu keiner Nachuntersuchung nach 3 oder 6 Monaten gewonnen werden.

Tabelle 3: Verteilung der verschiedenen Krankheitsbilder im Gesamtkollektiv.

Diagnose	Häufigkeit	Prozent
Fraktur	56	71,8
Spondylodiszitis	15	19,2
Malignom	7	9,0
Gesamt	78	100

In der Frakturgruppe (n=56) wurden 20 Patienten nach 3 Monaten und 29 Patienten nach 6 Monaten nachuntersucht. In der Spondylodiszitisgruppe (n=15) wurden 8 Patienten nach 3 Monaten und 7 Patienten nach 6 Monaten nachuntersucht. 2 Patienten mit einer Spondylodiszitis verstarben innerhalb von 3 Monaten nach der Operation. Von 7 Tumorpatienten konnten 3 nach 3 Monaten und 4 nach 6 Monaten untersucht werden. 2 Patienten verstarben innerhalb von 3 Monaten nach der ventralen Stabilisierung, ein weiterer Patient innerhalb von 6 Monaten aufgrund der Grunderkrankung.

Ein Teil der Patienten befand sich nach drei Monaten noch in einer Rehabilitationseinrichtung, kam aus persönlichen Gründen nicht, verweigerte die Nachuntersuchung oder konnte aus technischen Gründen nicht untersucht werden. Ein Teil der Patienten war unbekannt verzogen und konnte nicht eingeladen werden.

3.1.2 Gesamtpatientengut

Das Gesamtdurchschnittsalter lag bei 47 Jahren. Die Alterspanne reichte von 17 bis 77 Jahren mit dem Median bei 48 Jahren.

Das Durchschnittsalter der Patienten in den Erkrankungsgruppen war verschieden. Traumatische Ereignisse trafen eher jüngere Patienten (42±14,5 Jahre, 17-77), während maligne Tumoren an der Wirbelsäule (60±9,0 Jahre, 48-75) und Spondylodiscitiden (61±10,0 Jahre, 44-76) eher im höheren Alter auftraten.

61% (n=47) der Untersuchten sind Männer, 39 % (n=31) Frauen.

3.1.3 Operative Daten

Bei 27/78 Patienten betraf die Instabilität, unabhängig vom Krankheitsbild, mehr als einen Wirbelkörper.

Tabelle 4: Übersicht zur Menge der Patienten mit mehr als einem betroffenen Wirbelkörper.

Mehretagenverletzung		
	Häufigkeit	Prozent
1 Wirbelkörper betroffen	51	65,4
>1 Wirbelkörper betroffen	27	34,6
Gesamt	78	100,0

Die Länge des VBR betrug im Mittel 48,56 mm (±11,66) mit einem Minimum bei 29 und einem Maximum 86 mm.

Der überwiegende Teil der Patienten (56/78) musste aufgrund einer Fraktur operativ stabilisiert werden. Der Anteil der verschiedenen Frakturtypen A, B und C ist annähernd gleichmäßig verteilt.

Tabelle 5: Häufigkeit der Frakturtypen A, B und C nach Magerl.

Frakturtypenverteilung		
	Häufigkeit	Prozent
A	17	30,4
B	21	37,5
C	18	32,1
Gesamt	56	100,0

18/56 Patienten mit Wirbelkörperfrakturen waren polytraumatisiert. Dies entspricht 32% der Patienten mit Frakturen.

Tabelle 6: Anteil der polytraumatisierten Patienten in der Frakturgruppe.

	Häufigkeit	Prozent
Monotrauma	38	67,9
Polytrauma	18	32,1
Gesamt	56	100,0

Die ventrale Stabilisierung dauerte im Mittel 3,9 Stunden ($\pm 1,43$). Der mittlere Blutverlust betrug 2239 ml (± 1654). Die Operationszeit unterscheidet sich bei Frakturen, Tumoren und Spondylodiszitiden (ANOVA, $p=0,215$) und auch im Vergleich der verschiedenen Frakturtypen untereinander (ANOVA, $p=0,286$) nicht signifikant.

Zwischen den verschiedenen Erkrankungsmustern Fraktur, Tumor und Spondylodiszitis konnte kein signifikanter Unterschied im Blutverlust festgestellt werden (ANOVA, $p=0,669$). Ebenfalls bestand kein signifikanter Unterschied beim Blutverlust im Vergleich der verschiedenen Frakturgruppen A, B und C (ANOVA, $p=0,082$).

Tabelle 7: Kennzahlen der OP-Dauer und des Blutverlustes im Gesamtpatientengut.

	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentilen		
						25.	50.	75.
OP-Dauer (min)	73	3,8895	1,43450	1,5	10	3,0	3,5	4,75
Blutverlust (ml)	54	2238,89	1653,517	300	8000	1000	2000	2500

Eine zusätzliche ventrale Stabilisierung neben dem Titan-Cage wurde in 62,3% der Operationen durchgeführt. In der Regel wurde der Druckplattenfixateur nach Wolter (Fa-Link, Hamburg) eingesetzt.

Tabelle 8: Übersicht zur additiven ventralen Stabilisierung.

Ventrale Stabilisierung		
	Häufigkeit	Prozent
ohne ventrale Stabilisierung	29	37,2
Wolter-Druckplattenfixateur	43	55,1
MACS®	2	2,6
LCP®	3	3,8
Gesamt	77	98,7
Fehlende Angaben	1	1,3

Summe	78	100,0
-------	----	-------

Bei 90% der Patienten wurde das sogenannte USS® (Universal Spine System, Fa. Synthes, Schweiz) zur dorsalen Stabilisierung verwendet. Bei 10% der Patienten erfolgte die ventrale Stabilisierung isoliert.

Tabelle 9: Übersicht zur dorsalen Stabilisierung mittels Fixateur interne (USS®).

Dorsale Stabilisierung		
	n	Prozent
Ohne dorsale Stabilisierung	8	10,3
USS®	70	89,7
Gesamt	78	100,0

Bei 35,1% der ventralen Stabilisierungen wurde eine Spongiosaplastik vom Beckenkamm durchgeführt. Allogene Knochentransplantate wurden in 9,1% angewendet. In 55,8% wurde ausschließlich aus dem Wirbelkörper gewonnenes Material für die Spongiosaplastik genutzt.

Tabelle 10: Übersicht zur Verwendung allogener und autogener Knochentransplantate vom Wirbelkörper und Beckenkamm.

Knochentransplantat			
	n	Prozent	Prozent (kumulativ)
Autologer Wirbelkörper	43	55,1	55,8
Autologer Beckenkamm	27	34,6	90,9
allogen	7	9,0	100,0
Gesamt	77	98,7	
fehlend	1	1,3	
Summe	78	100,0	

67 Patienten wurden zu unterschiedlichen Zeitpunkten dorsal und ventral stabilisiert. Der Abstand zwischen dorsaler und ventraler Stabilisierung betrug im Mittel 8,91 ($\pm 8,23$) Tage.

3.1.4 Krankenhausverweildauer

Die Patienten aller Erkrankungsgruppen wurden für durchschnittlich 32 (± 15) Tage stationär behandelt. Der kürzeste Aufenthalt betrug 11 Tage, der längste Aufenthalt dauerte 87 Tage.

87 Tage dauerte die Behandlung eines 53jährigen Patienten, der zusätzlich eine Femurschaftfraktur, eine Mediastinalblutung mit erheblichem Hämatom, sowie je eine Calcaneus-, Radius- und Metatarsalefraktur erlitt. An Vorerkrankungen bestanden ein Alkoholabusus und eine Hepatitis B. Auf der Intensivstation verbrachte dieser Patient nach der operativen Stabilisierung der Wirbelsäule 3 Tage. Im Verlauf war eine operative Revision aufgrund dorsaler Wunddehiszenz notwendig. Die sehr lange Aufenthaltsdauer ist jedoch in den Begleitverletzungen und deren Versorgung begründet.

Der zweitlängste Gesamtaufenthalt betrug 68 Tage. Dabei handelte es sich um einen 20jährigen autistischen Patienten. Er war 26 Tage intensivpflichtig. Begleitverletzungen waren eine Beckenfraktur vom Typ B, sowie eine Calcaneus- und Weber-A-Fraktur. Komplikationen während oder in der Folge der dorsoventralen Stabilisierung traten bei diesem Patienten nicht auf.

Tabelle 11: Kennzahlen zur Gesamtaufenthaltsdauer und der Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation.

	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentilen		
						25.	50.	75.
Gesamtaufenthalt (Tage)	72	31,58	14,627	11	87	21	29	38,75
Intensivstation (Tage)	69	6,14	8,182	0	44	1	3	6,5

Patienten mit Frakturen blieben durchschnittlich 40 Tage, Patienten mit Spondylodiszitiden 34 Tage und Patienten mit Tumorerkrankungen 16 Tage in stationärer Behandlung. Die Gesamtaufenthaltsdauer der Patienten mit Frakturen unterscheidet sich signifikant von den Patienten mit Tumoren (Paarvergleich nach Dunn, $p=0,007$, korrigiert $p=0,02$).

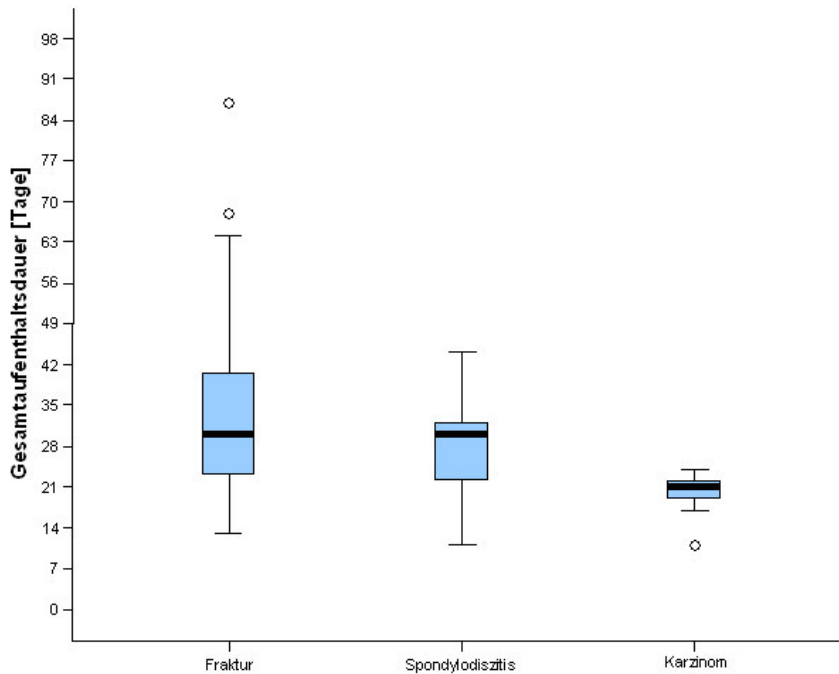


Abb. 32: Übersicht (Boxplot) zur Gesamtaufenthaltsdauer bei Fraktur, Spondylodiszitis und Karzinomkrankung. Die Gesamtaufenthaltsdauer bei Frakturen vom Typ A unterscheidet sich signifikant von der Gesamtaufenthaltsdauer bei Frakturen vom Typ C nach Magerl (Paarvergleich nach Dunn, $p=0,011$, korrigiert $p=0,034$).

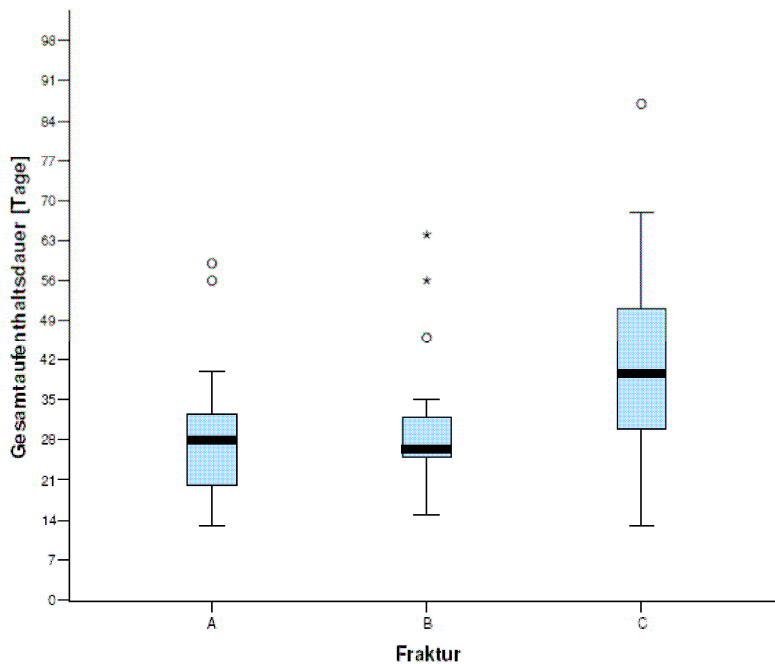


Abb. 33: Übersicht (Boxplot) zur Gesamtaufenthaltsdauer bei den Frakturtypen A, B und C nach Magerl.

Polytraumatisierte Patienten (n=18) wurden im Mittel für $43,6 \pm 17,52$ (21-87) Tage stationär aufgenommen. Bei nicht polytraumatisierten Patienten mit Frakturen betrug die Gesamtaufenthaltsdauer $28,9 \pm 12,48$ (13-64) Tage. Die Aufenthaltsdauer polytraumatisierter und nicht-polytraumatisierter ist signifikant verschieden ($p=0,002$, U-Test). Auf der Intensivstation verbrachten polytraumatisierte Patienten durchschnittlich $9,7 \pm 11,37$ (1-37) Tage.

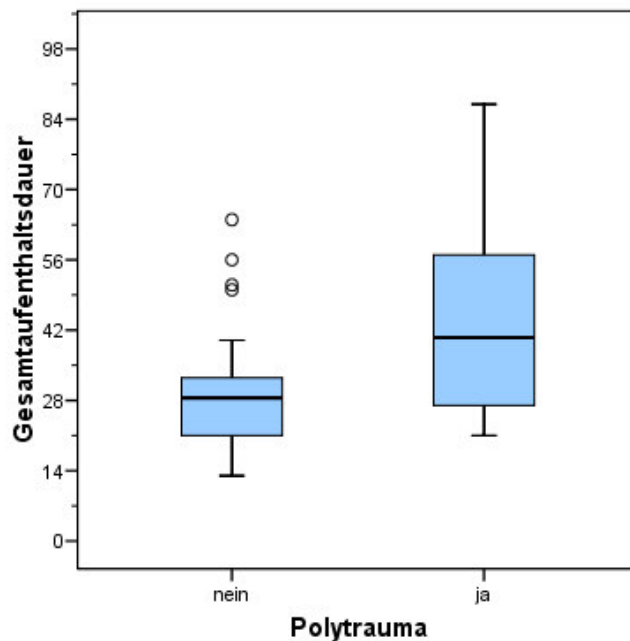


Abb. 34: Gegenüberstellung der stationären Gesamtaufenthaltsdauer (Tage) von Patienten mit Wirbelkörperfrakturen mit und ohne Polytrauma

3.2 Frakturpatienten

3.2.1 Unfallursachen

Insgesamt wurden 56 Patienten mit Frakturen der BWS oder LWS nachuntersucht, davon 21 (38%) Frauen und 35 (62%) Männer. Die nachuntersuchten Patienten erlitten Frakturen aus unterschiedlichen Ursachen (Abb. 35). Die Hälfte der Frakturen (48%) ereignete sich im Haushalt (n=27), gefolgt von 20% Suizidversuchen (n=11), sowie je 16% Verkehrsunfällen (n=9) und Arbeitsunfällen (n=9).

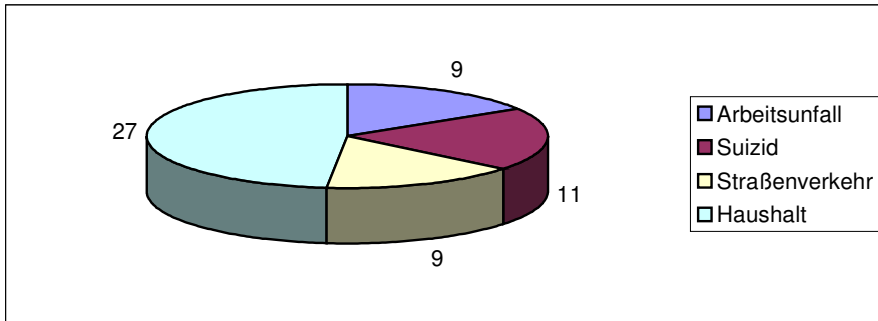


Abb. 35: Unfallursachen

3.2.2 Höhenlokalisierung und Verletzungsmuster an der Wirbelsäule

3.2.2.1 Frakturtypen und Höhenlokalisierung

Das Verteilungsmuster der Frakturen im Bezug auf die Höhenlokalisierung zeigt eine typische Häufung im Bereich des thorakolumbalen Übergangs (Abb. 36). Die am schwersten verletzten Wirbelkörper fanden sich bei 70% der Patienten im Bereich BWK 12, LWK 1 und LWK 2. Am häufigsten schwerverletzt war der BWK 12 mit 27% (n=16), gefolgt von LWK 1 mit 23 % (n=14) und LWK 2 mit 20% (n=12).

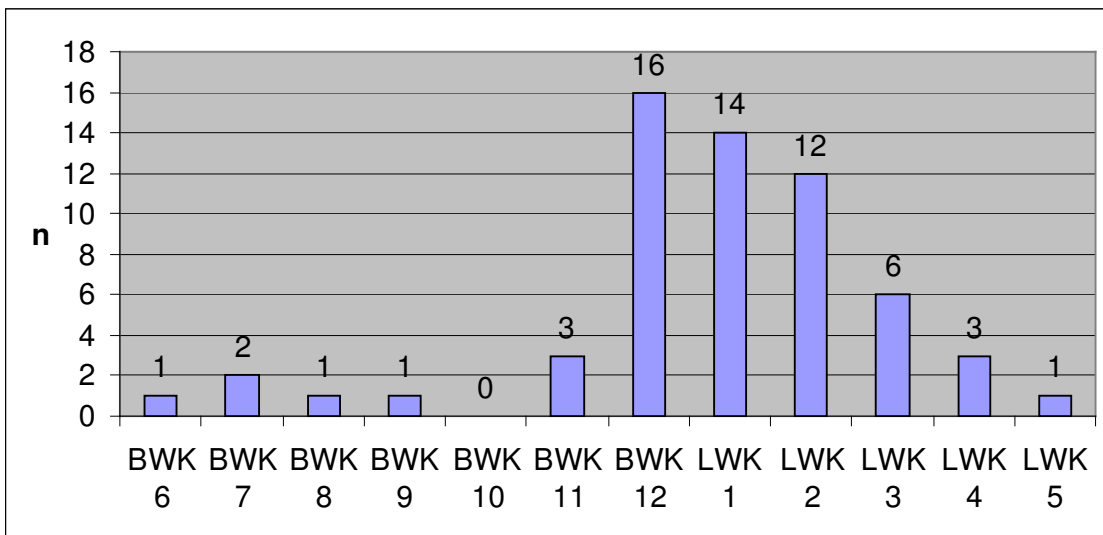


Abb. 36: Lokalisation der am schwersten verletzten Wirbelkörper (n=60), die in der Folge durch den VBR® ersetzt wurden. Begleitverletzte Wirbelkörper, die nicht korporektomiert wurden sind nicht aufgeführt.

Bei 5 Patienten traten Frakturen eines angrenzenden Wirbelkörpers oder weiterer Wirbelkörper auf.

Tabelle 12: Häufigkeiten von Monoverletzungen und Kettenverletzungen der Wirbelsäule

Anzahl	der	frakturierten	n
Wirbelkörper/Patient			

1	51
2	4
>2	1

Nicht jeder frakturierte Wirbelkörper wurde in typischer Weise dorsoventral stabilisiert. Betroffen waren in einem Fall BWK 9 und LWK 1. Dorsoventral stabilisiert wurde nur LWK 1, da es sich bei der BWK-9-Fraktur um eine als stabil anzusehende A-Verletzung handelte. Bei allen sonstigen Kettenverletzten waren angrenzende Wirbelkörper betroffen.

Von insgesamt 63 frakturierten Wirbelkörpern bei 56 Patienten wurden 62 Wirbelkörper korporektomiert bzw. teilkorporektomiert und durch den VBR® ersetzt. Bei einem Patienten wurden in zwei verschiedenen Etagen 2 distrahierbare Implantate verwendet.

Die am schwersten verletzten Wirbelkörper, welche durch den VBR® ersetzt wurden (n=57) waren nach der AO-Klassifikation in 32 % (n=18) A-Frakturen, 40 % (n=23) B-Frakturen und 28 % (n=16) C-Frakturen. Bei den Frakturen vom Typ A (n=18) handelt es sich in 17 Fällen um den Typ A.3, also um höhergradige Kompressionsfrakturen. In einem Fall wurde die Fraktur als A1.2 klassifiziert. Diese Patientin hatte zwar keine neurologischen Ausfälle, jedoch eine mit 36° GDW sehr starke Kyphosierung des BWK 12 aufzuweisen. Nicht eingeschlossen sind in diesen Angaben, die bei Kettenverletzungen angrenzenden Wirbelkörper, die überwiegend geringgradig frakturiert (Typ A) waren.

3.2.2.2 Begleitverletzungen

18/56 Patienten (32%) erlitten die Wirbelsäulenverletzung im Rahmen eines Polytraumas. Begleitende Thoraxverletzungen traten bei 9 Patienten (16%) auf.

Tabelle 13: Übersicht zum Anteil der polytraumatisierten Patienten in der Frakturgruppe und im Gesamtkollektiv.

Polytrauma		
	n	Prozent
Monotrauma	38	48,7
Polytrauma	18	23,1
Gesamt	56	71,8
Andere Erkrankung	22	28,2
Summe	78	100,0

Tabelle 14: Übersicht zu Begleitverletzungen und Vorerkrankungen bei Wirbelsäulenfrakturen. Patienten die einer Re-Operation wegen Fehlstellung nach dorsoventraler Stabilisierung unterzogen, wurden mit ihren initialen Begleitverletzungen nicht berücksichtigt.

	n	%
Wirbelsäulenverletzung ohne weitere Verletzung	38	68
Polytrauma	18	32
Begleitverletzungen:		
Thoraxverletzung (Rippenserienfrakturen, 9 Pneumo-/Hämatothorax, Lungenkontusion)	9	16
Beckenfraktur	7	12,5
Extremitätenfraktur	17	30
Schädel-/Gesichtsschädelfraktur	3	5
SHT III°	3	5
SAB II°	1	2
Leberverletzung	2	4
Nierenverletzung	1	2
Stumpfes Bauchtrauma	2	4
Vorerkrankungen:		
Alkohol-, Drogen-, Benzodiazepinabusus	4	7
Psychiatrische Erkrankung	4	7
Osteoporose	3	5
Epilepsie	1	2
Asthma bronchiale, COPD	2	4
Hypothyreose	1	2

3.2.2.3 Sonderfälle

Nicht alle Patienten wurden auf typische Weise dorsoventral versorgt. Außergewöhnliche Verläufe sind im Folgenden dargestellt.

3.2.2.3.1 Korrekturingriffe

Für 2 Patienten war der Eingriff eine Zweit- bzw. Korrekturoperation nachdem sie initial mit einem MOSS®-Korb stabilisiert wurden (Beispiel Abb. 37, Abb. 38, Abb. 39, Abb. 40). Bei einem Patienten mit BWK-11- und 12-, sowie LWK-1-Fraktur wurde der LWK 1 durch einen VBR® ersetzt und im Bereich BWK 11 und 12 ein Knochenspan zur ventralen Abstützung verwendet.



Abb. 37: 47jähriger männlicher Patient mit A 3.1.1-Verletzung des LWK 2 nach Fenstersturz in alkoholisiertem Zustand



Abb. 38: LWK-2-Fraktur computertomographisch im Querschnitt dargestellt

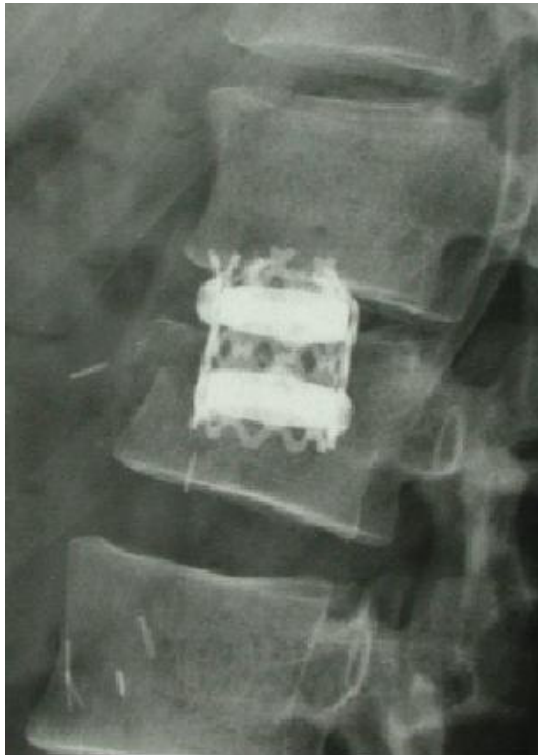


Abb. 39: Ventrale Stabilisierung der Fraktur mit MOSS® nach Teilcorporektomie LWK 2. Nach 5 Monaten erfolgt wegen zunehmender Beschwerden und Kyphosierung die Revision.



Abb. 40: Der MOSS®-Korb wurde entfernt und es erfolgte eine dorsoventrale Stabilisierung mit USS®, VBR® und Wolter-Druckplattenfixateur.

3.2.2.3.2 Verwendung von zwei VBR® bei Mehretagenverletzung

Eine weitere Besonderheit stellt der Fall eines Patienten mit einer Kettenverletzung im Bereich LWK 2/3/4/5 dar. Die LWK 3 und 5, beides C-Verletzungen, wurden jeweils mit einem VBR® versorgt. Über die LWK 2 und 4 (stabile A-Frakturen) sowie S1 erfolgte die dorsale Stabilisierung.

3.2.2.3.3 Alleinige ventrale Stabilisierung

2 Patienten erhielten ausschließlich eine ventrale Stabilisierung. Bei diesen Patienten lagen Frakturen des BWK 6 (B 1.2.1) und 9 (B 2.3.1) vor.

Aus heutiger Sicht würden auch diese Patienten einer dorsoventralen Stabilisierung zugeführt werden.

3.2.3 Implantate

3.2.3.1 Dorsale Stabilisierung

Bei 54 von 56 Patienten wurde eine dorsale Stabilisierung mit dem Universal Spine System® (Fa. Synthes), einem Pedikelschraubensystem mit Querstabilisator durchgeführt.

Bei 61% (n=33) der dorsalen Eingriffe wurden 2 Segmente eingeschlossen, bei 22% (n=12) 3 Segmente. Bei 3 Patienten erstreckte sich die dorsale Stabilisierung über 1 Segment, bei je einem Patienten über 4, 6, 7 und 10 Segmente und bei 2 Patienten über 5 Segmente.

Die Stabilisierung über 1 Segment (monosegmental) bedeutet, dass der frakturierte Wirbelkörper nur teilweise entfernt wurde und der verbleibende Anteil als Verankerung für Pedikelschrauben dient. Ein Segment umfasst einen Bandscheibenraum sowie die angrenzenden Grund- bzw. Deckplatte der Wirbelkörper.

Tabelle 15: Dorsale Stabilisierung im Überblick

Stabilisierte Segmente	Anzahl (n=54)	%
1	3	5,5
2	33	61
3	12	22
4	1	2
5	2	3,5
6	1	2
7	1	2
10	1	2

Implantatbrüche traten nicht auf. Es wurde keine Wanderung der Pedikelschrauben beobachtet.

3.2.3.2 Ventrale Stabilisierung mit VBR

Bei 56 Patienten wurden 57 Cages vom Typ VBR® verwendet, da in einem Fall LWK 3 und LWK 5 durch je einem VBR® ersetzt wurden. Der VBR® mit einem Durchmesser von 20 mm wurde bei 2 Patienten benutzt, bei 35 Patienten ein 24 mm VBR® und bei 13 Patienten ein 28 mm VBR®. Bei 7 Cages konnte der exakte Durchmesser nicht bestimmt werden oder die Dokumentation fehlte. Im Durchschnitt wurde der VBR® 47 ±9,5 mm aufgespreizt. Die Distractionshöhe betrug zwischen 29 und 86 mm.

Tabelle 16: Übersicht zur Implantatauswahl (Durchmesser, Distractionshöhe, Endplattenwinkel) in den häufig von Frakturen betroffenen Bereichen Th12 bis L3

Korporektomie	n	VBR®-Durchmesser (in mm)			Distraction des VBR			VBR®-Endplattenwinkel (in °)					
		20	24	28	Mittelwert	Minimum	Maximum	proximal			distal		
								0	5	8	0	5	8
Th 12	15	0	15	0	44,0	29	51	15	0	0	7	8	0
L 1	11	0	5	3	44,4	37	49	5	2	2	4	4	1
L 2	7	0	5	2	48,6	42	52	4	3	0	0	6	1
L 3	7	0	5	2	53,1	44	58	3	4	0	2	2	3

3.2.3.3 Additive ventrale Stabilisierung

Eine zusätzliche ventrale Stabilisierung wurde bei 20 von 44 Patienten vorgenommen. 17-mal wurde ein Wolter-Plattenfixateur (dorsale Wirbelsäulenplatte Modell „St. Georg“ nach Wolter, Fa. Waldemar Link, Hamburg) verwendet, 2-mal ein MACS® (Modular Anterior Construct System, Fa. Aesculap, Tuttlingen) und einmal ein LCP® (Locking Compression Plate, Fa. Synthes, Schweiz) System zur ventralen Stabilisierung.

Die ventrale Stabilisierung streckt sich bei 2 Patienten über 1 Bewegungssegment, bei 16 Patienten erfolgte sie bisegmental und bei 2 Patienten über 3 Segmente.

Bei 14 Patienten wurde eine autogene Spongiosaplastik vom Beckenkamm durchgeführt. 1 Patientin erhielt ein allogenes Transplantat. Es handelte sich um eine pathologische Fraktur ohne Malignitätsnachweis. Bei zwei Patienten wurde Knochenzement verwendet. Bei den anderen Patienten wurde aus dem Wirbelkörper gewonnene Spongiosa in den Cage gefüllt.

3.2.4 Perioperative Ergebnisse

3.2.4.1 Zeitabstand zwischen dorsaler und ventraler Stabilisierung

Die meisten frischen Frakturen wurden zunächst ausschließlich dorsal stabilisiert und die ventrale Spondylodese folgte im Intervall. Damit ist eine zeitnahe Stabilisierung instabiler Frakturen möglich, bei neurologischer Ausfallsymptomatik und hochgradiger Spinalkanaleinengung kann gleichzeitig dekomprimiert werden. Der ventrale Eingriff erfolgt frühelektiv.

Der überwiegende Teil der Patienten (n=47, 84%) wurde zweizeitig mit einem mittleren Abstand von $12,6 \pm 8$ Tagen operiert. Die Zeitspanne zwischen ventraler und dorsaler Stabilisierung reicht von einem Tag bis zu 43 Tagen. Der Patient mit dem längsten Abstand zwischen dorsaler und ventraler Stabilisierung hatte ein Polytrauma mit Thoraxverletzungen und vier weitere Extremitätenfrakturen, deren Versorgung zwischenzeitlich stattfand. Zudem machte bei diesem Patienten eine dorsale Wunddehiszenz Revisionen erforderlich.

Bei den polytraumatisierten Patienten (n=18) betrug der Abstand zwischen dorsaler und ventraler Stabilisierung durchschnittlich 15 Tage.

In 6 Fällen erfolgte die dorsoventrale Stabilisierung am gleichen Tag.

3.2.4.2 OP-Dauer

Anhand der Operationsberichte und Anästhesieprotokolle ergab sich bei 51 von 56 ventralen Stabilisierungen eine mittlere OP-Dauer von 3,7 Stunden (1,5-7,0). Die 5 fehlenden Datensätze sind bedingt durch fehlende Protokolle, in einem Fall war trotz vorhandener Protokolle bei einzeitigem Vorgehen eine Abgrenzung der ventralen von der dorsalen Stabilisierung nicht möglich.

Unter Ausschluss der Revisionseingriffe dauerte die ventrale Stabilisierung $3,65 \pm 1,245$ Stunden.

3.2.4.3 Operativer Zugangsweg

Von 50 Patienten konnte der Zugangsweg dokumentiert werden. Bei 26 Patienten wurde als Zugangsweg eine anterolaterale Thorakotomie gewählt, bei 18 Patienten ein retroperitoneales Vorgehen mit linksseitigem Pararektalschnitt und bei 6 Patienten erfolgte eine Thorakophrenikolumbotomie. Die Thorakophrenikolumbotomie als größter Zugangsweg wurde gewählt bei Frakturen im Bereich des thorakolumbalen Übergangs. In allen 6 Fällen war der LWK 1 betroffen. Bei der anterolateralen Thorakotomie (n=26) wurde in 9 Fällen eine Zwerchfellschlitzung erforderlich um den betroffenen Wirbelkörper darzustellen.

3.2.4.4 Operative Komplikationen

Bei einer Thorakotomie wurde akzidentell unterhalb der Zwerchfellebene eingegangen.

Bei einem paramedianen Zugang wurde mehrfach Peritoneum verletzt. Als Grund wurden ausgedehnte Verwachsungen angegeben.

3.2.4.5 Blutverlust

Der mittlere Blutverlust bei der ventralen Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen (n=42) betrug 2200 ml (300-8000 ml). Bei dem Patienten mit einem Blutverlust von 8000 ml handelt

es sich um einen Revisionseingriff. Der Patient war initial mit einem MOSS®-Korb versorgt worden. Akzidentiell wurde bei dem Revisionseingriff unterhalb des Zwerchfells eingegangen.

Der mittlere Blutverlust in der Patientengruppe mit Frakturen unter Ausschluss der zwei Revisionseingriffe betrug $2090 \pm 1589,8$ ml (300-6500 ml, Median 2500 ml)

3.2.4.6 Intensivtherapie

Die Patienten wurden postoperativ durchschnittlich 5,5 Tage auf der Intensivstation versorgt. 1 Patient wurde postoperativ aus dem Aufwachraum auf die Normalstation verlegt.

Polytraumatisierte Patienten blieben durchschnittlich $9,7 \pm 11,37$ Tage postoperativ auf der Intensivstation.

Die längste postoperative Intensivpflichtigkeit dauerte 37 Tage. Dabei handelte es sich um eine Patientin mit tiefer Bein- und Beckenvenenthrombose, die in diesem Zeitraum mit einem Schirmfilter der Vena cava inferior versorgt wurde.

Ein Patient der einzeitig dorsoventral stabilisiert wurde, entwickelte postoperativ einen hohen Transfusionsbedarf. Bereits intraoperativ betrug der Blutverlust 8000 ml. Bei diesem Patienten wurde akzidentiell unterhalb des Zwerchfells eingegangen. Es handelte sich um einen dorsoventralen Revisionseingriff nach Sinterung des ursprünglich in Höhe LWK 1 eingebrachten MOSS®-Korbs.

Ein Patient entwickelte nach anterolateraler Thorakotomie mit Zwerchfellschlitzung ein subphrenisches Hämatom.

Verlängerte Intensivpflichtigkeit ergab sich bei 3 anterolateral thorakotomierten Patienten aufgrund von Pleuraergüssen. Bei 3 weiteren anterolateralen Thorakotomien kam es postoperativ zu schwerwiegenden pulmonalen Komplikationen durch die sich die Verlegung auf die Normalstation verzögerte. Ein Patient erlitt einen rezidivierenden Sero- und Pneumothorax. Ein Patient bildet nach Entfernung der Bülow-Drainage einen Rezidivpneumothorax und zudem eine Pneumonie aus. Eine Patientin musste aufgrund von Dystelektasen nach Thorakophrenikolumbotomie für 11 Tage prolongiert beatmet werden. Bei einer Patientin bildete sich ein ausgeprägtes Thoraxwandhämatom mit konsekutiver einseitiger Belüftungsstörung nach Thorakotomie.

Tabelle 17: Übersicht zu operativen und perioperativen Komplikationen bei Frakturen

Operative Komplikationen der ventralen Stabilisierung	n	%
Peritoneumverletzung	1	2

Eingehen unterhalb des Zwerchfells bei Thorakotomie	1	2
Postoperative Komplikationen		
Phrenikusparese nach anterolateraler Thorakotomie mit Zwerchfellschlitzung	1	2
Thoraxwandhämatom mit Belüftungsstörung nach anterolateraler Thorakotomie	1	2
Sublienes Hämatom	1	2
tiefen Beinvenen- und Beckenvenenthrombose	1	2
Hoher Transfusionsbedarf	1	2
Gastritis / gastrointestinale Blutung	2	4
Niereninsuffizienz	1	2
Herzrhythmusstörungen (supraventrikuläre Tachykardien, Kardioversion)	1	2
Pulmonale Komplikationen gesamt	11	20
Pneumonie	3	5
Pleuraerguß	4	7
Thoraxserom (Rethorakotomie erforderlich)	1	2
Rezidivierender Sero-/Pneumothorax	1	2
Re-Pneumothorax nach Bülaudrainagenentfernung	1	2
Dystelektasen (prolongierte Beatmung erforderlich)	1	2
Komplikationen der dorsalen Stabilisierung		
Wunddehiszenz dorsal	3	5
Wundinfektion dorsal	2	4
Wundserom/-hämatom dorsal	2	4
Redon dorsal festgenäht	1	2
Wundserom Beckenkamm	1	2

Operative Komplikationen wurden bei 3,6% der Patienten mit Frakturen beobachtet. Postoperativ traten bei 35,7% verschiedene Komplikationen auf.

Tabelle 18: Übersicht perioperativer Komplikation

Zusammenfassung Komplikationen bei Frakturen		
	n	Prozent
Operative Komplikationen	2	3,6
Postoperative Komplikationen	20	35,7
Komplikationsloser Verlauf	34	60,7
Gesamt	56	100,0

3.3 Tumorpatienten

3.3.1 Tumorarten und Lokalisation

Insgesamt 7 Tumorpatienten wurden im Untersuchungszeitraum mit einem VBR® versorgt. Bei 2 Patienten waren 2 Wirbelkörper durch Tumormetastasen destruiert. Bei 5 Patienten war jeweils ein Wirbelkörper befallen. In zwei Fällen war die Brustwirbelsäule betroffen, in 5 Fällen die Lendenwirbelsäule.

3.3.2 Implantate

3.3.2.1 Dorsale Stabilisierung

3/7 Patienten wurden dorsal mit dem Pedikelschraubensystem USS® stabilisiert. Bei 2 Patienten erstreckte sich das USS® über 2 Segmente, bei einem Patienten über 3 Segmente.

3.3.2.2 Ventrale Stabilisierung

Der VBR® wurde jeweils 3-mal mit einem Durchmesser von 28 und 24 mm, sowie einmal mit einem Durchmesser von 20 mm gewählt.

Bei allen 7 Tumorpatienten wurde ventral zusätzlich eine Platte verwendet, 6-mal eine Wolter-Platte (Fa. Link, Hamburg) und einmal LCDC®-Platte. Die ventrale Platte wurde einmal monosegmental, 4-mal bisegmental und 2-mal über 3 Segmente angebracht.

3/7 Patienten erhielten allogene Knochentransplantate. Bei 2/7 Patienten wurde Knochenzement verwendet.

3.3.3 Perioperative Ergebnisse

3.3.3.1 Zeitabstand zwischen dorsaler und ventraler Stabilisierung

3/7 Patienten wurden dorsoventral stabilisiert. Bei zwei dieser Patienten wurde die ventrale Stabilisierung 4 bzw. 7 Tage nach der dorsalen Stabilisierung durchgeführt. Bei einem Patienten erfolgte die dorsoventrale Stabilisierung in einer Operation.

3.3.3.2 Operativer Zugangsweg

Der operative Zugang erfolgte an der LWS über einen linksseitigen Pararektalschnitt retroperitoneal (n=5), an der Brustwirbelsäule erfolgte eine anterolaterale Thorakotomie (n=2).

3.3.3.3 Operationsdauer

Die Dauer der ventralen Stabilisierung betrug durchschnittlich 3,75 ($\pm 0,59$) Stunden. Die kürzeste bzw. längste OP dauerte 3,25 und 4,75 Stunden.

3.3.3.4 Blutverlust

Anhand der Aktenlage konnte der Blutverlust von 3 Tumorpatienten nachvollzogen werden. Der durchschnittliche Blutverlust betrug 1833 (± 764) ml.

3.3.3.5 Intensivtherapie

Die postoperative Verweildauer auf der chirurgischen Intensivstation betrug zwischen 1 und 11 Tagen. Eine Patientin mit Mammakarzinom und Metastasierung der BWK 6 und 7 musste postoperativ länger als geplant beatmet werden. Hier fand sich neben dem Operationstrauma eine ausgedehnte Pleurakarzinose und pulmonale Metastasen. Die intensivmedizinische Behandlung dauerte 11 Tage.

3.3.3.6 Komplikationen

3.3.3.6.1 Operative Komplikation

In 5/7 zur Verfügung stehenden OP-Berichten wurden keine operativen Komplikationen aufgeführt.

3.3.3.6.2 Perioperative Komplikationen

Die oben genannte Patientin mit ausschließlich ventraler Stabilisierung über 3 Segmente (Vertebrektomie BWK 6/7, ventrale Platte BWK 5-8) musste sich aufgrund zunehmender kyphotischer Fehlstellung bei Cage-Dislokation nach 14 Tagen einer Revisionsoperation unterziehen. Die Revision erfolgte dorsoventral unter Erweiterung des USS® auf BWK 4/5 und BWK 9/10 kombiniert mit einer Laminektomie in Höhe BWK 6/7. Ventral wurden

BWK 6/7/8 entfernt. Erschwerend kam in den Folgemonaten eine dorsale Wunddehiszenz hinzu (Tabelle 19).

Bei einer Patientin mit ausschließlich ventraler Stabilisierung des LWK 4 kam es direkt postoperativ zu einer Sinterung des VBR® ohne subjektive Verschlechterung. Auf einen Revisionseingriff wurde daher verzichtet.

3.3.3.6.3 Komplikationen im weiteren Verlauf

Bei der Patientin, die sich einer Reoperation unterzog, bestand nach 3 und 6 Monaten eine dorsale Wunddehiszenz.

Tabelle 19: Operative und perioperative Komplikationen bei malignen Erkrankungen der Wirbelsäule

Komplikation		n	%
Intraoperative Komplikationen		0	0
Perioperative Komplikationen			
	Cage Sinterung (z.T. revisionsbedürftig)	2	29
	Dorsale Wunddehiszenz	1	14

3.3.4 Neurologischer Status

Präoperativ bestand bei 3/7 Patienten eine neurologische Ausfallsymptomatik. 2/3 Patienten besserten sich neurologisch postoperativ bzw. bis zur Nachuntersuchung nach 3 Monaten. Eine neurologische Verschlechterung wurde bei keinem Patienten beobachtet. Bei einem Patienten blieben die neurologischen Ausfälle unverändert.

Tabelle 20: Neurologischer Status nach Frankel-Schema im zeitlichen Verlauf. Das Symbol † kennzeichnet den Tod eines Patienten zum entsprechenden Nachuntersuchungszeitpunkt.

Tumorart	Lokalisation	Neurologischer Status (Frankel)		
		Präoperativ	→ 3 Monate	→ 6 Monate
Mammakarzinom	BWK 6/7	E	→ E	→ †
	BWK 10	E	→ E	→ E
	LWK 2	E	→ E	→ E
Bronchialkarzinom	LWK 4	D	→ D	→ D
	LWK 5	D	→ E	→ †

Endometriumkarzinom	LWK 4/5	D3c	→ E	→ †
Analkarzinom	LWK 4	E	→ E	→ E

3.4 Patienten mit Spondylodiscitiden

3.4.1 Lokalisation

15 Patienten mit einer Spondylodiscitis bzw. Spondylitis wurden mit einem expandierbaren VBR® versorgt. Bei 14/15 war der Entzündungsprozess auf 2 Wirbelkörper ausgedehnt. In einem Fall war ein Wirbelkörper betroffen. In 9/15 war die Lendenwirbelsäule, in 6 Fällen die Brustwirbelsäule betroffen. Eine spezifische Entzündung wurde mikrobiologisch in einem Abstrich nachgewiesen.

3.4.2 Implantate

3.4.2.1 Dorsale Stabilisierung

13/15 Patienten wurden dorsal mit dem Pedikelschraubensystem USS® stabilisiert. Bei 2/15 Patienten wurde darauf verzichtet.

Bei 3 Patienten umfasste die dorsale Stabilisierung 2 Segmente. Bei 10 Patienten wurden mehr als 2 Segmente, maximal 5 Segmente, überbrückt.

3.4.2.2 Ventrale Stabilisierung

Neben dem Wirbelkörperersatz VBR® wurde bei allen Patienten zusätzlich ventral eine sog. Wolter-Platte verwendet. Die zusätzliche ventrale Stabilisierung erstreckte sich über ein (n=2), zwei (n=6) oder mehr Segmente (3 Segmente: n=5, > 3 Segmente: n=2).

Bei 7/15 Patienten kam an der LWS ein VBR® mit einem Durchmesser von 28 mm zum Einsatz, bei 8/15 mit überwiegend Entzündungen im Bereich der BWS wurde ein 24-mm-Cage verwendet.

Der expandierbare Cage erreichte durchschnittlich eine Höhe von 57 mm ($\pm 15,9$).

Bei der Mehrheit der Patienten (9/15) wurden keine gewinkelten sondern gerade Ansatzstücke gewählt. Bei 2/15 Patienten wurde an der LWS ein Cage mit proximal und distal um 5° abgewinkelten Ansatzstücken gewählt.

3.4.3 Perioperative Ergebnisse

3.4.3.1 Zeitlicher Abstand zwischen dorsaler und ventraler Stabilisierung

Bei 8/15 Patienten erfolgte die dorsoventrale Stabilisierung einzeitig. Bei 5/15 erfolgte die ventrale Stabilisierung durchschnittlich 8,8 ($\pm 4,8$) Tage nach der dorsalen Reposition.

3.4.3.2 OP-Dauer

Die ventrale Stabilisierung dauerte im Mittel 4,8 ($\pm 1,8$) Stunden. Der kürzeste Eingriff dauerte 2,3 Stunden, der längste 7 Stunden. In den Fällen einzeitiger Stabilisierung wurde die Dauer des ventralen Eingriffs anhand des Narkoseprotokolls bestimmt.

3.4.3.3 Operative Zugangswege

Operativ wurde bei 6/15 Patienten pararektal links retroperitoneal vorgegangen. In 6 Fällen wurde eine Thorakotomie, bei einem Patienten eine Thorakophrenikolumbotomie durchgeführt. 2 OP-Berichte fehlen.

3.4.3.4 Operative Komplikationen

Eine Duraverletzung im LWS-Bereich wurde dokumentiert. In einem Fall trat bei der ventralen Stabilisierung der BWK 8 und 9 eine starke aber beherrschbare Blutung (5000 ml) auf.

3.4.3.5 Blutverlust

Bei 8/15 Patienten betrug der Blutverlust 2638 \pm 1050 ml. Der Blutverlust reichte von 1500 bis 5000 ml. Bei 5/15 Patienten wurde der Transfusionsbedarf dokumentiert.

Tabelle 21: Transfusionsbedarf bei 5/15 Patienten

Zugangsweg / Vertebroktomie	EK	FFP	Cell Saver / Autotransfusion
Thorakophrenikolumbotomie LWK 2	9	8	-
Thorakotomie BWK 6/7	6	4	-
Pararektalschnitt LWK ¾	6	16	2700 ml
LWK ½	7	10	-
Pararektalschnitt LWK 4/5	4	-	-

3.4.3.6 Intensivtherapie

Nach der ventralen Stabilisierung blieben die Patienten 9,4 \pm 11,3 Tage auf der Intensivstation. Bei 4 Patienten traten schwerwiegende, insbesondere pulmonale, Komplikationen auf. Die Patienten blieben zwischen 1 und 44 Tagen auf der Intensivstation.

Die deutlich verlängerte Intensivpflichtigkeit von 44 Tagen war bedingt durch eine Aspirationspneumonie bei Tubusdislokation und ein prolongiertes Entzugsdelir. Erschwerend trat bei diesem Patienten eine heparininduzierte Thrombozytopenie vom Typ II auf.

Bei einem Patienten komplizierten nach Thorakophrenikolumbotomie massive Pleuraergüsse beidseits und eine unklare Bewusstseinsstörung den Verlauf.

Bei zwei Patienten traten nach Thorakotomie pulmonal Probleme auf. Ein Patient entwickelte pulmonal Infiltrate im Zusammenhang mit einem Rezidivpneumothorax nach Entfernung der Büllau-Drainage. Bei einem weiteren Patienten mit vorbestehender COPD war das Weaning prolongiert.

Tabelle 22: Operative und perioperative Komplikationen der ventralen Stabilisierung bei Spondylodiszitiden

	n	%
<u>Intraoperative Komplikationen (gesamt)</u>	2	13
Duraverletzung	1	7
Blutung	1	7
<u>Perioperative Komplikationen (gesamt)</u>	6	40
Pulmonale Komplikationen gesamt	4	27
Aspirationspneumonie	1	7
Massive Pleuraergüsse beidseits	1	7
Rezidivpneumothorax mit pulmonalen Infiltraten	1	7
Prolongiertes Weaning bei COPD	1	7
Sonstige Komplikationen	2	13
Heparininduzierte Thrombozytopenie Typ II	1	7
Entzugsdelir	1	7

3.5 Klinische Nachuntersuchung

3.5.1 Schmerzentwicklung

3.5.1.1 Schmerzen auf der Nominalskala

Auf die Frage nach der Entwicklung der Schmerzen seit der Entlassung bzw. seit der letzten Nachuntersuchung, wählten die Patienten zwischen folgenden Antwortmöglichkeiten: „schlechter“, „gleich“, „besser“, „schmerzfrei“ und „keine Angabe“. Bei der Nachuntersuchung nach 3 Monaten machten 59% (n=46), bei der Nachunteruntersuchung nach 6 Monaten 58% (n=45) der Patienten eine Angabe zur Schmerzentwicklung. Die restlichen Patienten konnten entweder keine Angabe machen oder wurden nicht befragt bzw. zu diesem Zeitpunkt nachuntersucht. Von den nachuntersuchten Patienten gaben 34/46 (74%) nach 3 Monaten und 28/45 (62%) nach 6 Monaten eine Besserung an. Jeweils 10 Patienten (22%) beschrieben ihren Schmerzzustand nach 3 und 6 Monaten als gleichbleibend. Nach 3 Monaten befanden 2/46 (4%) Patienten und nach 6 Monaten 7/45 (15%) Patienten ihre Schmerzen als schlechter. Zu keinem Nachuntersuchungszeitpunkt gab ein Patient an schmerzfrei zu sein.

In den Angaben zur Schmerzentwicklung nach 3 und 6 Monaten ist keine Veränderung sichtbar bzw. die Veränderung ist nicht signifikant (Symmetrietest nach Bowker: $p=0,162$).

Tabelle 23: Nominalskalierte Angaben zur Schmerzentwicklung

	3 Monate postoperativ	6 Monate postoperativ
Frakturen (n=56)		
schlechter	1 (3%)	4 (12%)
gleich	6 (18%)	8 (24%)
besser	27 (79%)	21 (64%)
schmerzfrei	0	0
Keine Angabe / fehlend	22	23
Spondylodiszitis (n=15)		
schlechter	0 (0%)	2 (25%)
gleich	3 (38%)	2 (25%)

besser	5 (62%)	4 (50%)
Schmerzfrei	0	0
Keine Angabe / fehlend	7	7
Maligne Erkrankung (n=7)		
Schlechter	1 (25%)	1 (25%)
Gleich	1 (25%)	0 (0%)
Besser	2 (50%)	3 (75%)
Schmerzfrei	0	0
Keine Angabe / fehlend	3	3
Gesamtpatienten (n=78)		
Schlechter	2 (4%)	7 (16%)
Gleich	10 (22%)	10 (22%)
Besser	34 (74%)	28 (62%)
Schmerzfrei	0	0
Keine Angabe / fehlend	32	33

3.5.1.2 Schmerzen auf der visuellen Analogskala

Die anhand der visuellen Analogskala (VAS) durchgeführte Untersuchung der subjektiven Schmerzintensität zeigt einen Rückgang der Schmerzen im Rücken nach 3 Monaten von präoperativ durchschnittlich 77 \pm 26,7 Punkten auf 39 \pm 29,9 Punkte nach 3 Monaten und 39 \pm 27,9 Punkte auf der VAS nach 6 Monaten. Das entspricht einer Schmerzreduktion um 51 % nach 6 Monaten.

Die Schmerzen in Gesäß und Beinen wurden präoperativ mit 28 für den Gesäßbereich und 32 Punkten für die untere Extremität im Vergleich zu den Rückenschmerzen gering angegeben. Dennoch zeigt sich auch in diesem Bereich eine deutliche Schmerzreduktion in den ersten 6 postoperativen Monaten. Im Gesäßbereich und im Beinbereich verminderten sich die Schmerzen nach 6 Monaten um durchschnittlich 16 (Gesäß) und 15 (untere Extremität) Punkte. Im Gesäß verminderten sich die Schmerzen innerhalb eines halben Jahres um 45 %, an den Beinen um 53 %.

Tabelle 24: Entwicklung der Schmerzintensität anhand der visuellen Analogskala (VAS) mit 0 bis 100 Punkten

VAS			
	n	Mittelwert	Standardabweichung
Rücken präoperativ	48	76,9	26,69
Rücken 3 Monate	48	39,2	29,94
Rücken 6 Monate	47	39,1	27,86
Gesäß präoperativ	49	29,3	39,14
Gesäß 3 Monate	50	17,3	29,59
Gesäß 6 Monate	48	13,0	25,51
Beine präoperativ	49	31,5	38,10
Beine 3 Monate	51	20,0	29,95
Beine 6 Monate	47	16,8	30,00

Die präoperativ angegebenen Schmerzen im Rücken unterscheiden sich signifikant von den Rückenschmerzen nach 3 Monaten (Schaich-Hamerle-Test-Vergleich, $p < 0,0001$) und nach 6 Monaten (Schaich-Hamerle-Test-Vergleich, $p < 0,0001$), während zwischen den Rückenschmerzen nach 3 und 6 Monaten kein Unterschied zu erkennen ist (Schaich-Hamerle-Test-Vergleich, $p = 0,952$).

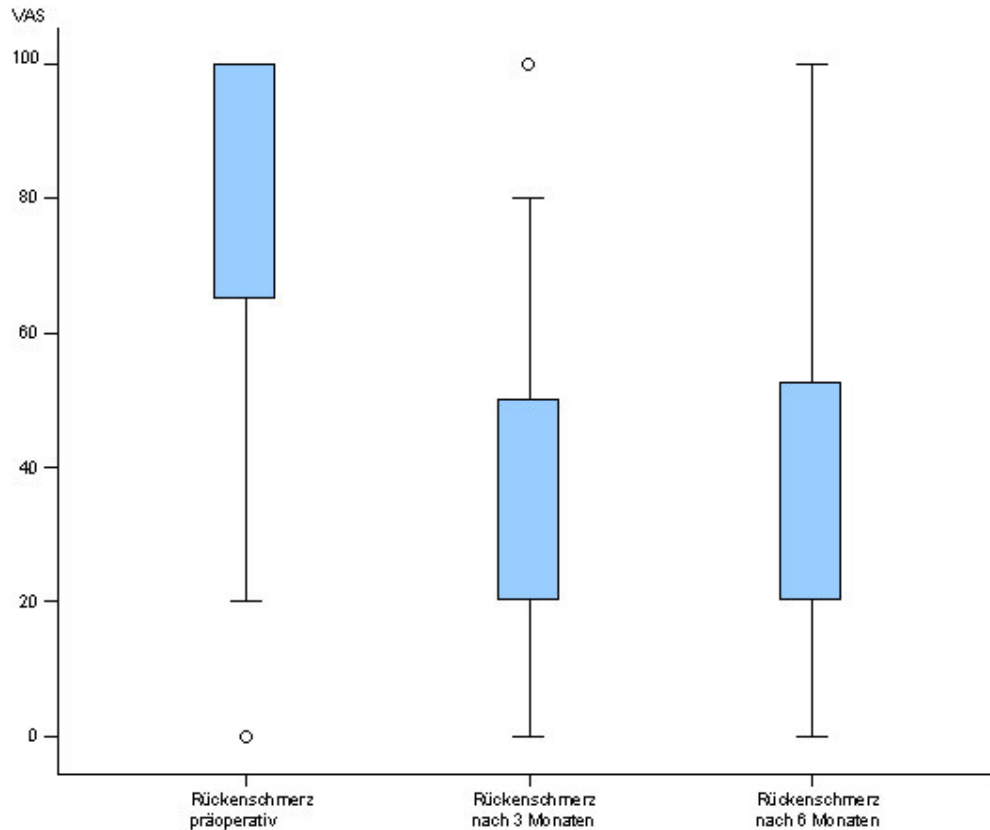


Abb. 41: Schmerzentwicklung im Rücken anhand der visuellen Analogskala präoperativ und nach 3 bzw. 6 Monaten (Boxplot).

Bei den Schmerzen im Gesäßbereich (Friedmann-Test, $p=0,161$) wurden im Verlauf keine signifikanten Unterschiede beobachtet.

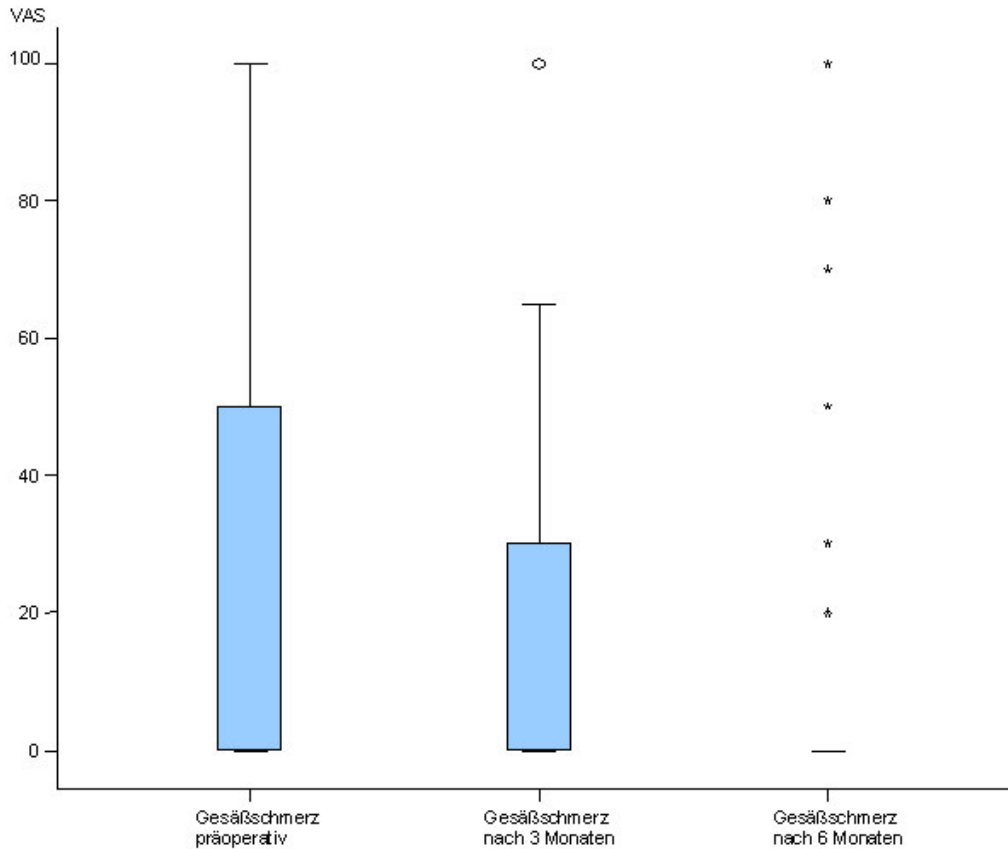


Abb. 42: Schmerzentwicklung im Gesäß anhand der visuellen Analogskala.

Auch in der Entwicklung der Schmerzen in der unteren Extremität konnten zu den verschiedenen Nachuntersuchungszeitpunkten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.

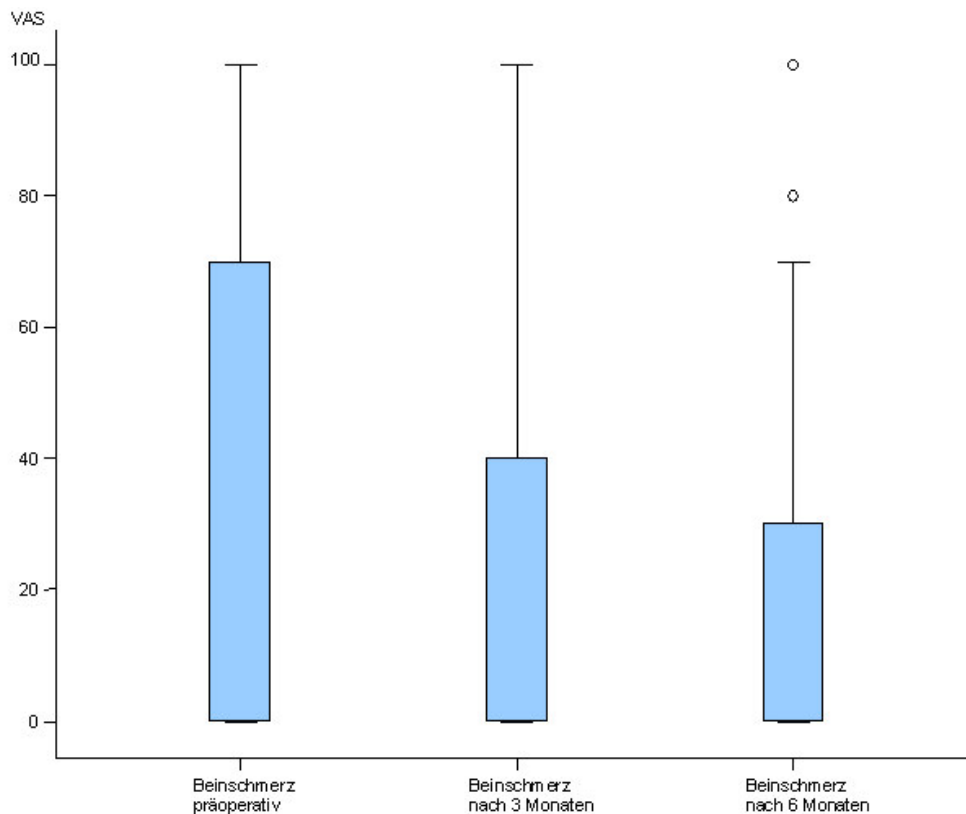


Abb. 43: Schmerzentwicklung in der unteren Extremität mittels VAS.

3.5.1.3 Schmerzentwicklung und Kyphosierung

Es konnte kein Zusammenhang zwischen den Rückenschmerzen und dem Korrekturverlust nach 3 Monaten (Differenz des GDW postoperativ und nach 3 Monaten) gezeigt werden (Korrelationskoeffizient nach Spearman: -0,072).

Auch nach 6 Monaten wurde kein Zusammenhang zwischen der Intensität der Rückenschmerzen und dem Korrekturverlust (Differenz des GDW postoperativ und nach 6 Monaten) gefunden (Korrelationskoeffizient nach Spearman: -0,032).

Es besteht ebenfalls keine Korrelation zwischen den Schmerzen im Gesäß nach 3 (Korrelationskoeffizient nach Spearman: 0,035) bzw. 6 Monaten (Korrelationskoeffizient nach Spearman: -0,111) sowie den Schmerzen in den Beinen nach 3 (Korrelationskoeffizient nach Spearman: 0,026) und 6 Monaten (Korrelationskoeffizient nach Spearman: -0,075) und dem Korrekturverlust.

3.5.1.4 Analgetikaverbrauch

3 Monate postoperativ nahmen 44% (22/50) der Patienten regelmäßig Nicht-Opioid-Analgetika und 12% (6/50) Opioide ein. 4/6 der Patienten die Opioide benötigten waren Tumorpatienten. 44% der Patienten nahmen bereits nach 3 Monaten kein Analgetikum ein,

nach 6 Monaten 56%. Von den übrigen 44% wurden überwiegend NSAR und andere Nicht-Opioid-Analgetika eingenommen. Nur 2/43 (4%) benötigten höherpotente Schmerzmittel.

Tabelle 25: Einnahme von Schmerzmitteln

	3 Monate (n=50)	6 Monate (n=45)
Kein Analgetikakonsum	22	24
Nicht-Opioid Analgetika	22	17
Opiate	6	2

3.5.2 Gehfähigkeit und Verwendung von Hilfsmitteln

3.5.2.1 Mobilisierbarkeit

Zum Zeitpunkt der Entlassung konnten 29/56 (52%) der Patienten selbständig gehen. 14/58 (25%) konnten auch mit Hilfsmitteln nicht gehen. 8/56 benötigten Unterarmgehstützen und 5/56 einen Gehwagen. In die Darstellung eingeflossen sind nur Patienten die auch zu einer Nachuntersuchung erschienen.

Nach 3 Monaten bewegten sich 24/48 (50%) der Nachuntersuchten selbständig, 8/48 (16%) benutzten Unterarmgehstützen, 10/48 (21%) einen Rollator. 6/48 (13%) waren nicht gehfähig. Bei der Nachuntersuchung nach einem halben Jahr waren 56% (27/48) gehfähig, 13% an Unterarmgehstützen und 21% am Rollator. 10% (5/48) der Patienten waren nicht gehfähig.

Tabelle 26: Übersicht zur Gehfähigkeit und Verwendung von Hilfsmitteln bei Entlassung sowie nach 3 und 6 Monaten

	Bei Entlassung (n=56)	3 Monate (n=48)	6 Monate (n=48)
Gehen nicht möglich	14 (25%)	6 (13%)	5 (10%)
Gehwagen („Rollator“)	5 (9%)	10 (21%)	10 (21%)
Unterarmgehstützen	8 (14%)	8 (16%)	6 (13%)
Selbständiges Gehen	29 (52%)	24 (50%)	27 (56%)

3.5.2.2 Orthese

37/72 (51%) Patienten wurden im Korsett mobilisiert. 34 Patienten erhielten ein Boston-Korsett, 3 Patienten ein 3-Punkt-Korsett. Die Orthesen wurden im Durchschnitt 6,5 ($\pm 8,4$) Wochen postoperativ getragen. Die Angaben zur Dauer lagen zwischen 0 und 52 Wochen. Bei der langen Tragedauer handelt es sich um eine Tumorpatientin, die das Korsett 52 Wochen trug. An nächster Stelle folgt eine Patientin mit BWK-12-Fraktur mit 24 Wochen.

Alle anderen Patienten trugen das Korsett maximal 12 Wochen. Ein Patient erhielt zwar ein Korsett, trug es postoperativ jedoch nicht.

3.5.3 Range of Motion (ROM)

Bei der Seitneigung wurden nach 3 Monaten durchschnittlich 18° (rechts) bzw. 19° (links), nach 6 Monaten 20° (rechts) bzw. 21° (links) erreicht. Beim Drehen im Sitzen entsprechen die erreichten Durchschnittswerte von 31° nach 3 Monaten und 33° nach 6 Monaten dem Referenzbereich von 30-40°. Der Fingerbodenabstand verringerte sich von 32 cm bei der 3-Monatsuntersuchung auf 28 cm nach 6 Monaten. Das Ott-Maß zur Darstellung der Brustwirbelsäulenbeweglichkeit (Normwert 2 cm) lag nach 3 Monaten bei 1,7 und nach 6 Monaten bei 1,5 cm. Das Schober-Maß blieb mit 2,3 und 2,4cm nach 3 bzw. 6 Monaten unterhalb des Referenzbereichs.

Tabelle 27: Range of Motion nach 3 und 6 Monaten

		Referenz-	Mittelwert	Minimum	Maximum
3 Monate (n=37)	Seitneigen nach rechts	30-40°	18°±7,7	5°	40°
	Seitneigen nach links	30-40°	19°±8,0	5°	40°
	Drehen im Sitzen rechts	30-40°	31°±12,3	10°	70°
	Drehen im Sitzen links	30-40°	31°±12,5	10°	70°
	Finger-Boden-Abstand		32 cm±16,6	0 cm	80 cm
	Ott	2 cm	1,7 cm±1,33	0 cm	6 cm
	Schober	5 cm	2,3 cm±1,48	0 cm	5cm
6 Monate (n=38)	Seitneigen nach rechts	30-40°	20°±6,6	10°	40°
	Seitneigen nach links	30-40°	21°±7,4	10°	40°
	Drehen im Sitzen rechts	30-40°	33°±11,1	15°	60°
	Drehen im Sitzen links	30-40°	33°±11,5	15°	60°
	Finger-Boden-Abstand		28cm±15,0	0cm	61cm
	Ott	2 cm	1,5cm±1,10	0cm	4cm
	Schober	5 cm	2,4cm±1,54	0,5cm	6,5cm

3.5.4 Neurologie

Bei 28/78 (36%) Patienten wurde päoperativ ein neurologisches Defizit festgestellt. Davon 19-mal ein Defizit der Frankel-Gruppe A, einem sensomotorischen Querschnittsyndrom entsprechend. Von diesen 19 Patienten blieben 4 neurologisch unverändert nach 3 und 6 Monaten, 9 gelangten nach 3 Monaten in die Frankel-Stufe D, d.h. es bestanden neurologische Defizite, aber die Patienten waren gehfähig. Ein Patient erreichte zunächst die Frankel-Stufe C nach 3 Monaten um sich nach 6 Monaten noch einmal in die Gruppe D zu

verbessern. Bei 2 Patienten normalisierte sich die neurologische Funktion vollständig. Ein Patient mit Spondylodiszitis verstarb vor Ablauf der ersten 3 Monate. 2 Patienten mit präoperativem Querschnittsyndrom konnten nicht nachuntersucht werden.

Tabelle 28: Kreuztabelle zur Entwicklung des neurologischen Status anhand des Frankel-Schemas vom präoperativen Untersuchungszeitpunkt bis zur Nachuntersuchung nach 3 Monaten

		Neurologischer Status (Frankel) nach 3 Monaten				
		A	C	D	E	Gesamt
Frankel präoperativ	A	4	1	7	2	14
	B	0	1	1	0	2
	C	0	0	0	1	1
	D	0	0	5	2	7
	E	0	1	3	31	35
Gesamt		4	3	16	36	59

Tabelle 29: Kreuztabelle zum neurologischen Outcome bis zur Nachuntersuchung nach 6 Monaten im Vergleich zum präoperativ erhobenen Befund

		Neurologischer Status (Frankel) nach 6 Monaten				
		A	C	D	E	Gesamt
Frankel präoperativ	A	4	0	8	2	14
	B	0	1	1	0	2
	C	0	0	0	1	1
	D	0	0	3	2	5
	E	0	0	3	28	31
Gesamt		4	1	15	33	53

Tabelle 30: Kreuztabelle zur Darstellung der neurologischen Entwicklung zwischen den Nachuntersuchungen nach 3 und 6 Monaten.

		Neurologischer Status (Frankel) nach 6 Monaten				
		A	C	D	E	Gesamt
Frankel	A	4	0	0	0	4

3 Monate	C	0	1	2	0	3
	D	0	0	12	1	13
	E	0	0	0	31	31
Gesamt		4	1	14	32	51

Insgesamt besserten sich 61% (n=17) der Patienten bei denen präoperativ ein neurologischer Ausfall festgestellt wurde. Unverändert blieb der neurologische Befund bei 18% (n=5) und in 7 % (n=2) verschlechterte er sich. Bei 14% (n=4) war keine Nachuntersuchung möglich.

In der Frakturgruppe fand sich bei 19/56 Patienten präoperativ ein neurologisches Defizit. Der Großteil dieser Patienten (n=11) hatte eine C-Verletzung. Je 4 Patienten mit einer B- und A-Fraktur hatten neurologische Ausfälle. Eine komplette Querschnittslähmung lag bei 17/19 Patienten vor. Bei den 4 B-Frakturen hatten alle Patienten den Status Frankel A (komplettes Querschnittssyndrom), bei den C-Frakturen 10/11 Patienten. Ein Zusammenhang zwischen dem Frakturtyp und dem präoperativen neurologischen Befund lässt sich nicht dokumentieren (Ein Chi-Quadrat-Test war nicht möglich bzw. ohne Aussagekraft, da die minimale erwartete Häufigkeit unter 1 liegt).

Bei 3/4 A-Frakturen und 4/4 B-Frakturen besserte sich der neurologische Status im Verlauf. Nur bei 5/11 C-Verletzungen wurde eine neurologische Verbesserung dokumentiert. 3/11 Patienten blieben neurologisch unverändert und bei 3/11 Patienten war kein Follow-up möglich.

Bei den Spondylodiszitis-Patienten trat ein kompletter Querschnitt bei 2/7 Patienten auf. Eine neurologische Besserung konnte bei 4/7 Patienten erreicht werden. Der neurologische Status blieb bei 1/7 Patienten unverändert und bei 1/7 wurde eine Verschlechterung festgestellt. Ein Patient verstarb innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums.

2 Patienten mit Frakturen bei denen präoperativ bei eingeschränkter Kontaktierbarkeit kein neurologischer Ausfall dokumentiert wurde, hatten postoperativ Störungen der Stufe D. In einem Fall trat postoperativ eine Sensibilitätsstörung bei einer vorher neurologisch unauffälligen Patientin mit einer LWK-2-Fraktur nach Sturz aus großer Höhe auf. Bei dem zweiten Patienten mit einer BWK-12-Fraktur verblieben nach 6 Monaten ebenfalls sensible Defizite, bei der Nachuntersuchung nach 3 Monaten war er jedoch zeitweise auf den Rollstuhl angewiesen.

Tabelle 31: Die Entwicklung des neurologischen Befundes mit Angabe des Verletzungstyps nach AO-Klassifikation bzw. zugrundeliegender Erkrankung († = Patient verstorben):

Modifiziertes Frankel-Schema:

A = keine motorische und sensible Funktion

B = Sensibilität erhalten, keine motorische Funktion

C = Unbeweglich, im Rollstuhl, etwas motorische Funktion

a)Blasen-/Mastdarmlähmung

b)Neurogene Blasen- / Mastdarmdysfunktion

c)Normale Blasen-/Mastdarmfunktion

D = Gehfähig, aber mit neurologischen Ausfällen

1.Gehwagen notwendig

2.Unterarmgehstützen notwendig

3.selbständiges Gehen

a)Blasen-/Mastdarmlähmung

b)Neurogene Blasen-/Mastdarmdysfunktion

c)Normale Blasen-/Mastdarmfunktion aber sensorische Ausfälle oder Symptome

E = Normale motorische und sensible Funktion.

Verletzungstyp	nach	präoperativ	3 Monate	6 Monate
Magerl/Erkrankung				
A	LWK 2	A	E	E
A	LWK 3	A	D3c	D3c
A	LWK 1	Ca	E	E
A	LWK 1	A	A	A
B	LWK 2	E	D3c	-
B	BWK 11	A	E	E
B	BWK 11/12	A	D3c	D3c
B	BWK 12	A	D3c	D3c
B	BWK 12	E	Cb	D3c
B	BWK 12	A	D3c	D3c
C	BWK 12	A	A	A
C	BWK 12	A	A	A
C	BWK 12	A	A	A
C	BWK 12	A	Cb	D2b
C	LWK 1	A	D3a	D3a
C/B	LWK ½	A	-	-
C	LWK 2	A	D3c	D3c
C	LWK 2	D3a	-	-

C	LWK 2	A	-	-
C	LWK 4	A	D3c	-
A/C/A/C	LWK 2/3/4/5	A	D3x	-
Bronchialkarzinom	LWK 4	D3c	D3b	-
Bronchialkarzinom	LWK 5	D3c	E	†
Spondylodiszitis	LWK ¾	A	†	
Spondylodiszitis	LWK ¾	D1c	D1c	D1c
Spondylodiszitis	BWK 11/12	D1a	D1a	D2a
Spondylodiszitis	LWK ¾	D1c	D3c	D3c
Spondylodiszitis	LWK ½	D3a	E	E
Spondylodiszitis	BWK 10	Cc	Cb	Cb
Spondylodiszitis	BWK 6/7	A	D1b	D1b

3.6 Radiologische Ergebnisse

3.6.1 Grund-Deckplatten-Winkel (GDW)

Die kyphotische Fehlstellung der gesamten Patientengruppe konnte durch die dorsoventrale Stabilisierung direkt postoperativ um durchschnittlich $10,7^\circ$ ($\pm 9,97$) korrigiert werden.

Der präoperative GDW betrug im Mittel $9,6^\circ$. Postoperativ verringerte er sich auf $-0,6^\circ$. Das negative Vorzeichen bezeichnet die Lordose. Es wurde eine signifikante Korrektur der präoperativ bestehenden Kyphose erreicht (t-Test für verbundene Beobachtungen, $p < 0,0001$). Es besteht kein Unterschied in der erreichten Korrektur zwischen den einzelnen Frakturtypen A, B und C (ANOVA, $p = 0,635$).

Nach 3 Monaten betrug der Korrekturverlust $2,6^\circ$ ($\pm 3,17$). Nach 6 Monaten trat im Vergleich zum postoperativen Ergebnis ein Korrekturverlust von $4,3^\circ$ ($\pm 4,94$) auf.

Tabelle 32: Kennzahlen zum Korrekturverlust (GDW) in der Gesamtpatientengruppe nach 3 und 6 Monaten.

	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum	25.	50.	75.
Korrekturverlust nach 3 Monaten	46	-2,5870	3,17333	2,00	-14,00	-3,0	-1,5	-1,0
Korrekturverlust nach 6 Monaten	46	-4,2826	5,02289	3,00	-29,00	-6,0	-3,0	-1,0

Es ergibt sich ein signifikanter Unterschied im Vergleich des Korrekturverlustes nach 3 und 6 Monaten (Wilcoxon-Test für Paardifferenzen, $p < 0,0001$), d. h. der Korrekturverlust nimmt signifikant zu.

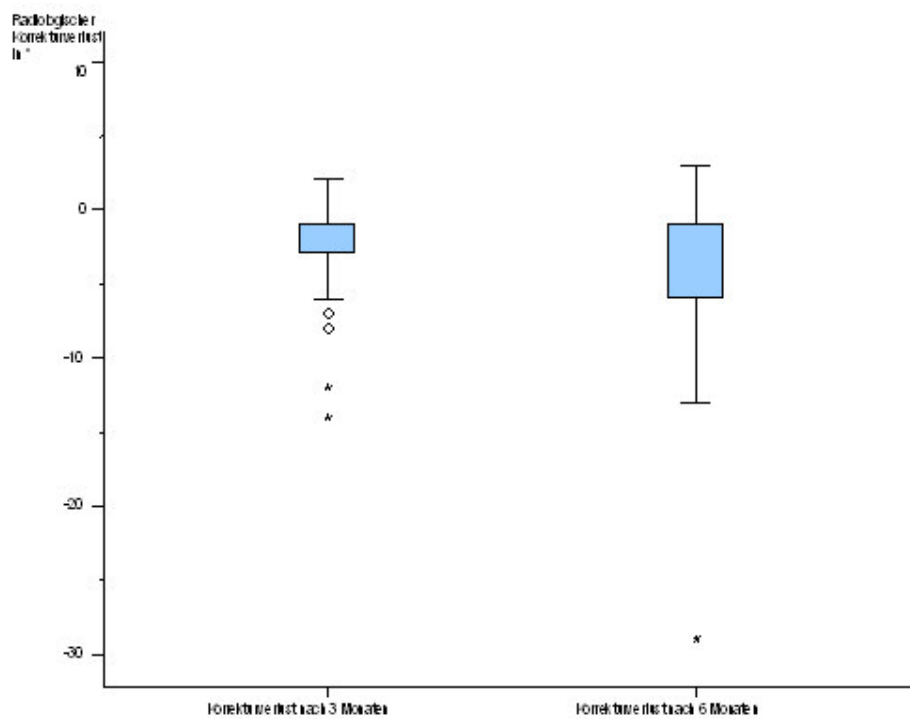


Abb. 44: Darstellung (Boxplot) zum Korrekturverlust nach 3 und 6 Monaten

Aufgrund der erhobenen Daten (hohe Streuung, relativ geringe Fallzahl) ist ein Vergleich des Repositionsergebnisses zwischen den Diagnosegruppen nicht möglich.

Tabelle 33: Erreichte Korrektur des GDW (präoperativ-postoperativ) in den einzelnen Erkrankungsgruppen.

Diagnose	n	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fraktur	50	10,84	10,050	-21	28
Spondylodiscitis	2	2,5	3,536	0	5
Malignität	1	19,00	-	19	19

Bei 66% der Nachuntersuchten ($n=47$) lag der Korrekturverlust zwischen 0 und 4°, bei 17% zwischen 5 und 7°, und bei weiteren 17% bei 8° und mehr, wobei 6,5% einen Korrekturverlust von mehr als 10° aufwiesen.

3.6.1.1 GDW in der Frakturgruppe

Bei 25% der Patienten mit Frakturen (13/51) betrug der präoperativ festgestellte GDW 20° oder mehr.

Betrachtet man ausschließlich den GDW der Frakturgruppe (n=50), so stellt sich dort ein postoperativer Korrekturgewinn von $10,8^\circ \pm 10,05$ dar. Der Korrekturverlust nach 3 Monaten betrug $2,3^\circ \pm 2,69$ und nach 6 Monaten $3,6^\circ \pm 1,82$.

Unter Ausschluss der isoliert ventral stabilisierten Patienten und der Revisionseingriffe betrug der Korrekturverlust nach 3 Monaten $2,2^\circ \pm 2,66$ und nach 6 Monaten $3,5^\circ \pm 3,22$.

Tabelle 34: Übersicht zum Korrekturverlust nach 3 und 6 Monaten der verschiedenen Frakturtypen A, B und C nach Magerl (einschließlich Revisionseingriffe und isolierter ventraler Stabilisierung).

Frakturtyp		N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
A	Korrekturverlust nach 3 Monaten	14	-2,6429	3,47756	-12,00	2,00
	Korrekturverlust nach 6 Monaten	14	-4,6429	3,81509	-13,00	0,00
B	Korrekturverlust nach 3 Monaten	18	-2,1111	2,39826	-7,00	1,00
	Korrekturverlust nach 6 Monaten	17	-3,6471	3,46304	-12,00	3,00
C	Korrekturverlust nach 3 Monaten	12	-2,4167	2,35327	-8,00	0,00
	Korrekturverlust nach 6 Monaten	13	-3,1538	2,88231	-9,00	1,00

Es besteht zwischen den Frakturtypen A, B und C kein Unterschied im Korrekturverlust nach 3 Monaten (ANOVA, $p=0,863$) und nach 6 Monaten (ANOVA, $p=0,516$).

Bei den 2 Patienten, die isoliert ventral stabilisiert wurden konnte postoperativ keine Lordosierung erreicht werden. Die Frakturen traten im Bereich BWK 6 (B1) und BWK 9 (B2) auf und wiesen präoperativ eine Kyphosierung von 34° und 8° auf. Im Verlauf entwickelte sich bei diesen Patienten ein Korrekturverlust von $6,5^\circ$ nach 3 Monaten und $3,5^\circ$ nach 6 Monaten.

Bei 5 Patienten aus der Frakturgruppe entstand postoperativ keine Lordosierung, sondern bereits in der ersten postoperativen Aufnahme eine zunehmende Kyphosierung. Diese war bei 2 Patienten mit B3- und A3-Fraktur minimal (1° und 2° Korrekturverlust), bei den anderen Patienten mit 8° (A3), 9° (C1) und sogar 21° (A3) jedoch erheblich. Die Zunahme der

Kyphosierung kann zum Teil durch die lordosierende Lagerung der Patienten auf Gelkissen bei den präoperativen Röntgenaufnahmen bedingt sein oder auf einem sofortigen Repositionsverlust nach der ersten Mobilisation. Mit der Lagerung des Patienten auf einem lumbal platzierten Gelkissen wird eine Lordosierung der Wirbelsäule im Sinne einer vorläufigen Reposition mit evt. Entlastung des Spinalkanals angestrebt. Im weiteren Verlauf trat bei diesen Patienten ein Korrekturverlust von 3° nach 3 Monaten und $1,7^\circ$ nach 6 Monaten auf.

4/5 Patienten wurden dorsal über 2 Segmente stabilisiert, 1/5 Patienten wurde dorsal monosegmental stabilisiert. Nur der dorsal monosegmental stabilisierte Patient wurde auch ventral zusätzlich mit einer monosegmentalen Platte versorgt.

3.6.2 Differenz des Grund-Deckplattenwinkels in Funktionsaufnahmen

Die Differenz des Kyphosewinkels in Reklinations- und Inklinationsaufnahmen betrug nach 3 Monaten $1,3^\circ \pm 1,45$ und nach 6 Monaten $2,3^\circ \pm 1,78$.

3.6.3 Frontale und sagittale Dislokation des VBR

3.6.3.1 Die Dislokation in der Frontalebene

Die Differenzen im Kippungswinkel des Cages in den a.p.-Aufnahmen postoperativ und nach 3 Monaten betragen $1,1^\circ \pm 1,3$. Die zwischen der Untersuchung nach 3 und 6 Monaten betrug die Differenz $0,8^\circ \pm 1,02$.

3.6.3.2 Die Dislokation in der Sagittalebene

Im Vergleich der postoperativen seitlichen Aufnahmen mit der Nachuntersuchung nach 3 Monaten zeigt sich der Cage um $2,46^\circ (\pm 2,67)$ gekippt. Im Vergleich der seitlichen Kippung nach 3 und 6 Monaten beträgt die Differenz $1,5^\circ (\pm 1,33)$.

4 Diskussion

4.1 Ergebnisse

4.1.1 Patientenkollektiv und Nachuntersuchung

Der mit 72% überwiegende Anteil (56/78) der Patienten wurde aufgrund instabiler Frakturen operiert. Der Anteil der Patienten mit Spondylodiszitiden betrug 19% (n=15), der Anteil der

Tumorpatienten 9% (n=7). Das Alter der Patienten der Frakturgruppe lag mit 42 ($\pm 14,6$) Jahren deutlich unter dem mittleren Erkrankungsalter bei Spondylodiscitiden mit 60 ($\pm 9,0$) Jahren und bei Tumoren mit 61 ($\pm 9,7$) Jahren. Aufgrund der unterschiedlichen Anzahl von Fällen in den Erkrankungsgruppen waren Vergleiche zwischen den Gruppen nur eingeschränkt möglich bzw. aussagekräftig.

Trotz intensiver Bemühungen konnten nur 62% der Gesamtpatienten nachuntersucht werden. 5 (6,4%) Patienten verstarben im Nachuntersuchungszeitraum. Ähnliche Nachuntersuchungsraten finden sich z.B. in der Multi-Center-Studie der DGU (56) mit 55% und der „Multicenter Spine Fracture Study“ (37) mit 40%.

4.1.2 Perioperative Daten

4.1.2.1 Blutverlust und OP-Dauer

Der intraoperative Blutverlust bei der ventralen Stabilisierung betrug im gesamten nachuntersuchten Kollektiv 2239 $\pm 1653,5$ ml. Der mittlere Blutverlust durch den ventralen Eingriff war bei Frakturen 2200 ml (300-8000), bei Tumorpatienten 1833 ml und bei Spondylodiszitiden 2638 ml. Signifikante Unterschiede wurden weder in den verschiedenen Erkrankungsgruppen (ANOVA, $p=0,669$) noch zwischen den Frakturgruppen A, B und C (ANOVA, $p=0,082$) festgestellt.

Ein ähnlich hoher Blutverlust für das isoliert ventrale Vorgehen bei Frakturen wurde von Haas et al. (42) mit 2280 (500-4800) ml angegeben. Andere Autoren berichten über geringere Blutverluste. Für das einzeitig kombinierte dorsoventrale Vorgehen ermittelten Shiba et al. (87) einen durchschnittlichen Blutverlust von 820 (540-1880) ml. In einer Untersuchung von 53 Patienten mit tumoröser Wirbelkörperdestruktion und Frakturen (ohne Revisionseingriffe) gibt Ulmar (93) einen durchschnittlichen Blutverlust von 1771,3 $\pm 1768,9$ an. Lange et al. (63) geben für ein gemischtes Krankengut einen durchschnittlichen Blutverlust von 1450 ml an.

Der ermittelte Blutverlust für die ventrale Stabilisierung beträgt in der vorliegenden Untersuchung bei Spondylodiszitiden 2638 ml. Liljenqvist et al. (65) beschreiben einen mittleren Blutverlust von 1965 ml für die dorsoventrale Stabilisierung mit einem VBR® bei Spondylodiscitiden.

Der Blutverlust bei Tumorpatienten betrug durchschnittlich 1833 ml und ist damit ähnlich hoch wie in der Untersuchung von Merk (77), jedoch deutlich höher als in der Studie von Ernstberger der bei 32 Patienten mit Wirbelsäulentumoren im thorakolumbalen Bereich einen mittleren Blutverlust von 1272,5 ml angibt (27).

Anhaltspunkt für die Dokumentation der Blutverluste ist in den meisten Studien die Erfassung im Narkoseprotokoll. Diese Angabe ist ein Schätzwert, der durch Spülungen und Blutverluste die nicht vom OP-Sauger aufgenommen werden verfälscht werden kann.

Deutlich wird, dass die offene ventrale Stabilisierung mit einem erheblichen, zum Teil massiven Blutverlust einhergeht, der regelmäßig die Übertragung von Blutprodukten erfordert. Der vergleichsweise hohe Blutverlust bei der ventralen Stabilisierung der Frakturen ist nur bedingt durch die eingeschlossenen Revisionseingriffe zu erklären. Auch wenn nur frische Frakturen, ohne Revisionen, betrachtet werden liegt der Blutverlust bei $2090 \pm 1589,8$ ml.

Der vergleichsweise hohe Blutverlust kann im speziellen operativen Vorgehen begründet sein. Im untersuchten Zeitraum wurde in der operierenden Abteilung eine akribische ventrale Dekompression durchgeführt (36% der Patienten hatten präoperativ ein neurologisches Defizit). Die Entfernung der Hinterkante des frakturierten Wirbelkörpers ist oft von epiduralen Blutungen begleitet.

Bei der ventralen Stabilisierung von Spondylodiszitiden ist mit einem teils erheblichen Blutverlust zu rechnen.

In unserer Untersuchung dauerte die ventrale Stabilisierung durchschnittlich $3,9 \pm 1,43$ Stunden. Die OP-Dauer einer Fraktur betrug im Mittel 3,7 (1,5-7,0) Stunden. Bei Tumoren bzw. Infektionen dauerte der ventrale Eingriff jeweils 3,75 (3,25-4,75) und 4,8 (2,3-7,0) Stunden.

Die OP-Dauer für die alleinige ventrale Stabilisierung mit einem expandierbaren Cage wird zwischen 144 Minuten (2,3 h) und 225 Minuten (3,75 h) angegeben. Shiba (87) ermittelte für Patienten mit Wirbelkörperfrakturen eine dorsoventrale Operationsdauer von 4,2 (2,5-6) Stunden.

Die Operationsdauer in der vorliegenden Untersuchung ist vergleichsweise lang. Ursächlich kommen auch hier das operative Procedere mit aufwändiger Ausräumung der Wirbelkörperhinterkante, die Revisionseingriffe, ebenso wie die mit einbezogenen Spondylodiszitiden in Frage.

Die ventrale Stabilisierung bei Wirbelkörperfrakturen unter Ausschluss der Revisionseingriffe dauerte $3,65 \pm 1,25$ Stunden. Die Revisionseingriffe sind demnach nicht für die insgesamt relativ lange OP-Dauer verantwortlich.

Eine Lernkurve der einzelnen Operateure während des Beobachtungszeitraumes, die sich im Blutverlust oder der Operationsdauer niederschlägt, konnte nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 35: OP-Dauer und Blutverlust in verschiedenen Studien zur ventralen Stabilisierung

Autor	n	Indikation	Operationsmethode	Blutverlust	OP-Dauer
Haas et al., 1990	39	Fraktur	Ventrale Stabilisierung	2280 (500-4800)	
Shiba et al., 1994				820 (540-1880)	4,2 h (2,5-6)
Ernstberger et al., 2005	24	Tumor	Expandierbarer VBR®, (Fa. Ulrich, Ulm), dorsoventral	Cage, dorsoventral: 1570 ml (750-3200), ventral: 975 ml (400-1300)	dorsoventral: 409 min (315-525), ventral: 225 min (180-285)
Lange et al., 2007	50	Fraktur (n=38) Posttraumatische Fehlstellung (n=8) Tumor (n=3) Spondylodiscitis (n=1)	Expandierbarer Synex®	Cage, 1450 ml	isoliert ventral: 144 min (75-275)
Liljenqvist et al.,	20	Spondylodiscitis	Expandierbarer VBR®, (Fa. Ulrich, Ulm) dorsoventral	Cage, 1965 ml (500-9600)	340 min (210-540)
Ulmar et al., 2004	53	Fraktur (n=31) Tumor (n=22)	Expandierbarer ADD® und VBR®, (Fa. Ulrich, Ulm)	Cage, 1771 ml ±1769	173 min ±77
Merk et al., 2000	17	Tumor	Nicht-expandierbarer Cage, MOSS™ (DePuy, Motech)	1,8 L (0,9-4,2)	210 min (110-360)
Eigene Ergebnisse	78	Fraktur Spondylodiscitis Tumor	Expandierbarer VBR®, (Fa. Ulrich, Ulm)	Cage Fraktur: 2200 ml Spondylodiscitis: 2638 ml Tumor: 1833 ml	3,7 h 4,8 h 3,75 h

4.1.2.2 Operativer Zugangsweg

In der vorliegenden Untersuchung wurden klassische offene operative Zugangswege gewählt. Als operativer Zugangsweg zur BWS wurde die Thorakotomie, zum thorakolumbalen Übergang die Thorakophrenikolumbotomie und zur mittleren und unteren LWS der retroperitoneale Zugang gewählt. Im Zusammenhang mit dem Zugangsweg wurden pulmonale Komplikationen im Sinne von Pleuraerguß, Hämatothorax, prolongiertem Weaning oder Thoraxwandhämatom in 26 % (9/35) nach Thorakotomie bzw. Thorakophrenikolumbotomie beobachtet. Nach retroperitonealem Zugang zur LWS trat bei einem Patienten eine partielle einseitige Bauchdeckenlähmung auf.

Mittlerweile etablierte minimal invasive Zugänge zur Wirbelsäule versprechen eine verminderte Zugangsmorbidität, einen geringeren Blutverlust und eine Verkürzung der OP-Dauer. Mc Afee (75) berichtet über eine mittlere Verweildauer auf der Intensivstation von nur 2 Tagen und eine mittlere Gesamthospitalisation von 6,5 Tagen nach thorakoskopischer Vertebroktomie. Beisse et al. (7) beschreiben das thorakoskopisch kontrollierte Zwerchfellsplitting als Zugangsweg zum thorakolumbalen Übergang. In ihrer Untersuchung berichten sie über einen raschen Rückgang der postoperativen Schmerzen innerhalb von 24 h auf ein Niveau, das nur geringe oder keine Analgetikagaben erfordert. Intraoperative Komplikationen wurden in keinem Fall berichtet. Von 46 Patienten konnten 41 innerhalb der ersten 24 Stunden extubiert werden.

Im Rahmen dieser Entwicklung sind bereits expandierbare Cages erhältlich (z.B. Obelisc®, Fa. Ulrich, Ulm) die minimal-invasiv eingesetzt werden können.

4.1.2.3 Komplikationen

Intraoperative Komplikationen im Sinne von Gefäß- und Duraverletzungen, sowie revisionsbedürftige Cage-Fehlplatzierungen wurden beim Einsatz expandierbarer Cages beschrieben (63, 65, 26). Wir sahen eine revisionsbedürftige Cage-Dislokation bei einer Patientin mit vertebralem Mammakarzinommetastasen und eine weitere Sinterung bei einer Tumorpatientin, jedoch ohne subjektive Beschwerden. Ein Implantatbruch wurde nicht beobachtet.

Die intraoperative Komplikationsrate lag bei 5% (n=4). In unserem Kollektiv kam es bei zwei Patienten mit Spondylodiszitis zu einer Duraverletzung, bei einem weiteren Patienten mit Spondylodiszitis zu einer starken, aber beherrschbaren Blutung. Bei den Patienten mit Wirbelkörperfrakturen wurde in einem Fall mehrfach unbeabsichtigt Peritoneum verletzt und

in einem Fall wurde bei geplanter Thorakotomie akzidentiell unterhalb der Zwerchfellebene eingegangen.

Perioperative Komplikationen traten bei 19 % der Patienten auf. Ähnliche Komplikationsraten wurden auch von Dvorak (14%), Ulmar (18%) und Defino (23%) angegeben.

Tödlichen Komplikationen wurden in der vorliegenden Untersuchung nicht beobachtet, in der Literatur jedoch in bis zu 9 % der Fälle beschrieben (20, 93).

Autor	Indikation	Verfahren	Komplikationen
Kaneda et al., 1997	Thorakolumbale Berstungsfrakturen mit neurologischem Defizit (n=150)	Isoliert ventrale Stabilisierung mit Beckenkammspan oder Rippentransplantat kombiniert mit Kaneda-Instrumentarium	Pseudarthrose (n=10) Materialbruch (n=9)
Been, 1989	Thorakolumbale Berstungsfrakturen (n=29)	Isoliert ventrale Stabilisierung mit Slot-Zielke-Instrumentarium	Materialbruch (n=7) Temporäre retrograde Ejakulation (n=1) Skoliose (20°) (n=1)
Defino et al., 1997	Thorakolumbale Frakturen (n=43)	Dorsoventrale Stabilisierung mit Beckenkammspan	Tödliche Lungenembolie (n=3) Tödliche Sepsis (n=1) Tiefe Wundinfektion (n=2) Oberflächliche Wundinfektion (n=2) Stevens-Johnson-Syndrom (n=1) Meningitis (n=1)
Ulmar et al., 2004	Tumor, Fraktur (n=53)	Expandierbarer Cage HWS: ventral BWS/LWS: dorsoventral	Komplikationsrate 18% (n=18) Schwere Komplikation: Letale Massenblutung perioperativ (n=1) Letales ARDS (n=1) Anaphylaktischer Schock (n=1) Reanimation bei Herzstillstand (n=1) Leichte / mittelschwere Komplikation: Pulmonal (n=5), Transfusionsreaktion (n=1), Tiefe Wundinfektion (n=1), Oberflächliche

				Wundinfektion (n=1), Tiefe Beinvenenthrombose (n=2), Harnwegsinfekt (n=6), Sonstige (n=4) Implantatlockerung dorsal mit neurologischer Verschlechterung (n=1)
Bhat et al., 1999	Fraktur, Infektion (n=16)	Tumor, Nicht expandierbarer Cage, ventral (n=13) dorsoventral (n=3)		Cage-Sinterung nach Motorradunfall (n=1) Kyphosierung oberhalb der Stabilisierung (n=1)
Dvorak et al., 2003	Fraktur, Infektion (n=57)	Tumor, Nicht-expandierbarer Cage Ventral (n=45) Dorsoventral (n=12)		Intraoperative Komplikationen (n=3) Duraverletzung, Verletzung V. azygos, Blutung und transfusionsbedingte Koagulopathie Postoperative Komplikationen (n=8) Tiefe Wundinfektion (n=2), Pseudarthrose (n=1), Cagefraktur (n=1), revisionsbedürftige Cage-Sinterung (n=2), dorsales Implantatversagen (n=2)
Faciszewski et al., 1995	Verschiedene Indikationen (n=1223)	Anteriore Fusion, überwiegend monosegmental		Tod 0,3% Paraplegie 0,2% Tiefe Wundinfektion 0,6% Gesamtkomplikationsrate 11,5%
Eigene Arbeit	Fraktur, Infektion	Expandierbarer Cage, dorsoventral (n=77) ventral (n=2)		Intraoperative Komplikationen (n=4) Blutung, Duraverletzung, akzidentiell falscher Zugang, Peritoneumperforation Perioperative Komplikationen (n=15) Hämatothorax, Pleuraerguß, prolongiertes Weaning, Pneumonie, sublienes Hämatom, Thoraxwandhämatom, tiefe Beinvenenthrombose/Lungenembolie

4.1.2.4 Krankenhausverweildauer

Die durchschnittliche stationäre Verweildauer der Patienten mit Frakturen (34 Tage) überstieg die Aufenthaltsdauer bei Spondylodiszitiden (28 Tage) und Tumoren (19 Tage) deutlich. Dies ist dem hohen Anteil polytraumatisierter Patienten (18/56) geschuldet. Frakturpatienten ohne Polytrauma wurden $29,2 \pm 12,43$ Tage stationär behandelt. Polytraumatisierte wurden mit durchschnittlich $44 \pm 17,52$ Tage signifikant länger stationär betreut und blieben auch auf der

Intensivstation mit durchschnittlich 10 Tagen fast doppelt so lange wie Patienten ohne schwerwiegende Begleitverletzungen (5,5 Tage).

In der multizentrischen Analyse (64) von Lange et al. mit 126 Patienten, überwiegend mit Wirbelkörperfrakturen (70/126), von denen 53,2 % dorsoventral mit einem Synex™-Wirbelkörperersatz versorgt wurden, betrug die mittlere Aufenthaltsdauer bei 62/126 Patienten (64 fehlende Angaben) 20,4 (4-51) Tage.

In der Untersuchung von Stoltze und Harms (90) wird über signifikante Unterschiede in der stationären Behandlungsdauer abhängig vom dorsoventralen Operationsverfahren berichtet. In der mit einem kortikospongiösen Span stabilisierten Gruppe lag der mittlere stationäre Aufenthalt bei 40 Tagen, in der mit einem Titan-Korb stabilisierten Gruppe bei 25 Tagen. Beide Gruppen waren hinsichtlich der Altersstruktur und der Verletzungsmuster vergleichbar. Auch in der von Knop et al. (56) vorgestellten Multicenter Studie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie konnten nur 62% der Patienten mit isolierten Wirbelsäulenverletzungen innerhalb von 4 Wochen aus der stationären Behandlung entlassen werden. Die mittlere Verweildauer von Patienten mit isolierter Wirbelsäulenverletzung ohne neurologisches Defizit betrug 26 (7-150) Tage. Alle Patienten eingeschlossen dauerte der stationäre Aufenthalt im Mittel 36 (7-317) Tage. Das Patientenkollektiv dieser Untersuchung umfasste 59% ausschließlich dorsal, 35% dorsoventral und 6% ausschließlich ventral stabilisierte Patienten.

Gemessen an der Behandlungsdauer stellt auch die isolierte Wirbelsäulenverletzung eine schwere Verletzung dar.

4.1.3 Neurologischer Verlauf

Bei 36% (28/78) unserer Patienten lag präoperativ ein neurologisches Defizit vor. Bei 19/56 der Frakturpatienten, bei 7/15 Patienten mit einer Spondylodiszitis und bei 2/7 Patienten mit Metastasen der Wirbelsäule. Die Häufigkeit neurologischer Defizite bzw. kompletter Querschnittslähmungen nahm bei den Frakturen mit dem Verletzungsgrad zu. 11/19 Frakturpatienten mit neurologischem Defizit erlitten eine Verletzung vom Typ C nach Magerl, während nur je 4 Patienten mit einer A- bzw. B-Verletzung präoperativ auffällig waren.

Eine Besserung des neurologischen Status konnte im Gesamtpatientengut in 61% erreicht werden, 18% blieben unverändert und in 7% trat eine Verschlechterung ein. Die übrigen 14%

konnten nicht nachuntersucht werden. Im Literaturvergleich finden sich Besserungsraten zwischen 27 und 100% (77, 9).

Die neurologischen Verschlechterung zeigten sich als postoperativ auftretende Sensibilitätsstörungen. Teilweise sind diese sensiblen Störungen im Aufnahmebefund nicht feststellbar gewesen aufgrund von Bewusstseinsstörungen, Begleitverletzungen oder durch Schmerzen.

Autor	Indikation	Verfahren	Neurologisches Outcome
Kaneda et al., 1997	Thorakolumbale Berstungsfrakturen mit neurologischem Defizit (n=150)	Isoliert ventrale Stabilisierung mit Beckenkammspan oder Rippentransplantat kombiniert mit Kaneda-Instrumentarium	Besserung in 95% um mind. 1 Frankel-Stufe, Blasenstörung in 72% rückläufig
Been, 1989	Thorakolumbale Berstungsfrakturen (n=29)	Isoliert ventrale Stabilisierung mit Slot-Zielke-Instrumentarium	Besserung im Frankel-Schema bei 9/10 Besserung der Blasenfunktion bei 2/6
Defino et al., 1997	Thorakolumbale Frakturen (n=43)	Dorsoventrale Stabilisierung mit Beckenkammspan	Besserung 37% Unverändert 61% Verschlechterung 2%
Ulmar et al., 2004	Tumor, Fraktur (n=53)	Expandierbarer Cage HWS: ventral BWS/LWS: dorsoventral	Besserung 48% Verschlechterung (n=1)
Bhat et al., 1999	Fraktur, Infektion (n=16)	Tumor, Nicht expandierbarer Cage, MOSS@ ventral (n=13) dorsoventral (n=3)	Besserung 4/4 (100 %)
Dvorak et al., 2003	Fraktur, Infektion (n=57)	Tumor, Nicht-expandierbarer Cage (MOSS@) Ventral (n=45) Dorsoventral (n=12)	Besserung 12/35
Lange et al.	Fraktur, Tumor	Expandierbarer Cage	Besserung 10/14 innerhalb von 12

	Infektion (n=50)	(Synex®), Dorsoventral (n=47) Ventral (n=3)	Monaten	
Eigene Arbeit	Fraktur, Infektion	Tumor, Expandierbarer (VBR®) Dorsoventral (n=28)	Cage	Besserung im Frankel-Schema 61% Unverändert 18% Verschlechterung 7%

4.1.4 Klinische Nachuntersuchung

4.1.4.1 Schmerzentwicklung und Analgetikaverbrauch

Im untersuchten Kollektiv benötigten nach 3 Monaten 44% und nach 6 Monaten 56% der Patienten kein Analgetikum mehr.

Auf der visuellen Analogskala verringerten sich die Rückenschmerzen von präoperativ $77 \pm 26,7$ Punkten auf $39 \pm 29,9$ nach 3 Monaten ($p < 0,0001$). Nach 6 Monaten wurde keine weitere Reduktion des Schmerzniveaus beobachtet ($p = 0,952$). In der Untersuchung von Lange et al. (63) wurde nach 20 Monaten eine Reduktion des VAS-Wertes von präoperativ $86,8 \pm 15,6$ Punkten um $21,1 \pm 21,3$ Punkte angegeben.

Eine Korrelation der Schmerzangaben auf der visuellen Analogskala mit dem Korrekturverlust konnte weder nach 3 Monaten (Korrelationskoeffizient nach Spearman: $-0,072$) noch nach 6 Monaten (Korrelationskoeffizient nach Spearman: $-0,032$) festgestellt werden.

Ein Problem bei der Interpretation der Schmerzangaben besteht bei Patienten, die einen Arbeitsunfall erlitten und Rentenansprüche haben. Die Schmerzangaben können durch derartige psychosoziale Aspekte beeinflusst sein.

Harms und Stoltze berichten über die Nachuntersuchung von zwei dorsoventral kombiniert stabilisierten Patientengruppen. Einerseits eine mit einem trikortikalen Beckenkammspan und andererseits mit einem Harms-Korb versorgte Gruppe, die in Alter, Geschlecht und Verletzungsmuster eine gute Übereinstimmung zeigen. In der „Spangruppe“ lag die mittlere stationäre Behandlungsdauer bei 40 Tagen und in der mit einem Titancage versorgten Gruppe bei 25 Tagen. 50% der Patienten in der „Spangruppe“ und 25% der Patienten mit einem Harms-Korb benötigten zum Zeitpunkt der Entlassung noch eine dauerhafte Schmerztherapie. Deutliche Unterschiede im Schmerzstatus zeigten sich ein Jahr postoperativ zugunsten der mit einem Cage stabilisierten Gruppe. Die Autoren führen die Ergebnisse auf den mit 2° in der Cage-Gruppe gegenüber 5% in der „Spangruppe“ geringeren Korrekturverlust zurück.

4.1.4.2 Range of Motion

Der Bewegungsumfang der Patienten in der Frakturgruppe zeigte postoperativ große interindividuelle Unterschiede, wie sie auch im Normalkollektiv anzutreffen sind. Die Fähigkeit zur Seitneigung des Rumpfes blieb über den gesamten Untersuchungszeitraum eingeschränkt, d. h. durchschnittlich blieben die Patienten in diesem Bewegungsmaß hinter dem Normalkollektiv (30-40°) zurück. Der Fingerbodenabstand betrug nach 3 Monaten 32 cm (0-80) und nach 6 Monaten 28 cm (0-61). In der Studie von Knop (56) beträgt der Finger-Boden-Abstand bei der Nachuntersuchung 17 cm (0-80). Das Schober-Maß und das Ott-Maß in dieser Nachuntersuchung nahmen um durchschnittlich 2 cm zu. Ähnliches sahen wir auch bei unserem Patientengut mit einer Zunahme von 2,4 (0-6,5) cm beim Schober- und 1,5 (0-4) cm beim Ott-Maß.

4.2 Radiologischer Verlauf

Ein Problem beim Vergleich der radiologischen Ergebnisse stellt die unterschiedliche Vermessung der Kyphosierung dar. Einige Studien nutzen den Kyphosewinkel (vertebral kyphotic angle), andere den Grund-Deckplattenwinkel (segmental kyphotic angle). Teilweise lässt sich den Publikationen nicht genau entnehmen welcher Winkel gemessen wurde. Grundsätzlich treffen beide Maße ähnliche Aussagen, dennoch sind die Ergebnisse leicht voneinander abweichend. Der GDW wird immer etwas größer als der Kyphosewinkel erscheinen.

Durch eine alleinige dorsale Stabilisierung kann eine vorläufige Reposition und Korrektur erreicht werden. Langfristig ist die dorsale Stabilisierung ohne ventrale Abstützung mit einem hohen Repositionsverlust und Implantatversagen behaftet (90).

Gut belegt ist ebenfalls, dass die dorsoventrale der isolierten ventralen Stabilisierung im Bezug auf den zu erwartenden Korrekturverlust überlegen ist. Been (5) gibt für die ventrale Stabilisierung mit Slot-Instrumentarium einen Korrekturverlust von mehr als 5° bei 41% der Patienten an, bei kombinierter Operation lediglich in 7% des Krankengutes.

Im hier untersuchten Kollektiv, das hauptsächlich aus Frakturpatienten besteht, konnte postoperativ eine Korrektur des GDW von durchschnittlich $10,7^\circ \pm 9,97$ erzielt werden. Der Korrekturverlust im Gesamtpatientengut betrug nach 3 Monaten $2,6^\circ \pm 3,17$ und 6 Monaten $4,3^\circ \pm 5,02$. Bei 14% der Patienten (n=7) konnte postoperativ keine Lordosierung erreicht werden bzw. trat ein Korrekturverlust ein. Bei 10% (n=5) nahm die Kyphosierung postoperativ sogar um 1° bis maximal 21° zu.

Nach der postoperativ erreichten Korrektur verringerte sich der Kyphosewinkel bei 66% nur gering (0-4°), bei 17% um 5 bis 7° und bei weiteren 17% um 8° oder mehr. Ein Korrekturverlust von 10° oder mehr trat bei 6,5% der Patienten auf.

Der Korrekturverlust bei Frakturen unter Ausschluss der Revisionseingriffe und der isoliert ventral stabilisierten Frakturen betrug nach 3 Monaten 2,2° ±2,66 und nach 6 Monaten 3,5° ±3,22.

Ähnliche Korrekturergebnisse werden auch von anderen Autoren beschrieben. In einer großen multizentrischen Studie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (56) wurde bei 197 dorsoventral mit einem Beckenkammspan versorgten Patienten der GDW um 13,8° (±8,7) korrigiert. Defino et al. (20) untersuchten 43 Patienten die aufgrund thorakolumbalen Frakturen mit einem Beckenkammspan oder einem Fibulatransplantat versorgt wurden. Der GDW konnte von präoperativ 22,17° (±10,97) auf postoperativ 8,55° (±6,9) gesenkt werden. Nach durchschnittlich 16,6 Monaten trat bei 72% der Patienten ein Korrekturverlust von 0 bis 4° auf, bei 15% ein Verlust von 5 und 6° und bei 13% ein Verlust von mehr als 7°. Lange et al. (63) geben für Frakturen, die mit einem höhenvariablen Titanimplantat versorgt wurden, eine Korrektur von 19,1° (±10,1) an. Dabei wurden Korrekturen zwischen 4 und 38° erreicht. Das größte nachuntersuchte Patientenkollektiv einer Institution stellten Stoltze und Harms 1998 (90) vor. Unter anderem berichten sie über 201 Patienten die zu ¾ dorsoventral versorgt wurden. Sie berichten über eine Korrektur im thorakolumbalen Bereich von 10,7°. Die größten Korrekturverluste (9-22°) traten überwiegend bei den isoliert ventral oder dorsal stabilisierten Patienten auf.

Entscheidend bei der Interpretation der Ergebnisse erscheint die Frage wie der Korrekturverlust definiert und bewertet wird. Defino (20) spricht von einem Korrekturverlust erst bei einer Zunahme des GDW um 5° und mehr. Einen Korrekturverlust zwischen 5 und 7° bezeichnet er als geringen Korrekturverlust.

Im Gegensatz dazu beschreiben Harms und Stoltze (90) einen relevanten Unterschied der Schmerzsituation in Abhängigkeit vom Korrekturverlust. Bei Patienten mit schweren Schmerzen fand sich in ihrer Untersuchung zu 79% ein Korrekturverlust über 2°, bei Patienten ohne oder mit leichten Schmerzen bestand nur bei 38% ein Korrekturverlust über 2°. Eine solche Korrelation zwischen Korrekturverlust und der Schmerzangabe konnte im nachuntersuchten Kollektiv nicht nachgewiesen werden.

Tabelle 36: Literaturübersicht zu Studien die operativ versorgte Wirbelkörperfrakturen nachuntersuchten

Autor,	n	Verfahren	Korrektur	Korrekturverlust
---------------	----------	------------------	------------------	-------------------------

Jahr	(Zeitraum)				
Been, 1989	29 (1983-1986)	Isoliert Stabilisierung	ventrale		>5° in 41%
Stoltze, Harms 1998	201 (1986-1990)	Dorsoventrale Stabilisierung Knochenspan (n=152)	mit Thorakolumbal 10,7°	Thorakal 9,3°	Thorakal: 1 Jahr postop 4,4°, 2 Jahre postop 1,5°
		dorsale (n=39)	Stabilisierung	Lumbal 15,2 °	Thorakolumbal: 1 Jahr postop 2,9°, 2 Jahre postop 1,7°
		Ventrale (n=10)	Stabilisierung		Lumbal: 1 Jahr postop 4°, 2 Jahre postop 2,5° 70% 0-2° Korrekturverlust, 20% 3-8° Korrekturverlust, 10% 9-22° Korrekturverlust (überwiegend ausschließlich dorsal oder ventral versorgte Patienten)
	54 (1990-1992)	„kortikospongioser Span“			5° (1 Jahr postop)
	58 (1993-1994)	„Titankorb-Spongiosa- Gruppe“			2° (1 Jahr postop)
Defino et al., 1998	43 (1990-1993)	Dorsoventrale Stabilisierung Beckenkammspan (n=41) und Fibulatransplantat (n=2)	mit	GDW präop 22,2° GDW postop 8,6	GDW nach 17 Monaten 10,3° 0-4°: 71,8% (=“kein Korrekturverlust“) 5°: 7,6% 6°: 7,6% 7°: 7,6° >10°: 5,2%
Knop et al., 2000	682 (1994-1996)	Dorsoventrale Stabilisierung 29%) Dorsale Stabilisierung (n=448, 66%) Ventrale Stabilisierung	(n=197, Gesamt (GDW1)	Korrekturgewinn 11,3°	Korrekturverlust 8° (GDW 1)

(n=37, 5%)						
Dvorak et al., 2003	57 (Fraktur 81%, Infektion 2%, Neoplasie 9%, andere Deformität 7%)	Dorsoventrale Stabilisierung (MOSS™)	GDW mit GDW	präop 4,2° ±6,9 25,4±18,2° 7,5±15,3°	postop	
Lange et al., 2007	47 (Fraktur)	Dorsoventrale Stabilisierung Synex™	mit	19,1 ±10,1	Nach 1 Jahr: 2,3 ±3,0° (0-12°)	
Eigene Ergebnisse (1999-2001)	50 (n=48 Ventral n=2)	Dorsoventral (VBR®)	Gesamt: 10,7° Dorsoventral: 11,3° Ventral: 0°	Nach 3 Monaten: 2,6° Dorsoventral: 2,1° Ventral: 6,5°	Nach 6 Monaten: 4,3° Dorsoventral: 1,6° Ventral: 3,5	

4.3 Der Einsatz expandierbarer Cages bei Frakturen

Im Frakturkollektiv liegt die Hauptlokalisation wie erwartet, bedingt durch die besondere biomechanische Beanspruchung, im Bereich des thorakolumbalen Übergangs. Im Bereich BWK 12, LWK 1 und LWK 2 waren 70% der am schwersten verletzten Wirbelkörper lokalisiert. Am häufigsten trat eine Fraktur des BWK 12 (27 %) auf. In allen Studien zu Wirbelkörperfrakturen ist hauptsächlich der thorakolumbale Übergang betroffen. Der am häufigsten betroffene Wirbelkörper war in der Multicenterstudie von Knop et al. (56) LWK 1 mit 49 %.

Der Untersuchungszeitraum schloss die von 1999 bis 2001 in unserer Abteilung operierten Patienten ein. Es ist zu bemerken, dass 1999 5/7 stabilisierten A-Frakturen zum Typ A3.1 gehörten. Im Jahr 2000 wurde nur noch eine A3.1-Fraktur offen operativ stabilisiert. 2000 gehörten 6/7 A-Frakturen zum Typ A3.3. Es zeichnet sich die Tendenz ab, dass im Verlauf die Indikation zur operativen Stabilisierung aufgrund der erheblichen operativen und perioperativen Morbidität zurückhaltender gestellt wurde und letztendlich nur noch Frakturen vom Typ A3.3 oder höhergradige B- oder C-Frakturen einer dorsoventralen Stabilisierung zugeführt wurden. In der operierenden Abteilung wurde dazu übergegangen Frakturen vom Typ A3.1 thorakoskopisch mit Knochenspan und ventraler Platte zu versorgen.

In der Studie von Korovessis et al. (60) wird die alleinige dorsale der dorsoventralen Stabilisierung gegenübergestellt. In der dorsoventral operierten Gruppe wurden eine signifikant längere Operationszeit, ein höherer Blutverlust und ein längerer Krankenhausaufenthalt festgestellt. Zudem wurden in dieser Gruppe mehr chirurgische Komplikationen beobachtet. Mit beiden Verfahren konnte ein ähnliches Korrekturergebnis erreicht werden, klinisch war die dorsale Stabilisierung der dorsoventralen Instrumentierung jedoch überlegen. VAS und SF 36 korrelierten nicht signifikant mit dem Korrekturverlust. Da der Korrekturverlust in der dorsal operierten Gruppe jedoch im Verlauf deutlich höher lag als bei den kombiniert operierten Patienten nehmen die Autoren dennoch Abstand von der alleinigen dorsalen Stabilisierung bei Frakturen vom Typ A.3.

Über 2/3 der Frakturen gehörten zu den hochgradig instabilen B- und C-Frakturen (40 und 28 %). 32% der frakturierten Wirbelkörper waren Typ-A-Frakturen und bis auf eine Ausnahme dem Typ A3 zugehörig. In einer großen Nachuntersuchung von Stoltze und Harms (90) mit insgesamt 201 Patienten waren A-Verletzungen mit 37%, B-Verletzungen mit 27% und C-Verletzungen mit 36% festgestellt worden.

Über die Indikation zur Stabilisierung der Wirbelsäule bei frischen Frakturen besteht mittlerweile eine weitgehend einheitliche Auffassung. Mit der operativen Behandlung konnte im Vergleich zum konservativen Vorgehen die Frühkomplikationsrate deutlich gemindert werden. Zudem hängt das neurologische Erholungspotential wesentlich vom Zeitpunkt der Dekompression ab (90). Von den meisten Autoren wird die Indikation zur operativen Stabilisierung bei Frakturen vom Typ A.3 nach Magerl oder höhergradigen B- und C-Frakturen, bei neurologischem Defizit und therapieresistenten Schmerzen die Operationsindikation gesehen (57, 5).

Die Biomechanik der Wirbelsäule ist dadurch gekennzeichnet, dass axial angreifende Kräfte ventral zu einer Druckbelastung führen, da der Körperschwerpunkt vor dem Achsorgan liegt, und dorsal als Zug- bzw. Scherkräfte erscheinen. Als Load-Sharing-Prinzip wird die Lastenverteilung von axialen Kräften bezeichnet, die zu 80% als Kompressionskraft auf den Wirbelkörper und die Bandscheibe wirken und zu 20% in den dorsalen Strukturen als Zug- oder Scherkraft (90).

Ausgehend von den biomechanischen Grundlagen wird deutlich, weshalb bei alleiniger dorsaler Stabilisierung häufig Probleme mit Korrekturverlusten, Materialversagen und Pseudarthrosen auftreten. Es kommt dabei zu einer Umleitung der Krafteinwirkung und der Großteil der Kraft läuft dorsal über das Instrumentarium.

Wichtig sind im Vergleich auch die Ergebnisse der alleinigen ventralen Stabilisierung. Bei den sog. „stable burst-fractures“, also keinen B- oder C-Verletzungen, werden nur geringe Korrekturverluste bis 2° beschrieben. Über die Versorgung von „unstable burst-fractures“ berichteten Okuyama et al. 1996 (81). Auch von diesem Autor wird nur ein geringer Korrekturverlust von 1° angegeben, es verbleibt jedoch eine erhebliche posttraumatische Restkyphose von 11°.

Mehrere Untersuchungen belegen, dass kombinierte dorsoventrale Spondylodesen zu signifikant besseren Endergebnissen im Hinblick auf primäre Korrektur, Korrekturerhalt und dauerhafter Stabilität führen. Als Beispiel sei nochmals die Arbeit von Been (5) angeführt. Er beschrieb bei isolierter ventraler Fusion mit Slot-Instrumentarium mehr als 5° Korrekturverlust bei 41% der Patienten, bei rein dorsaler Stabilisierung mehr als 5° in 72% und bei kombiniertem Vorgehen in lediglich 7% der Fälle. Auch in der vorgestellten Untersuchung wurden bei isolierter ventraler Stabilisierung kyphotische Fehlstellungen durch Cage-Dislokation und Sinterung beobachtet.

Als Wirbelkörperersatz kommen allogene und autologe Knochentransplantate unterschiedlicher Lokalisationen regelmäßig zum Einsatz. Bei diesem Verfahren wird in Abhängigkeit von der Lokalisation eine endgültige Stabilität nach 6 bis 12 Monaten erreicht. Neben der Entnahmemorbidität, sind Komplikationen im Sinne von Pseudarthrosen und Implantatversagen beschrieben. Transplantatnekrosen sind insbesondere im Zusammenhang mit Bestrahlungen des stabilisierten Wirbelsäulenabschnittes bei tumoröser Grunderkrankung beschrieben worden (13).

Um diese Komplikationen zu vermeiden, wurden Cages als Wirbelkörperersatz entwickelt. Seit 1997 sind die ersten expandierbaren thorakolumbalen Korporektomie-Cages für die humane Anwendung in Europa zugelassen. Metallische Wirbelkörperersatzimplantate wie der „Meshed Titanium Cage“ nach Harms (DePuy Acromed, Sulzbach, Deutschland) sind bereits seit längerem in klinischer Anwendung. Die Verwendung dieser Implantate ist jedoch sehr anspruchsvoll. Die individuelle Anpassung des Cages ist zeitintensiv, da ein exaktes und häufig mehrfaches Zurechtschneiden und Probeimplantationen notwendig sind. Diese können zu Läsionen der Endplatten führen, die eine Sinterung des Implantates begünstigen.

In der vorliegenden Untersuchung wurden 2 Patienten mit Frakturen, 2 Patienten mit einer Spondylodiszitis und 4 Patienten mit einer Tumorerkrankung der Wirbelsäule ausschließlich ventral stabilisiert. Bei den 2 Frakturpatienten konnte keine Reposition erzielt werden und der Korrekturverlust nach 6 Monaten betrug 10°. Bei 2 Patientinnen mit tumoröser

Wirbelkörperdestruktion kam es postoperativ zu einer Sinterung des Cages. In einem Fall war eine operative Revision mit dorsaler Erweiterung des Instrumentariums notwendig

In der vorliegenden Untersuchung wurden die sehr guten Ergebnisse von Been nicht wiederholt. Bei 66% der Nachuntersuchten trat ein Korrekturverlust zwischen 0 und 4°, bei 17% zwischen 5 und 7° auf. Ein Korrekturverlust von 8° und mehr wurde bei 17% beobachtet. Mehr als 10° Korrekturverlust trat bei 6,5% der Frakturpatienten auf. Diese Patienten sind besonders gefährdet im Langzeitverlauf nach den Ergebnissen von Böhler (11), Trojan (92) und Mc Lain (76) persistierende Beschwerden zu erleiden. Die beiden erstgenannten Autoren wiesen nach, dass ab einer Kyphosierung von 15° nahezu immer Beschwerden auftreten, McLain fand dauerhafte Einschränkungen bereits ab einem Kyphosewinkel von 10°.

In der untersuchten Frakturgruppe ist eine mit 20% vergleichsweise häufige Ursache der Suizidversuch mit einem Sprung aus großer Höhe. In einer großen Multicenterstudie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (56) liegt der Anteil der Sprünge in suizidaler Absicht bei nur 8,2 %. In den Veröffentlichungen der statistischen Landesämter findet sich kein Hinweis auf eine gegenüber dem Bundesdurchschnitt erhöhte Suizidrate in Berlin.

4.4 Der Einsatz des VBR® bei Tumoren und Metastasen der Wirbelsäule

Disseminierte Malignome metastasieren in bis zu 70% in die Wirbelsäule (44), wobei überwiegend Wirbelkörper betroffen sind (51). Eine Indikation zur operativen Stabilisierung wird beinahe einhellig bei Wirbelsäulenmetastasen mit nicht ausreichendem oder nicht zu erwartendem Ansprechen auf Radiatio, zunehmenden neurologischen Defiziten und Schmerzen gestellt. Eine Verlängerung der Überlebenszeit ist meistens nicht zu erreichen.

Ziel ist eine primäre Belastungsstabilität und die Erhaltung des Korrekturergebnisses.

Nach Bauer (3) sind durch die alleinige dorsale Dekompression und Stabilisierung vergleichbare Ergebnisse wie bei der anterioren Stabilisierung zu erreichen. Die Mehrzahl der Autoren favorisiert jedoch die ventrale Stabilisierung und Dekompression als Verfahren der Wahl (44, 49). Das Ausmaß der operativen Belastung muss der zu erwartenden Lebenszeit kritisch gegenübergestellt werden.

In unserer Untersuchung ist mit insgesamt 7 Fällen eine geringe und nicht repräsentative Anzahl Tumorpatienten eingeschlossen. Daher sind nur die Besonderheiten der einzelnen Verläufe darstellbar. Nur 3/7 Tumorpatienten wurden initial dorsal stabilisiert. Wir sahen bei einem Tumorpatienten nach alleiniger ventraler Stabilisierung eine revisionsbedürftige

Sinterung mit zunehmender Kyphosierung. Bei einer weiteren Tumorpatientin trat ebenfalls eine deutliche Sinterung auf, jedoch ohne subjektive Verschlechterung.

4.5 Expandierbare Cages bei Spondylodiszitis

Spondylodiszitiden stellen eine ernste Bedrohung für die Integrität der Wirbelsäule und die nervalen Strukturen dar. Oft hat die Spondylodiszitis als konsumierende Allgemeinerkrankung einen vital bedrohlichen Charakter. Hohe Frühkomplikationsraten durch lange Immobilisationszeiten und eine hohe Rate von Defektheilungen der Wirbelsäule mit Deformität und Instabilität sowie neurologische Komplikationen haben zur Entwicklung operativer Therapiekonzepte geführt (91).

Der Einsatz metallischer Implantate bei Spondylodiszitiden ist, insbesondere ventral, sehr umstritten (65, 9, 40, 80, 61). Nachteile der autologen kortikospongiösen Transplantate können sich aus der Qualität des Knochenmaterials bei Osteoporose oder Osteomalazie, aus der verzögerten Inkorporation kortikaler Späne und der schwierigen Gewinnung ausreichend langer Transplantate bei mehrsegmentalen Defekten ergeben. Stoltze und Harms berichten über gute klinische Erfahrungen mit dem sogenannten Harms-Korb (MOSS™) bei Spondylodiszitiden (91). Problematisch ist bei der Einbringung zusätzlicher Fremdkörper in einen entzündlichen Defekt die Gefahr der Keimkontamination oder Re-Exacerbation des Infektes. Die Gruppe um Oga und Gristina (40, 80) sieht bei radikalem Debridement und frischem Transplantatlager keine Kontraindikation, da die körpereigene Abwehr und eine antibiotische Behandlung das Risiko kalkulierbar machen.

Stoltze und Harms (91) berichten über gute Ergebnisse nach dorsoventraler Stabilisierung mit trikortikalem Beckenkammspan. Eine absolute Operationsindikation ist nach ihrer Ansicht gegeben bei fortschreitender Destruktion und Abszessbildung, progredienter Instabilität und Fehlstellung, neurologischen Komplikationen und rezidivierenden Sepsisschüben trotz adäquater antibiotischer Therapie. Das radikale Débridement in Kombination mit einer stabilen Osteosynthese ermöglicht postoperativ eine zügige Mobilisation und verkürzt den Krankenhausaufenthalt.

In der vorliegenden Untersuchung wurden 15 Patienten aufgrund einer Spondylodiszitis bzw. Spondylitis ventral mit einem expandierbaren Cage versorgt. Bei 13/15 Patienten wurde eine kombinierte dorsoventrale Stabilisierung durchgeführt. Der mittlere Blutverlust betrug 2638 ml \pm 1050 und der ventrale Eingriff dauerte durchschnittlich 4,8 \pm 1,8 Stunden. Die Patienten

wurden im Mittel $9,4 \pm 11,3$ Tage postoperativ auf der Intensivstation betreut. Präoperativ bestand ein neurologisches Defizit bei 7/15 Patienten.

Mittlerweile liegen auch erste Daten über den Einsatz von metallischen Wirbelkörperersatzimplantaten bei Spondylitis bzw. Spondylodiszitis vor (65). Es wurde eine Korrektur von $9,4^\circ$ erreicht und im Verlauf ein Korrekturverlust von $0,9^\circ$ beobachtet. Cage-Sinterungen oder Dislokationen bzw. erneute Infektionen wurden von den Autoren nicht beobachtet.

Stoltze und Harms (91) berichten über 268 Patienten bei denen eine ventrale Stabilisierung mit einem trikortikalen Beckenkammspan durchgeführt wurde und von denen 153 für eine Nachuntersuchung gewonnen werden konnten. Sie berichten über generelle postoperative Komplikationen wie Pneumonien (5,8%), Atelektasen (7,1%), kardiale Probleme (7,8%), renale Komplikationen (1,3%) und pulmonale Embolien (1,2%). Ein Patient verstarb an kardialen Komplikationen.

Korovessis et al. (61) berichten über den Einsatz expandierbarer Cages bei einseitiger dorsoventraler Stabilisierung. Die Gesamtdauer wird mit nur 4,5 h angegeben, d.h. im Vergleich zum vorliegenden Kollektiv dauert der kombinierte Eingriff kürzer als die ventrale Stabilisierung. Die Schmerzen auf der visuellen Analogskala (max. 10 Punkte) wurden von 7 präoperativ auf 2 postoperativ gesenkt. Es wurde eine Korrektur von 6° erreicht und bis zur letzten Nachuntersuchung nach durchschnittlich 45 Monaten auch kein Korrekturverlust beobachtet. Die neurologisch beeinträchtigten Patienten besserten sich um durchschnittlich 1,4 Grad auf der Frankel-Skala. Implantatversagen wurde in keinem Fall beobachtet.

Im Vergleich zum vorliegenden Kollektiv (61 ± 10 (44-76)) war der Altersdurchschnitt der Patienten in der Studie von Korovessis mit 55 ± 16 (29-83) geringer.

4.6 Vorteile expandierbarer Cages

Valide klinische Untersuchungen, die expandierbare und nicht-expandierbare Cages vergleichen, existieren nicht. Expandierbare Cages werden hauptsächlich aufgrund ihrer operationstechnischen Vorteile eingesetzt.

Gegenüber dem trikortikalen Beckenkammspan bieten Cages möglicherweise den Vorteil einer schnelleren Einheilung der Spongiosa (90). Im Vordergrund steht die fehlende Entnahmemorbidität am Beckenkamm.

Die Gewinnung eines verwertbaren Knochentransplantats vom Beckenkamm ist nicht möglich wenn eine schwere Osteoporose vorliegt. Bei Tumoren und Spondylodiszitiden ist

die Verwendung von Knochentransplantaten ebenfalls oft nicht möglich bzw. sehr problematisch. In diesen Fällen muss ein alternativer Wirbelkörperersatz eingesetzt werden. Distrahierbare Implantate sind ideal dazu geeignet.

Expandierbare Cages ermöglichen, im Gegensatz zum Beckenkammspan und nicht-expandierbaren Cages eine direkte Distraction der ventralen Säule. Damit wird eine Vorspannung erreicht, die die bei der 360°-Spondylodese notwendige dorsale Kompression erübrigt.

Durch die exakte Höheneinstellung ist eine Anpassung an die Defekthöhe und somit eine optimale Rekonstruktion der ventralen Wirbelsäulenabschnitte möglich. Das Zurechtschneiden des Cages, wie es beim „Titanium Surgical Mesh“ bzw. nicht expandierbaren Cages üblich ist, entfällt.

Endoskopische Zugangswege sind für die gesamte Wirbelsäule etabliert, auch der am häufigsten betroffene thorakolumbale Übergang ist minimal-invasiv zugänglich (8). Beisse et al. berichten über 46 Patienten bei denen mit endoskopisch kontrolliertem Zwerchfellsplitting der Zugang zu Frakturen des thorakolumbalen Übergangs geschaffen wurde. Die Patienten erreichten innerhalb kurzer Zeit postoperativ ein Schmerzniveau, das keiner oder nur leichter medikamentöser Unterstützung bedurfte und eine zügige Mobilisation ermöglichte. In dieser Untersuchung wurde ein Beckenkammspan eingebracht. Die expandierbaren Implantate scheinen jedoch für das endoskopische oder minimal-invasive Vorgehen gut geeignet, da sie nicht-expandiert wenig Raum einnehmen und gut zu platzieren sind.

4.7 Nachteile expandierbarer Cages

Mit der alleinigen Verwendung eines Cages kann die Stabilität eines Bewegungssegmentes nicht wieder hergestellt werden, d.h. Korporektomie-Cages sind als „Stand-alone-Implantate“ nicht geeignet (52). Eine Reposition nur durch den Cage von ventral ist nicht möglich. Der untersuchte VBR® ist für die minimal-invasive Anwendung nicht geeignet.

Auch in unserem Patientengut traten Sinterungen auf, insbesondere bei isolierter ventraler Stabilisierung. Die Notwendigkeit der Kombination mit einer dorsalen Stabilisierung ist in den meisten Fällen eine notwendige Konsequenz des „Load-Sharing-Prinzips“.

Beim Einsatz expandierbarer Implantate müssen operative Besonderheiten berücksichtigt werden. Eine übermäßige Distraction des Cages mit Einbruch in die angrenzenden Grund- bzw. Deckplatten muss unbedingt vermieden werden. Bei den expandierbaren Implantaten steht nur eine begrenzte Auswahl an abgewinkelten Endplatten zur Verfügung, so dass

teilweise eine Anpassung des Defekts an das Implantat notwendig ist und nicht umgekehrt, wie eigentlich angestrebt.

Zu beachten bleibt die erhebliche Zugangsmorbidität. Das Implantat ist zwar sehr stabil, sollte aber nur bei erheblicher Instabilität eingesetzt werden. Der Einsatz bei Frakturen vom Typ A 3.1 erscheint nicht angemessen. Langzeitergebnisse bezüglich Fusion, Sinterung und Repositionsverlust stehen noch aus. Eine erhöhte Belastung der angrenzenden Segmente und Wirbelkörper bedingt durch die hohe Rigidität ist nicht auszuschließen.

Letztendlich verursacht der Einsatz von Cages auch zusätzliche Materialkosten. Der untersuchte VBR® kostet durchschnittlich ca. 1400 Euro.

5 Zusammenfassung

Frakturen, Spondylodiszitiden und maligne Erkrankungen können zu einer Instabilität dervorderen Säule führen. Die dorsale Stabilisierung mit einem winkelstabilen Fixationssystem ist eine anerkannte Methode zur Stabilisierung der Brust- und Lendenwirbelsäule. Sie ist jedoch häufig von einem erheblichen sekundären Repositionsverlust begleitet, so dass mittlerweile eine zusätzliche ventrale Stabilisierung von vielen Autoren empfohlen wird. Mit der operativen Rekonstruktion der vorderen Säule wird eine Situation angestrebt, die den biomechanischen Ansprüchen gerecht wird, denn der überwiegende Teil der axial angreifenden Kräfte wird von der vorderen Säule aufgenommen. Allen Verfahren zur Stabilisierung der Wirbelsäule ist ein Korrekturverlust im Verlauf gemeinsam. Das Ausmaß des Repositionsverlustes ist jedoch unterschiedlich.

Als Standardtransplantat gilt der autologe trikortikale Beckenkammspan, dessen Gewinnung mit einer erheblichen Entnahmemorbidität belastet ist. Auch autologe oder allogene Transplantate aus der Fibula, den Rippen, der Tibia und dem Femur werden verwendet. Bei Knochentransplantaten wurden Pseudarthrosen, unzureichende biomechanische Stabilität und Sinterungen mit resultierender Kyphosierung, sowie Transplantatnekrosen speziell nach postoperativer Strahlentherapie beobachtet. Diese Probleme führten in den letzten Jahren zum vermehrten Einsatz metallischer Wirbelkörperersatzimplantate.

Diese sogenannten Korporektomie-Cages sind in expandierbaren und nicht-expandierbaren Formen erhältlich. Der bekannteste und gut untersuchte nicht-expandierbare Wirbelkörperersatz ist der „Meshed Titanium Cage“ nach Harms (DePuy Acromed, Sulzbach, Deutschland). Der Einsatz nicht-expandierbarer Cages ist anspruchsvoll, denn

insbesondere die individuelle Anpassung des Implantates erfordert ein exaktes und oft mehrfaches Zuschneiden des Cages sowie Probeimplantationen. Eine abschließende dorsale Kompression in einem zusätzlichen Operationsschritt kann erforderlich sein.

Expandierbare Cages bieten eine einfachere intraoperative Handhabung. Mit der Expansion des Cages wird eine Vorspannung, ein sog. „Press-fit“, erreicht. Daher erübrigt sich eine abschließende dorsale Kompression. Mit dem Implantat kann direkt und individuell die Defekthöhe eingestellt werden. Mittlerweile stehen auch endoskopisch implantierbare Cages zur Verfügung. Vor allem jedoch verringert sich mit jedem metallischen Wirbelkörperersatz die mit der Entnahme eines trikortikalen Knochenspanes assoziierte Morbidität.

Im Gesamtpatientengut wurde mit dem VBR® eine signifikante Korrektur (t-Test $p < 0,0001$) des GDW von $10,7^\circ \pm 9,97$ erreicht.

Der Korrekturverlust von $3,5^\circ \pm 3,22$ nach dorsoventraler Rekonstruktion von Frakturen mit dem VBR® ist vergleichbar mit den Ergebnissen, die mit dem Harms-Korb (2° ein Jahr postoperativ) und trikortikalem Beckenkammspan (5° ein Jahr postoperativ) erreicht wurden (90). Im Vergleich zum trikortikalen Beckenkammspan wird eine geringere sekundäre Kyphosierung bei guter Primärstabilität erreicht.

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es Nutzen und Risiken des expandierbaren Korporektomie-Cages VBR® zu charakterisieren.

Eine Reihe von Publikationen beschreibt den Einsatz expandierbarer Cages als sicher. Auch in unseren Ergebnissen zeigt sich der expandierbare Cage als effektive Option zur ventralen Stabilisierung. Es trat kein Implantatversagen auf. Sinterungen wurden jedoch, insbesondere bei Patienten mit alleiniger ventraler Stabilisierung beobachtet. Die effektive Rekonstruktion der vorderen Säule ist möglich. In Kombination mit einer dorsalen Stabilisierung trat ein geringer Korrekturverlust auf.

Der Blutverlust und die Dauer (2200 ml und 3,7 h bei Frakturen) sowie die möglichen Komplikationen (3,6% operative und 35,7% postoperative Komplikationen bei Frakturen) des Eingriffs sind nicht unerheblich, wiegen jedoch die deutlich besseren, vor allem radiologischen, Ergebnisse der kombinierten dorsoventralen Spondylodese gegenüber dem isolierten ventralen oder dorsalen Vorgehen auf. Es muss in Erwägung gezogen werden, dass für den relativ hohen Blutverlust und die Länge des ventralen Eingriffs das operative Procedere in der durchführenden Klinik mit häufiger Revision des Spinalkanals mit Resektion der Wirbelkörperhinterkante und nicht das Implantat als solches verantwortlich waren. Letale Komplikationen wurden im vorgestellten Patientenkollektiv nicht beobachtet.

Die klinischen Ergebnisse im Bezug auf das neurologische Outcome (Verbesserung in 61%), Rückenschmerzen (Verminderung 77 Punkten präoperativ auf 39/100 Punkten auf der visuellen Analogskala postoperativ) sowie die Beweglichkeit sind gegenüber den Ergebnissen mit dem Gold-Standard Beckenkammspan und nicht-expandierbaren Cages gleichwertig. Für den Einsatz expandierbarer Cages spricht die vermiedene Entnahmemorbidität am Beckenkamm und die einfache operative Handhabung unter Beachtung der operationsspezifischen Besonderheiten. Adjuvante Therapieformen können bei Wirbelsäulenmetastasen uneingeschränkt zur Anwendung kommen.

Expandierbare Implantate zum Wirbelkörperersatz können bei Frakturen, Tumoren und Spondylodiszitiden eingesetzt werden. Die Verwendung metallischer Implantate bei Spondylodiszitis bzw. Spondylitis bleibt umstritten und wird nicht von allen Kliniken favorisiert. In der durchgeführten Studie wurden expandierbare Cages erfolgreich bei Spondylodiszitiden eingesetzt.

Der in der vorliegenden Untersuchung beobachtete Zeitraum erstreckt sich nur über 6 Monate. Es handelt es sich also um frühe Ergebnisse. Langzeitergebnisse und der direkte Vergleich expandierbarer bzw. nicht-expandierbarer Cages stehen noch aus. Die klinische Wertigkeit der expandierbaren Korporektomie-Cages ist daher noch nicht abschließend geklärt. Die bisherigen radiologischen Ergebnisse sind akzeptabel. Ob das klinische Ergebnis in gleichem Maße positiv beeinflusst wird, bleibt abzuwarten. Die Rigidität des Cages könnte zu einer erhöhten Belastung benachbarter Segmente und Wirbelkörper führen. Da expandierbare Cages auch für minimal-invasive und endoskopische Techniken nutzbar sind, ist eine weitere Minderung der mit dem ventralen Eingriff assoziierten Morbidität wahrscheinlich.

6 Literaturverzeichnis

- 1 Ashman RB, Birch JB, Bone LB et al.: Mechanical testing of spinal instrumentation. Clin Orthop, 1988, 227, S. 113-118
- 2 Banwart JC, Asher MA, Hassanein RS: Iliac crest bone graft harvest donor site morbidity. Spine, 1995, 20, S. 1055-1060
- 3 Bauer HCF: Posterior decompression and stabilization for spinal metastasis. J Bone Joint Surg, 1997, 79, S. 514-522
- 4 Baulot E, Trouilloud P, Ragois P, Giroux EA, Grammont PM: Anterior spinal fusion by thoracoscopy. A non-traumatic technique. Rev Chir Orthop Reparat Apparat Mot, 1997, 83, S. 203-209
- 5 Been HD: Anterior decompression and stabilization of thoracolumbar burst fractures by the use of the Slot-Zielke-Device. Spine, 1991, 16, S. 70-77
- 6 Been HD, Bouma GJ: Comparison of two types of surgery for thoraco-lumbar burst fractures: combined anterior and posterior stabilisation vs. posterior instrumentation only. Acta Neurochir (Wien), 1999, 141, S. 349-356
- 7 Beisse R, Potulski M, Temme C, Bühren V: Endoscopically controlled division of the diaphragm. A minimally invasive approach to ventral management of thoracolumbar fractures of the spine. Unfallchirurg: 1998, 101, S. 619-627
- 8 Beisse R, Potulski M, Temme C, Bühren V: Das endoskopisch kontrollierte Zwerchfellsplitting Unfallchirurg. 1998, 101, S. 619-627
- 9 Bhat A, Lowery G, Sei A: The use of titanium surgical mesh-bone graft composite in the anterior thoracic or lumbar spine after complete or partial corpectomy. Eur Spine J, 1999, 8, S. 304-309
- 10 Blauth M: Grundlagen der Wirbelsäulentraumatologie. In: Tscherne H, Blauth M: Unfallchirurgie: in 13 Bänden Wirbelsäule Berlin, Heidelberg, New York, Springer, 1998, ISBN 83-540-62480-5
- 11 Böhler J: Konservative Behandlung von Brüchen der Brust/Lendenwirbelsäule. Z Unfallmed Berufserkr, 1972, 2, S. 100-104
- 12 Bone LB, Johnston II, Ashman RB, Roach JW: Mechanical comparison of anterior spinal instrumentation in a burst fracture model. J Orthop Trauma, 1988, 2, S. 195-201

- 13 Bouchard J, Koka A, Bensusan JS, Stevenson JS, Emery SE: Effects of radiation on posterior spinal fusion: a rabbit model. *Spine*, 1994, *19*, S. 1836-41
- 14 Bühren V: Thoracoscopic management of fractures of the thoracic and lumbar spine. *Langebecks Arch Chir Kongressbd*, 1998, *115 (Suppl)*, S. 108-112
- 15 Bühren V: Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg*, 2003, *106*, S. 55-69
- 16 Cantor JB, Lebowitz NH, Garvey T, Eismont F: Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing. *Spine*, 1993, *18*, S. 971-974
- 17 Chiras J, Depriester C, Weill A, Sola-Martinez MT, Deramond H: Percutaneous vertebral surgery. Technics and indications. *J Neuroradiol*, 1997, *24*, S. 45-59
- 18 Daniaux H: Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg*, 1986, *89*, S. 197-213
- 19 Daniaux H, Seykora P, Genelin A, Lang T, Kathrein A: Application of posterior plating and modifications in thoracolumbar spine injuries. *Spine*, 1991, *12*, S. 882-900
- 20 Defino HLA, Rodriguez-Fuentes AE: Treatment of fractures of the thoracolumbar spine by combined anteroposterior fixation using the Harms method. *Eur Spine J*, 1998, *7*, S. 187-194
- 21 Denis F: Updated classification of thoracolumbar fractures. *Orthop Trans*, 1982, *6*, S. 8-9
- 22 Denis F: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine*, 1983, *8*, S. 817-831
- 23 Denis F: Spinal instability as defined by the three-column spine concept in acute spinal trauma. *Clin Orthop*, 1984, *18*, S. 965-76
- 24 Dick W: Fixateur interne. State of the art reviews. *Spine*, 1992, *6*, S. 147-172
- 25 Dick W: Innere Fixation von Brust- und Lendenwirbelfrakturen. In: Burri C, Harder F, Bauer R: *Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie*, 282, Bern, Hans Huber, 1987, S. 1-137
- 26 Dvorak M, Kwon B, Fisher C, Eiserloh H, Boyd M, Wing P: Effectiveness of Titanium Mesh Cylindrical Cages in Anterior Column Reconstruction After Thoracic and Lumbar Vertebral Body Resection. *Spine*, 2003, *9*, S. 902-908
- 27 Ernstberger T, Kögel M, König F, Schultz W: Expandable vertebral body replacement in patients with thoracolumbar spine tumors. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2005
- 28 Eysel P: *Die ventrale Instrumentation der Rumpfwirbelsäule*. Stuttgart, Enke, 1998

- 29 Eysel P, Meinig G, Sanner F: Vergleichende Untersuchung unterschiedlicher dorsaler Stabilisierungsverfahren bei frischen Frakturen der Rumpfwirbelsäule: Unfallchirurgie, 1991, 17, S. 264-273
- 30 Eysel P, Peters K: Spondylodiscitis. In: Peters K, Klosterhalfen B: Bakterielle Infektionen der Knochen und Gelenke, Stuttgart, Enke, 1997
- 31 Eysel P, Rompe JD, Hopf C, Meinig G: Die Bedeutung der Bandscheibe für den Repositionsverlust operativ stabilisierter Frakturen der Rumpfwirbelsäule. Unfallchirurg, 1994, 97, S. 451-457
- 32 Faciszewski T, Winter RB, Lonstein JE, Francis D, Johnson L: The surgical and medical perioperative complications of anterior spinal fusion. Surgery in the thoracic and lumbar spine in adults. Spine, 1995, 20, S. 1592-1599
- 33 Feil J, Wörsdorfer O: Ventrale Stabilisierung im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule. Chirurg, 1992, 63, 856-865
- 34 Fernandez FF, Winkler H, Koepke J, Merkel G: Klinische und MRT Untersuchungen zum Langzeiteinwachsverhalten von autologen Spongiosaplastiken bei instabilen thorakolumbalen Wirbelfrakturen. Jahreskongress Osteosynthese international, Frankfurt/M. 09.-11.09.99
- 35 Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, Melzak J, Michaelis LS et al.: The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. Paraplegia, 1969, 7.1, S. 79-94
- 36 Gertzbein SD: Neurologic deterioration in patients with thoracic and lumbar fractures after admission to the hospital. Spine, 1994, 19, S. 1723-1729
- 37 Gertzbein SD: Scoliosis Research Society. Multicenter Spine Fracture Study, Spine, 1992, 17, S. 528-540
- 38 Gertzbein SD, Betz R, Clements D et al.: Semirigid instrumentation in the management of lumbar spine conditions combined with circumferential fusion. A multicenter study. Spine, 1996, 21, S. 1918-1926
- 39 Gertzbein SD, Court-Brown CM, Marks P, Martin C, Fazel M, Schwartz M, Jacobs RR: The neurological outcome following spinal fractures. Spine, 1988, 13, S. 641-644
- 40 Gristina AG, Oga M, Webb LX, Hobgood DC: Bacterial adherence and the pathogenesis of osteomyelitis. Science, 1985, 228, S. 990-993
- 41 Gurr KR, McAfee PC, Chi-Ming S: Biomechanical analysis of anterior and posterior instrumentation systems after corpectomy. J Bone Joint Surg Am, 1988, 70, S. 1182-1190

- 42 Haas N, Blauth M, Tscherne H: Anterior plating in thoracolumbar spine injuries. Indication, technique and results. *Spine*, 1991, *16 (Suppl)*, S. 100-101
- 43 Harms J, Stoltze D: The indications and principles of correction of posttraumatic deformities. *Eur Spine J*, 1992, *1*, S. 142-151
- 44 Harrington KD: Orthopedic surgical management of skeletal complications of malignancy. *Cancer*, 1997, *80*, S. 1614-1627
- 45 Harrington PR: Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Jt Surg*, 1962, *44-A*, S. 591-602
- 46 Harrington PR: Instrumentation in spine instability other than scoliosis. *S Afr J Surg*, 1967, *5*, S. 7-16
- 47 Harrington PR: Technical details in relationship to the successful use of instrumentation in scoliosis. *Orthop Clin N Amer*, 1972, *3*, S. 49-61
- 48 Hertlein H, Hartl WH, Dienemann H, Schurmann M, Lob G: Thoracoscopic repair of thoracic spine trauma. *Eur Spine J*, 1995, *4*, S. 302-307
- 49 Hosono N, Yonenobu K, Fuji T, Ebara S, Yamashita K, Ono K: Vertebral body replacement with a ceramic prosthesis for metastatic spinal tumors. *Spine*, 1995, *20*, S. 2454-2462
- 50 Kahanovitz N, Bullough P, Jacobs RR: The effects of internal fixation without arthrodesis on human facet joint cartilage. *Clin Orthop*, 1984, *189*, S. 204-211
- 51 Kakulas BA, Harper CG, Shibasaki K, Bedbrook GM: Vertebral metastasis and spinal compression. *Clin Exp Neurol*, 1978, *15*, S. 98-113
- 52 Kandziora F, Schnake KJ, Klostermann C, Haas N: Wirbelkörperersatz in der Wirbelsäulenchirurgie. *Unfallchirurg*, 2004, *107*, S. 354-371
- 53 Kaneda K, Abumi K, Fujiya M: Burst fractures with neurologic deficit of the thoracolumbar spine: Results of anterior decompression and stabilization with anterior instrumentation. *Spine*, 1984, *9*, S. 788-795
- 54 Kaneda K, Taneichi H, Abumi K, Hashimoto T, Satoh S, Fujiya M: Anterior decompression and stabilisation with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits. *J Bone Joint Surg Am*, 1997, *79*, S. 69-83
- 55 Kluger P, Gerner HJ: Das mechanische Prinzip des Fixateur externe zur dorsalen Stabilisierung der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurgie*, 1986, *12*, S. 68-79

- 56 Knop C, Blauth M, Bühren V, Arand M et al.: Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs - Teil 3: Nachuntersuchung. *Unfallchirurg*, 2001, 7, S. 583-600
- 57 Knop C, Blauth M, Bastian L, Lange U, Kesting J, Tscherne H: Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg*, 1997, 100, S. 630-639
- 58 Knop C, Blauth M, Bühren V, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C, Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdorfer O: Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs. Teil 2: Operationen und röntgenologische Befunde. *Unfallchirurg*, 2000, 103, 1032-1047
- 59 Knop C, Lange U, Bastian L, Blauth M: Biomechanische Stabilität mit einem neuen Wirbelkörperersatzimplantat. *Unfallchirurg*, 2001, 104, S. 984-997
- 60 Korovessis P, Baikousis A, Zacharatos S, Petsinis G, Koureas G, Iliopoulos P: Combined anterior plus posterior stabilization versus posterior short-segment instrumentation and fusion for mid-lumbar (L2-L4) burst fractures. *Spine*, 2006, 31(8), S. 859-868
- 61 Korovessis P, Georgios P, Georgios K, Panagiotis I, Spyridon Z: Anterior surgery with insertion of titanium mesh cage and posterior instrumented fusion performed sequentially on the same day under one anesthesia for septic spondylitis of thoracolumbar spine. *Spine*, 2006, 9, S. 1014-1019
- 62 Kossmann T, Ertel W, Platz W, Trentz O: Die kombinierte Operation von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs mit der Inlay-Span-Technik. *Orthopaede*, 1999, 28, S. 432-440
- 63 Lange U, Edeling S, Knop C, Bastian L, Oeser M, Krettek C, Blauth M: Anterior vertebral body replacement with a titanium implant of adjustable height: a prospective clinical study. *Eur Spine J*, 2007, 16, S. 161-172
- 64 Lange U, Knop C, Bastian L, Blauth M: Wirbelkörperersatz mit Synex. *Akt Traumatol*, 2002, 32, S. 1-7
- 65 Liljenqvist U, Lerner T, Bullmann V, Hackenberg L, Halm H, Winkelmann W: Titanium cages in the surgical treatment of severe vertebral osteomyelitis. *Eur Spine J*, 2003, 12, S. 606-612
- 66 Lob A: Die Wirbelsäulenverletzung und ihre Ausheilung. Stuttgart, Thieme, 1954
- 67 Louis R: Les theories de l'instabilite. *Rev Chir Orthop*, 1977, 63, S. 423-425
- 68 Magerl F: External skeletal fixation of the lower thoracic and the lumbar spine. In: Uthoff HK: Current concepts of external fixation of fractures. Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, Springer, 1982, S. 353-366

- 69 Magerl F, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S: A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J*, 1994, 3, S. 184-201
- 70 Martins JW, de Figueiredo Neto N: Endoscopic surgery for thoracic spine. Critical review. *Arq Neuropsiquiatr*, 1999, 57, S. 520-527
- 71 Mayer H, Schaaf D, Kudernatsch M: Der Einsatz des Fixateur interne bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Chirurg*, 1992, 63, S. 944-949
- 72 Mayer HM: A new microsurgical technique for minimally invasive anterior lumbar interbody fusion. *Spine*, 1997, 22, S. 691-699
- 73 McAfee PC: Interbody fusion cages in reconstructive operations of the spine. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 1999, 6, S. 859-880
- 74 McAfee PC, Bohlmann H, Hansen A: Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using a retroperitoneal approach. *J Bone Joint Surg Am*, 1985, 57, S. 1-9
- 75 McAfee PC, Regan JR, Fedder II, Mack MJ, Geis WP: Anterior thoracic corpectomy for spinal cord decompression performed endoscopically. *Surg Laparosc Endosc*, 1995, 5, S. 339-348
- 76 McLain RF, Sparling E, Benson DR: Early failure of short-segment pedicle screw instrumentation for thoraco-lumbar fractures. *J Bone Joint Surg Am*, 1993, 75, S. 162-169
- 77 Merk H, Koch H, Liebau C, Baltzer A, Dragendorf L, Graßhoff H: Der Einsatz des Harms-Titannetzzyinders zum Wirbelkörperersatz bei Wirbelsäulenmetastasen. *Z Orthop*, 2000, 138, S. 169-173
- 78 Morlock M, Strandborg J, Sellenschloh K, Nassutt R, Püschel K, Eggers C: Vergleich unterschiedlicher Wirbelkörperersatzsysteme hinsichtlich Migration und Primärstabilität bei dorsoventraler Spondylodese nach Korporektomie mit und ohne Laminektomie. *Orthopaede*, 2002, 31, S. 514-521
- 79 Mumford J, Weinstein N, Spratt KF, Goel VK: Thoracolumbar burst fractures - The clinical efficiency and outcome of nonoperative management. *Spine*, 1993, 18, S. 955-970
- 80 Oga M, Arizono T, Takasita M, Sugioka Y: Evaluation of the risk of instrumentation a foreign body in spinal tuberculosis. *Spine*, 1993, 198, S. 1890-1894
- 81 Okuyama K, Abe E, Chiba M, Ishikawa N, Sato K: Outcome of anterior decompression and stabilization for thoracolumbar unstable burst fractures in the absence of neurological deficits. *Spine*, 1996, 21, S. 620-625

- 82 Roy-Camille R, Berteaux D: Technique et resultats des osteosyntheses du rachis lombaire par plaques - posterieures visees dans les pedicules vertebraux. *Montpellier Chir*, 1976, 22, S. 307-315
- 83 Roy-Camille R, Saillant G: Les traumatismes du rachis sans complication neurologique. *Int Orthop*, 1984, 8, S. 155-162
- 84 Roy-Camille R, Saillant G, Berteaux D, Marie-Annes S: Early management of spinal injuries. In: McKibbin: Recent advances in orthopaedics. Edinburgh, Churchill Livingstone, 1979, S. 57-87
- 85 Roy-Camille R, Saillant G, Matie-Anne S, Mamoudy P: Behandlung von Wirbelfrakturen und -luxationen am thorakolumbalen Übergang. *Orthopäde*, 1980, 9, S. 63-68
- 86 Scoville WB, Palmer AH, Samra K, et al.: The use of acrylic plastic for vertebral replacement or fixation in metastatic disease of the spine. Technical note. *J Neurosurg*, 1967, 27, S. 274-279
- 87 Shiba K et al.: Transpedicular Fixation With Zielke Instrumentation in the Treatment of Thoracolumbar and Lumbar Injuries. *Spine*, 1994, 17, S. 1940-1949
- 88 Shono Y, McAfee PC, Cunningham BW: Experimental Study of thoracolumbar burst fractures. A radiographic and biomechanical analysis of anterior and posterior instrumentation systems. *Spine*, 1994, 19, S. 1711-1720
- 89 Singewald M, Janzen W, Schlangmann B, Raible M: Minimal-invasive Verfahren bei Stabilisierung und Fusion thorakolumbalen Frakturen. *Hefte Unfallchir*, 1999, 271, S. 237-248
- 90 Stoltze D, Harms J: Kombinierte Stabilisationsverfahren an der thorako-lumbalen Wirbelsäule. *Osteosyn Intern*, 1998, 6, S. 157-171
- 91 Stoltze D, Harms J: Die operative Behandlung der bakteriellen Spondylitis bzw. Spondylodiscitis. *Osteosynthese international*, 1997, 5, S. 257-268
- 92 Trojan E: Langfristige Ergebnisse von 200 Wirbelbrüchen der Brust/Lendenwirbelsäule ohne Lähmung. *Z Unfallmed Berufserkr*, 1972, 2, S. 122-134
- 93 Ulmar B, Cakir B, Huch K, Puhl W, Richter M: Wirbelkörperersatz durch expandierbare Titan-Cages. *Z Orthop*, 2004, 142, S. 449-455
- 94 Ulrich C: Muss eine geschädigte Bandscheibe fusioniert werden? – Pro. *Hefte Unfallchir*, 1999, 271, S. 237-248
- 95 Weinstein JN, Collato P, Lehmann TR: Thoracolumbar "Burst" fractures treated conservatively: a long-term follow up. *Spine*, 1988, 13, S. 33-43

96 Wenda K, Hachenberger R, Thiem NMR-Tomographie nach dorsaler Instrumentation von thorakolumbalen Frakturen mit Titanimplantaten als Entscheidungsgrundlage für die Notwendigkeit der ventralen Fusion. Hefte Unfallchir, 1999, 271, S. 91-100

97 White AA, Panjabi MM: Clinical biomechanics of the spine 2. Philadelphia, New York, Lippincott-Raven, 1990

98 White AA, Panjabi MM: The problem of Clinical Instability in the Human Spine: A systematic Approach. In: White AA, Panjabi MM: Clinical Biomechanics of the Spine. Philadelphia, Lippincott, 1990, S. 277-378

99 Whitesides TE: Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. Clin Orthop, 1977, 128, S. 78-92

100 Wiesner L, Kothe R, Ruther W: Anatomic evaluation of two different techniques for the percutaneous insertion of pedicle screws in the lumbar spine. Spine, 1999, 24, S. 1599-1603

101 Younger EM, Chapman MW: Morbidity at bone graft donor sites. J Orthop Trauma, 1989, 3, S. 192-195

102 Zdeblick TA, Warden KE, Zou D, McAfee PC, Abitbol JJ: Anterior spinal fixators. A biomechanical in vitro study. Spine, 1993, 18, S. 513-521

7 Anhang

7.1 Abkürzungsverzeichnis

CT	Computertomographie
VAS	Visuelle Analogskala
BWK	Brustwirbelkörper
LWK	Lendenwirbelkörper
BWS	Brustwirbelsäule
LWS	Lendenwirbelsäule
VBR	Vertebral body replacement
GDW	Grund-Deckplattenwinkel
a.-p.	Anterior posterior Strahlengang beim

	Röntgen
--	---------

7.2 Danksagung

Für die Betreuung während der Erstellung danke ich Herrn Dr. med. KJ Schnake. Herrn PD Dr. med. K.-Klostermann gilt mein Dank für seine Anregungen und Hinweise.

Großer Dank gilt meinen Eltern und meiner Familie, sowie Ralph und Esther für ihre Ermutigung.

Bedanken möchte ich mich auch für die Unterstützung von Frau Dipl.-Math. Ulrike Schulz aus Kiel.

7.3 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.

7.4 Erklärung

„Ich, Kathrin Rainsborough, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Der expandierbare Wirbelkörperersatz VBR® bei Frakturen, Entzündungen und malignen Erkrankungen der Wirbelsäule - eine prospektive klinische Studie“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

16.09.2008

Kathrin Rainsborough