

Aus der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
Direktor Prof. Dr. med. T. Pohlemann

**Vergleichende Nachuntersuchung der operativen Behandlung von  
Wirbelsäulenfrakturen bei Patienten über 65 Jahren**

DISSERTATION  
ZUR ERLANGUNG DES GRADES EINES DOKTORS DER MEDIZIN  
der Medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes

2009

vorgelegt von  
Birgit Maria Reischmann  
geb. am 25.05.1974 in Pirmasens

# I. Inhaltsverzeichnis

<b>1. Zusammenfassung</b>	<b>1</b>
<b>Summary</b>	<b>3</b>
<b>2. Einleitung und Fragestellung</b>	<b>5</b>
2.1. Einleitung	5
2.2. Fragestellung	7
<b>3. Patientenkollektiv und Methoden</b>	<b>8</b>
3.1. Patientenkollektiv	8
3.2. Datenerhebung und Auswertung	11
3.3. Operationstechniken	16
3.3.1. Isoliert dorsale Stabilisierung mit Fixateur interne	16
3.3.2. Dorsoventrale Stabilisierung	17
3.3.3. Ballonkyphoplastie	20
3.4. Statistische Auswertung	23
<b>4. Ergebnisse</b>	<b>24</b>
4.1. Demographische Aufschlüsselung der Ergebnisse	24
4.2. Klinische Aufschlüsselung der Ergebnisse	30
4.2.1. Neurologie	30
4.2.2. Perioperative Daten und stationärer Aufenthalt	30
4.2.3. Komplikationen	33
4.2.4. Nachbehandlung	34
4.3. Aufschlüsselung der Nachuntersuchungsergebnisse	36
4.3.1. Aktivität und Rückenfunktion	36
4.3.2. Finger-Boden-Abstand ( FBA )	39
4.3.3. Zugangsmorbidität	40
4.3.3.1. Dorsaler Zugang	40
4.3.3.2. Ventraler Zugang und Spanentnahmestelle	41
4.3.4. Visuelle Analog Skala ( VAS )	42
4.3.5. Spine Score ( SS )	44

4.4.	Aufschlüsselung der Röntgenergebnisse	46
4.4.1.	Kollektiv Isoliert Dorsal	46
4.4.2.	Kollektiv Dorsoventral	48
4.4.3.	Kollektiv Kyphoplastie	50
4.4.4.	Vergleich der 3 Gruppen	52
4.4.4.1.	Vorder - und Hinterkante	52
4.4.4.2.	GDW	52
4.4.4.3.	Osteoporose	54
<b>5.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>55</b>
5.1.	Demographische Daten	55
5.2.	Diagnostik und operatives Vorgehen	58
5.3.	Perioperative Daten und Klinikaufenthalt	66
5.4.	Klinische Resultate	67
5.5.	Radiologische Resultate	71
5.6.	Schlussfolgerung	77
<b>6.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>79</b>
<b>7.</b>	<b>Danksagung</b>	<b>89</b>
<b>8.</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>90</b>
<b>9.</b>	<b>Anhang</b>	<b>91</b>

## 1. Zusammenfassung

Von 01/2002 bis 12/2005 wurden in unserer Klinik 487 Eingriffe an der Brust- und Lendenwirbelsäule aufgrund von Frakturen durchgeführt. In der nachfolgenden Arbeit wurden die funktionellen und radiologischen Ergebnisse der älteren dieser Patienten untersucht und folgende Einschlusskriterien festgelegt:

- Mindestalter 65 Jahre.
- Vorliegen einer Kompressionsfraktur ( Typ A3 nach AO Magerl )
- Adäquater Unfallmechanismus, keine pathologische Fraktur

Ziel der Untersuchung war es, einen Behandlungsalgorithmus für den klinischen Alltag speziell für ältere Patienten mit operationswürdigen Kompressionsfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule festzulegen und anhand der Ergebnisse zu überprüfen.

Es verblieben 41 Patienten, welche entsprechend dieser Kriterien selektiert wurden. Diese wurden nach der Art der operativen Versorgung in 3 Gruppen unterschieden: kombiniert dorsoventrale Stabilisierung, isoliert dorsale Stabilisierung und Ballonkyphoplastie. Erfasst wurden allgemeine demographische und epidemiologische Daten sowie der Therapieverlauf anhand der Krankenblätter. Als Maß für die Reposition und Korrektur sowie Ausheilung dienten radiologische Auswertungen. Zusätzlich erfolgte die Nachuntersuchung der Patienten mit Evaluation des subjektiven und funktionellen Ausheilungsergebnisses.

Das geringste Durchschnittsalter wiesen die Patienten auf, die dorsoventral versorgt worden waren. In den beiden anderen Gruppen war das Durchschnittsalter gleich.

Der häufigste Unfallmechanismus war ein Sturz aus der Höhe, wobei sich gruppenbezogen Unterschiede zeigten. Im Kollektiv der durch Kyphoplastie versorgten Patienten war der häufigste Unfallmechanismus ein einfacher Sturz. 7% der Patienten hatten bei Aufnahme in der Klinik eine unfallbedingte neurologische Störung, welche postoperativ bis zur Entlassung bei allen Patienten vollständig rückläufig war.

Die Frakturlokalisierung wies auch in dieser Arbeit die bekannte Betonung des thorakolumbalen Überganges auf.

Die Entscheidung für eine der 3 operativen Methoden erfolgte anhand des Allgemeinzustandes des Patienten und des damit verbundenen OP-Risikos sowie anhand der Ausprägung der Berstungskomponente im CT. Die OP-Dauer, der intraoperative Blutverlust sowie der stationäre Aufenthalt waren bei den kombiniert dorsoventral versorgten Patienten am längsten, die höchste allgemeine Komplikationsrate mit 28% zeigte sich ebenfalls in der kombiniert dorsoventral versorgten Gruppe.

Zum Nachuntersuchungszeitpunkt waren 4 dieser älteren Patienten verstorben, davon einer bereits perioperativ aufgrund eines Myokardinfarktes. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Mittel 39 Monate, die Nachuntersuchungsrate 78%.

Als Maßstab für das funktionelle Outcome wurde neben dem Spine Score die Rückenfunktion und der Finger – Boden – Abstand ( FBA ) bestimmt. Als subjektives Maß wurde die Visuelle – Analog – Skala ( VAS ) der AG Wirbelsäule der DGU verwendet. Die kombiniert dorsoventral versorgten Patienten wiesen hier von allen das beste Ergebnis auf. Das schlechteste funktionelle Outcome zeigten die isoliert dorsal versorgten Patienten. Die mit einer Kyphoplastie behandelten Patienten wiesen nur ein geringfügig ungünstigeres Ergebnis auf als die kombiniert dorsoventral versorgten Patienten.

Radiologisch zeigte sich in der Gruppe der kombiniert versorgten Patienten der höchste definitive Korrekturgewinn, der niedrigste zeigte sich bei den isoliert dorsal versorgten Patienten. Die Durchbauungsrate nach ventraler Stabilisierung lag mit 86 % höher als durchschnittlich in der Literatur im Allgemeinen berichtet.

In 38% lag in der Gruppe Kyphoplastie eine manifeste Osteoporose vor, wohingegen keiner der dorsoventral versorgten Patienten nachweislich an einer relevanten Osteoporose litt.

Die Ergebnisse unterstützen folgenden, zwischenzeitlich standardisiert in unserer Klinik angewandten Behandlungsalgorithmus:

1. Guter Allgemeinzustand und Aktivitätslevel vor dem Unfall: Dorsoventrale Versorgung
2. Schlechter Allgemeinzustand und Aktivitätslevel, höhergradige Spinalkanalenge: Isoliert dorsale Versorgung, ggf. mit Zementaugmentation der Schrauben
3. Schlechter Allgemeinzustand und hohe Ko-Morbidität, niedriger Aktivitätslevel, keine wesentliche Spinalkanalenge: Ballonkyphoplastie

## Summary

From 01/2002 to 12/2005 487 operations of the thoracic and lumbal spine on the basis of fractures were carried out in our university hospital. In the following study the functional and radiological results of the older of these patients were examined and the following inclusion criteria were fixed:

- Minimum age 65 years.
- Presentation of a compression fracture (type A3 to AO Magerl)
- Adequate accident mechanism, no pathological fracture

The aim of the investigation was to reach an algorithm of treatment for the clinical everyday use especially for older patients with operation-worthy compression fractures of the thoracic and lumbal spine and to underline it by the results achieved. In respect to the restrictions defined 41 patients fulfilled the inclusion criteria . These were assigned in 3 groups depending on the technique used: combined dorso-ventral stabilization, posterior instrumentation with internal fixator only and Balloon-kyphoplasty. General demographic and epidemiological data as well as the therapy course were collected. Radiological evaluations were used as a measure for the reduction and correction as well as the outcome. In addition, a Follow-up of the patients with valuation of the subjective and functional healing result was assessed. The patients who had been operated by dorsoventral stabilization showed the youngest age in average. In both other groups the mean age was same. The most frequent accident mechanism was a fall from height, while there was an appearance of differences between the three groups. In the group of the patients which underwent Kyphoplasty the most frequent accident mechanism was an simple fall. 7% of the patients had neurological deficits at admission in the hospital. The most common fracture localisation in this study being the thoraco-lumbar junction confirmed the well-known susceptibility for traumatic injury at this level.

The decision for one of 3 surgical methods was made by judging the general medical condition of the patient and the OP risk linked with it as well as assessing the extent of the burst component of the fracture in the CT. The OP duration, the intraoperative blood loss as well as the stay during the hospital were the longest with combined dorsoventral supplied patients, the highest general complication rate with 28% also appeared in this group. At follow-up 4 of these older patients were deceased, 1 of

which early during therapy because of an myocardial infarction. The Follow up was done on average after 39 months, the re-examination rate was 78 %. As parameters for the follow-up the functional outcome was evaluated by the Spine Score used in the AGWS of the German Trauma Society (DGU) and the back function by the Finger-Ground Distance (FBA).

As a subjective measure the Visual – Analog – Scale (VAS) of the AG WS of the DGU was used.

The combined dorsoventrally treated patients showed here the best results. from all The patients, who underwent only dorsal instrumentation showed the worst functional outcome. The patients treated with a Kyphoplasty showed only a slightly less favorable result than combined dorsoventrally operated patients.

The highest definitive correction result appeared radiologically in the combined opererated patient-group, the lowest one was noted in the patients with only posterior stabilization.

The bone fusion after anterior stabilisation occurred in 86%, higher than on an average in the literature generally reported. In 38% a osteoporosis was found in the group of Kyphoplasty, while in none of combined op. Patients a relevant osteoporosis could be proven.

The results support to the following, in the meantime standardised applied algorithm of treatment in our department:

1. Good general condition and high activity level before the accident: Combined Dorsoventral fusion
2. Poor condition and low activity level with relevant encroachment of spinal canal : posterior instrumentation only if necessary with cement augmentation of the pedicle screws
3. Poor medical condition, low activity level, no relevant traumatic stenosis of the spinal canal: Kyphoplasty

## **2. Einleitung und Fragestellung**

### **2.1. Einleitung**

Auch heute bergen Verletzungen der Wirbelsäule für den Patienten ein hohes Angstpotential, da eine solche Verletzung in der Regel als „ gebrochenes Kreuz “ mit einer schwerwiegenden neurologischen Störung bis hin zur vollständigen Lähmung gleichgesetzt wird. Zudem fürchten die Patienten eine langwierige und/oder sehr beeinträchtigende Therapie. Es ist eine Verletzung, die nach dem Verständnis der Patienten das soziale und berufliche Umfeld nachhaltig bedroht und verändern kann. In unserer heutigen Gesellschaft mit einem immer größer werdenden Anteil älterer Menschen ist mit einer deutlichen Zunahme auch traumatischer Frakturen in dieser Altersgruppe zu rechnen. Zudem tritt aufgrund der veränderten Knochenstruktur im Alter eine solche Verletzung auch bereits bei einer geringeren einwirkenden Gewalt auf. Insbesondere diese aktiven und älteren Patienten fürchten eine durch die Verletzung bedingten Verlust der eigenen Selbstständigkeit bis hin zur Pflegebedürftigkeit.

Operative Eingriffe an der Wirbelsäule waren bis in das 19. Jahrhundert dem Entfernen von Knochensplintern sowie Fremdkörpern wie Kugeln vorbehalten. Generell blieb die Therapie von Verletzungen der Wirbelsäule bis weit in die ersten Jahrzehnte des 20. Jahrhunderts eine Domäne der konservativen Therapie. Eine entsprechende Einrichtung und Korrektur der Fehlstellung versuchte vor allem L. Böhler durch spezielle Lagerung in Traktion und Lordosierung bzw. Kyphosierung sowie Gipsverbände für mehrere Wochen zu erreichen. Diese sehr beeinträchtigenden Methoden führten letztlich in der 2. Hälfte des 20. Jahrhunderts zu einer immer rasanteren Entwicklung der operativen Stabilisierungstechniken an der Wirbelsäule. Am Anfang stand hier der Fixateur externe nach F. Magerl [ 49 ], der in den 70´ger und 80´ger Jahren letztlich von Dick und Kluger weiterentwickelt wurde zum Fixateur interne [ 20 ]. Dieses Implantat ist auch heute noch das Standardimplantat für eine dorsale Stabilisierung in Europa.

Die weitgehend parallel durchgeführte Entwicklung der ventralen OP-Techniken bis hin zu den aktuell verbreitet durchgeführten minimal-invasiven ventralen Techniken

hat zu einer deutlichen Verminderung der Beeinträchtigung des Patienten durch den operativen Eingriff geführt. Bessere Möglichkeiten zur Dekomprimierung des Spinalkanals sowie Fortschritte in den angewandten Rehabilitationstechniken bedingen aktuell ein immer besseres Outcome der Patienten. Dadurch ergibt sich auch eine raschere Mobilisation und damit auch schnellere Rückkehr in das soziale und berufliche Umfeld

Mit speziellem Augenmerk auf ältere Patienten finden sich in der Literatur keine Empfehlungen oder abgestufte Therapiekonzepte. In der vorliegenden Arbeit werden 3 der aktuell am weitesten verbreitet eingesetzten operativen Stabilisierungstechniken an der Wirbelsäule im Hinblick auf ihren Benefit bei älteren Patienten miteinander verglichen.

Angestrebt wird dadurch die Erleichterung der Auswahl eines operativen Therapieverfahrens, individuell entschieden für den älteren Patienten, wenn eine konservative Therapie nicht indiziert ist oder scheitert.

## **2.2. Fragestellung**

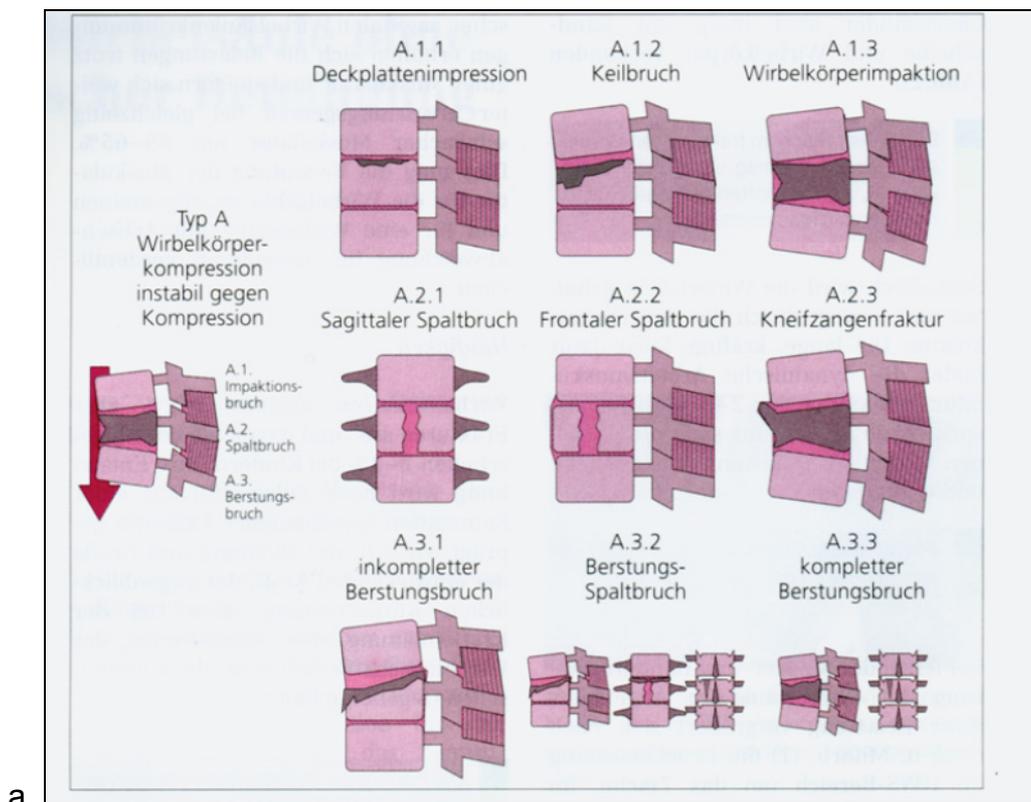
Die vorliegende Arbeit untersucht das Ergebnis der operative Versorgung von traumatischen Frakturen der BWS und LWS vom Typ A3 speziell bei älteren Patienten. Hierbei sollen vor allem folgende Fragen geklärt werden:

- Ist die aufwendige dorsoventrale Stabilisierung der Wirbelsäule wie beim jüngeren Patienten, unter besonderer Berücksichtigung der perioperativen Morbidität, bei älteren Patienten gerechtfertigt ?
- Kann, abhängig vom Allgemeinzustand des Patienten und der jeweiligen Frakturkonstellation ein optimales Verfahren im Hinblick auf das funktionelle Ergebnis ermittelt werden ?
- Gibt es wesentliche Unterschiede bezüglich des erreichbaren Korrekturumfanges zwischen unterschiedlichen operativen Verfahren ?
- Insbesondere: Kann die Ballonkyphoplastie als minimal-invasives und schonendes Verfahren auch bei traumatischen Frakturen mit Beteiligung der Hinterkante vor allem für ältere Patienten als alternatives Verfahren in Erwägung gezogen werden ?

### 3. Patientenkollektiv und Methoden

#### 3.1. Patientenkollektiv

Prospektiv ermittelt und in die Studie eingeschlossen wurden Patienten mit einem Mindestalter von 65 Jahren und frischen Frakturen nach adäquatem Unfallereignis. Pathologische Frakturen wurden ausgeschlossen. Um im Hinblick auf die Zielsetzung dieser Arbeit eine bessere Aussagegewartigkeit zu erhalten, wurden lediglich Patienten mit Frakturen vom Typ A3 und akuten traumatischen Frakturen der unteren BWS und der LWS eingeschlossen. Eine eventuell zusätzlich bestehende Osteoporose wurde bei adäquatem Unfallmechanismus nicht als Ausschlußkriterium gewertet. Die Einteilung der Frakturen erfolgte nach der AO-Klassifikation nach Magerl.



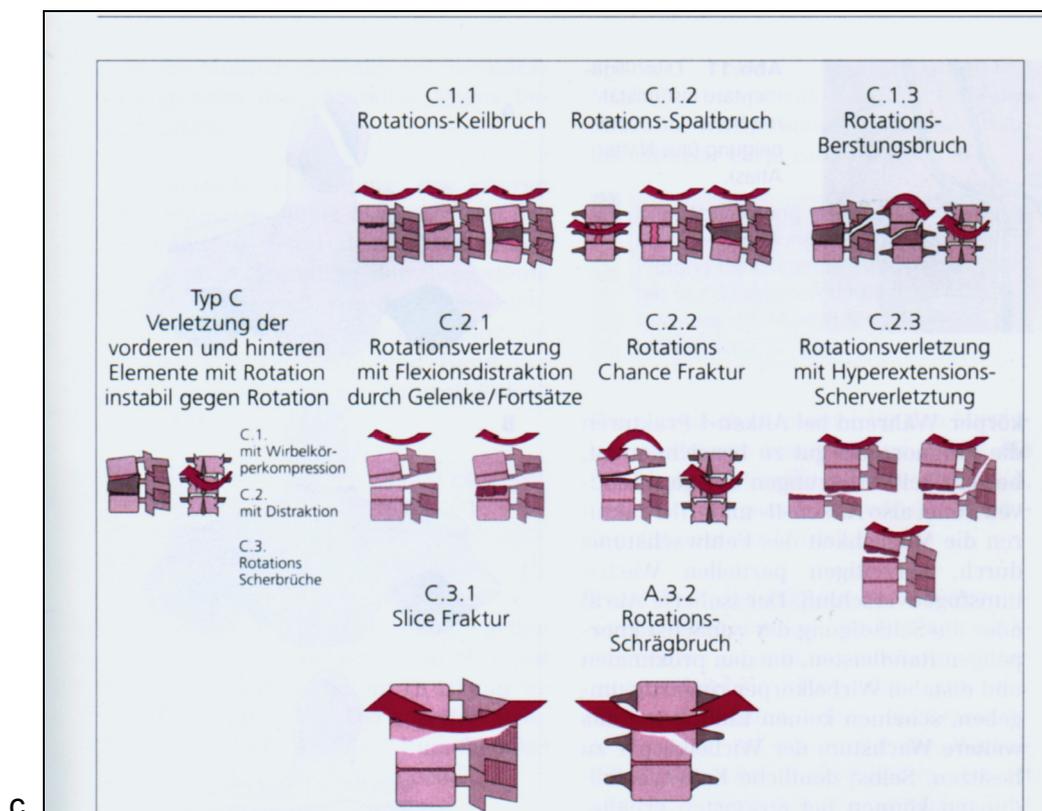
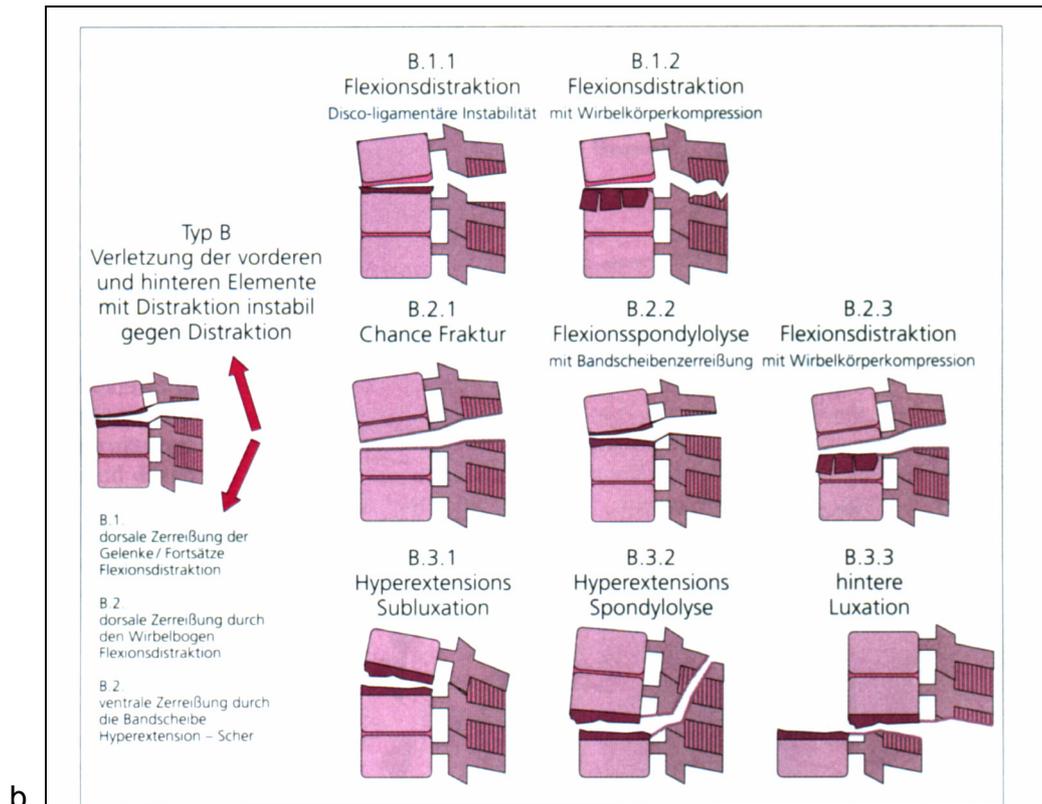


Abb. 1: AO-Klassifikation der Wirbelsäulenfrakturen nach Magerl; a: Typ A Frakturen, b: Typ B Frakturen, c: Typ C Frakturen [ 47 ]

Die Einschränkung auf Typ A3 Frakturen erfolgte, da diese Frakturen aus medizinischer Sicht alternativ mit jeder der im folgenden aufgeführten Operationsmethoden versorgt werden können. Dies ist dagegen bei B- und C-Verletzungen nicht möglich, da diese nach dem gegenwärtigen Standard aufgrund der Beteiligung auch dorsaler Strukturen der Wirbelsäule in jedem Fall eine dorsale Stabilisierung und ggf. zusätzlich eine ventrale Stabilisierung erfordern. Diese Frakturen stellen wiederum eine Kontraindikation zur alleinigen Kyphoplastie bzw. Vertebroplastie dar. Im Hinblick auf A1-Frakturen ist eine operative Versorgung häufig nicht erforderlich und eine konservative Behandlung indiziert. Lediglich bei anhaltenden Schmerzen ist eine operative Versorgung im Sinne einer Kyphoplastie erforderlich.

A2-Frakturen werden aufgrund der in der Regel ausgeprägten Einsprengung der Bandscheiben und dem damit gegebenen Risiko einer sekundären Sinterung und Ausbildung einer schmerzhaften Kyphose bzw. Pseudarthrose kombiniert in einem dorsoventralen Verfahren, soweit vom Zustand des Patienten her zulässig, versorgt. Alternativ ist auch die alleinige dorsale Stabilisierung mit einem Fixateur interne und dorsaler Anlagerung von Spongiosa bzw. Knochenersatzmaterial um eine entsprechende Durchbauung dorsal zu erreichen, möglich. Die in letzter Zeit häufiger angewandte alleinige ventrale Stabilisierung bleibt jüngeren Patienten mit festem Knochen vorbehalten. Die Versorgung mit einer Kypohoplastie bzw. Vertebroplastie ist bei diesen Frakturen aufgrund des hohen Risikos von Zementleckagen trotz hoher Viskosität nicht indiziert.

Der ASA-Score wurde als Maßstab für die Schwere von vorliegenden Begleiterkrankungen und dem damit verbundenen OP-Risiko herangezogen.

	<b>Kriterien</b>
<b>ASA I</b>	Keine Vorerkrankung, gesunder Patient
<b>ASA II</b>	Leichte Allgemeinerkrankung ohne Leistungseinschränkung
<b>ASA III</b>	Schwere Allgemeinerkrankung mit Leistungsminderung
<b>ASA IV</b>	Lebensbedrohliche Allgemeinerkrankung
<b>ASA V</b>	Moribunder Patient, der mit oder ohne OP 24 Stunden voraussichtlich nicht überlebt

Tab. 1: Kriterien der ASA-Einstufung [ 65 ]

### 3.2. Datenerhebung und Auswertung

Es wurden die folgenden Daten ermittelt durch Auswertung der Krankenakten der Patienten: Anamnese, Begleitverletzungen bzw. Begleiterkrankungen, American Society of Anesthesiologists ( ASA )-Score, Frakturlokalisierung, OP-Dauer, Blutverlust bzw. Bluttransfusion, Intensivdauer, Dauer des Aufenthaltes und ggf. Vorliegen einer Osteoporose. Eine eventuell vorliegende neurologische Symptomatik wurde nach dem Frankel-Score klassifiziert.

Neurologischer Status	A kompletter Querschnitt (QS)
	B inkompletter QS: Restsensibilität, keine Kraft
	C inkompletter QS: Kraft <3
	D inkompletter QS: Kraft $\geq 3$
	E keine neurologischen Ausfälle

Abb. 2: Einteilung des neurologischen Defizites nach Frankel

Zum anderen erfolgte die Auswertung der Röntgenaufnahmen vom Unfall über den postoperativen Verlauf bis zur durchgeführten Nachuntersuchung. Hierbei wurde die relative Höhe der Vorder- und Hinterkante des betroffenen Wirbelkörpers bestimmt. Hierzu wurde an den vorliegenden Röntgenaufnahmen die Vorder und Hinterkante der angrenzenden gesunden Wirbelkörper ausgemessen. Nach Bestimmung der Vorder- und Hinterkante des betroffenen Wirbelkörpers wurden diese zu den gesunden Wirbelkörpern in Relation gesetzt und als prozentuale Höhenminderung angegeben. Zudem wurde der bisegmentale Wirbelkörperwinkel nach Cobb bestimmt. Dieser Winkel ist ein Maß für die frakturbedingte regionale Fehlstellung der Wirbelsäule und wird an der Deckplatte des cranial an den frakturierten Wirbelkörper angrenzenden gesunden Wirbelkörpers und der Grundplatte des kaudal angrenzenden gesunden Wirbelkörpers ermittelt. Dabei wurde in dieser Arbeit nur der relevante seitliche Winkel bestimmt und eine bestehende Kyphose mit negativem Vorzeichen gewertet, eine Lordose mit positivem Vorzeichen gewertet. Um eine Aussage im Hinblick auf die erreichte Stellungsverbesserung postoperativ zu bekommen wurde die ermittelten Werte der Unfallaufnahmen und der postoperativen Aufnahmen in den jeweiligen Gruppen miteinander verglichen. Ein Korrekturverlust wurde anhand eines Vergleiches der oben genannten Werte der postoperativen

Röntgenaufnahmen und der Röntgenaufnahmen im Rahmen der Nachuntersuchung errechnet.

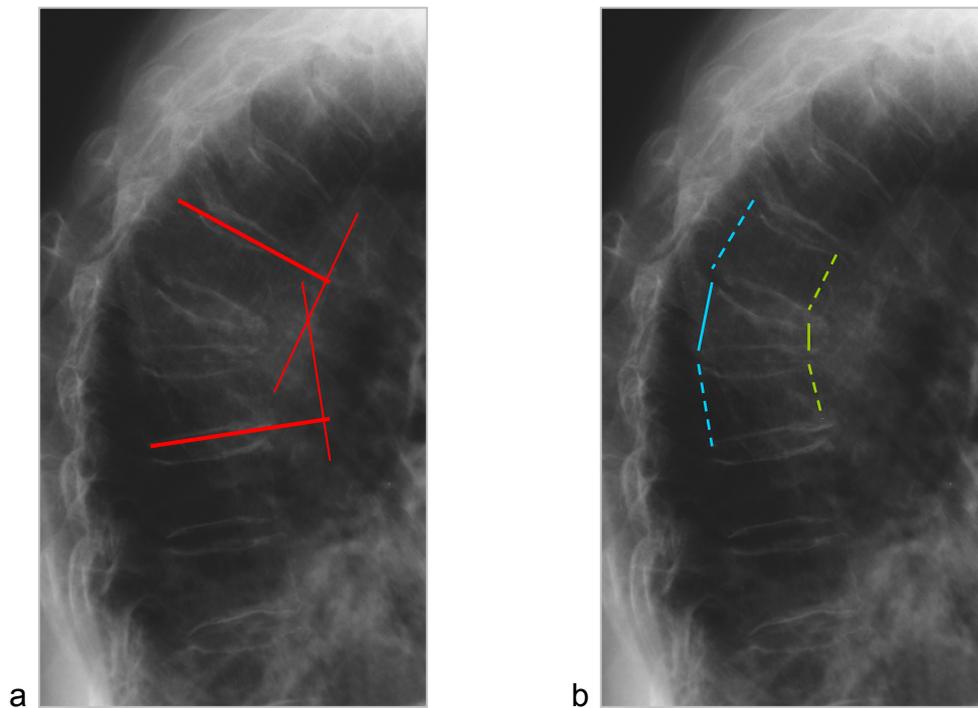


Abb. 3: a: Ermittlung des bisegmentalen Winkels n. Cobb; b: Berechnung der relativen Höhe der Vorderkante ( grün ) und der Hinterkante ( blau ) in Relation zu den angrenzenden gesunden Wirbelkörpern

Als dritter Abschnitt erfolgte im Rahmen der Nachuntersuchung eine klinische Untersuchung des Patienten. Es wurde der Finger-Boden-Abstand ermittelt sowie eine ggf. vorhandene Beschwerdesymptomatik im Bereich der ehemaligen chirurgischen Zugänge untersucht und entsprechend dokumentiert. Dabei erfolgte die Abstufung der Beschwerden prozentual von 100%-0% wie in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

<b>Rücken- funktion</b>	<input type="checkbox"/> 0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutliche Beschwerden od. leichte Einschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschw. oder deutl. Einschränkung (25%); 4 Ständige/stärkste Beschwerden oder invalidisierend (0%)
<b>Zugangs- morbidität dorsal</b>	<input type="checkbox"/> 0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutl. Beschwerd. ohne Funktionseinschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschwerden mit Funktionseinschr. (25%); 4 Invalidisierend (0%)
<b>Zugangs- morbidität ventral</b>	<input type="checkbox"/> 0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutl. Beschwerd. ohne Funktionseinschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschwerden mit Funktionseinschr. (25%); 4 Invalidisierend (0%)
<b>Knochen- entnahme</b>	<input type="checkbox"/> 0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutl. Beschwerd. ohne Funktionseinschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschwerden mit Funktionseinschr. (25%); 4 Invalidisierend (0%)

Abb. 4. Einteilung der Beschwerdeausprägung nach Zugangsort

Die Einschätzung der Aktivität bzw. der Befindlichkeit der Patienten zum Nachuntersuchungszeitpunkt bzgl. der Verletzung erfolgte anhand des Spine Score [ 38 ]. Dieser besteht aus zehn Einzelkategorien, die jeweils mit maximal 10 und minimal 0 Punkten bewertet werden, so dass die maximal erreichbare Punktezahl für einen gesunden Probanden 100 beträgt. Die ersten sechs Kategorien sind auf alle Patienten anwendbar. Die letzten vier Kategorien sind für gehfähige und rollstuhlpflichtige Patienten unterschiedlich entwickelt worden.

Teil 1		Alle Patienten; Frankel/ASIA A-E ( Maximal 60 Punkte )
Ruheschmerz	0-10 Punkte	10 ( Nie ), 7 ( Gelegentlich/mild nach körperlicher Belastung ), 3 ( Regel-mäßig/anhaltend nach körperlicher Belastung ), 0 ( Ständig )
Belastungsschmerz	0-10 Punkte	10 ( Nie ), 7 ( Gelegentlich/mild bei körperlicher Belastung ), 3 ( Regel-mäßig/anhaltend bei körperlicher Belastung ), 0 ( Ständig )
Schmerzmittel	0-10 Punkte	10 ( Nie ), 7 ( Selten/ Antiphlogistika, keine Opioide ), 3 ( Regelmäßig, Opioide), 0 ( Ständig )
Sitzen	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme ), 7 ( leicht eingeschränkt, Beschwerden nach 2h ), 3 ( deutlich eingeschränkt, Beschwerden nach 30min ), 0 ( kurzzeitig, mit Hilfe )
Vorbeugen	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme ), 7 ( leicht eingeschränkt, gelegentlich schmerzhaft ), 3 ( deutlich eingeschränkt, meist schmerzhaft, wird vermieden ), 0 ( unmöglich )
Hochheben	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme ), 7 ( leicht eingeschränkt, schwere Lasten werden vermieden ), 3 ( deutlich eingeschränkt, schwere Lasten unmöglich, leichte Lasten werden vermieden ), 0 ( unmöglich )
Teil 2a		Gehfähige Patienten; Frankel/ASIA D-E ( Maximal 40 Punkte )
Stehen	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme, mehrere Stunden ), 7 ( Möglich für ca. 2h, dann Beschwerden ), 3 ( Beschwerden nach 30min ), 0 ( kurzzeitig, mit Hilfe )
Gehen	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme, mehrere Stunden ), 7 ( Möglich für ca. 2h, dann Beschwerden ), 3 ( Beschwerden nach 30min ), 0 ( kurzzeitig, mit Hilfe )
Rennen	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme ), 7 ( leicht eingeschränkt ), 3 ( weitgehend eingeschränkt, ist möglich, wird jedoch vermieden ), 0 ( mit Hilfe )
Tragen	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme ), 7 ( leicht eingeschränkt, schwere Lasten werden vermieden ), 3 ( deutlich eingeschränkt, schwere Lasten unmöglich, leichte Lasten werden vermieden ), 0 ( unmöglich )
Teil 2b		Nicht-Gehfähige Patienten Frankel/ASIA A-C ( Maximal 40 Punkte )
Rollstuhl fahren	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme ), 7 ( Probleme nach ca. 2h, gelegentlich Probleme an Hindernissen), 3 ( kurze Strecken, Hindernisse werden vermieden ), 0 ( unmöglich )
Sitzen im Rollstuhl	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme ), 7 ( gelegentlich Schwierigkeiten, geringe Hilfe ), 3 ( regelmäßig Schwierigkeiten, ständige Hilfe erforderlich ), 0 ( unmöglich )
Rollstuhltransfer	0-10 Punkte	10 ( ohne Probleme, selbstständiges Autofahren möglich ), 7 ( gelegentlich Schwierigkeiten, geringe Hilfe ), 3 ( regelmäßig Schwierigkeiten, ständige Hilfe erforderlich ), 0 ( unmöglich )
Ankleiden	0-10 Punkte	10 ( vollständiges Ankleiden ohne Probleme ), 7 ( gelegentlich Schwierigkeiten ), 3 ( mit Schwierigkeiten, benötigt Hilfe ), 0 ( nicht möglich ohne Hilfe )

Abb. 5: Einteilung des Spine Score [ 38 ]

Zudem wurde von den Patienten selbst der von der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie verwendete Bogen der Visuellen Analogskala ( VAS ) ausgefüllt, der bereits in anderen Untersuchungen benutzt und validiert wurde [ 40 ]. Dieser gibt die subjektive Eigeneinschätzung des Patienten wieder. Der Bogen besteht aus 19 Fragen zu Schmerzen im Rücken und eventuellen Funktionsbeeinträchtigungen, die jeweils in 2 Extreme abgestuft sind. Auf einer 10cm langen nicht skalierten Linie sollen die Patienten die Antwort visuell objektivierbar zwischen 0 und 10 einschätzen und mit einem Kreuz eintragen. Die Strecke kann dann ausgemessen werden. Das ermittelte Ergebnis der Fragen beruht auf dem Mittelwert der beantworteten Fragen. Auf diese Weise ist maximal ein Wert von 100, minimal ein Wert von 0 möglich.

**Hinweise zu den Fragen und zum Ausfüllen des VAS-Bogens**

**Zeitraum:**

Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum vor dem Unfall (die letzten Wochen oder Monate)!

Beschreiben Sie bitte nur den Zeitraum vor der Metallentfernung!

Beschreiben Sie bitte nur den aktuellen Zeitraum (die letzten Wochen oder Monate)!

(Zutreffendes ist vom Untersucher anzukreuzen)

Auf der Rückseite befindet sich ein Fragebogen zum Thema „Rückenprobleme“ (z.B. Rückenschmerzen). Zur Beantwortung der Fragen steht Ihnen eine Skala in Form einer Linie zur Verfügung. Bitte markieren Sie als Antwort auf jede Frage die Stelle auf der Linie mit einem **Kreuz (x)**, die Ihre persönliche Situation im o.g. Zeitraum (durchschnittlich) am besten wiedergibt. Am linken Rand der Linien befindet sich immer der für Sie negativste Wert. Am rechten Rand befindet sich der für Sie positivste Wert. Schreiben Sie bitte **keine Antworten als Text** wie z. B. „sehr lange“ oder „über 2 Stunden“!

Nachfolgend ist eine Beantwortung der Frage „Wie geht es Ihnen heute?“ als Beispiel wiedergegeben:

Sehr schlecht |—————x—————| Bestens, sehr gut

Die Antwort durch das Kreuz auf der Linie bedeutet in diesem Beispiel, daß es Ihnen heute „ganz gut“ aber nicht „sehr gut“ geht.

Beantworten Sie die Fragen bitte nur negativ, wenn *Rückenprobleme* auch wirklich verantwortlich für die Einschränkung bei einer bestimmten Tätigkeit sind. Beispiel: Die Frage nach Rückenproblemen beim Laufen würden Sie vielleicht mit „Laufen unmöglich“ beantworten, weil Sie ggf. die Puste zum Laufen nicht (mehr) haben. Gemeint ist jedoch, ob Sie prinzipiell ohne Rückenprobleme laufen können oder, ob Ihnen Rückenprobleme - wie Schmerzen - das Laufen unmöglich machen.

**Sie müssen nicht jede Frage beantworten!** Beantworten Sie nur die Fragen, die Sie möchten und die Sie verstanden haben! Nutzen Sie bitte das Feld „Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen“ für Verbesserungsvorschläge und / oder Kritik.

**Erläuterung einiger Begriffe:**

**Körperliche Ruhe:** Gemeint ist der Zustand, wenn Sie keine anstrengenden Dinge tun wie z. B. die Zeitung lesen, auf dem Sofa oder im Bett liegen, Fernsehen, Musik hören, sich entspannen usw.

**Körperliche Belastung:** Gemeint ist der Zustand, wenn Sie Tätigkeiten verrichten wie z. B. schwere Gartenarbeiten, schwere berufsbedingte Arbeiten, anstrengenden Sport treiben usw.

**Hausarbeiten:** Gemeint sind alltägliche Tätigkeiten wie z.B. Fenster putzen, Bügeln, Staubsaugen, Abwaschen, Kochen, den Boden wischen, Aufräumen usw.

**Aktivitäten des täglichen Lebens:** Gemeint sind persönliche Tätigkeiten wie z. B. aufstehen, essen, sich waschen, sich die Schuhe zubinden usw. Die Antwort auf diese Frage sollte sich nicht auf Tätigkeiten beziehen, die bereits an anderer Stelle des Fragebogens (z.B. Stehen, Vorbeugen, Tragen usw.) erfragt werden!

**Ergänzungen / Besonderheiten / Bemerkungen**

 		 	
1	Ständig, immer	Wie oft stören Rückenschmerzen Ihren Schlaf?	Nie, sehr selten
2	Ständig, immer	Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Rückenschmerzen?	Nie, sehr selten
3	Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe die Rückenschmerzen?	Keine Schmerzen
4	Ständig, immer	Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Rückenschmerzen?	Nie, sehr selten
5	Nicht auszuhalten, unerträglich	Wie stark sind dann bei körperlicher Belastung die Rückenschmerzen?	Keine Schmerzen
6	Ständig, immer	Wie oft nehmen Sie Schmerzmittel gegen Rückenschmerzen ein?	Nie, sehr selten
8	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden sitzen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
9	Vorbeugen unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Vorbeugen ein (wie z. B. beim Abwaschen)?	Vorbeugen ohne Einschränkung möglich
10	Alter Beruf kann nicht mehr ausgeübt werden	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Ihren Beruf ein?	Keine Einschränkung im Beruf
11	Auch leichtes Heben unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Hochheben ein?	Schweres Heben ohne Einschränkung möglich
12	Auch leichte Arbeit unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Hausarbeiten ein?	Schwere Arbeit ohne Einschränkung möglich
13	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden stehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
14	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden gehen?	Stundenlang, ohne Einschränkung
15	Auch kurzes Laufen unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Laufen ein (z. B. Jogging, Waldlauf etc.)?	Längeres Laufen ohne Einschränkung möglich
16	Allein unmöglich, immer hilfsbedürftig	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Aktivitäten des täglichen Lebens ein (z. B. Essen, Waschen etc.)?	Keine Einschränkung
17	Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln	Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden reisen (z. B. Autofahren, Zugfahren, Busfahren etc.)?	Stundenlang, ohne Einschränkung
18	Vollständig, wegen der Rückenprobleme	Wie stark schränken Rückenbeschwerden Ihr Sexualleben ein?	Keine Einschränkung
19	Auch leichtes Tragen unmöglich	Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Tragen ein?	Schweres Tragen ohne Einschränkung möglich

Abb. 6: VAS-Score [ 40 ]

### **3.3. Operationstechniken**

#### **3.3.1. Isoliert dorsale Stabilisierung mit Fixateur interne**

Die Versorgung von thorakolumbalen Frakturen der Wirbelsäule durch Stabilisierung mit einem kurzstreckigem Fixateur interne–System ist die von der Zeit her am längsten angewendete operative Therapieform. Hierbei werden über einen dorsalen Zugang rechts und links von den Procc. Spinosi des betroffenen Bereiches die Eintrittspunkte der transpedikulären Schrauben an den angrenzenden Wirbelkörpern freigelegt. Die Lokalisation der Eintrittsstellen der Schrauben erfolgt sowohl anhand anatomischer Landmarken als auch anhand der wiederholten Durchleuchtungsaufnahmen zur Darstellung der Pedikel in beiden Ebenen. Nach Einbringen der Schrauben in die Pedikel können diese zur Lagekontrolle mit dem Röntgengerät intraoperativ orthograd eingestellt und eine Fehllage ausgeschlossen werden. Die Reposition der Fraktur erfolgt über die mit Längsträgern verbundenen einliegenden Schrauben unter an die Frakturlokalisierung angepasster Lordosierung und Distraction der Fraktur. In der Regel wird eine bisegmentale Stabilisierung durchgeführt. Bei hochgradiger Instabilität der Fraktur und vor allem bei fehlender Möglichkeit zu ventralen Stabilisierung erfolgt eine mehrsegmentale Stabilisierung. Dies bedeutet eine Ausdehnung der Stabilisierung mindestens 2 Etagen kranial und kaudal des Frakturwirbels. Ein solches Vorgehen ist auch bei Vorliegen einer ausgeprägten Osteoporose zur Erhöhung der Stabilität des Fixateursystems sinnvoll. Auch ein zusätzlicher Querverbinder kann zu Erhöhung der Stabilität, insbesondere in Rotation und Translation, eingebracht werden [ 5 ].

Der Eingriff wird in Vollnarkose und als offenes Verfahren durchgeführt. Postoperativ erfolgte bei allen Patienten eine Röntgen- und CT-Kontrolle zur definitiven Überprüfung der Lage der eingebrachten Schrauben.



Abb. 7: Fixateur interne, USS Fracture<sup>®</sup> ( mit freundlicher Genehmigung der Fa. Synthes/Umkirch )

### 3.3.2. Dorsoventrale Stabilisierung

Das Verfahren erfolgt in der Regel zweizeitig. In einem ersten Schritt wird zunächst die dorsale Stabilisierung mit einem Fixateur interne-System durchgeführt. Im zweiten Schritt wird nach einer Erholungsphase vom einigen Tagen die ventrale Versorgung durchgeführt.

Für den Bereich der unteren Brustwirbelsäule ( BWS ) und der Lendenwirbelsäule ( LWS ) erfolgt der ventrale Eingriff in Rechtsseitenlage des Patienten. Frakturen der mittleren BWS, meist ab einer Höhe von BWK 7 aufwärts, erfordern eine Linksseitenlage. Auf dieser Höhe der Wirbelkörper liegt der Aortenbogen weit linksseitig über der Mittellinie. Der Wirbelkörper kann daher nicht in dem für den Eingriff erforderlichen Maß dargestellt werden. Diese Lageverhältnisse werden im präoperativ erforderlichen CT beurteilt. Ebenso muß die Lage und Ausprägung der V. azygos auf dieser Höhe als größtes ggf. betroffenes Gefäß beurteilt werden.



Abb. 8: a: Lagerung und b: anatomische Verhältnisse

Der Zugang kann bis auf eine Höhe von L 2 transthorakal minimal-invasiv thorakoskopisch erfolgen, ggf. in Kombination mit einer Eröffnung des Zwerchfelles am dorsalen Ansatz ( Zwerchfellsplit ). Hierzu werden mehrere kleine Schnitte rautenförmig am Thorax angebracht, wobei die Ausdehnung des größten Schnittes als Arbeitsportal von der Größe des einzubringenden Spanes oder Cages bestimmt wird. Die weiteren Portale werden als Kameraportal, Retraktor- und Saugerportal benötigt.



Abb. 9: a: Trokarpositionen: Retraktor, Sauger, Kamera und Arbeitsportal ( im Uhrzeigersinn von links oben ), b: OP-Team beim thorakoskopischen Eingriff: rechts vom Operateur der 1. Assistent mit der Kamera und dem Sauger, gegenüber der 2. Assistent mit dem Retraktor

Liegen Verletzungen ab einer Höhe von L 2/L3 vor, so ist diese Höhe nicht mehr transthorakal zu erreichen. Hier erfolgte der Zugang zur ventralen Wirbelsäule über

eine Lumbotomie. Unter Verwendung von Retraktorsystemen ( z.B. Synframe® ) kann dies auch minimal-invasiv im Sinne einer Mini-Lumbotomie erfolgen [ 42].

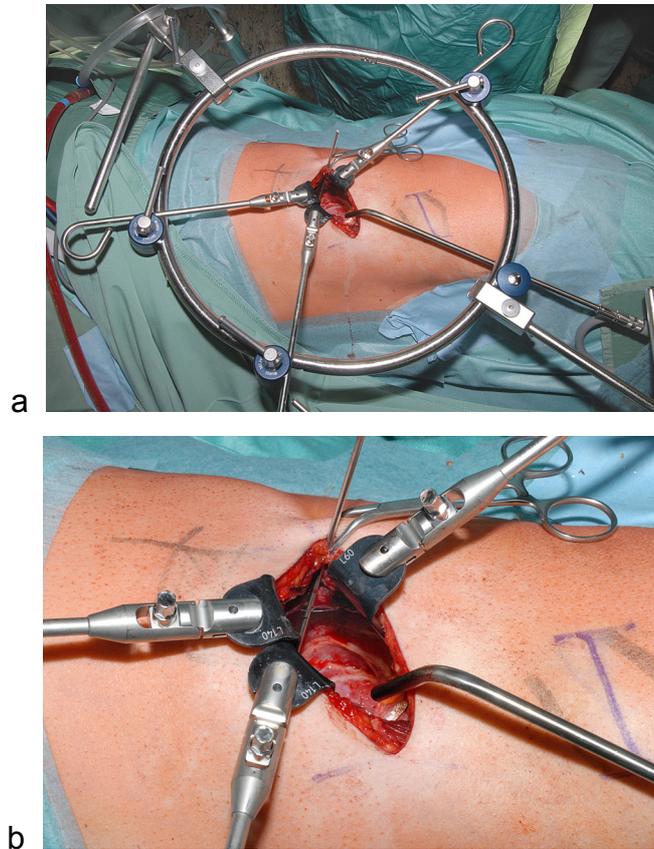


Abb. 10: Retraktorsystem Synframe® ( Fa. Synthes ); a: Halterung, b: Retraktoren und Lichtleiter in situ

Frakturen des 5. Lendenwirbelkörpers können nicht über einen Zugang in Seitenlage versorgt werden. Hier sind beidseits die Beckenschaufeln ein Hindernis. Hier erfolgt der Zugang in Rückenlage als quere Unterbauchlaparotomie.

Die Abstützung der ventralen Säule kann einerseits durch die Implantation eines tricorticalen Beckenkammspanes nach Entnahme vom ipsilateralen Beckenkamm oder durch die Implantation eines höhenvariablen Titancages erreicht werden. In unserer Klinik, wie auch in vielen anderen Wirbelsäulenzentren, gilt für die Versorgungstaktik folgendes Konzept: ist eine bisegmentale ventrale Versorgung erforderlich wird ein Cage gewählt, monosegmentale ventrale Versorgungen werden durch Implantation eines Spanes durchgeführt. Die geborstene(n) Anteile des betroffenen Wirbelkörpers und die angrenzende Bandscheibe werden nach zuvor

sicherer Koagulation bzw. Clippen der Segmentalgefäße entfernt. Nach Entnahme eines Spanes vom Beckenkamm kann eine Rekonturierung der Crista iliaca mit einer Platte durchgeführt werden. Bei Implantation eines Cages wird zusätzlich Spongiosa um den Cage gelagert, um eine bessere knöcherne Durchbauung zu erzielen. Hierzu wird weitgehend die Spongiosa des ausgeleierten Wirbelkörpers verwendet und retransplantiert. Reicht diese nicht aus, so kann zusätzlich Spongiosa vom vorderen Beckenkamm entnommen werden. Alternativ kann auch Knochenersatzmaterial in Granulatform ( z.B. Cerabone® ) mit der aus dem Wirbelkörper gewonnenen Spongiosa vermischt und angelagert werden. Dieses Vorgehen vermeidet die, oft mit deutlichen postoperativen Beschwerden verbundene, Spongiosaentnahme vom Beckenkamm.

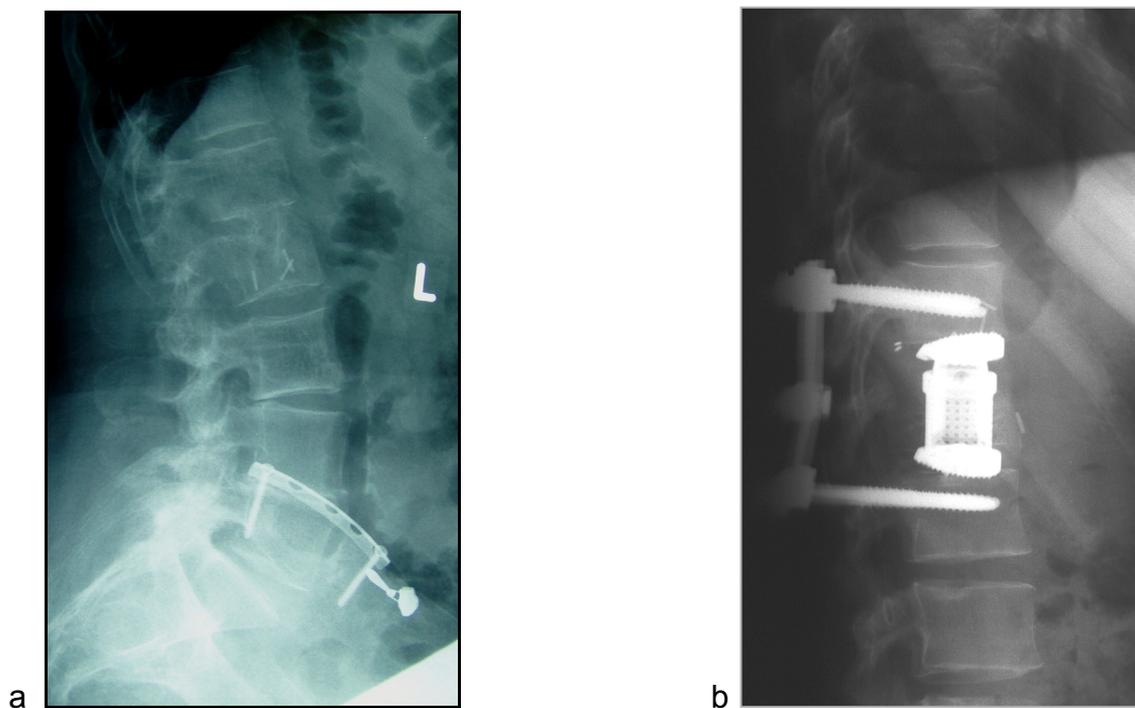


Abb. 11: a: Dorsoventrale Stabilisierung mit Span und b: Wirbelkörperersatz

### 3.3.3. Ballonkyphoplastie

Die Ballonkyphoplastie ist ein minimal-invasives Verfahren der operativen Therapie von Wirbelkörperfrakturen und beruht auf einer Weiterentwicklung der 1987 erstmals

beschriebenen Vertebroplastie. Hierbei wird über perkutane Zugänge relativ flüssiger Knochenzement unter hohem Druck in den Wirbelkörper eingebracht. Nach Aushärten des Zementes innerhalb von Minuten tritt innerhalb kürzester Zeit eine deutliche Schmerzreduktion bis Schmerzfreiheit ein.

Bei der Ballonkyphoplastie wird ebenso minimalinvasiv unter Röntgenkontrolle ein Ballon in den betroffenen Wirbelkörper eingebracht. Dieser wird sukzessive mit Kontrastmittel gefüllt und aufgedehnt. Dadurch wird in dem Wirbelkörper ein Hohlraum geschaffen, der anschließend mit einem viskösem Zement ausgefüllt wird.



Abb. 12: Frakturreposition durch Kyphoplastie

Zudem eröffnet dieses Vorgehen die Möglichkeit zur Frakturreposition durch Wiederherstellung der korrekten Wirbelkörperhöhe. Ursprünglich entwickelt für die Therapie der osteoporotischen Kompressions- oder Sinterungsfraktur ( meist AO Typ A1 ) wird diese Technik zunehmend auch für traumatische A3-Verletzungen verwendet. Aufgrund des Risikos von Zementleckagen durch frische Frakturspalten und insbesondere Hinterkantenverlagerungen wurden folgende Besonderheiten zwingend befolgt:

- Verwendung angemessener, z. T. vorgeformter Ballons, welche soweit ventral wie möglich im Wirbelkörper platziert werden.
- Anwendung des Zementes im viskösen Spätzustand, um das Risiko der Leckage und des Zerfließens zu minimieren
- Konversionsbereitschaft zum offenen Vorgehen bei Komplikationen, insbesondere bei relevanten intraspinalen Zementleckagen. Der Eingriff erfolgt daher in unserer Klinik in Vollnarkose.

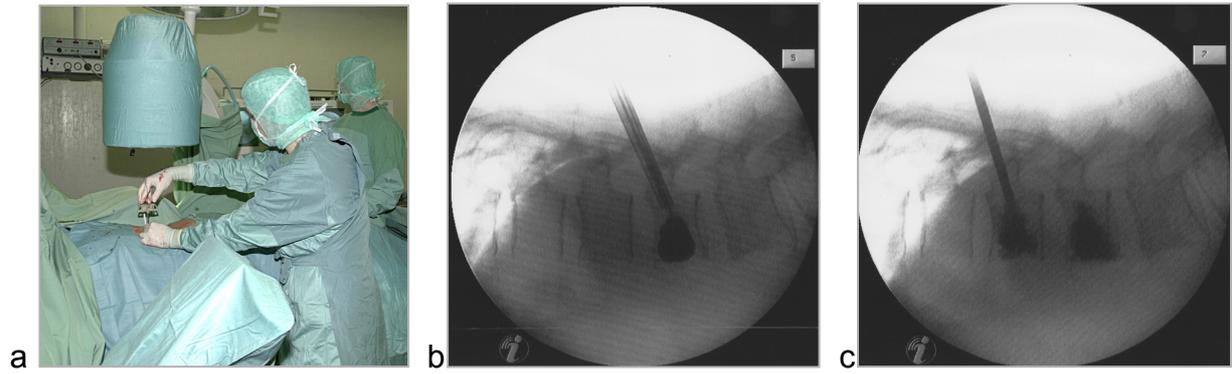


Abb. 13: Technik der Kyphoplastie; a: Perkutane Instrumentplatzierung unter Durchleuchtung, b: Ballon-  
aufrichtung des Wirbelkörpers, c: Zementauffüllung

### **3.4. Statistische Auswertung**

Für alle gemessenen und berechneten Werte wurden der Mittelwert und die Standardabweichung sowie der Median bestimmt. Die Signifikanzberechnungen wurden nach dem Mann-Whitney-Test und dem Student-Newman-Keuls Test. Das Signifikanzniveau wurde mit  $p < 0,05$  festgelegt. Die Auswertung der ermittelten Daten erfolgte mit dem Programm SigmaStat von SPSS Inc..

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Demographische Aufschlüsselung der Ergebnisse

In dem relevanten Zeitraum von 01/2002 bis 12/2005 wurden in unserem Hause insgesamt 62 Patienten, die zum Unfallzeitpunkt mindestens 65 Jahre alt waren, operativ versorgt. Die Verteilung der Frakturtypen ist in der folgenden Tabelle sowie dem Schaubild dargestellt.

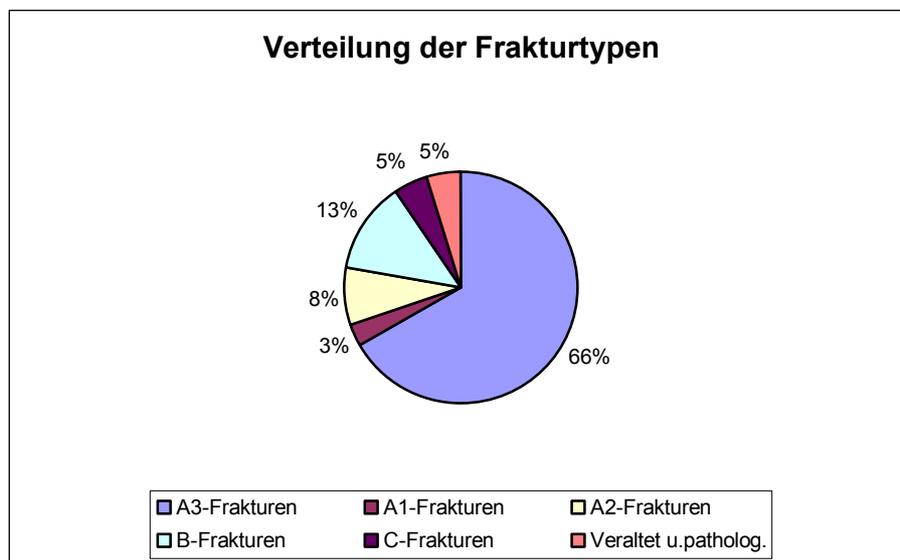


Abb. 14.: Prozentualer Anteil der Frakturtypen im Grundkollektiv

Frakturtyp	Anzahl
A3-Frakturen	41
A1-Frakturen	2
A2-Frakturen	5
B-Frakturen	8
C-Frakturen	3
Veraltet u.patholog.	3

Tab. 2: Absoluter Anteil der Frakturtypen im Grundkollektiv

Nach Selektierung des Patientengutes verblieben insgesamt 41 Patienten, die je nach der Art der durchgeführten operativen Versorgung in 3 Gruppen unterteilt wurden und entsprechend evaluiert wurden.

Davon wurden 16 Patienten mit der Technik der Ballonkyphoplastie behandelt. Das Durchschnittsalter in dieser Gruppe betrug 75 Jahre ( Min. 65 Jahre, Max. 86 Jahre;  $\pm$  7 Jahre). Von den restlichen Patienten konnten 7 Patienten in die Gruppe Fixateur interne eingeschlossen werden. Das Durchschnittsalter in dieser Gruppe betrug ebenfalls 75 Jahre ( Min 65 Jahre, Max 86 Jahre;  $\pm$  8 Jahre). Somit verblieben 18 Patienten, welche mit einem dorsoventralen Verfahren versorgt worden waren. 9 Patienten in dieser Gruppe wurden im Rahmen der ventralen Stabilisierung mit einem tricorticalen Beckenkammspan versorgt, 9 Patienten wurden mit einem expandierbaren Titancage als Wirbelkörperersatz versorgt. Dieses Patientenkollektiv zeigte einem Altersdurchschnitt von 67 Jahren ( Min 65, Max 74 Jahre;  $\pm$  3 Jahre )

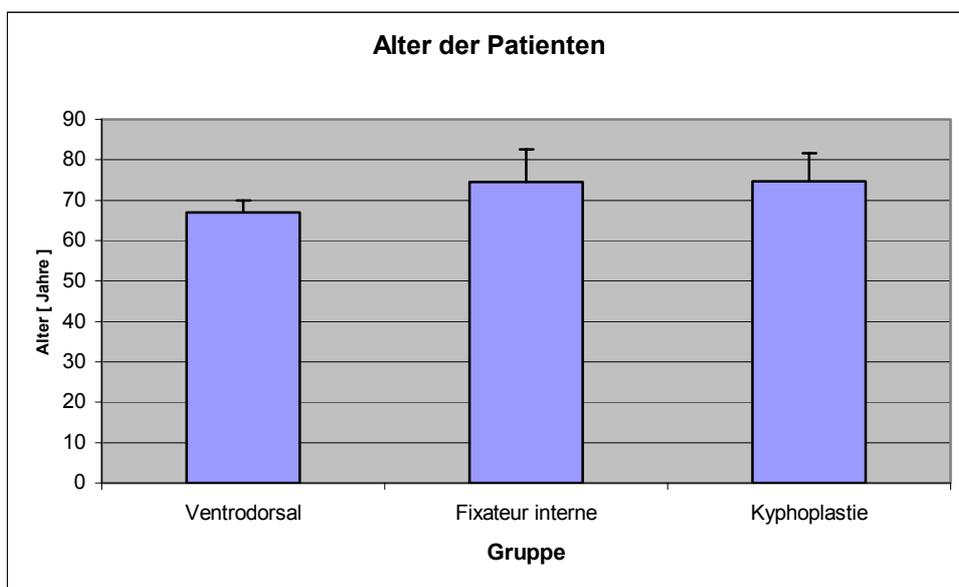


Abb. 15: Altersverteilung der Gruppen

Bezüglich der Geschlechtsverteilung zeigte sich ein Anteil insgesamt das Überwiegen männlicher Patienten. In der Kyphoplastiegruppe zeigte sich ein ausgeglichenes Verhältnis.

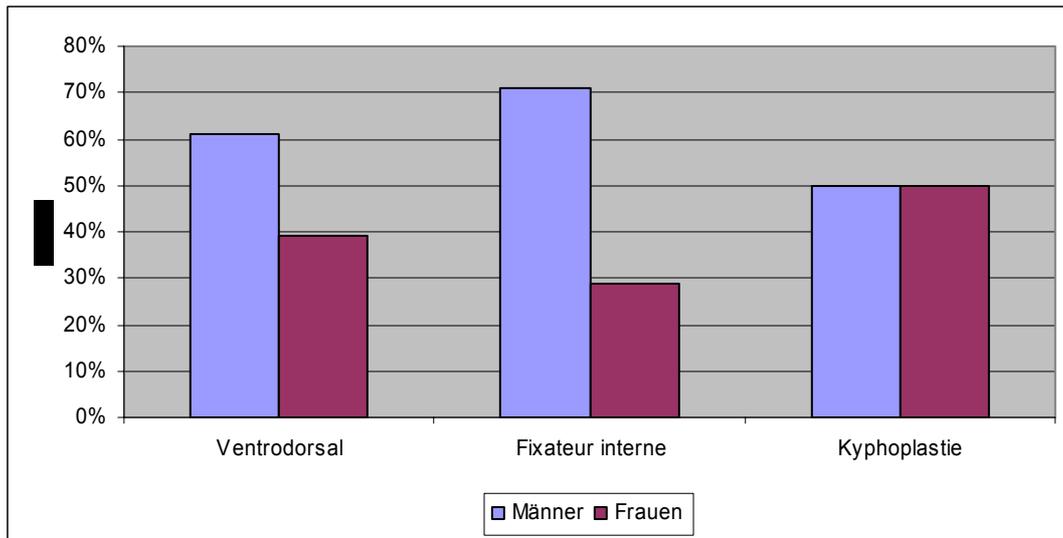


Abb. 16: Geschlechterverteilung

Die topographische Verteilung der Frakturen zeigte eine Betonung des thorakolumbalen Überganges, am häufigsten war L 1 ( 19/41 ) betroffen. 9 hatten eine Fraktur von BWK 12, 6 eine Fraktur von L 2. Bei 4 Patienten bestand eine Verletzung eines weiteren Wirbelkörpers, bei einem Patienten bestand eine Läsion von 2 weiteren Wirbelkörpern, wobei jedoch nur bei einem eine OP-Indikation gegeben war.

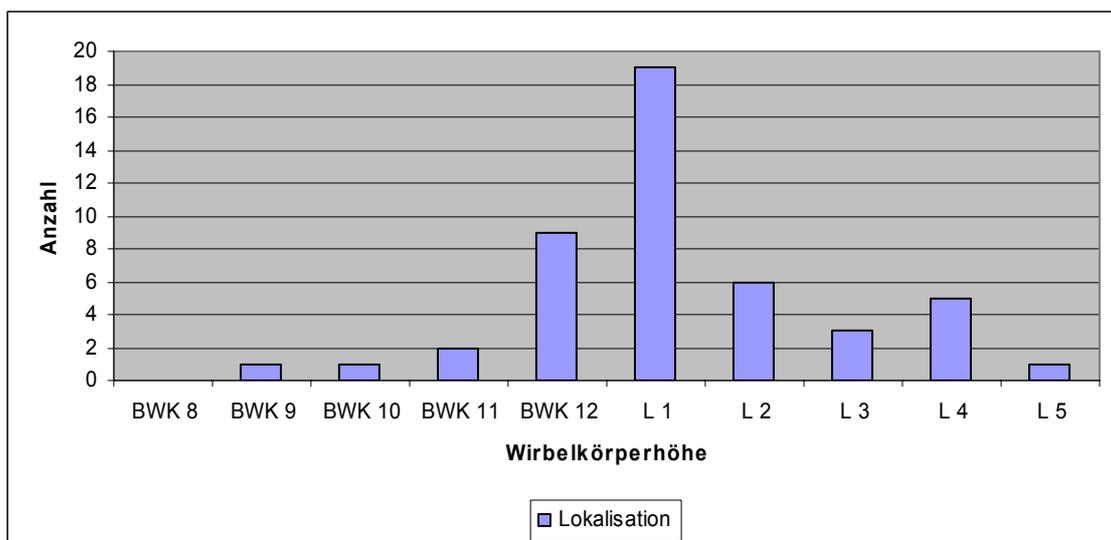


Abb. 17: Topographische Verteilung der Frakturen

Die Analyse des Unfallherganges ergab im wesentlichen 3 Ursachen. Als Sturz wurde ein Sturz auf den Rücken gewertet. Lag ein Sturz aus mindestens 2m vor, wurde dieser als Sturz aus der Höhe gewertet. Die Aufschlüsselung ist in dem folgenden Diagramm dargestellt.

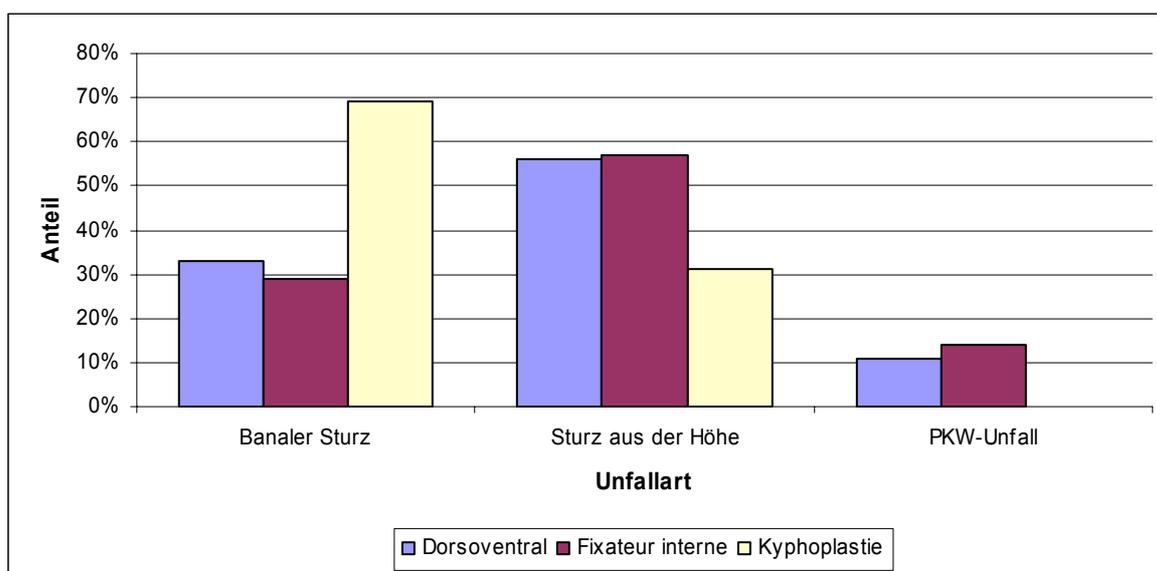


Abb. 18: Unfallmechanismus der einzelnen Gruppen

12 Patienten hatten Begleitverletzungen, wobei die meisten dieser Patienten in der Gruppe Fixateur interne eingeschlossen sind. Neurologische Auffälligkeiten wiesen 3 der 41 Patienten nach dem Unfall in einer Schwere der Stufe D nach Frankel auf.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren 4 Patienten verstorben. Ein Patient verstarb perioperativ infolge eines Myokardinfarktes. Die restlichen Todesfälle standen, soweit eruiert, nicht in einem direkten Zusammenhang mit der erlittenen Wirbelsäulenverletzung bzw. mit der durchgeführten operativen Therapie. Diese Patienten waren im Mittel 83 Jahre alt, keiner dieser Patienten war im Kollektiv der dorsoventral stabilisierten Patienten. Der prozentual höchste Anteil der verstorbenen Patienten war mit 19% in der Gruppe der Kyphoplastiepatienten zu verzeichnen. Im Kollektiv der Patienten mit Fixateur interne betrug der Anteil 14%.

Weitere 4 Patienten waren nicht erreichbar, 1 Patientin war zwischenzeitlich als vollständiger Pflegefall in einem Pflegeheim untergebracht und konnte deshalb nicht nachuntersucht werden. Es ergibt sich somit eine Nachuntersuchungsrate von 78%.

Der Nachuntersuchungszeitraum betrug im Mittel 39 Monate ( Min 10 Monate, Max 72 Monate ) für alle Patienten.

In dem für die Arbeit relevanten Zeitraum zeigte sich eine auffallende Verteilung der durchgeführten operativen Eingriffe vor allem in Hinblick auf Gruppe D und KP. Vor 2004 wurde keine Ballonkyphoplastie bei Frakturtypen A3 durchgeführt. Danach zeigte sich ein rascher Anstieg, bei gleichzeitig deutlich rückläufiger Anzahl von alleiniger dorsaler Stabilisierung. Im Jahr 2005 wurde kein Patient, der die Einschlusskriterien dieser Arbeit erfüllt, isoliert dorsal stabilisiert ( siehe Abb.19 )

In der Gruppe DV zeigte sich keine wesentliche Änderung in der Anzahl der durchgeführten operativen Eingriffe von 2002 bis 2005.

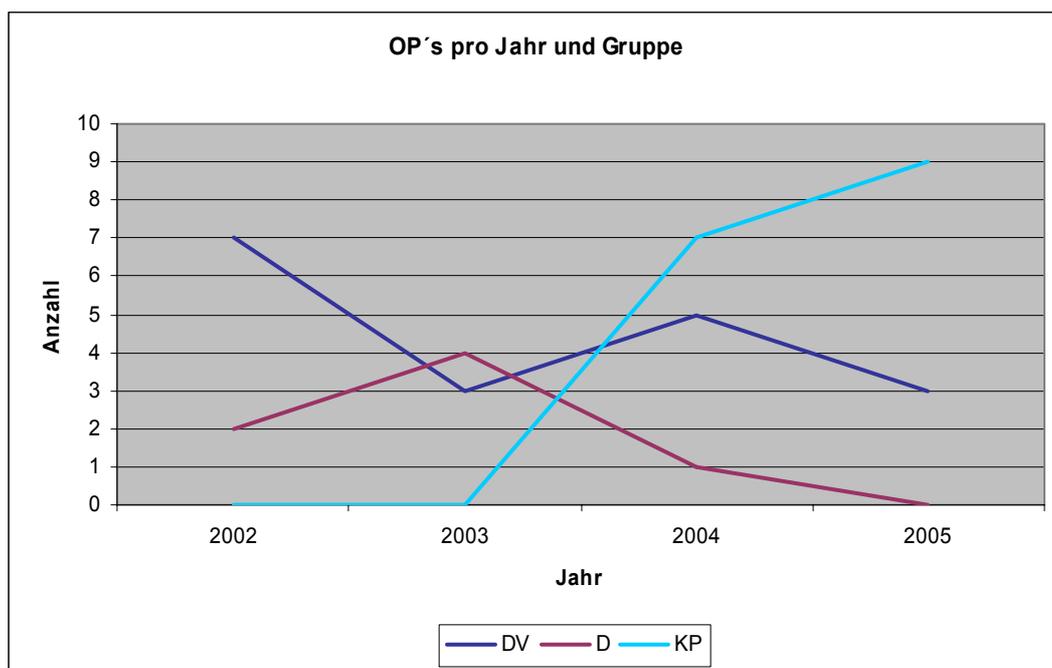


Abb. 19: Darstellung der OP-Anzahl pro Gruppe und Jahr

Der Altersdurchschnitt war im Patientenkollektiv welches mit Fixateur interne versorgt worden war und im Kollektiv der Kyphoplastiepatienten mit 75 Jahren gleich. Dagegen waren diejenigen Patienten, die mit einem dorsoventralen Verfahren versorgt worden waren im Schnitt 8 Jahre jünger ( Altersdurchschnitt 67 Jahre ).

In dieser Gruppe wurden präoperativ 78% mit ASA 2 oder besser eingestuft, wohingegen in den beiden anderen Gruppen 90% der Patienten ASA 2 und schlechter

eingestuft wurden. Dies ist auf den, entsprechend dem höheren Alter in diesen Gruppen, höheren Anteil von Begleiterkrankungen ( cardial, pulmonal und endokrin ) zurückzuführen.

## **4.2. Klinische Aufschlüsselung der Ergebnisse**

### **4.2.1. Neurologie**

Präoperativ lag bei 2 Patienten des Kyphoplastie-Kollektives ( KP-Kollektiv ) eine neurologische Störung vor im Stadium D nach Frankel. In einem Fällen bestand eine Sphinkterschwäche, eine Blasenschwäche konnte bei liegendem Blasenkatheter nicht beurteilt werden. Im anderen Fall bestanden Parästhesien an beiden Unterschenkeln aufgrund einer zudem bestehenden Contusio spinalis. Eine wesentliche Einengung des Spinalkanales lag in beiden Fällen nicht vor.

Im Kollektiv der dorsoventral ( DV ) versorgten Patienten zeigte sich bei einer Patientin ebenfalls eine Sphinkterschwäche. Postoperativ bzw. im stationären Verlauf kam es in allen Fällen zu einer Restitutio ad integrum. Keiner der mit Fixateur interne isoliert dorsal ( D ) versorgten Patienten wies eine neurologische Störung auf. In keiner der Gruppen wurde postoperativ eine Verschlechterung der neurologischen Symptomatik oder neu aufgetretene spinale Ausfälle verzeichnet.

<b>Neurologie</b>	<b>Dorsal</b>	<b>Dorsoventral</b>	<b>Kyphoplastie</b>
<b>Präoperativ</b>	0	1	2
<b>Postoperativ</b>	0	0	0
<b>Restitutio ad integrum</b>	/	ja	ja

Tab. 3: Anzahl der Patienten/Gruppe mit neurologischer Symptomatik ( absolut ) sowie der entsprechende Verlauf

### **4.2.2. Perioperative Daten und stationärer Aufenthalt**

Beim Vergleich der drei Gruppen ist der durchschnittliche stationäre Aufenthalt im Kollektiv DV statistisch signifikant (  $p=0,012$  ) deutlich länger als im Kollektiv KP mit im Mittel 22 zu 13 Tagen. Zum Kollektiv D zeigte sich im Vergleich mit 22 zu 18 Tagen im Mittel kein signifikanter Unterschied. Der längere Aufenthalt in DV ergibt sich durch die beiden erforderlichen Eingriffe. Betrachtet man die erforderliche Dauer des

Intensivaufenthaltes postoperativ, so ergibt sich durchschnittlich kein Unterschied zwischen DV und D. In diesen Gruppen beträgt die Verweilzeit auf der Intensiv- bzw. Wachstation 4 Tage. Im Vergleich zu KP beträgt hier die Verweildauer lediglich 1 Tag. Dies lässt sich durch die wesentlich geringere Belastung durch die OP und damit auch wesentlich geringerem Risiko von kardiovaskulären Problemen erklären. Noch deutlicher wird dies durch die Tatsache, dass sowohl in DV als auch in D alle Patienten auf der Intensivstation perioperativ betreut wurden. In der Gruppe KP benötigten dagegen 6 Patienten ( 38 % ) keinerlei intensivmedizinische Überwachung. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 20 graphisch dargestellt.

Diesbezüglich ist auch die OP-Dauer und der damit verbundene Blutverlust zu betrachten. In diesem Punkt weisen die Patienten in DV mit 285 min statistisch signifikant eine längere OP-Dauer auf als die Patienten in D bzw. KP (  $p < 0,01$  ). Ein ebenso deutlicher Unterschied zeigte sich beim Blutverlust mit 741 ml in DV signifikant zur Gruppe KP (  $p < 0,01$  ). Im Vergleich dazu betrug die mittlere OP-Dauer in D 148 min, und ist somit ebenfalls statistisch signifikant geringer als in Gruppe DV (  $p < 0,01$  ). Der mittlere Blutverlust betrug 486 ml in Gruppe D. Trotz dieser Unterschiede, vor allem bzgl. des Blutverlustes, gibt es keinen wesentlichen Unterschied in der Anzahl der transfundierten Blutkonserven. Hier wurde im Mittel in beiden Gruppen ein Erythrozytenkonzentrat transfundiert. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass die Menge einer eventuellen intraoperativen Re-Transfusion von aufbereitetem Eigenblut durch

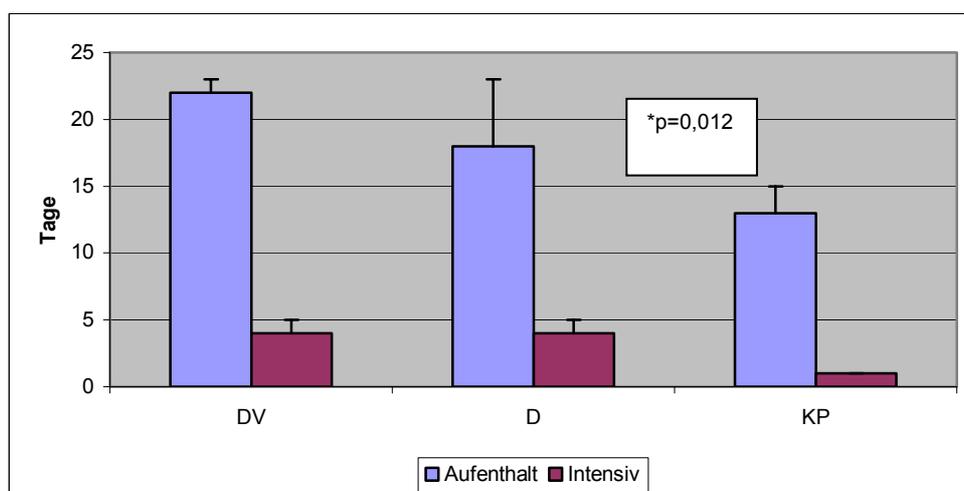


Abb. 20: Stationärer Aufenthalt und Intensivaufenthalt.

Einsatz eines Cellsavers nicht gewertet wurde. Dieses System wurde jedoch in der Gruppe DV während der ventralen Substitution aus den Daten ersichtlich eingesetzt. Im Verlauf der dorsalen Stabilisierung, sowohl in der Gruppe D als auch in der Gruppe DV, lässt sich der Einsatz dieses Systems nicht sicher quantifizieren. Daher kann in diesem Zusammenhang postuliert werden, dass die durchschnittlich gleiche Anzahl an transfundierten Blutkonserven in beiden Gruppen trotz deutlich höherem Blutverlust in DV durch eine intraoperativ erfolgte Substitution von eigenem, aufbereitetem Blut ausgeglichen wurde ( Abb.21 ).

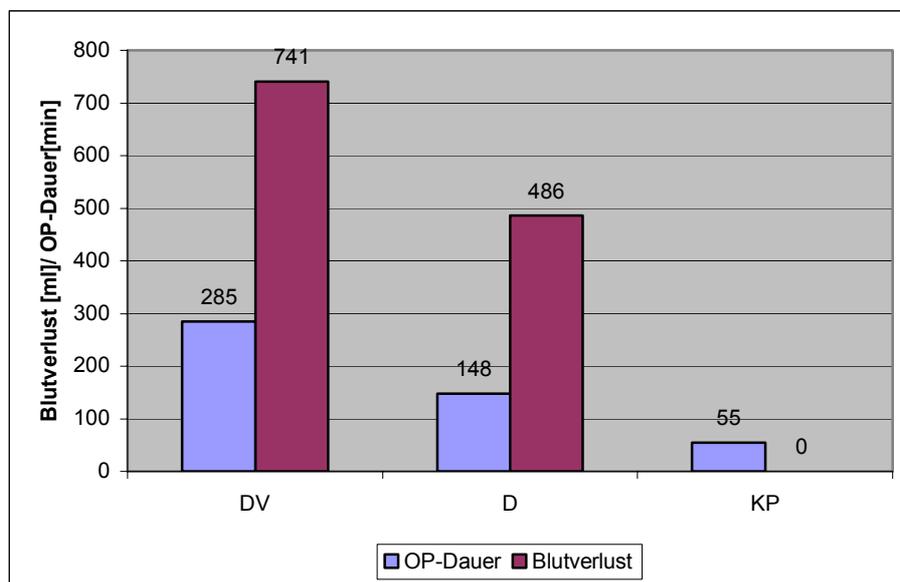


Abb. 21: OP-Dauer und Blutverlust

In der Gruppe KP zeigte sich statistisch signifikant eine deutlich geringere OP-Dauer sowie kein Blutverlust mit durchschnittlich 55 min bzw. 0 ml (  $p < 0,01$  ). Der sehr geringe Blutverlust bei diesem Verfahren ist durch die relativ kurze OP-Dauer und insbesondere durch den sehr kleinen operativen Zugang bedingt. Die ermittelte OP-Zeit erscheint in Hinblick auf den, im Vergleich zu den anderen beiden Kollektiven, einfachen Zugang lang. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass in diesem Kollektiv 4 Patienten jeweils an 2 Wirbelkörpern instrumentiert wurden mit einer entsprechenden dadurch bedingten Verlängerung der OP-Zeit.

### 4.2.3. Komplikationen

Intraoperative Komplikationen traten in 2 Gruppen auf. In DV musste ein Patient aufgrund erschwerter Bedingungen bei der Präparation im Rahmen des thorakoskopischen Vorgehens zu einem offenen Vorgehen konvertiert werden. Bei dem gleichen Patienten trat postoperativ ein Mantelpneumothorax linkseitig auf, allerdings ohne klinischen Relevanz und ohne Notwendigkeit eines therapeutischen Vorgehens. 2 weitere Patienten in dieser Gruppe entwickelten in weiteren postoperativen Verlauf eine Wundheilungsstörung bzw. ein Serom im Bereich des dorsalen Zuganges. Im Kollektiv KP traten ebenfalls bei 2 Patienten intraoperativ Komplikationen auf im Sinne von Zementleckagen. Hier zeigte sich jedoch keine klinische Relevanz. Wundheilungsstörungen traten in dieser Gruppe bei keinem Patienten auf. In D kam es im Verlauf bei einer Patientin zur Ausbildung einer post-traumatischen Cholecystitis welche entsprechend operativ mittels Cholecystektomie versorgt wurde. Bei dieser Patientin lag allerdings von der eigentlichen Verletzungsschwere ein Polytrauma vor. Schwere Blutungskomplikationen traten in keiner der Gruppen auf. Ebenso war in keiner Gruppe eine Fehllage des Implantates aufgetreten. Postoperativ entwickelte ein Patient nach ventraler Versorgung über Mini-Lumbotomie eine passagere Schwäche im linken Bein bei Beteiligung der durch den M. psoas ziehenden Nerven des Plexus lumbalis. Insgesamt zeigte sich beim Vergleich der nachgewiesenen Komplikationsrate der höchste Prozentsatz ( 27% ) in der Gruppe DV, die niedrigste Komplikationsrate mit 12% in KP. Zur dritten Gruppe D zeigte sich mit 14% zur Gruppe KP kein wesentlicher Unterschied. Allerdings trat in dieser Gruppe die einzige, operative revisionspflichtige Komplikation auf. In Abbildung 23 ist diese Verteilung der Komplikationen auf die Gruppen sowie die Aufschlüsselung derselben dargestellt.

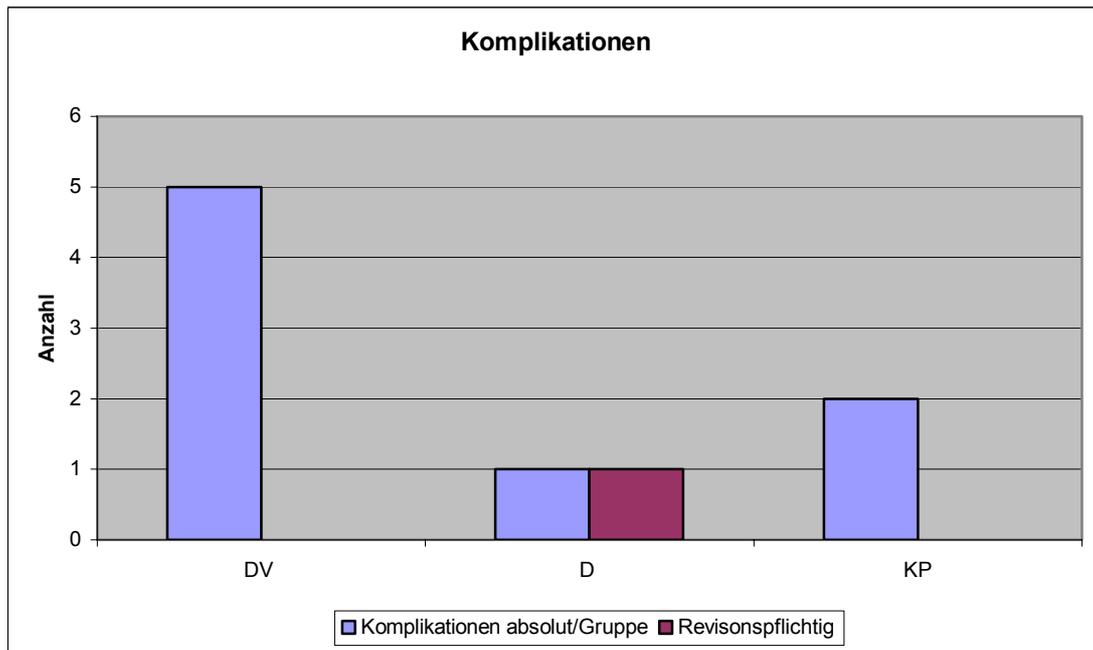


Abb. 22: Verteilung der Komplikationen auf die Gruppen

Komplikationen	Anzahl
Konversion	1
Zementleckage intraoperativ	2
Wundheilungsstörung	2
Neurologie	1
Pneumothorax	1
Cholecystitis	1

Tab. 4: Aufschlüsselung der Komplikationen allgemein

#### 4.2.4. Nachbehandlung

Im Anschluss an den stationären Aufenthalt aufgrund der Verletzung erfolgte in der Gruppe DV und D bei fast allen Patienten eine Anschluß-Heilbehandlung in einer Rehabilitationsklinik ( 94% bzw. 86 % ). In der Gruppe KP wurde nur bei 25% der Patienten eine Anschluß-Heilbehandlung ( AHB ) durchgeführt. Die AHB betrug in der Gruppe DV im Schnitt 4 Wochen, in den beiden restlichen Gruppen jeweils 3 Wochen.

Eine ambulante physiotherapeutische ( PT ) Nachbehandlung wurde bei 40 von 41 Patienten durchgeführt. Im Vergleich der Gruppen betrug diese in DV 28 Wochen, in

D 24 Wochen und in KP 8 Wochen. Die nachfolgende Tabelle stellt dies zusammenfassend dar.

<b>Gruppe</b>	<b>AHB [ Wochen ]</b>	<b>PT [ Wochen ]</b>
<b>DV</b>	4	28
<b>D</b>	3	24
<b>KP</b>	3	8

Tab. 5: Darstellung der Nachbehandlungsdaten

### 4.3. Aufschlüsselung der Nachuntersuchungsergebnisse

Um den Erfolg der operativen Therapie der Gruppen beurteilen zu können ist neben den radiologischen Befunden und den Ergebnissen der klinischen Untersuchung auch die subjektive Einschätzung des OP-Ergebnisses durch den einzelnen Patienten erforderlich. Hierzu wurden die folgenden Punkte herangezogen und innerhalb bzw. zwischen den Gruppen verglichen.

#### 4.3.1. Aktivität und Rückenfunktion

Die Patienten wurden im Hinblick auf Ihre Tätigkeiten in sportlicher Hinsicht bzw. in Hinsicht auf Hobbys befragt. Eine Evaluation der beruflichen Tätigkeiten erfolgte nicht, da alle Patienten zum Unfallzeitpunkt bereits berentet waren. Relevant für diese Eigeneinschätzung der Patienten waren diejenigen Aktivitäten, die den Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung möglich waren. Als Bezugspunkt mit 100 % wurde das jeweilige individuelle Aktivitätsausmaß vor dem Unfall gewertet. Hierbei zeigte sich in allen Gruppen, dass diejenigen der Patienten, die vor dem Unfall einen hohen ( altersentsprechenden ) Aktivitätslevel aufwiesen, auch post-operativ bzw. zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keinen bzw. nur einen geringen Verlust der Aktivität beklagten. Den höchsten Verlust an Aktivität zeigten die Patienten in Gruppe D mit einer verbliebenen Restaktivität von im Schnitt 55% d.h.

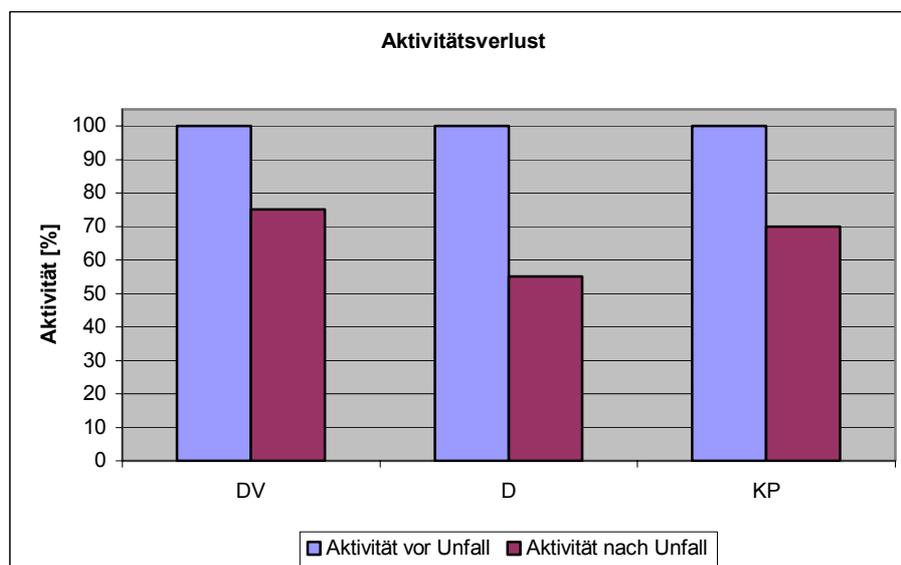


Abb. 23: Aktivitätsvergleich vor und nach Unfall

im Durchschnitt zeigten die Patienten dieser Gruppe eine deutliche Einschränkung oder einen Wechsel der vorherigen Aktivitäten. In dieser Gruppe konnte lediglich ein Patient postoperativ vergleichbare Tätigkeiten bzw. Hobbys durchführen, ein Patient konnte nur noch alltäglich Verrichtungen durchführen. In der Gruppe DV und KP zeigte sich mit einer verbliebenen Aktivität von durchschnittlich 75% bzw. 70% ein deutlich besseres Ergebnis ( Abb. 23 ). Dies bedeutet, dass diese Patienten im Durchschnitt die gleichen Aktivitäten bzw. Hobbys postoperativ ausüben konnten wie vor dem Unfall. Dabei wiesen in DV 27% der Patienten das gleiche Aktivitätsniveau wie vor dem Unfall auf, keiner der Patienten hatte ein schlechteres Ergebnis als 50% ( deutliche Einschränkung bzw. Wechsel der Aktivität. In KP wiesen sogar 45% der Patienten ein identisches Aktivitätslevel zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wie vor dem Unfall auf. In dieser Gruppe zeigten jedoch auch 19% der Patienten eine Einschränkung auf 25%, d.h. diesen Patienten war keine Zusatzaktivität mehr möglich.

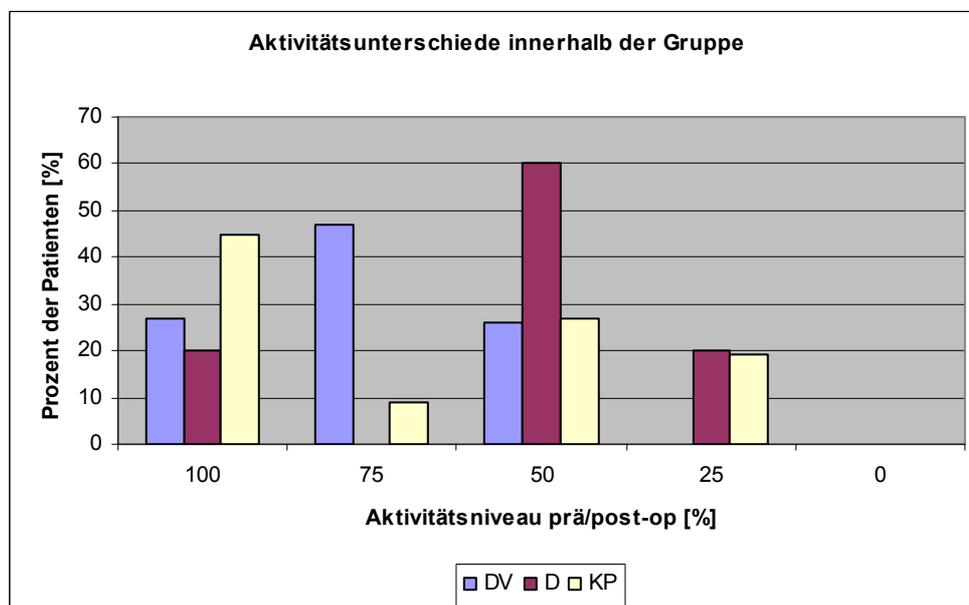


Abb. 24: Aktivitätslevel innerhalb der Gruppen

Betrachtet man die Rückenfunktion im Hinblick auf evtl. vorhandene Beschwerden und Einschränkungen sowie deren Frequenz, so zeigt die Gruppe DV das beste Ergebnis. Die Patienten dieser Gruppe erreichten im Mittel einen Wert von 77%, mit

einer Bandbreite von 50% minimal und 100% maximal ( die genaue Aufteilung siehe Abb.3 ). In den anderen beiden Gruppen ergab sich ein Wert von 50% in D ( Min 25, Max 75 ) bzw. 66% in KP ( Min 25, Max 100 ). Somit liegt bei keinem Patient aus D eine Beschwerdefreiheit vom Rücken her vor. Im Mittel bestanden häufige bzw. deutliche Beschwerden und/oder eine leichte Einschränkung. In der Gruppe DV waren 5 Patienten vollständig beschwerdefrei, im Mittel bestanden gelegentliche geringe Beschwerden. Keiner wies eine deutliche Einschränkung auf. In der KP-Gruppe war nur 1 Patient vollständige beschwerdefrei, die meisten Patienten hatten geringe Beschwerden, wobei allerdings auch 1 Patient starke Beschwerden bzw. eine deutliche Einschränkung der Rückenfunktion aufwies. ( s. Abb. 25 )

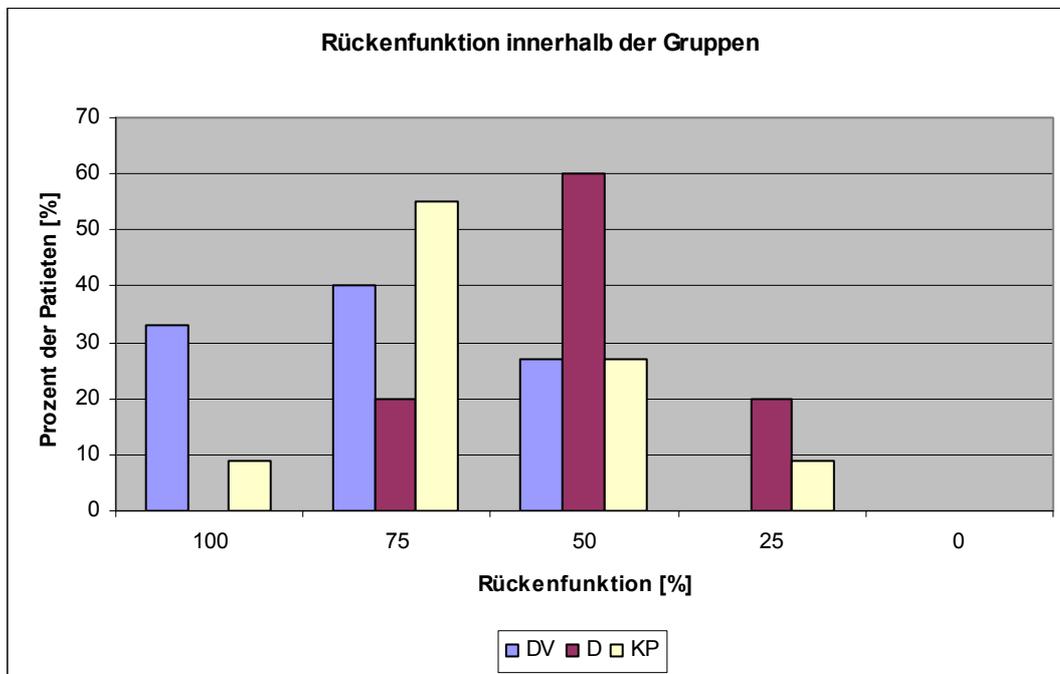


Abb. 25: Aufteilung des prozentualen Anteils der Rückenfunktion pro Gruppe

Es zeigt sich deutlich, dass im Vergleich die Gruppe D das signifikant ungünstigste Ergebnis (  $p < 0,05$  ) im Hinblick auf die Rückenfunktion aufweist, die Gruppe DV das günstigste Ergebnis. Allerdings ist zeigt die KP-Gruppe ebenfalls ein deutlich besseres Ergebnis als die Gruppe D.

### 4.3.2. Finger-Boden-Abstand ( FBA )

Der FBA zeigte in der Gruppe DV und KP keinen wesentlichen Unterschied mit durchschnittlich 16 cm (  $\pm 10$ cm ) in DV und 15cm (  $\pm 16$ cm ) in der Gruppe KP. Allerdings ergab sich in der Gruppe D ein signifikant (  $p= 0,011$  ) schlechteres Ergebnis mit einem FBA im Mittel von 32cm (  $\pm 13$ cm ).

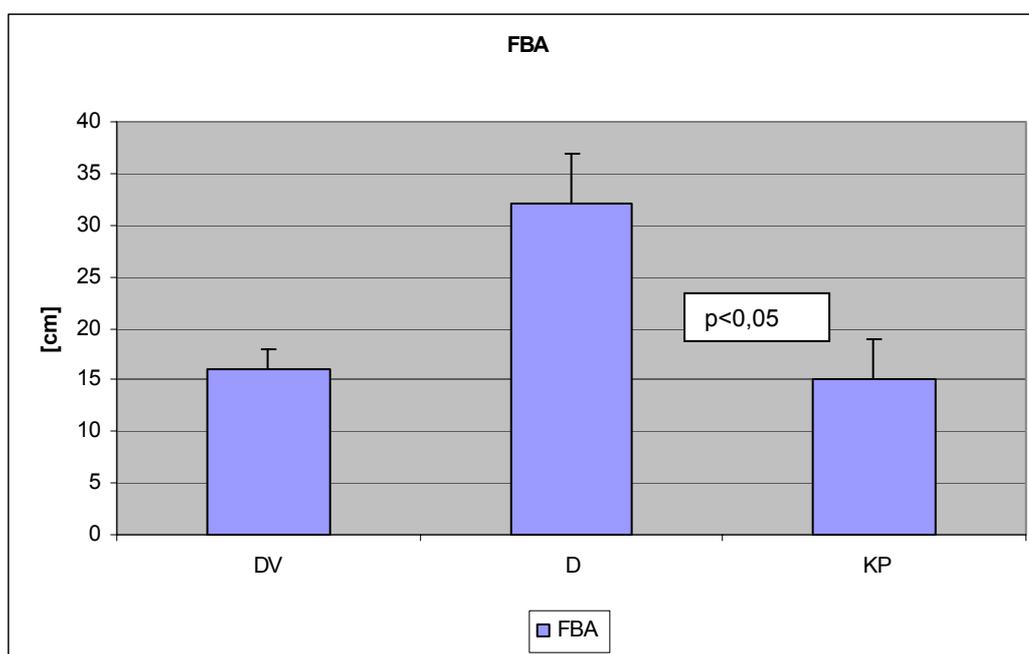


Abb. 26: Finger-Boden-Abstand im Gruppenvergleich,  $p < 0,05$  D vs. KP

### 4.3.3. Zugangsmorbidität

In allen 3 Gruppen erfolgte eine operative Versorgung von dorsal aus. Dieser Parameter kann somit zwischen allen Gruppen verglichen werden. Die Ergebnisse im Hinblick auf den ventralen Zugang bzw. der Spanentnahmestelle kann nur innerhalb der Gruppe DV verglichen werden. Zur Erklärung der jeweiligen im folgenden verwendeten Prozentsätze wird auf Abb. 4 verwiesen.

#### 4.3.3.1. Dorsaler Zugang

Alle Patienten in der KP-Gruppe waren vollständig beschwerdefrei im Bereich des ehemaligen Zuganges dorsal. ( Gruppe KP: 100%  $\pm$  0% ) Von den Patienten in der DV Gruppe waren 9 ebenfalls komplett beschwerdefrei, 4 hatten gelegentlich leichte Beschwerden. Jeweils einmal lagen starke Beschwerden ohne Einschränkung bzw. starke Beschwerden mit entsprechender Einschränkung vor ( Gruppe DV: 83%  $\pm$  23% ). In der Gruppe D waren 4 Patienten beschwerdefrei oder hatten gelegentlich leichte Beschwerden. 20% wiesen starke Beschwerden mit Einschränkungen auf (Gruppe D: 75%  $\pm$  30 % ). Bei einem Patienten wurde der einliegende Fixateur interne 1 Jahr nach Unfall aufgrund der Beschwerden entfernt. Hierdurch kam es jedoch nicht zu einer subjektiven Verbesserung der Beschwerden.

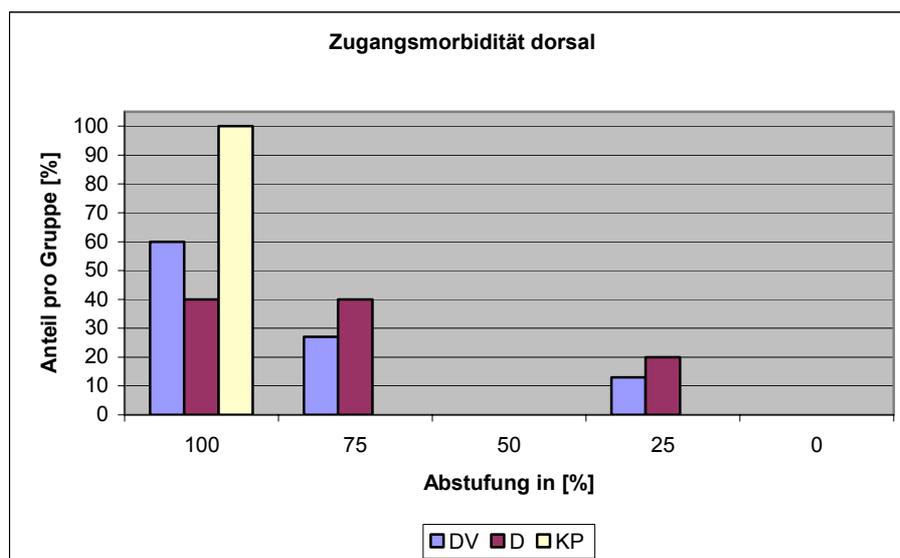


Abb.27: Vergleich der Zugangsmorbidität innerhalb der Gruppen

#### 4.3.3.2. Ventraler Zugang und Spanentnahmestelle

In der Gruppe DV wurden 9 Patienten mit einer ventralen Spondylodese mit Beckenkammspan monosegmental versorgt. Bei diesen Patienten erfolgte zusätzlich eine Rekonturierung des Beckenkammes nach Entnahme des Spanes mit einer 1/3-Rohr-Platte. Eine Entfernung dieser Platte wurde bei keinem der Patienten durchgeführt. Der einliegende Fixateur interne wurde bei 5 Patienten durchschnittlich 12 Monate nach der Akutversorgung entfernt. Aufgrund vollkommener Beschwerdefreiheit wurde die Implantatentfernung von den restlichen Patienten abgelehnt. Im weiteren Verlauf traten bei einem Patienten deutliche Beschwerden dorsalseitig auf, welche auf das einliegende Implantat zurückzuführen waren. Diesem Patienten wurde eine entsprechende Entfernung angeraten.

67% waren an beiden Zugängen komplett beschwerdefrei, 33% wiesen deutliche bzw. häufige Beschwerden auf, jedoch ohne Funktionseinschränkungen. Ein Patient hatte eine Interkostalneuralgie entwickelt ( 1/18 ), welche auch unter medikamentöser Therapie nur eine mäßige Besserungstendenz zeigte.

Weitere 9 Patienten wurden bisegmental mit einem höhenvariablen Wirbelkörperersatz von ventral versorgt. Intraoperativ wurde dabei der aus dem geborstenen Wirbelkörper entnommene Knochen als autologe Spongiosaplastik wieder eingebracht und um den Wirbelkörperersatz angelagert. Auf eine zusätzliche Entnahme von Beckenkammpongiosa wurde verzichtet. Bei keinem der Patienten wurde der dorsal eingebrachte Fixateur interne aufgrund von Beschwerden entfernt. Eine routinemäßige Implantatentfernung des Fixateur interne wird bei bisegmentaler Stabilisierung nicht durchgeführt. In dieser Untergruppe waren 75% vollständig beschwerdefrei im Hinblick auf den ventralen Zugang, 25% hatte lediglich leichte Beschwerden ohne funktionelle Einschränkungen.

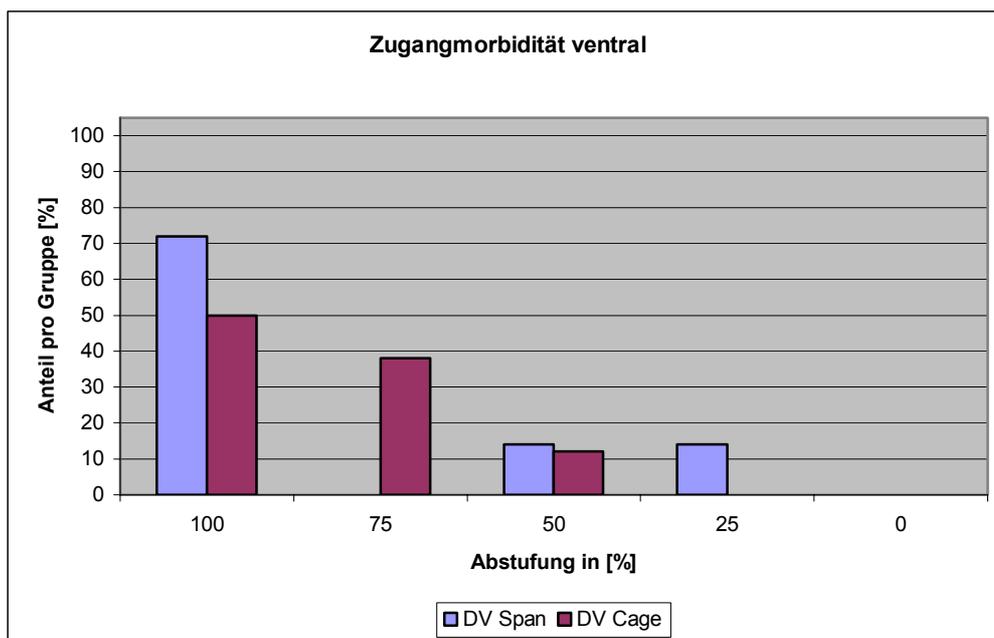


Abb. 28: Vergleich der Zugangsmorbidität ventral innerhalb der Gruppe

Die ventrale Versorgung wurde in Bezug auf alle Patienten der Gruppe DV zu 83 % als thorakoskopischer Eingriff minimal-invasiv durchgeführt, da es sich um Frakturen des thorakolumbalen Überganges handelte. Wie unter Punkt 4.2.3 bereits aufgeführt muss nur in einem Fall eine Konversion zu einem offenen Vorgehen durchgeführt werden. 3 Patienten wurden bei Frakturen der mittleren LWS über eine Mini-Lumbotomie versorgt. Keiner der Patienten entwickelte postoperativ eine Lumbalhernie.

#### 4.3.4. Visuelle Analog Skala ( VAS )

In allen Gruppen konnte der Bogen von den Patienten problemlos ausgefüllt werden. Im Vergleich zeigte die Patienten in Gruppe D ein signifikant ungünstigeres Ergebnis mit 50 Punkten (  $\pm 28$  ) als die Gruppe DV (  $p=0,011$  ) und die Gruppe KP (  $p=0,009$  ). Das beste Ergebnis zeigte die Gruppe DV mit durchschnittlich 80 Punkten (  $\pm 18$  ). Zur Gruppe KP zeigte die Gruppe DV keinen signifikanten Unterschied. Hier ergab sich ein Durchschnittswert von 78 Punkten (  $\pm 21$  ). Damit ergibt sich in dieser Gruppe auch ein wesentlich besseres Ergebnis als in der Gruppe D ( s. Abb.: 29 )

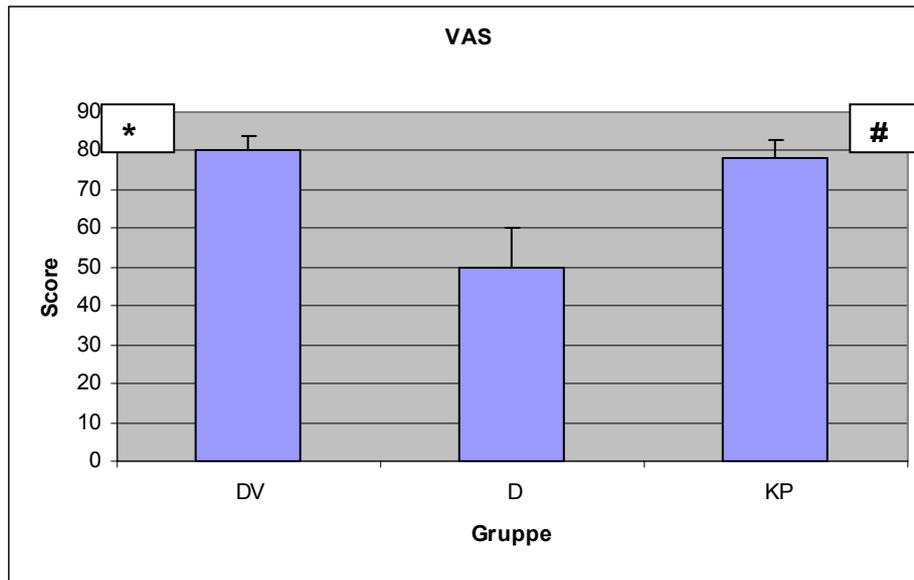


Abb. 29: Vergleich des VAS-Scores zwischen den Gruppen; \* =  $p < 0,05$  ( D vs. DV ), # =  $p < 0,01$  ( D vs.KP )

#### 4.3.5. Spine Score ( SS )

Die Patienten der Gruppe DV zeigten in fast allen Unterpunkten des Scores ein gutes bis sehr gutes Ergebnis. Lediglich bei dem Unterpunkt „Laufen/Rennen“ zeigten nahezu alle Patienten dieser Gruppe eine deutliche Einschränkung. Zwei Patienten waren auch in diesem Punkt beschwerdefrei. Auch die Patienten der Gruppe KP zeigten überwiegend ein gutes bis sehr gutes Ergebnis der einzelnen Unterpunkte. Problematisch waren in dieser Gruppe neben dem „Rennen“ allerdings auch das „Hochheben von Gegenständen“. Eine leichte Einschränkung zeigte sich im Punkt „Bewegungsschmerz“ und „Laufen“.

Ein deutlich unterschiedliches Ergebnis zeigten die Patienten der Gruppe D. Nur ein Patient hatte in 9 Unterpunkten ein gutes bis sehr gutes Ergebnis. Auch bei diesem Patienten war die Fähigkeit zum Laufen als einziger Punkt deutlich eingeschränkt. Alle anderen Patienten wiesen in insgesamt 7 der 10 Unterpunkte ein schlechtes bis sehr schlechtes Ergebnis auf. Im Vordergrund standen dabei „Ruhe- und Bewegungsschmerz“, „Sitzen“, „Stehen“ und „Gehen“, „Rennen“ sowie das „Hochheben von Gegenständen“.

Zusammenfassend ergibt sich für die Gruppe DV im Mittel ein Wert von 78 Punkten ( $\pm 17$ ). Die Gruppe KP erreicht einen vergleichbar guten Wert mit 71 Punkten ( $\pm 22$ ). Das schlechteste Ergebnis zeigte die Gruppe D mit im Schnitt 42 Punkten ( $\pm 24$ ).

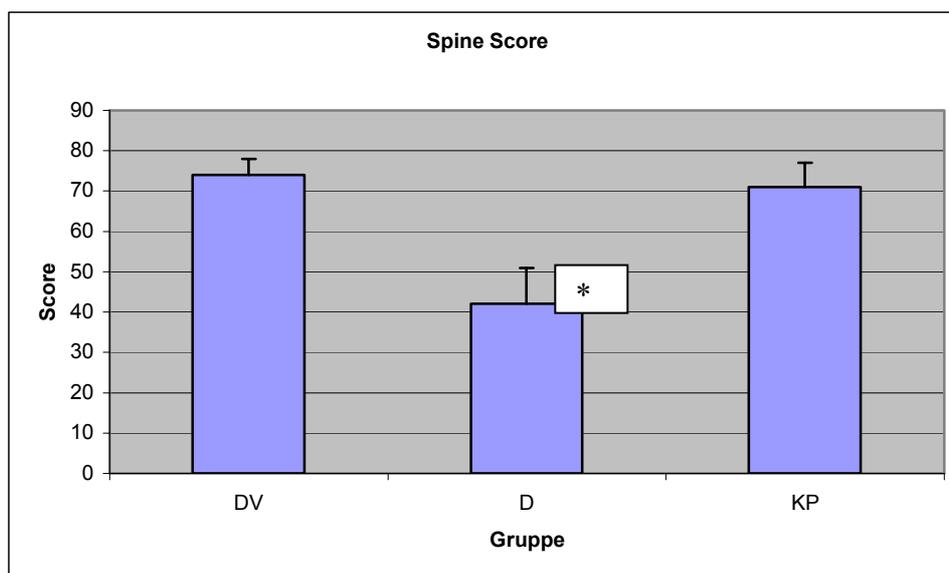


Abb. 30: Vergleich der Werte des Spine Score; \* =  $p < 0,05$  ( D vs DV und KP )

Das Diagramm zeigt deutlich das signifikant ungünstigere klinische Ergebnis der Gruppe D (  $p = 0,038$  ), wohingegen die beiden anderen Gruppen ein nahezu gleich günstiges Ergebnis aufweisen.

#### **4.4. Aufschlüsselung der Röntgenergebnisse**

##### **4.4.1. Kollektiv Isoliert Dorsal**

Präoperativ zeigten die Patienten durchschnittlich eine Minderung der Höhe der Wirbelkörpervorderkante auf 66% der ursprünglichen Höhe (  $\pm 15\%$  ). Der Höhenverlust der Hinterkante zeigte eine deutlich geringere Ausprägung. Im Mittel ergab sich eine verbliebene Höhe von 88% (  $\pm 8\%$  ). Der dadurch bedingte Verlust der physiologischen Lordose im thorakolumbalen Übergang und der LWS zeigt sich im ermittelten GDW. Präoperativ wiesen die Patienten im Mittel einen GDW mit  $6^\circ$  Kyphose auf (  $\pm 17^\circ$  ). Allerdings bestand eine deutliche Schwankungsbreite mit einem Max von  $25^\circ$  Kyphose und  $20^\circ$  Lordose.

Eine wesentliche Skoliose bestand mit ermittelten  $1^\circ$  rechtskonvex in dieser Gruppe nicht in einem relevanten Ausmaß und wird daher im Folgenden nicht mehr gesondert betrachtet werden.

In den präoperativen CT-Aufnahmen wurden eine Spinalkanalenge mit 10% ausgemessen (  $\pm 12\%$  ).

Postoperativ zeigte sich eine Verbesserung der Vorderkantenhöhe auf 80% (  $\pm 14\%$  ). Die Hinterkante zeigte eine Höhenzunahme auf 91% (  $\pm 6\%$  ). Der GDW wurde mit  $1^\circ$  Kyphose als Gruppendurchschnitt ermittelt (  $\pm 17^\circ$  ). Die präoperativ aufgefallene Schwankungsbreite bestand in gleicher Weise postoperativ.

Bei der Auswertung der im Rahmen der Nachuntersuchung angefertigten Röntgenaufnahmen ergab sich in Hinblick auf die Vorderkante des Wirbelkörpers eine Höhenminderung von 70% (  $\pm 15\%$  ). Die Hinterkante zeigte eine Höhe von 92% (  $\pm 5\%$  ). Der GDW zeigte im Mittel eine Kyphose von  $8^\circ$  (  $\pm 14^\circ$  ).

In keinem Fall wurde eine Anschlussfraktur nachgewiesen. Bei einem Patienten zeigte sich ein Bruch der einliegenden Fixateurlängsstangen cranial des eingebrachten Querverbinders. 80% zeigten eine knöcherne Konsolidierung der Fraktur, jedoch weitgehend mit einem Verlust des physiologischen Lordosewinkels. Die Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

	<b>Vorderkante</b>	<b>Hinterkante</b>	<b>GDW</b>
<b>Präoperativ</b>	66%	88%	6° Kyphose
<b>Postoperativ</b>	80%	91%	1° Kyphose
<b>Nachuntersuchung</b>	70%	92%	8° Kyphose

Tab. 8: Mittelwerte der radiologischen Parameter der Gruppe D

Um eine Aussage im Hinblick auf einen Repositionsgewinn postoperativ zu ermöglichen wurde entsprechend die Differenz der präoperativen und postoperativen Werte gebildet. Somit ergibt sich für die Vorderkante ein Höhengewinn von 14% ( $\pm 10\%$ ), für die Hinterkante eine Höhengewinn von 3% ( $\pm 3\%$ ). Bezüglich des GDW zeigt sich eine Verbesserung der Kyphose um 5° ( $\pm 6^\circ$ ).

Der Repositionsverlust wurde durch Differenz der ermittelten postoperativen Werten zu den Werten der Nachuntersuchung gebildet. Hier zeigte die Vorderkante einen Verlust von 10% ( $\pm 8\%$ ). Die Hinterkante zeigte nochmals einen Gewinn von 1% ( $\pm 4\%$ ). In Bezug auf den GDW zeigte sich eine erneute Zunahme der Kyphose um 7° ( $\pm 3^\circ$ ).

	<b>Vorderkante</b>	<b>Hinterkante</b>	<b>GDW</b>
<b>Repositionsumfang</b>	14%	3%	5°
<b>Repositionsverlust</b>	10%	-1%	7°
<b>Definitiver Gewinn</b>	4%	4%	-2°

Tab. 9: Darstellung des definitiven Repositionsgewinnes der Gruppe D

Tabelle 8 veranschaulicht den letztlich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verbliebenen Repositionsgewinn. Sowohl an Vorder- als auch Hinterkante verblieb ein leichter Repositionsgewinn von 4%. Betrachtet man allerdings den GDW, so zeigt sich insgesamt ein kompletter Verlust der postoperativ erreichten Reposition. Rechnerisch zeigt sich dabei ein um 2° stärker kyphotischer Winkel als präoperativ.

#### 4.4.2. Kollektiv Dorsoventral

Präoperativ zeigte sich in dieser Gruppe ein GDW von 8° Kyphose ( ± 11° ). Unterscheidet man innerhalb dieser Gruppe nach der durchgeführten Versorgung ( Span = DVs oder Wirbelkörperersatz = DVw ) so lag der gemessene GDW präoperativ bei 11° ± 6° ( DVs ) bzw. 5° ± 13° ( DVw ).

Insgesamt betrug die Einengung des Spinalkanals in der Gesamtgruppe präoperativ 25% ( ± 7% ).

Postoperativ ergab sich mit einem GDW gesamt von 3° Lordose ( ± 13° ) ein signifikanter Repositionsgewinn ( p=0,027 ). Im Subkollektiv DVs wurde der GDW mit 2° Kyphose ( ± 8° ), in DVw der GDW mit 7° Lordose ( ± 15° ) postoperativ gemessen.

Bei der Nachuntersuchung wurde im Gesamtkollektiv DV der GDW mit 0° ( ± 15° ) gemessen. Im Subkollektiv DVs ergab sich ein Wert von 6° Kyphose ( ± 7° ), wohingegen sich im Subkollektiv DVw ein Wert von 5° Lordose zeigte ( ± 18° ).

	<b>DV</b>	<b>DVs</b>	<b>DVw</b>
<b>Präoperativ</b>	8° Kyphose	11° Kyphose	5° Kyphose
<b>Postoperativ</b>	3° Lordose	2° Kyphose	7° Lordose
<b>Nachuntersuchung</b>	0°	6° Kyphose	5° Lordose

Tab. 10: Vergleich des GDW der Subkollektive DV

Im Hinblick auf den Repositionsgewinn ergab sich insgesamt ein Wert von 11°(± 5° ). Aufgesplittet auf die beiden Unterkollektive ergab sich für DVs ein Wert von 10° ( ± 3°), für DVw ein Wert von 11° ( ± 5° ).

Der Repositionsverlust zeigte insgesamt einen Werte von 3° ( ± 4° ), in DVs ergab sich ein Wert von 4° ( ± 4° ), in DVw ein Wert von 2° ( ± 4° ).

	<b>DV</b>	<b>DVs</b>	<b>DVw</b>
<b>Repositionsumfang</b>	11°	10°	11°
<b>Repositionsverlust</b>	3°	4°	2°
<b>Definitiver Gewinn</b>	8°	5°	10°

Tab. 11: Darstellung des definitiven Repositionsgewinnes

Letztendlich verblieb somit bis zu Nachuntersuchung ein Repositionsgewinn im GDW von 8°. Verteilt auf die Untergruppen zeigte sich ein verbliebener Gewinn von 5° nach Spanfusion und von 10° nach Wirbelkörperersatz.

Im Hinblick auf die Durchbauungsrate ergab sich in Subkollektiv DVs eine Rate von 80% erfolgreicher monosegmentaler Fusionen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Im Subkollektiv DVw wurde eine Durchbauungsrate von 75 % der bisegmentalen Spondylodesen um den Cage beobachtet.

#### 4.4.3. Kollektiv Kyphoplastie

Die Patienten zeigten präoperativ eine Minderung der Wirbelkörpervorderkante auf 66% ( ± 16%). Die Hinterkante zeigte eine Minderung auf 87% ( ± 8% ). Der GDW ergab im Mittel eine Kyphose von 8° ( ± 13° ) als Ausdruck des Verlustes der normalerweise vorliegenden Lordose. Eine relevante Skoliose wurde nicht nachgewiesen.

Computertomographisch zeigte eine Einengung des Spinalkanals um weniger als 10% ( 0-10% ). Bei einem Patienten lag eine Einengung auf 30% vor. Dieser Patient wurde aufgrund eines sehr hohen OP-Risikos mit einer Ballonkyphoplastie trotz der deutlichen Spinalkanalenge versorgt. Ein offenes Verfahren konnte dem Patienten aufgrund des Allgemeinzustandes nicht zugemutet werden.

Postoperativ nach Kyphoplastie ergab die Messung der Vorderkante eine Höhe von 84% ( ± 8% ) und damit einen signifikanten Höhengewinn (  $p=0,003$  ), die Hinterkante eine Höhe von 91% ( ± 8% ). Der GDW wurde postoperativ im Mittel mit 0° gemessen. Bezüglich des erwähnten Patienten mit der deutlichen Spinalkanalenge zeigte sich hier postoperativ keine weitere Verlagerung durch den eingebrachten Zement.

Die Röntgenaufnahmen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigten eine Vorderkantenhöhe von 75% ( ± 15% ). Die Hinterkanten wiesen eine Höhe von 92% ( ± 8% ) auf. Die Auswertung des GDW ergab zur Nachuntersuchung durchschnittlich eine Kyphose von 5°.

	<b>Vorderkante</b>	<b>Hinterkante</b>	<b>GDW</b>
<b>Präoperativ</b>	66%	87%	8° Kyphose
<b>Postoperativ</b>	84%	91%	0°
<b>Nachuntersuchung</b>	75%	92%	5° Kyphose

Tab. 6. Mittelwerte der radiologischen Parameter der Gruppe KP

2 Patienten wiesen eine Anschlussfraktur auf ( 12 % ), in einem Fall cranial, im anderen Fall caudal des versorgten Wirbelkörpers, mit entsprechender Kyphosierung der Wirbelsäule. Bei einer Patientin zeigte sich eine ausgeprägte Sinterung des betroffenen Wirbelkörpers mit spontaner Ausbildung einer knöchernen Überbrückung

ventral in deutlicher Kyphose. Die restlichen Patienten wiesen keine ausgeprägte sekundäre Sinterung auf. Die Hinterkante zeigte sich bei allen Patienten scharf abgegrenzt ohne Anhalt für eine sekundäre Verlagerung.

In der Differenz der präoperativ und postoperativ ermittelten Werte zeigte sich ein Repositionsgewinn durch den Eingriff von 18% ( ± 14% ) an der Vorderkante. Die Hinterkante zeigte einen Gewinn von 4% ( ± 6% ). Im GDW zeigte sich ein Gewinn von 8° ( ± 5° ).

Der Repositionsverlust in der Differenz der postoperativen Werte und der Werte der Nachuntersuchung ergab an der Vorderkante einen Wert von 9% ( ± 13% ) und an der Hinterkante einen Wert von 1% ( ± 6% ). Im GDW ergab sich ein Verlust von 5° ( ± 7° ).

Somit ergab sich in dieser Gruppe ein verbliebener Repositionsgewinn von 9% an der Wirbelkörpervorderkante, 5% an der Hinterkante. Der GDW zeigte einen bleibenden Korrekturgewinn von 3° ( s. Tab. 6 )

	<b>Vorderkante</b>	<b>Hinterkante</b>	<b>GDW</b>
<b>Repositionsumfang</b>	18%	4%	8°
<b>Repositionsverlust</b>	9%	-1%	5°
<b>Definitiver Gewinn</b>	9%	5%	3°

Tab. 7: Darstellung des definitiven Repositionsgewinnes in der Gruppe KP

#### 4.4.4. Vergleich der 3 Gruppen

##### 4.4.4.1. Vorder- und Hinterkante

Hier konnten lediglich Kollektiv D und KP verglichen werden. Dabei zeigte sich bei gleichem Ausgangswert präoperativ in der Gruppe KP ein tendentiell besseres Ergebnis mit einem Gewinn von 4%. An der Hinterkante zeigten sich vergleichbare Ergebnisse. Vergleicht man die Nachuntersuchungsergebnisse bzw. den letztlich verbliebenen Repositionsgewinn der beiden Gruppen, so ergibt sich hier ein tendentiell besseres Ergebnis in KP. Die Vorderkante zeigte hier eine geringere Nachsinterung. Dies ist im folgenden graphisch dargestellt.

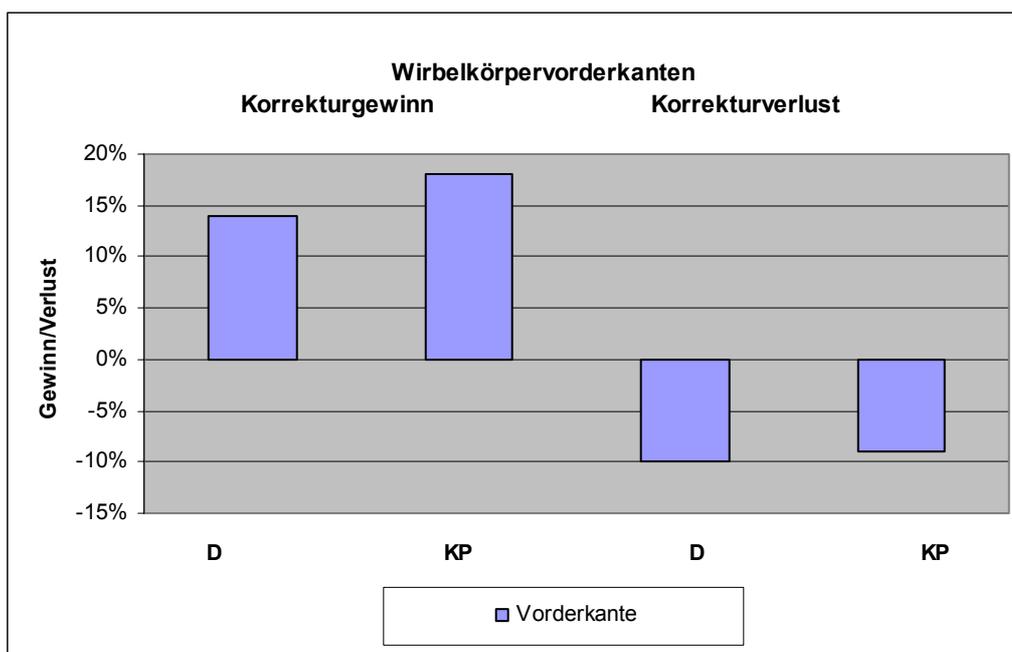


Abb. 31: Korrekturgewinn bzw. Korrekturverlust der Wirbelkörpervorderkanten bei Wirbelkörpererhalt

##### 4.4.4.2. GDW

Postoperativ zeigte sich zwischen Kollektiv KP und DV ein geringer Unterschied im GDW von 3°, wohingegen zum Kollektiv D ein Unterschied von 6° bestand. Der höchste Repositionsverlust bestand in Gruppe D mit 7° in Vergleich zu 5° in KP und

2° in DV. Der letztlich verbliebene Repositionsgewinn war in Gruppe DV signifikant (  $p=0,009$  ) am höchsten.

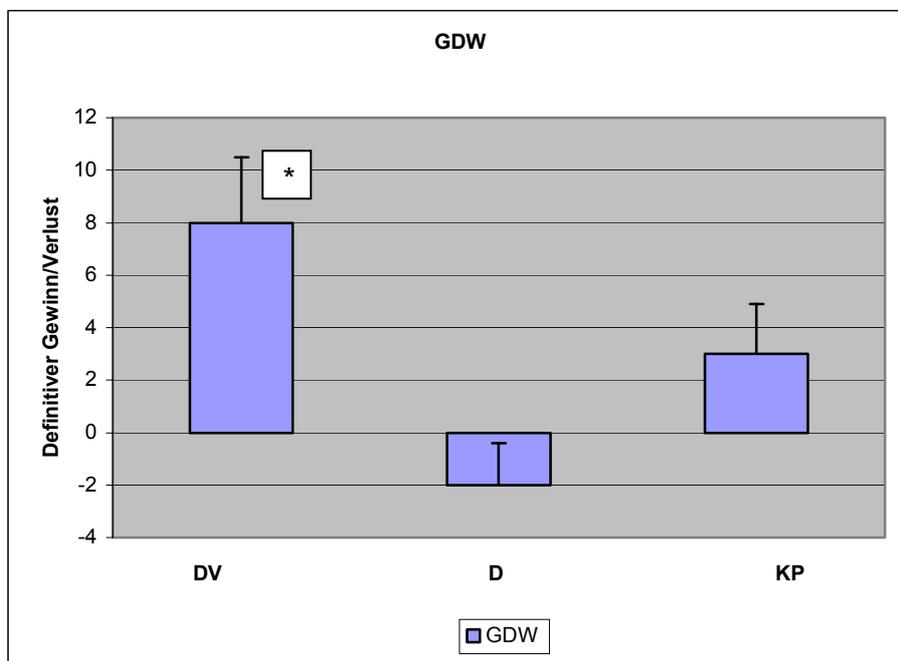


Abb. 32: Definitiver Gewinn/Verlust im GDW im Gruppenvergleich; \* =  $p<0,01$  ( DV vs. D )

Deutlicher zeigte sich dies in einer gestaffelten Betrachtung des Repositionsumfanges bzw. des Repositionsverlustes.

Repositionsumfang	Prozentualer Anteil der Patienten		
	DV	D	KP
0° bis 4°	0%	60%	20%
5° bis 10°	80%	40%	73°
Über 10°	20%	0%	7%

Tab. 12: Gestaffelte Aufschlüsselung des Repositionsgewinnes

In dieser Tabelle zeigt sich, dass in Gruppe DV alle Patienten mindestens einen Repositionsumfang von 5° hatten. 20% hatten einen Repositionsgewinn von mehr als 10°. In der Gruppe D erreichten 60% der Patienten weniger als 5° Repositionsgewinn. Nur 40% hatten mehr als 5°, keiner mehr als 10° Gewinn. In der

Gruppe KP wiesen die meisten Patienten ( 73% ) einen Gewinn von mehr als 5° auf, 7% einen Gewinn von mehr als 10°. Allerdings wiesen 20% einen Gewinn von weniger als 5° auf.

Ein umgekehrtes Bild zeigte sich bei der Betrachtung der Verluste.

<b>Korrekturverlust</b>	<b>DV</b>	<b>D</b>	<b>KP</b>
<b>0° bis 5°</b>	77%	60%	67%
<b>6° bis 10°</b>	23%	40%	17%
<b>Über 10°</b>	0%	0%	16%

Tab. 13: Gestaffelte Aufschlüsselung des Korrekturverlustes

Hier wird deutlich, dass keiner der Patienten im Kollektiv DV einen Verlust von mehr als 10° aufwies. Der Großteil der Patienten hatte einen Verlust von 5° und weniger. In Kollektiv D wies ebenfalls keiner der Patienten einen Verlust von mehr als 10° auf, wobei fast doppelt so viele Patienten wie in Gruppe DV einen Verlust von bis zu 10° aufwiesen. Lediglich in Gruppe KP zeigten 16% der Patienten einen Verlust von über 10° im GDW. Allerdings hatten 2/3 der Mit Kyphoplastie versorgten Patienten nur einen Verlust von 5° und weniger.

#### **4.4.4.3. Osteoporose**

Die höchste Inzidenz einer Osteoporose zeigte sich im Kollektiv KP mit 38 %. In der Gruppe D war eine Osteoporose bei 28 % der Patienten nachgewiesen. Lediglich im Kollektiv DV war bei keinem der Patienten eine Osteoporose nachvollziehbar. In 17 % wurde eine Osteopenie nachgewiesen.

## **5.Diskussion**

### **5.1. Demographische Daten**

Im Zeitraum von 01/2002 bis 12/2005 wurden in unserem Hause insgesamt 487 operative Eingriffe an der Brustwirbelsäule ( BWS ) und der Lendenwirbelsäule durchgeführt ( LWS ). Darunter wurden 62 Patienten, die zum Unfallzeitpunkt mindestens 65 Jahre alt waren, therapiert. Aus diesem Kollektiv wurden, wie bereits im Kapitel 3 aufgeführt, nochmals diejenigen Patienten mit A 3 Frakturen selektioniert und letztlich untersucht.

In der Literatur wird als häufigster Unfallmechanismus in Hinblick auf diese Verletzungen ein Sturz aus großer Höhe, gefolgt von Verkehrsunfällen angegeben [ 72 ]. Hierbei wird dies jedoch als eine Verletzung v.a. des mittleren Lebensalters angesehen. Desweiteren zeigt sich mit 60-70% eine deutlich höherer Anteil des männlichen Geschlechtes. Ein ähnliches Verhältnis fanden Knop C. et al. in der Multicenter Studie von 1994-1996 [ 39 ] und Lange U. et al. in einer prospektiven Studie von 2006 [ 43 ]

In unserem selektioniertem Patientenkollektiv fanden sich andere Verhältnisse. Aufgrund der erforderlichen Eingangskriterien mit einem höheren Lebensalter zeigte sich dadurch bedingt auch ein deutlicher Unterschied in der Unfallursache. Insbesondere Verkehrsunfälle lagen nur in einem geringen Prozentsatz vor, in der Gruppe KP fehlte dies vollständig. In letzterer war die häufigste Unfallursache war ein Sturz auf den Rücken im Sinne eines einfachen Sturzes, an 2. Stelle stand ein Sturz aus der Höhe.

Betrachtet man die beiden anderen Gruppen ( D und DV ) so zeigen beide einen Sturz aus der Höhe als häufigste Ursache. Der hohe Anteil eines einfachen Unfallmechanismus ist in der Gruppe KP nicht verwunderlich. Diese Gruppe wies mit das höchste Durchschnittsalter ( 75 Jahre ) auf. Eine Erklärung kann in der in diesem Alter mit hoher Wahrscheinlichkeit vorliegenden Osteoporose bzw. einer Osteopenie als Prädilektion angesehen werden. Aus diesem Grund ist eine wesentlich geringere einwirkende Kraft auf die Wirbelsäule bis zum Auftreten einer Fraktur erforderlich als bei einem Patienten im mittleren Lebensalter. Überraschenderweise zeigte sich keine

Unterschied in der Geschlechtsverteilung trotz eines bekannten höheren Osteoporoserisikos bei älteren Frauen. Aus letzterem Grund wäre hier ein Überwiegen des weiblichen Geschlechtes zu erwarten gewesen [ 28, 32 ].

Beide andere Gruppen zeigten ein den erwähnten Studien vergleichbares Verhältnis von Männern und Frauen. Trotz einem gleich hohen Durchschnittsalter von ebenfalls 75 Jahren war die Hauptunfallursache bei den mit Fixateur interne versorgten Patienten ein Sturz aus der Höhe. Ein einfacher Sturz als Ursache lag deutlich seltener vor. Eine mögliche Erklärung hierfür ist der deutlich höhere Anteil von Männern in dieser Gruppe und der, zumal in dieser Altersgruppe, stärkeren Rollenverteilung der Geschlechter ( z.B. Sturz vom Kirschbaum beim Kirschenpflücken, Ausrutschen auf feuchtem Untergrund in der Waschküche ). Eine andere Ursache ist die geringere Inzidenz einer Osteoporose bei Männern im Alter. Aufgrund der besseren Knochenqualität ist eine größere Krafteinwirkung auf die Wirbelsäule zum Auslösen einer Fraktur erforderlich. Andererseits führt die höhere Energieeinwirkung beim Unfall zu einer stärkeren Berstungskomponente, die nicht mit einer Kyphoplastie zu versorgen ist.

Vergleichbare Unfallursachen wie in der Gruppe D fanden sich auch bei den Patienten in der Gruppe DV. Allerdings lag hier der Altersdurchschnitt mit 67 Jahre deutlich niedriger. Desweiteren überwiegen auch in dieser Gruppe die männlichen Patienten. Diese beiden Punkte bedingen unserer Ansicht nach eine geringere Inzidenz einer Osteoporose und damit höheren Knochenqualität.

Zusammenfassend zeigt sich insgesamt ein deutliches Verschieben des Unfallmechanismus im Alter hin zu eher geringen Traumen, insbesondere ein deutlicher Rückgang von Verkehrsunfällen als Ursache. Dies verstärkt sich mit zunehmenden Altersdurchschnitt und Anteil der weiblichen Patienten aus den oben angeführten Gründen.

Nach dem Unfallmechanismus an sich fällt die Verteilung der Frakturen im betrachteten Bereich der Wirbelsäule auf. Grundsätzlich wird die BWS und LWS in 3 Bereiche unterteilt. Der thorakale Teil der BWS ist als Kyphose ausgebildet, die untere LWS als Lordose. Im dazwischenliegenden thorakolumbalen Übergang finden sich nach Literaturangaben 50% aller Wirbelkörperfrakturen. Bedingt ist dies einerseits durch eine erhöhte biomechanische Belastung durch den Übergang der Kyphose in eine Lordose. Zum anderen ändert sich anatomisch die Lage der kleinen

Wirbelgelenke von der Frontal- in die Sagittalebene. White A.A. et al. [ 78 ] wiesen dadurch bedingt eine erhöhte Rotationssteifigkeit dieses Wirbelsäulenabschnittes nach mit einer entsprechenden höheren Anfälligkeit für Verletzungen. In vielen Untersuchungen lässt sich diese Bevorzugung der Wirbelkörper Th 11 bis L 2 nachweisen [ 47, 52 ]

Eine noch deutlichere Häufigkeit der Frakturen im thorakolumbalen Übergang lies sich auch im eigenen Patientenkollektiv nachvollziehen. Hier entfielen 76% der Frakturen auf T 11–L 2. Auch hier scheint eine im Alter geringere Knochendichte das Auftreten von Frakturen gerade in diesem Bereich aufgrund der vorbestehenden ungünstigen Biomechanik noch zu verstärken.

## **5.2. Diagnostik und operatives Vorgehen**

Die Indikation für ein operatives Vorgehen im Hinblick auf eine Wirbelkörperfraktur ist in erster Linie abhängig von der Klassifikation der Fraktur. Als Basis einer Klassifikation zur Stabilitätsbeurteilung einer Fraktur haben sich vor allem 2 Konzepte durchgesetzt. An erster Stelle ist hier das Zweisäulenmodell zu nennen, welches v. Whitessides [ 79 ] entwickelt wurde. Es beinhaltet die Vorstellung einer vorderen durch Druck beanspruchten Säule sowie einer hinteren Säule, welche durch Zugkräfte beansprucht wird. Eine, allerdings umstrittene [ 31 ] Weiterentwicklung ist das Dreisäulenkonzept nach Denis et.al. [ 19 ], welcher den hinteren Teil der vorderen Säule, also die Begrenzung zum Spinalkanal, als 3. Säule definierte. Eine Instabilität liegt nach diesem Verständnis dann vor, wenn mindestens 2 der 3 Bereiche betroffen sind. Eine isolierte Verletzung der vorderen Säule muss nicht zwingend mit einer Instabilität einhergehen. Allerdings lassen sich mit diesem Säulenmodell nicht alle Verletzungen erfassen. In der Literatur hat sich letztlich die Klassifikation nach Magerl durchgesetzt [ 47 ]. Diese bezieht zusätzlich pathomorphologische Kriterien mit ein und definiert 3 Haupttypen nach den einwirkenden Kräften. Danach entstehen A-Verletzungen durch Kompressionskräfte, B-Verletzungen durch Distraktionskräfte und C-Verletzungen durch Rotations-/ Scherkräfte. Jede Hauptgruppe wird wiederum in Untertypen unterschieden. Hierbei kann die Grobeinteilung überwiegend mit einer Röntgenaufnahme in 2 Ebenen des betroffenen Bereiches durchgeführt werden. Um eine vollständige Klassifikation durchführen zu können, ist zusätzlich die Durchführung einer Computertomographie erforderlich [ 53 ]. Die genaue Klassifikation ist Basis für die Festlegung der weiteren Therapie. Allerdings wiesen Oner F.C. et al [ 18 ] eindrucksvoll eine deutliche Abhängigkeit der korrekten Klassifikation nach Magerl vom Untersucher nach. Insbesondere die Unterscheidung höhergradiger A-Typen und B-Typen zeigte eine deutliche Fehlerquote in Abhängigkeit von der Erfahrung des Untersuchers. Diese lies sich allerdings durch eine Zusatzdiagnostik mit MRT zur Darstellung der ligamentären Strukturen deutlich verbessern. Aus diesem Grund empfehlen die Autoren, vor allem in unklaren Fällen, das MRT in die Standarddiagnostik mit aufzunehmen. In unserem Patientenkollektiv erfolgte routinemäßig neben den Röntgenaufnahmen eine Computertomographie. Ein MRT wurde nur in Ausnahmefällen, v.a. im Kollektiv KP zum Ausschluß weiterer dro-hender Frakturen der an den betroffenen Wirbelkörper angrenzenden,

durchgeführt. In den anderen beiden Gruppen wurde das MRT als diagnostische Option herangezogen, um im Zweifel einen B-Typ auszuschließen.

Die definitive Frakturklassifikation in dieser Untersuchung erfolgte im Konsens mindestens dreier erfahrener Kollegen

Neben der Klassifikation der Fraktur ist die Entscheidung bezüglich des weiteren therapeutischen Vorgehens auch anhängig von einer vorliegenden Neurologie zu treffen. Hierbei wiesen bereits Magerl et al. [ 47, 48 ] eine Zunahme der Häufigkeit von neurologischen Begleitverletzungen von Typ A nach C sowie innerhalb der Gruppen von 1 nach 3 auf. Eine vorliegende Neurologie erfordert eine rasche Aufhebung der Kompression der spinalen Strukturen und entsprechende Stabilisierung des betroffenen Wirbelkörpers. Inkomplette neurologische Läsionen weisen postoperativ eine gute Prognose auf mit einer Besserung von durchschnittlich 1-2 Frankel-Stufen [ 39 ]. Knop et al. fanden eine durchschnittliche Häufigkeit von neurologischen Läsionen in etwa 20% der Patienten. In unserem Patientenkollektiv zeigten sich neurologische Läsionen in 8%, maximal in der Ausprägung Frankel D. Diese geringere Häufigkeit sowie das Fehlen höhergradiger Läsionen ist durch den Ausschluß von B- und C- Verletzungen in dieser Arbeit zurückzuführen.

Ziel der Behandlung von Wirbelsäulenfrakturen ist grundsätzlich die Wiederherstellung der Wirbelsäulenfunktion sowie ein möglichst schmerzfreier Patient, der seine Tätigkeiten nach Möglichkeit in gleicher Weise wie vor dem Unfall wieder ausüben kann. Im Hinblick auf ältere Patienten ist eine berufliche Reintegration sicher nicht an erster Stelle zu sehen. Umso wichtiger ist bei diesen Patienten der Erhalt der Selbstständigkeit in der Eigenversorgung sowie eine Schmerzfreiheit. Dies kann grundsätzlich konservativ oder operativ erfolgen. Hauptentscheidungskriterium dafür ist die Stabilität bzw. Instabilität der Verletzung, die wiederum von der entsprechenden Klassifikation der Fraktur abhängt. Zudem ist zu beachten, dass viele Verletzungen nur in unidirektionaler Richtung instabil sind. Dadurch ist eine initiale korrekte Einschätzung der Verletzung deutlich erschwert. Weltweit umstritten sind hier die Stabilitätsansichten zu den in dieser Arbeit untersuchten Berstungsbrüchen vom Typ A 3. Hier reichen die Therapieempfehlungen von konservativem Vorgehen aufgrund postulierter Stabilität auch bei kompletten Berstungsbrüchen ( v.a. im angloamerikanischen Sprachraum ) [ 26, 62, 71 ] bis hin zur Ansicht einer

grundsätzlich gegebenen Instabilität und damit auch OP-Indikation ( Magerl F. ). Hier kommt es unter konservativer Therapie in einer hohen Zahl zu einer sekundären Sinterung mit möglicher Gibbusbildung und dadurch auftretenden Beschwerden. Zudem besteht das Risiko einer Kompression spinaler Strukturen durch zunehmende Verlagerung von Fragmenten in den Spinalkanal [ 26, 34, ]. Kossman T. et al [ 41 ] definierten zusätzlich zur Klassifikation der Verletzung die Lokalisation sowie das Ausmass der spinalen Kompression, das Alter der Verletzung, die verfügbare Infrastruktur und verfügbares Implantatsystem, Schwere möglicher Begleitverletzungen und insbesondere die persönliche Erfahrung des Operateurs als wichtige Entscheidungskriterien für ein operatives Vorgehen.

Uneinigkeit besteht insbesondere in der Art der operativen Versorgung. Hier stehen sich die alleinige dorsale Stabilisierung und die alleinige ventrale Stabilisierung der dorso-ventralen Stabilisierung mit Span oder Cage gegenüber. Unseres Erachtens muß auch die Kyphoplastie unter bestimmten Voraussetzungen insbesondere bei älteren und/oder polymorbiden Patienten in Erwägung gezogen werden.

Die Vorteile der dorsalen Stabilisierung mit einem winkelstabilen System, wie meist verwendet, liegen in einer besseren Korrekturmöglichkeit der kyphotischen Fehlstellung durch die transpedikulär eingebrachten Schrauben. Zudem kann durch Distraction und Lordosierung eine indirekte Dekompression des Spinalkanals über Ligamentotaxis erreicht werden [22, 25, 74 ]. Diese kann jedoch nicht so exakt wie von ventral erfolgen. Als Nachteil fehlt bei diesem Vorgehen die ventrale Abstützung, welche als essentiell zur Vermeidung von einer sekundären Sinterung angesehen wird [ 57 ]. Ein zusätzlicher positiver Effekt einer transpedikulären Spongiosoplastik konnte nicht sicher nachgewiesen werden [ 1, 38, 44 ]. Zudem besteht das Risiko von Fehllagen der transpedikulären Schrauben mit konsekutiver neurologischer Symptomatik. Das Risiko von Fehllagen wird in der Literatur mit unter 10% bis 30% angegeben, wobei bei diesen Fehllagen das Risiko von neurologischen Symptomen mit unter 10% angegeben wird. [ 27, 67 ]. Im eigenen Patientenkollektiv sahen wir keine relevanten Fehllagen der transpedikulär eingebrachten Schrauben.

Vorteile der alleinigen ventralen Stabilisierung mit einem winkelstabilen Implantat sind die bessere Möglichkeit zur Entfernung im Spinalkanal liegender Fragmente und

die bessere Abstützung der vorderen Säule [ 15 ]. Die dorsale Muskulatur wird nicht beeinträchtigt. Nachteile sind die geringere Repositionsmöglichkeit einer Kyphose [ 16 ] und das höhere Risiko schwerer intraoperativer Komplikationen im Sinne von Gefäßverletzungen oder Verletzungen großer Organe. Zudem wird in der Literatur wiederholt über einen zunehmenden Repositionsverlust in der Frontalebene im Sinne einer zunehmenden Skoliose der vom Implantat abgewandten Seite berichtet mit entsprechenden Beschwerden [ 16 ]. Ein weiterer Nachteil liegt in der biomechanisch geringeren Stabilität der alleinigen ventralen Stabilisierung aufgrund der Verankerung der Schrauben rein spongiös im Wirbelkörper. Die „Dübelfunktion“ der transpedikulär eingebrachten Schrauben dorsal fehlt bei diesem Vorgehen.

Die Kombination beider Verfahren bietet die Kombination der aufgeführten Vorteile unter teilweiser Minderung der Nachteile. Allerdings weist das kombinierte Vorgehen in der Literatur insgesamt die höchste Rate an Komplikationen auf, wobei häufig genaue Angaben fehlen. Im eigenen Kollektiv sahen wir in 15% der Patienten Komplikationen, von denen allerdings keine revisionsbedürftig waren. Knop C et al beschrieben 2002, in einem wesentlich jüngerem Kollektiv, ebenfalls in ca. 15% Komplikationen von denen ca. 8% revisionsbedürftig waren [ 37, 6 ]. In unserer Klinik ist ein zweizeitiges dorsoventrales Vorgehen, insbesondere bei jungen Patienten, mit instabilen Frakturen und Betonung der ventralen Säule der Standard. In der Literatur werden unterschiedliche Verfahren bevorzugt und empfohlen. So empfiehlt Kaneda et al. [ 33 ] ein ausschließlich ventrales Vorgehen mit Implantation eines Beckenkammspanes mit Implantat. Von Gumpfenberg et al. [ 77 ] berichteten über sehr gute Ergebnisse des dorsoventralen Verfahrens mit geringem Korrekturverlust im Vergleich zum rein dorsalen Verfahren und konservativen Vorgehen. Katscher S. et al. [ 34 ] empfiehlt ebenfalls ein ventrales Vorgehen kombiniert mit einer möglichst kurzstreckigen dorsalen Fusion im Hinblick auf A 3 Frakturen. Als zusätzliche Entscheidungshilfe bezüglich des operativen Vorgehens entwickelten McCormack. et al. die „Loadsharing classification of spinal fractures“. ( Abb. 32, [ 54 ] ) Die Klassifikation ist aus drei Komponenten aufgebaut. Es werden je nach Ausprägung der Berstung des Wirbelkörpers, der Beteiligung der Hinterkante und der kyphotischen Fehlstellung Punkte vergeben, jeweils von 1-3.

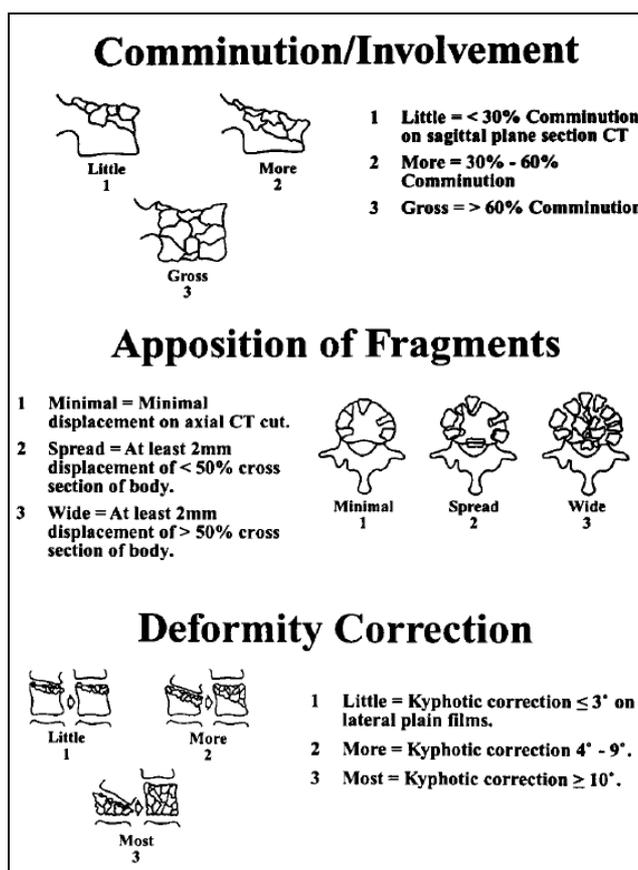


Abb. 32: Load sharing classification nach McCormack [ 54 ]

Bis zu einem Punktwert von 6 ist nach Meinung der Autoren eine alleinige dorsale Stabilisierung ausreichend, da hier der verletzte Wirbelkörper die Kraftübertragung noch gewährleisten kann. Ab 7 Punkten empfehlen die Autoren ein kombiniert dorsoventrales Vorgehen mit Vertebroektomie ( bisegmentale Spondylodese ) des betroffenen Wirbelkörpers und Implantation eines Beckenkammspanes oder Fibulatransplantates, da hier eine Kraftübertragung ansonsten nicht mehr erfolgen kann.

Insbesondere das Ausmaß der Berstungskomponente des Wirbelkörpers ist in unseren Augen wichtig. Bei einer Berstung von weniger als 50% ( 2 Punkte ) ist eine monosegmentale ventrale Fusion anzustreben. In diesem Fall wird die Implantation eines Beckenkammspanes bevorzugt. Im Falle einer Berstung über 50% besteht das Risiko, dass der Span nicht mehr sicher eingebolzt werden kann und durch Lockerung eine Spanpseudarthrose entsteht. Zudem sind aufgrund der erforderlichen Spanlänge zur Überbrückung nach bisegmentaler Versorgung Spanfrakturen berichtet worden. Aus diesen Gründen wird von uns die Implantation

eines Wirbelkörperersatzes bei bisegmentaler Versorgung ventral durchgeführt. Eine zusätzliche ventrale Instrumentierung mit einem winkelstabilen Implantat wird, zumal bei Spaninterposition, von einigen Autoren empfohlen [14, 41 ]

Wie bereits erwähnt muss in unseren Augen für die operative Versorgung von Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule beim alten Patienten die Ballonkyphoplastie ebenfalls als Alternative in Erwägung gezogen werden. Als minimal-invasives Verfahren besteht eine wesentlich geringere Belastung des Patienten durch die Operation als bei den anderen aufgeführten Verfahren. Zudem wird durch dieses Verfahren eine rasche Schmerzreduktion bzw. Schmerzfreiheit erreicht mit konsekutiver rascher Mobilisation des Patienten. Im Vergleich zur Vertebroplastie mit einer Leckagerate von 20-70 % [ 30, 61 ] werden bei der Ballonkyphoplastie wesentlich geringere Leckageraten mit 4-10% beschrieben. Allerdings ist hier zu beachten, dass nur ein sehr geringer Anteil der Leckagen klinisch relevant sind, auch Leckagen nach epidural [ 60 ] Diskutiert wird jedoch ein erhöhtes Risiko von Anschlussfrakturen durch vermehrten Zementaustritt in die Bandscheibe im Sinne eines Stempelfeffektes [ 9, 45 ] Das Risiko einer Perforation der Pedikel mit der Arbeitskanüle mit konsekutiven neurologischen Störungen oder epiduralen Hämatomen [ 9, 30 ] ist bei beiden Verfahren gleich und in erster Linie abhängig von der Erfahrung des Operateurs und der radiologischen Darstellung während des Eingriffes.

Grundsätzlich ist anzumerken, dass die oben genannten Fakten zur Kyphoplastie überwiegend an osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen gesammelt wurden, die in der Regel keine Berstung der Hinterkante aufweisen. Studien mit Einschränkungen auf rein traumatische Frakturen am Patienten liegen derzeit nur wenig vor. Cumhur Oner F. et al kombinierten die Ballonkyphoplastie mit einer dorsalen Instrumentierung bei traumatischen Frakturen [ 17 ]. Boszczyk et. al. berichteten über die Versorgung von A3-Frakturen Mini-Open mittels Ballonkyphoplastie [ 10, 11 ]. Generell wird bisher jedoch eine Berstung der Hinterkante als relative Kontraindikation für eine Ballonkyphoplastie angesehen aufgrund eines vermuteten höheren Risikos einer Leckage nach epidural und einer fehlenden Stabilisierung der Fraktur.

Hierzu ist anzumerken, dass im eigenen Kollektiv **ausschließlich** Patienten mit einer Berstungskomponente der Hinterkante mit diesem Verfahren therapiert wurden. Es zeigte sich eine Leckagerate von 12 % ohne klinische Relevanz. In **keinem Fall** lag eine Leckage nach epidural vor ( Abb. 33 im Anhang )

Vergleichbare Ergebnisse fand auch Cumhur Oner F. et al. Die insgesamt etwas höhere Leckagerate als in der Literatur ist sicherlich durch die Berstung der Deckplatte bedingt. Die Berstung der Hinterkante scheint bei entsprechender vorsichtiger Operationsweise ( hoch visköser Zement, sichere Positionierung des Ballons soweit wie möglich ventral ) keine Kontraindikation darzustellen [ 11 ] Allerdings wurden Patienten mit einer höhergradigen Einengung des Spinalkanals nicht mit diesem Verfahren versorgt.

Eine Ausnahme bildete ein Patient mit einer präoperativen Einengung des Spinalkanals um mindestens 30%. Aufgrund schwerer Vorerkrankungen, die auch eine dorsale Instrumentierung nicht zuließen, erfolgte hier nach ausführlicher Beratung des Patienten die erfolgreiche Versorgung mittels Kyphoplastie. Generell besteht bei einer geringen Einengung des Spinalkanals ( bis 10% ) keine Kontraindikation für eine Kyphoplastie bei älteren Patienten. In Ausnahmefällen können, allerdings im Bewusstsein des deutlich höheren Risikos von spinalen Leckagen, auch Patienten mit stärkerer Spinalkanalverlagerung mit diesem Verfahren versorgt werden.

Auffallend war bei der Betrachtung der durchgeführten Eingriffe in eigenen Patientenkollektiv ein deutlicher Methodenwechsel im Jahr 2004. Vor diesem Zeitpunkt wurden in unserem Hause keine Ballonkyphoplastie durchgeführt. Dies ist dadurch begründet, dass diese Technik erst in 2004 eingeführt wurde. Nach dieser Einführung wurden deutlich weniger Patienten aus dem untersuchten Kollektiv mit einer alleinigen dorsalen Stabilisierung mit Fixateur interne versorgt. Im Jahr 2005 wurde im untersuchten Kollektiv nicht ein Patient auf diese Art versorgt. Dagegen zeigte sich ein rascher Anstieg der durchgeführten Kyphoplastien. Eine wesentliche Differenz in der Anzahl der durchgeführten Eingriffe dorsoventral lies sich von 2002 bis 2005 nicht verzeichnen. Dies ist unserer Meinung nach dadurch bedingt, dass auch beim älteren Patienten die dorsoventrale Stabilisierung trotz der belastenden Eingriffe einen hohen Stellenwert hat. Die alleinige dorsale Versorgung wurde bis 2004 als etwas weniger belastender Eingriff bei alten Patienten mit deutlichen Vorerkrankungen und dadurch bedingten erhöhten OP-Risiko zur Stabilisierung der

Wirbelkörperfraktur durchgeführt. Trotz der sicherlich geringeren OP-Zeit und dem geringeren Blutverlust im Vergleich zu einem kombinierten Vorgehen bedeutet ein solcher Eingriff einen relevanten Blutverlust und OP-Zeit mit möglichen Komplikationen. Im Verlauf der ersten durchgeführten Ballonkyphoplastien zeigte sich mit einer kurzen OP-Zeit ( 55 min ) und unwesentlicher Blutung ein sehr schonendes Verfahren auch für frische Wirbelkörperfrakturen bei Beachtung der bereits erwähnten Voraussetzungen.

### **5.3. Perioperative Daten und Klinikaufenthalt**

Der Vergleich der 3 Kollektive in der eigenen Arbeit zeigte für die dorsoventral stabilisierten Patienten neben der höchsten OP-Dauer auch den höchsten Blutverlust und den längsten stationären Aufenthalt. Dies ist selbstverständlich durch den erforderlichen zweimaligen Eingriff bedingt. Der stationäre Aufenthalt war mit 22 Tagen deutlich kürzer als in der Literatur angegeben. [ 39 ]

Zunächst überraschend ist der fehlende Unterschied zwischen den allein mit Fixateur interne versorgten Patienten und den kombiniert dorsoventral versorgten Patienten im Hinblick auf Intensivaufenthalt und kompletten Aufenthalt mit 4/4 Tagen bzw. 18/22 Tagen. Betrachtet man allerdings das Durchschnittsalter der Patienten und die ASA-Einstufung so zeigt sich, dass die kombiniert versorgten Patienten fast 10 Jahre jünger sind und überwiegend besser nach ASA eingestuft wurden. Je älter ein Patient ist, desto eingeschränkter ist die Bewegungsfähigkeit, zudem kann der Allgemeinzustand deutlich eingeschränkt sein. Eine protrahierte Mobilisation aufgrund dieser Faktoren ist daher leicht nachzuvollziehen und ist unserer Ansicht nach die Ursache für die Dauer des Aufenthaltes dieser Patienten.

Auch der durchschnittliche Aufenthalt der mittels Kyphoplastie versorgten Patienten ist im eigenen Patientenkollektiv mit 13 Tagen recht lange. Zum einen wiesen 25% der Patienten dieses Kollektives Begleitverletzungen auf, die ebenfalls ( teilweise operativ ) therapiert wurden. Bestand im präoperativen CT nur eine geringe Brestungskomponente, so wurde, insbesondere beim Vorliegen von Begleiterkrankungen mit Leistungseinschränkung, ein konservativer Therapieversuch unternommen. Nach initialer Bettruhe zur Schmerzreduktion erfolgte unter physiotherapeutischer Betreuung die Mobilisation der Patienten in Anlehnung an die frühfunktionelle Therapie nach Magnus [ 50 ]. Bei anhaltenden Schmerzen trotz Analgetikagabe unter der Mobilisation über mehrere Tage und/oder Nachweis einer sekundären Sinterung in einer radiologischen Verlaufskontrolle wurde die Indikation zur operativen Versorgung mittels Kyphoplastie gestellt. Dieses Vorgehen wird auch von Hillmeier et al. empfohlen [ 30 ]

#### **5.4. Klinische Resultate**

Um eine realistische Aussage über den Nutzen eines operativen Vorgehens zu erhalten ist in erster Linie das funktionelle Ergebnis wichtig. Als optimal wird dabei immer das Erreichen des vor der Verletzung vorhandenen Aktivitätszustandes angesehen. Limitierende Faktoren eines normalen Aktivitätslevels nach Wirbelsäulenverletzung sind zum einen dauerhafte neurologische Ausfälle. Zum anderen, und wesentlich relevanter da häufiger, sind verbleibende Schmerzen unterschiedlichen Schweregrades die eine Invalidität bedingen können. Relevante Faktoren, die in eine solche Beurteilung einfließen müssen sind daher subjektive und objektive Anhaltspunkte für die verbleibende Funktion des Rücken und der Schmerzmittelbedarf des einzelnen Patienten. Voraussetzung der Schmerzfreiheit und damit einer guten Rückenfunktion und Aktivität ist die Stabilität der Fraktur. Ausgehend von diesem Gedanken wäre die beste Funktion bei den Patienten zu erwarten, welche durch ein kombiniertes dorsoventrales Verfahren am stabilsten versorgt wurden. Die schlechteste Funktion wäre von den Patienten zu erwarten, die lediglich mit einer Kyphoplastie versorgt wurden, da hier keine weitergehende Abstützung der Wirbelsäule erfolgt.

Die Patienten nach einem kombinierten Verfahren waren in der Mehrzahl beschwerdefrei vom Rücken her oder berichteten nur über gelegentliche und leichte Beschwerden ohne regelmäßige Einnahme von Schmerzmitteln. Auch im Spine Score und im VAS erreichten die Patienten mit 78 bzw. 80 Punkten ein sehr gutes Ergebnis. Insgesamt zeigte sich eine Einschränkung der Aktivität nach Unfall auf 75%. Vorliegende Nachuntersuchungsserien in der Literatur nach kombinierter dorsoventraler operativer Versorgung zeigen ein etwas schlechteres Ergebnis mit im Schnitt 65 Punkten bei einem Mischkollektiv hinsichtlich Alter und Frakturtyp [ 39, 43 ]. Auf den ersten Blick scheint dies, zumal bei einem geringeren Altersdurchschnitt dieser Studien nicht nachvollziehbar. Bei mehreren der in diesen Studien eingeschlossenen Patienten lag eine neurologische Störung bis hin zum kompletten Querschnittsyndrom vor. Diese Patienten wiesen auch postoperativ keine vollständige Remission auf. Daher ergab sich ein entsprechend schlechteres funktionelles Ergebnis. Im eigenen Kollektiv wies bei der Nachuntersuchung lediglich ein Patient eine neurologische Störung mit einer Schwäche in einem Bein auf.

Briehm D. et al. [ 13 ] wiesen in einer Nachuntersuchung von 30 kombiniert dorsoventral versorgten Patienten bis zu 2 Jahre nach Unfall mit dem SF-36 eine Einschränkung der Aktivität und Lebensqualität um bis zu 50% nach. Klinisch fanden sie einen FBA von 15 cm, der mit dem im eigenen, älteren, Kollektiv nahezu übereinstimmt. Auch in diesem Kollektiv waren Patienten mit schwerwiegenden neurologischen Läsionen eingeschlossen.

Als weiterer Punkt der einer möglichen Aktivitätseinschränkung ist bei den kombiniert dorsoventral versorgten Patienten die Zugangsmorbidität ventral sowie die Knochenentnahmemorbidität am Beckenkamm zu beachten. In der Literatur wird initial am Becken über eine hohe Beschwerderate berichtet. Im weiteren Verlauf wird tritt hier eine deutliche Besserung ein, so dass nach 1 – 1,5 Jahren überwiegend Beschwerdefreiheit besteht [ 4, 39, 43 ]

Im eigenen Kollektiv fanden sich vergleichbare Ergebnisse. Lediglich 10% wiesen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch leichte Beschwerden an der Spanentnahmestelle auf. Im Bereich des ventralen Zuganges lagen ebenfalls bei ca. 10% Restbeschwerden vor, darunter allerdings in einem Fall eine Intercostalneuralgie. Diesbezüglich wird die Inzidenz nach einem thorakalen Vorgehen in der Literatur mit 2-10 % angegeben [ 8, 52 ]

Durch Einsatz von höhenvariablen Wirbelkörperersatzimplantaten kann dem Patienten die, vor allem initial beeinträchtigende, Spanentnahme erspart werden. Die geringe Langzeitmorbidität rechtfertigt jedoch weiterhin die Implantation von autogenen Beckenkammspanen bei monsegmentaler ventraler Fusion.

Entgegen den bereits genannten Studien, in denen die isoliert von dorsal versorgten Patienten ein vergleichbares oder sogar besseres klinisches Ergebnis aufwiesen, zeigten die Patienten im eigenen Kollektiv ein deutlich schlechteres Ergebnis sowohl in den genannten Scores als auch im FBA mit 32 cm [ 38, 39 ]

Die Ursache hierfür kann nicht in der fehlenden Abstützung der ventralen Säule liegen, da in diesem Fall auch in vergleichbaren Studien ein schlechteres klinisches Ergebnis hätte auffallen müssen. Wesentlicher scheint das Fehlen einer zusätzlich zur Implantation erfolgten Spongiosaplastik dorsal zum Erreichen einer knöchernen Durchbauung zu sein. Definitive Angaben hierzu liegen allerdings nicht vor. Eine weitere Erklärung könnte in der Belastung des Fixateur interne selbst liegen.

Rohlmann A. et al. [ 63 ] versorgten Patienten nach Frakturen als auch nach degenerativen Instabilitäten mit speziell modifizierten Fixateur interne –System um die Belastung in vivo messen zu können. Hierbei wiesen sie höhere Belastungen bei bestehender degenerativer Veränderung nach. Die äußerte sich v.a. beim Stehen und Laufen. Betrachtet man die Unterpunkte des Spine score, so zeigten die eigenen Patienten in diesen Punkten mit das größte Defizit. Zwar lässt sich die Studie sicherlich nicht komplett übertragen. Aufgrund des Alters der Patienten ( 75 Jahre ) ist jedoch von einer mehr oder weniger ausgeprägten vorbestehenden degenerativen Veränderung der Facettengelenke auszugehen, die zu einer entsprechenden Beschwerdesymptomatik führt bzw. durch den Fixateur verstärkt wird. Ein dritter Punkt mag in einer höheren lokalen Irritation der Rückenmuskulatur durch das einliegende Implantat bei älteren Patienten liegen.

Auffällig war auch das gute klinische Ergebnis der Patienten, welche mit einer Ballonkyphoplastie versorgt worden waren obwohl hier weder eine dorsale noch ventrale Abstützung der Wirbelsäule erfolgte. Hier zeigte sich eine besser erhaltene Rückenfunktion als bei den Patienten, die isoliert dorsal versorgt worden waren. Das Aktivitätsniveau war dem der kombiniert dorsoventral versorgten Patienten vergleichbar. Zwar werden in der Literatur durchgehend sehr gute Ergebnisse nach Kyphoplastie berichtet, diese beziehen sich jedoch hauptsächlich auf osteoporotische Sinterungsfrakturen. Zudem konnten keine mit dorsalen bzw. kombiniert dorsoventralen Vorgehen vergleichende Studien gefunden werden. Die Rate von erreichter rascher Beschwerdebesserung bzw. -freiheit von 70-80% stimmt auch im eigenen Kollektiv mit den Literaturangaben überein [ 30, 10 ]

Als Ursache für die rasche postoperative Schmerzfreiheit nach Kyphoplastie oder auch Vertebroplastie werden vor allem 2 Mechanismen diskutiert. Ein Faktor wird in der Ausschaltung von Mikrobewegungen in der Fraktur durch die Augmentation gesehen. Dadurch wird eine Irritation von Nervenfasern im Periost des Wirbelkörpers unterbunden. [ 9, 24 ]

Ein weiterer Faktor wird in der Hitzeentwicklung beim Aushärten des Zementes gesehen, wodurch schmerzleitende Fasern im Wirbelkörper zerstört werden. Bei PMMA-Zement wird zudem eine lokal zytotoxische Wirkung auch auf Schmerzfasern postuliert. Hillmeier J. et al. [ 30 ] verglichen in einer Studie PMMA - Zement und

einen Calciumphosphat-Zement miteinander, der beim Aushärten keine Hitze entwickelt. Es zeigten sich keine Unterschiede in der erreichten Schmerzfreiheit. Mit diesem Ergebnis muß die Hitzeentwicklung als analgetischer Faktor sicherlich in Zweifel gezogen werden.

In der Literatur wird kein wesentlicher Verlust der initial erreichten Schmerzreduktion im Verlauf bis zu 12 Monaten postoperativ berichtet. Im eigenen Kollektiv konnte dies bis zu einem Verlauf von 24 Monaten ( Maximum 48 Monate ) bestätigt werden.

Die günstigen Ergebnisse dieser älteren Patienten werfen die Frage auf, wieso das Verfahren der Ballonkyphoplastie offenbar eine dem kombiniert dorsoventralen Vorgehen vergleichbare **klinische** Stabilität aufweist, obwohl eine Stabilisierung nur innerhalb des betroffenen Wirbelkörpers erfolgt. Farooq et al. [ 24 ] führen aus, dass bei älteren Patienten bis zu 90% der auf die Wirbelsäule einwirkenden Kompressionskräfte aufgrund der reduzierten Bandscheibenfunktion von den dorsalen Strukturen übertragen wird. Dies wird durch jede Änderung der Wirbelkörperform zusätzlich negativ beeinflusst. Die Augmentation und mehr oder weniger ausgeprägte Aufrichtung des Wirbelkörpers führt zu einer Umverteilung der einwirkenden Kräfte mehr nach ventral und entlastet dadurch die dorsalen Strukturen. Dies führt zu einer, nach den vorliegenden Ergebnissen, durchaus auch anhaltenden Schmerzreduktion.

### **5.5. Radiologische Resultate**

Ein geeigneter Maßstab um das radiologische Ergebnis unterschiedlicher operativer Versorgungsstrategien an der Wirbelsäule zu beurteilen hat sich der Grund-Deckplattenwinkel nach Cobb bewährt, da dieser das regionale Wirbelsäulenprofil berücksichtigt. Dieser wurde entsprechend auch in dieser Arbeit verwendet. Relevant ist dabei der jeweilige Korrekturverlust im weiteren Verlauf.

Katscher S. et al. [ 34 ] belegten in einer Vergleichsstudie zwischen 70 konservativ therapierten und 38 operativ mit Fixateur interne versorgten Patienten eine Abhängigkeit des Ausmaßes des ermittelten Korrekturverlustes von der Lokalisation der Fraktur. Dabei trat der höchste Verlust im Bereich der thorakalen Wirbelsäule auf, der geringste im Bereich der unteren Lendenwirbelsäule. Der thorakolumbale Übergang nahm eine Mittelstellung ein. Wenig überraschend wiesen die konservativ therapierten Patienten den größten Korrekturverlust auf. Allerdings zeigte sich auch nach der operativen Therapie der höchste Korrekturverlust in der BWS. Bei den operativ versorgten Patienten resultierte der Korrekturverlust durch eine Höhenminderung in den Bandscheibenräumen, v.a. cranial. Bei den konservativ versorgten Patienten resultierte der Korrekturverlust durch eine Sinterung im Wirbelkörper selber. Die Ursache für die Abhängigkeit des Korrekturverlustes von der Lokalisation sahen die Autoren in der in diesem Fall sich negativ auswirkenden Kyphose der BWS wohingegen der Lordose der LWS eine protektive Funktion zugeschrieben wurde. Ähnliche Ergebnisse und Ursachen fanden Knop C. et al [ 36 ] in einer Nachuntersuchung nach isoliert dorsaler Stabilisierung mit transpedikulärer oder interlaminärer Spongiosaplastik dorsal. Sie berichteten über einen Korrekturverlust von bis zu 66 %, wobei die dorsale interlaminäre Spongiosaplastik trotz gesicherter Überbauung nicht vor einem Korrekturverlust schützte. Das gleiche galt für die transpedikuläre Spongiosa.

Meist wird ein Korrekturverlust von bis zu 2/3 aufgrund des Kollapses angrenzender Zwischenwirbelsegmente vorgefunden, bei ansonsten korrekt konsolidierten knöchernen Wirbelkörperstrukturen [ 58 ].

Auch im eigenen Kollektiv zeigten die isoliert dorsal stabilisierten Patienten den größten Korrekturverlust. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigte sich bei

den Patienten sogar ein um  $2^\circ$  schlechterer GDW als der Ausgangswert zum Unfallzeitpunkt. Erklärbar ist dies durch mehrere Faktoren. Die Unfallaufnahmen erfolgen in der Regel aufgrund der Schmerzen einerseits sowie dem Risiko einer zunehmenden Neurologie bei instabilen Frakturen andererseits im Liegen. Dadurch wird aufgrund der fehlenden axialen Belastung durch das Körpergewicht die maximale Fehlstellung verschleiert. Dieser Effekt gilt natürlich für alle frische Frakturen an der Wirbelsäule.

Allerdings muss man zudem in Betrachtung ziehen, dass es sich im gegebenen Kollektiv um ältere Patienten handelt mit einer entsprechenden Inzidenz von Osteoporose bzw. Osteopenie ( in Gruppe D 28% Osteoporose ). Bei diesen Patienten kann intraoperativ nur eine moderate Lordosierung durchgeführt werden. Das Risiko eines Durchschneidens der Pedikelschrauben durch den Wirbelkörper bereits intraoperativ ist aufgrund der schlechteren Knochenqualität im Vergleich zu jüngeren Patienten wesentlich höher. Dies bedingt einen geringeren Repositionsumfang. Auch im eigenen Kollektiv zeigte sich dies im Vergleich zu den kombiniert dorsoventral versorgten Patienten. In dieser Gruppe lag bei geringerem Altersdurchschnitt keine gesicherte Osteoporose vor und lediglich in 17% der Patienten lag eine Osteopenie vor. Die dadurch besser mögliche Lordosierung ergab einen besseren Repositionsumfang in dieser Gruppe (  $11^\circ$  in DV gegen  $5^\circ$  in D ). ( Abb. 33 )

Bei den isoliert dorsal stabilisierten Patienten liegt daher bereits postoperativ gewollt eine geringere Lordosierung vor. Im weiteren Verlauf der Rekonvaleszenz und letztlich erreichten Vollbelastung kann es aufgrund der geringeren Knochenqualität zu einem Auslockern der eingebrachten transpedikulären Schrauben bzw. zu einem weiteren Durchschneiden derselben kommen ( Abb.34 im Anhang ). Hierdurch tritt eine erneute Kyphosierung um den betroffenen Wirbelkörper ein, welche sich in dem im einem entsprechenden Korrekturverlust um damit geringeren definitiven Gewinn ausdrückt.

Ein zweiter, wahrscheinlich relevanterer Grund, wird von vielen Autoren in der fehlenden ventralen Abstützung gesehen. Die bei diesen Patienten nicht durchgeführte Stabilisierung der ventralen Säule führt zu ständigen Mikrobewegungen des Fixateur interne, welche durch Begünstigen der Lockerung der

Schrauben zu einer Sinterung führt. Zum anderen kann durch diese wiederholten Belastungen ein Bruch des einliegenden Implantates ausgelöst werden ( Abb. 35 im Anhang ). Eine solche Lockerung bzw. Bruch kann mit entsprechenden Beschwerden einhergehen. In der Literatur wird die Rate eines Implantatversagens nach isoliert dorsaler Versorgung mit bis zu 20% der Patienten angegeben [ 21, 23, 61 ].

Im eigenen Kollektiv lag die Rate mit 14% in etwa vergleichbar.

Die weiterführende Konsequenz aus den bereits erwähnten Fakten ist die Durchführung der kombiniert dorsoventralen Stabilisierung. Hierdurch lassen sich, wie bereits zuvor geschildert, die Möglichkeit der besseren Kyphosekorrektur dorsal mit der erforderlichen ventralen Abstützung kombinieren.

Zwischenzeitlich stehen zur Durchführung der ventralen Abstützung neben der Implantation von Beckenkammspanen auch unterschiedliche höhenvariable Titanimplantate als Wirbelkörperersatz zur Verfügung. Bei Verwendung eines Titanimplantates wird in der Literatur ein definitiver Gewinn von 13°-19° [ 43 ] beschreiben. Unter Verwendung eines Beckenkammspanes zeigt sich ein etwas geringerer definitiver Repositionsgewinn.

Im eigenen Kollektiv wiesen die mit einem Titancage versorgten Patienten mit durchschnittlich 10° definitivem Gewinn zwar einen geringeren Repositionsumfang als in der Literatur angegeben auf, jedoch deutlich besser als die mit einem Span versorgten Patienten, welche einen Gewinn von 5° aufwiesen.

Als Ursache kann einerseits ein geringeres „Press-fit“ des eingebrachten Spanes intraoperativ sein bei knapp bemessenem Span. Andererseits kann es bei ungenügender Versorgung des eingebrachten Knochenspanes zu einer partiellen Nekrose, vor allem an den Endbereichen kommen. Hierdurch kann ebenfalls eine Lockerung mit konsekutiver Sinterung ausgelöst werden. Die monosegmentale Abstützung des Spanes bedingt auf einer Seite die Verankerung in spongiösem Knochen. Dadurch ist eine Sinterung in unterschiedlicher Ausprägung unvermeidbar. Bei bisegmentalem Vorgehen wird der Cage dagegen an den beiden an den frakturierten Wirbelkörper angrenzenden Endplatten abgestützt. Eine durch Spongiosa bedingte Sinterung kann hier nicht erfolgen.

Als Protektion im Hinblick auf diese sekundäre Sinterung nach Spanimplantation ventral wird von mehreren Autoren eine zusätzliche ventrale Osteosynthese empfohlen [ 7, 13, 14, 41 ]. Hierfür stehen zwischenzeitlich unterschiedliche Systeme zur Verfügung ( Abb 36 im Anhang ).

Bezüglich der Durchbauungsrate nach ventraler Stabilisierung liegen derzeit sehr unterschiedliche Daten vor. Es stehen sich hier Pseudarthrosenraten von bis zu 70% Durchbauungsrate von bis zu 80% bei Spaninterposition bzw. 90% nach Implantation eines Wirbelkörperersatzes gegenüber [ 14, 51, 55, 69 ]

Diese doch sehr große Bandbreite ist am ehesten bedingt durch unterschiedliche Kriterien des Nachweises einer Durchbauung. In deutlichen Fällen ist eine Durchbauung auch sicher im Röntgenbild nachweisbar ( Abb. 37 und Abb. 38 im Anhang ).

Viele Autoren kommen jedoch zu dem Schluß, dass das beste Verfahren zur Beurteilung der köchernen Fusion nach einem Eingriff an der Wirbelsäule eine Rekonstruktions-CT ist. Dabei definieren die Autoren eine sichere knöcherne Fusion, wenn die angrenzenden Bandscheibenfächer ohne leeren Raum abgebildet werden.

Im eigenen Kollektiv zeigte sich eine Durchbauungsrate nach kombiniert dorsoventraler Versorgung von 86% bereits in der normalen Röntgenaufnahme. Dieser Wert liegt deutlich über den in der Literatur zu findenden Angaben und am ehesten durch die in unserem Kollektiv deutlich längere Nachuntersuchungszeit bedingt. Eine nativ-radiologische Bestätigung der Fusion durch 3 Kollegen ( 1 Radiologe, 2 Chirurgen ) berechtigte beim asymptomatischen Patienten nicht zu einer CT-Reevaluation aus rein akademischen Gründen.

Unter Punkt 5.4. wurde bereits das klinisch vergleichbar gute Ergebnis der mittels Kyphoplastie versorgten Patienten mit den kombiniert dorsoventral versorgten Patienten dargestellt. Auch bei der Betrachtung der radiologischen Ergebnisse in dieser Gruppe zeigt sich ein definitiver Gewinn im GDW von 3°( 8° Repositionsgewinn / 5° Korrekturverlust ). Damit weist diese Gruppe ein besseres Ergebnis auf als die isoliert dorsal versorgten Patienten. Gleichsinnig dazu zeigt sich ein höherer bleibender Gewinn der Vorderkantenhöhe von 8 % zu 4 % bei den isoliert dorsal

stabilisierten Patienten. Vergleichbare Werte berichten auch Pflugmacher et al., Heini und Orlor sowie Pradkan et al. [ 29, 59, 60 ]

Dabei wird ein Teil der Kyphosekorrektur bereits durch die intraoperative Lagerung im Durchhang erreicht. Durch Einführen des Ballons und die Aufdehnung mit Kontrastmittel ergibt sich eine zusätzliche Korrektur der Kyphose. Voggenreiter [ 76 ] quantifizierte diesen Vorgang und kam zu dem Schluß, dass hauptsächlich die Lagerung die Aufrichtung bedingt. Als wesentlichster Faktor für das Ausmass der möglichen Aufrichtung der Fraktur sehen die Autoren im Alter der Verletzung. Je älter die Fraktur ist, desto geringer ist die spontane Aufrichtung im Durchhang und die Möglichkeit zur weiteren Aufrichtung mit dem Ballon und somit auch der Repositionsgewinn. Als kritische Grenze wird ein Alter der Fraktur von 2-6 Wochen angegeben. Allerdings besteht kein Zusammenhang zwischen dem Ausmass der erreichten Aufrichtung und dem korrigierten Kyphosewinkel und der durch den Eingriff erreichten Schmerzfreiheit [ 12 ].

Eine bekannte Problematik nach Kyphoplastie liegt im Auftreten von Anschlussfrakturen ( Abb. 39 im Anhang ). Hierbei schwanken die Angaben in der Literatur von 12% bis knapp 37%. Im eigenen Kollektiv zeigte sich eine Rate von 15%, die somit im unteren Bereich der angegebenen Raten lag.

Linsay et al [ 46 ] wiesen in einer großen amerikanischen Studie nach, dass fast 60 % aller weißen Frauen in den USA in einem mittleren Alter von 74 Jahren bei fehlender antiosteoporotischer Therapie eine oder sogar mehrere osteoporotische Wirbelkörperbrüche aufweisen. Zudem besteht in der Literatur der Konsens, dass nach einer stattgehabten Wirbelkörperfraktur im Alter das Risiko einer weiteren Fraktur um den Faktor 5 steigt [ 35, 66 ].

Damit stellt sich die Frage, ob das Auftreten von weiteren Frakturen nach Kyphoplastie ein Fortschreiten der Grundkrankheit ist und somit völlig unabhängig vom durchgeführten Eingriff ist. Tatsächlich bestand bei den betroffenen Patienten im eigenen Kollektiv eine gesicherte Osteoporose bzw. Osteopenie.

Auf der anderen Seite begründen mehrere Autoren das Auftreten von Anschlussfrakturen durch die, durch die Augmentation vermehrte, Steifigkeit des Wirbelkörpers.

Die einwirkende axiale Kraft führt zu einem Anstieg des intradiscalen Druckes in der gesunden Bandscheibe von 16% cranial und 13% caudal. Dadurch wiederum wird eine vermehrte Einwärtswölbung der Wirbelkörperendplatte bedingt mit einem möglichen konsekutiven erhöhten Frakturrisiko. Ermittelt wurden diese Ergebnisse in Finite – Element – Studien.

Allerdings kamen auch mehrere Autoren, ebenfalls in Finite – Element – Studien zu einem genau gegenteiligen Ergebnis, nämlich einer fehlenden Veränderung des intradiscalen Druckes durch eine Augmentation [ 3, 75 ].

Rohmann et al führten das Auftreten von Anschlussfrakturen auf die Deformierung des Wirbelkörpers zurück. Eine keilförmige Kompression führt demnach zu einer Ventralverlagerung des Körperschwerpunktes und damit zu einer Erhöhung des auf die Wirbelsäule einwirkenden Flexionsmomentes mit einer deutlichen Erhöhung des Bandscheibendruckes [ 64 ].

Zusammenfassend gibt es zur Zeit noch keine wirklich gesicherten Erkenntnisse über die Ursache von Anschlussfrakturen. Dazu passt auch, dass nach der gegenwärtigen Studienlage die Rate von Anschlussfrakturen nach Augmentation keinen gesicherten Unterschied zur Spontanrate von Sinterungsfrakturen zeigt. Es bleibt jedoch die Vermutung bestehen, dass das Einbringen eines rigideren Materials in das biologische Knochenmaterial eine entsprechend „negative“ Veränderung für die angrenzenden Wirbelkörper nach sich zieht.

## **5.6. Schlussfolgerung**

Bezüglich der operativen Therapie von traumatischen Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule bei älteren Patienten sollte grundsätzlich auch die dorsoventrale Stabilisierung als Option erwogen werden. Sowohl im Hinblick auf das funktionelle Outcome als auch auf das radiologische Ergebnis ist bei dieser Art der Versorgung der höchste Benefit zu erwarten. Allerdings ist bei der Auswahl dieser Technik der Aktivitätslevel der Patienten vor dem Unfall zu berücksichtigen. Zudem spielen Vorerkrankungen, insbesondere von cardialer und pulmonaler Seite bei älteren und alten Patienten eine wesentlich gewichtigere Rolle als bei jungen Patienten. Liegen beeinträchtigende Vorerkrankungen vor, so können diese die wünschenswerte optimale Versorgung mittels kombiniert dorsoventralem Vorgehen unmöglich machen. Umgekehrt ist für den aktiven, altersgerecht gesunden Patienten mit einer traumatischen Fraktur der Wirbelsäule und höhergradiger Berstungskomponente mit oder ohne Einengung des Spinalkanals, dieses Vorgehen als das Optimale zu empfehlen.

Liegen jedoch beim älteren Patienten mit instabilen Wirbelfrakturen vom Typ A gravierende Vorerkrankungen vor, kann ein ventraler Eingriff aufgrund von Dauer und Blutverlust sowie der höheren Komplikationsrate dem Patienten nicht zugemutet werden. Die als Alternative zur Verfügung stehende alleinige dorsale Stabilisierung sollte jedoch aufgrund der festgestellten bescheidenen radiologischen und funktionellen Ergebnisse beim Älteren nicht als erste Wahl betrachtet werden. Hier konnte überprüft werden, dass die Kyphoplastie auch bei frischen Frakturen des Typs A mit/ohne Hinterkantenbeteiligung ( A3 ) unter bestimmten Voraussetzungen sicher angewendet werden kann und die Ergebnisse sowohl von der Stellung der Wirbelsäule als auch von der Funktion für diese Risikogruppe gut ausfallen.

Die dorsale Stabilisierungsmethode stellt nach wie vor den „Golden Standard“ bei Verletzungen Typ B und C dar. Ferner ist dieses Verfahren bei operablen Patienten mit Typ A-Frakturen der Wirbelsäule unerlässlich im Falle eines Notfalleingriffs, z.B. zur Dekompression bei neurologischen Ausfällen. Dieses Verfahren bietet als einziges die Möglichkeit bei nicht durch Kyphoplastie zu versorgenden Frakturen

( Hinterkantenverlagerung in Abhängigkeit von der Verletzungshöhe ) noch eine Belastbarkeit, Schmerzminderung und Mobilisation der älteren Patienten zu erreichen.

Sollte die isoliert dorsale Stabilisierung aus den o.g. Gründen angewendet werden könnten additive operative Maßnahmen zur Verbesserung der Knochenverankerung durch Zementverstärkung ( Augmentation ) erwogen werden. Wenn auch durch bisherige Untersuchungen nicht erwiesen, könnte eine dorsale bzw. posterolaterale Fusion durch autologe Spongiosa oder Knochenersatzmaterial zur Verbesserung des Ausheilungsergebnisses führen, wenn die knöcherne Konsolidierung vor der Implantatlockerung einsetzt.

Dieses Konzept stellt wiederum den Anreiz für künftige klinische Nachuntersuchungen.

## **6. Literaturverzeichnis**

1. Alany A., Acaroglu E., Yazici M., Oznur A., Surat A. ( 2001 ) Short-segment pedicle instrumentation of thoracolumbar burst fractures: does transpedicular intracorporal grafting prevent early failure ? Spine 26: 213-217
2. Am Esch J.S., Kochs E., Bause H. ( 2000 ) Anästhesie und Intensivmedizin. Georg Thieme Verlag Stuttgart
3. Ananthakrishnan D, Berven S, Deviren V et al. (2005) The effect on anterior column loading due to different vertebral augmentation techniques. Clin Biomech 20: 25–31
4. Banwart J.C., Asher M.A., Hassanein R.S. ( 1995 ) Iliac crest bone graft harvest donor site morbidity . A statistical evaluation. Spine 20: 1055-1060
5. Bastian L., Blauth M., Maack S., Tschernke H. ( 1996 ) Führen Drahtcerclagen oder Querverbinder zu einer Verbesserung der primären Stabilität einer mit Fixateur interne versorgten komplexen Wirbelsäulenverletzung? Eine bio-mechanische Studie. Unfallchirurg 257: 383-385
6. Been H.D., Bouma G.J. ( 1999 ) Comparison of two types of surgery for thoraco-lumbar burst fractures: combined anterior and posterior stabilisation vs. posterior instrumentation only. Acta Neurochirurgica Wien 141 : 349-357
7. Beisse R., Potulski M., Beger J., Bühren V. ( 2002 ) Entwicklung und klinischer Einsatz einer thorakoskopisch implantierbaren Rahmenplatte zur Behandlung thorakolumbalen Frakturen und Instabilitäten. Der Orthopäde 31: 413 – 422
8. Beisse R., Mückley T., Schmidt M.H., Hauschild M., Bühren V. ( 2005 ) Surgical technique and results of endoscopic anterior spinal canal decompression. Journal of Neurosurgery Spine 2: 128-136

9. Bohndorf K., Fessler R. ( 2006 ) Vertebroplastie und Kyphoplastie bei osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen: Gesicherte Kenntnisse, offene Fragen. Der Radiologe 46: 881-892
10. Boszczyk B.M., Bierschneider M., Hauck S., Vastmanns J., Potulski M., Beisse R., Robert B., Jaksche H. ( 2004 ) Kyphoplastik im konventionellen und halboffenen Verfahren. Der Orthopäde 33: 13-21
11. Boszczyk B.M., Bierschneider M., Potulski M. et al. ( 2002 ) Erweitertes Anwendungsspektrum der Kyphoplastie zur Stabilisierung der osteoporotischen Wirbelfraktur. Der Unfallchirurg 105: 952-957
12. Bouza C, Lopez T, Magro A et al. (2006) Efficacy and safety of balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral compression fractures: a systematic review. Eur Spine 21: 1–18
13. Briem D., Linhart W., Lehmann W., Bullinger M. Schoder V., Meenen N.M., Windolf J., Rueger J.M. ( 2003 ) Untersuchung der Lebensqualität nach dorsoventraler Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Überganges. Der Unfallchirurg 106: 625-632
14. Briem D., Rueger J.M., Linhart W. ( 2003 ) Einheilung autogener Transplantate nach dorsoventraler Instrumentierung instabiler Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. Der Unfallchirurg 106: 195-203
15. Bühren V., Beisse R., Potulski M. ( 1997 ) Minimal-invasive Spondylodesen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Der Chirurg 68: 1076-1084
16. Cotler H.B., Coltler J.M., Stoloff A. et al. ( 1985 ) The use of autografts for vertebral body replacement of the thoracic and lumbar spine. Spine 10: 748-756

17. Cumhur Oner F., Verlaan J., Abraham J.V., Wouter J.A. ( 2006 ) Cement Augmentation Techniques in Traumatic Thoracolumbar Spine Fractures. Spine 31: 89-95
18. Cumhur Oner F., Ramos L.M.P., Simmermacher R.K.J. et al. ( 2002 ) Classification of thoracic and lumbar spine fractures: problems of reproducibility. A study of 53 patients using CT and MRI. European Spine Journal: 11: 235-245
19. Denis F. ( 1983 ) The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. Spine 8: 817-831
20. Dick W., Kluger P., Magerl F., Wörsdörfer O., Zäch G. ( 1985 ) A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the "fixateur interne". Paraplegia 23: 225-232
21. Dickmann C.A., Fessler R.G., MacMillan M. ( 1992 ) Transpedicular screw-rod fixation of the lumbar spine: operative technique and outcome in 104 cases. J. of Neurosurgery 77: 860-870
22. Esses S.I., Botsford D.J., Wright T., Bednar D., Bailey S. ( 1991 ) Operative treatment of spinal fractures with the AO internal fixator. Spine 16: 146-150
23. Eysel P., Meinig G. ( 1991 ) Comparative study of different dorsal stabilisation techniques in recent thoraco-lumbar fractures. Acta Neurochirurgica Wien 109: 12-19
24. Farooq N., Park J.C., Pollintine P et al. ( 2005 ) Can vertebroplasty restore normal load bearing to fractured vertebrae?. Spine: 30: 1723-1730
25. Fredrickson B.E., Mann K.A., Yuan H.A., Lubicky J.P. ( 1988 ) Reduction of the intracanal fragment in experimental burst fractures. Spine 13: 267-271

26. Gaines R.W., Humphreys W.G. ( 1984 ) A plea for judgement in management of thoracolumbar fractures and fracture-dislocations. A reassessment of surgical indications. *Clinical orthopaedics* 189: 36-42
27. Gertzbein S.D., Robbins S.E., ( 1990 ) Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine* 15: 11-14
28. Goldhahn J., Reinhold M., Stauber M., Knop C., Frei R., Schneider E., Linke B. ( 2006 ) Improved Anchorage in Osteoporotic Vertebrae with New Implant Designs. *Journal of orthopaedic research* 24: 917-925
29. Heini PF, Orlor R (2004) Kyphoplasty for treatment of osteoporotic vertebral fractures. *European Spine Journal* 13: 184–192
30. Hillmeier J., Grafe I., Da Fonseca K., Meeder P.J., Nöldge G., Libicher M., Kock H.J., Haag M., Kasperk C. ( 2004 ) Die Wertigkeit der Ballonkyphoplastie bei der osteoporotischen Wirbelkörperfraktur. Ein interdisziplinäres Konzept. *Der Orthopäde* 33: 893-904
31. James K.S., Wenger K.H., Schlegel J.D., Dunn H.K. ( 1994 ) Biomechanical evaluation of the stability of thoracolumbar burst fractures. *Spine* 19: 1731-1740
32. Kado D.M., Duong T., Stone K.L., et al. ( 2003 ) Incident vertebral fractures and mortality in older women: a prospective study. *Osteoporosis International* 14: 589-594
33. Kaneda K., Taneichi H. Abumi K., Hashimoto T., Satoh S., Fujiya M ( 1997 ) Anterior decompression and stabilisation with the Kaneda Device for throacolumbar burst fractures associated with neurological deficits. *Journal of Bone and joint surgery ( Am )* 79:69-83

34. Katscher S., Verheyden P., Gonschorek O., Glasmacher S., Josten C. ( 2003 )  
Thorakolumbale Wirbelfrakturen nach konservativer und operativer Behandlung. Abhängigkeit des Korrekturverlustes von der Höhenlokalisation. Der Unfallchirurg 106: 20-27
35. Klotzbeucher CM, Ross PD, Landsman PB et al. (2000) Patients with prior fracture have an increased risk of future fractures: summary of the literature and statistical synthesis. J Bone Miner Res 15: 721–727
36. Knop C., Fabian H.F., Bastian L., Rosenthal H., Lange U., Zdichavsky M., Blauth M. ( 2002 ) Fate of the transpedicular intervertebral bone graft after posterior stabilisation of thorakolumbar fractures. European Spine Journal 11: 251-257
37. Knop C., Bastian L., Lange U., Oeser M., Zdichavsky M., Blauth M. ( 2002 )  
Complications in surgical treatment of thoracolumbar injuries
38. Knop C., Fabian H.F., Bastian L., Blauth M. ( 2001 ) Late Results of Thoracolumbar Fractures After Posterior Instrumentation and transpedicular Bone Grafting. Spine 26: 88-99
39. Knop C., Blauth M., Bühren V., Arand M., Egbers H.-J., Hax P.-M., Nothwang J., Oestern H.-J., Pizanis A., Roth R., Weckbach A., Wentzensen A. ( 2001 )  
Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Überganges – Teil 3: Nachuntersuchung. Der Unfallchirurg 104: 583-600
40. Knop C., Oeser M., Bastian L., Lange U., Zdichavsky M., Blauth M. ( 2001 )  
Entwicklung und Validierung des VAS – Wirbelsäulenscores. Der Unfallchirurg 104: 488-497
41. Kossman T., Ertel W., Trentz O. ( 1999 ) Die kombinierte Operation von Frakturen des thorakolumbalen Überganges mit der Inlay-Span-Technik. Der Orthopäde 28: 432-440

42. Kossmann T., Jacobi D., Trentz O. ( 2001 ) The use of a retractor System ( SynFrame ) for open, minimal invasive reconstruction of the anterior column of the thoracic and lumbar spine. *European Spine Journal* 10: 396-402
43. Lange U., Edeling S., Knop C., Bastian L., Krettek C., Blauth M. ( 2006 ) Wirbelkörperersatz mit höhenvariablem Titanimplantat. *Der unfallchirurg* 109: 733-742
44. Leferink V.J.M., Keizer H. J. E., Oosterhuis J. K., Van der Sluis C. K., Ten Duis H. J. ( 2003 ) Functional outcome in patients with thoracolumbar burst fractures treated with dorsal instrumentation and transpedikular cancellous bone grafting. *European Spine Journal* 12: 261-267
45. Lin EP, Ekholm S, Hiwatashi A, Westesson PL (2004) Vertebroplasty: cement leakage into the disc increases the risk of new fractures of adjacent vertebral body. *AJNR Am J Neuroradiol* 25: 175–180
46. Lindsay R, Silverman SL, Cooper C et al. (2001) Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA* 285: 320–323
47. Magerl F., Aebi M. Gertzbein S.D., Harms J., Nazarian S ( 1994 ) A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *European Spine Journal* 3: 184-201
48. Magerl F., Engelhardt P. ( 1994 ) Brust- und Lendenwirbelsäule- Verlaufsformen. *Orthopädie in Praxis und Klinik , Spezielle Orthopädie ( Wirbelsäule-Thorax-Becken )*. Thieme , Stuttgart, New-York: S 3.82-3.132
49. Magerl F. ( 1984 ) Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clinical Orthopaedics* 189: 125-141
50. Magnus G. ( 1930 ) Die Behandlung und Begutachtung des Wirbelbruches. *Arch. Orthop. Unfallchirurgie* 29: 277

51. Mc Afee P.C., Boden S.D., Brantigan J.W. et al. ( 2001 ) Symposium: a critical discrepancy of successful arthrodesis following interbody spinal fusions. Spine 26: 320-334
52. Mc Afee P.C., Regan J.R., Zdeblick T., Zuckerman J., Picetti G.D.III, Heim S., Geis W.P., Fedder I.L. ( 1995 ) The Incidence of Complications in Endoscopic Anterior Thoracolumbar Spinal Reconstructive Surgery; A Prospective Multicenter Stuy Comprising the First 100 Consecutive Cases. Spine 14: 1624-1632
53. Mc Afee P.C., Yuan H.A., Fredrickson B.E., Lubicky J.P., ( 1983 ) The value of computed tomography in thoracolumbar fractures. An analysis of one hundredconsecutive casesand a new classification. J. Bone Joint Surgery 65: 461-473
54. McCormack T., Karaikovic E., Gaines R.W. ( 1994 ) The load-sharing Classification of spine fractures. Spine 19: 1741-1744
55. Mulholland R.C. ( 2000 ) Cages: Outcome and complications. European Spine Journal 9: 110-113
56. Müller U., Berlemann U., Sledge J., Schwarzenbach O. ( 1999 ) Treatment of thorakolumbar burst fractures without neurologic deficit by indirect reduction and posterior instrumentation: bisegmental stabilization with monosegmental fusion. European Spine Journal 8: 284-289
57. Oertel J., Niendaorf W.-R., Darwish N., Schroeder H. W. S., Gaab M. R. ( 2004 ) Limitations of dorsal transpedicular stabilization in unstable fractures of the lower thoracic and lumbar spine: an analysis of 133 patients. Acta Neurochirurgica ( Wien ) 146: 771-777
58. Pizanis A., Mutschler W ( 1998 ) Dorsal stabilisation of fractures of the thoracic and lumbar spine by internal fixator - technique and outcome Zentralblatt Chirurgie 123: 936-943

59. Pflugmacher R, Kandziora F, Schröder R et al. (2006) Vertebroplastie und Kyphoplastie bei osteoporotischen Wirbelkörperfrakturen – Eine prospektive Analyse der Einjahresergebnisse. *Fortschr Röntgenstr* 177: 1670–1676
60. Pradkan BB, Bae HW, Kropf MA et al. (2006) Kyphoplasty reduction of osteoporotic vertebral compression fractures: correction of local kyphosis versus overall sagittal alignment. *Spine* 31: 435–441
61. Rauschmann M.A., von Stechow D., Thomann K.-D., Scale D. ( 2004 )  
Komplikationen in der Vertebroplastie. *Der Orthopäde* 33: 40-47
62. Reid D.C., Hu R., Davies L.A., Saboe L.A. ( 1988 ) The nonoperative treatment of burst fractures of the thoracolumbar junction. *Journal of trauma* 28: 1188-1194
63. Rohlmann A., Bergmann G., Graichen F., Weber U. ( 1999 ) Die Belastung des Wirbel-Fixateur-interne. *Der Orthopäde* 28: 451-457
64. Rohlmann A, Zander T, Bergmann G (2005) Spinal loads after osteoporotic vertebral fractures treated by vertebroplasty or kyphoplasty. *Eur Spine J* 26: 1–10
65. Schulte a. Esch J. Et al. ( 2000 ) Anästhesie und Intensivmedizin. Duale Reihe  
Thieme Verlag
66. Seibel MJ (2001) Evaluation des osteoporotischen Frakturrisikos. *Dtsch Ärztebl* 98A: 1681–1689
67. Sim E. ( 1993 ) Location of transpedicular screws for fixation of the lower thoracic and lumbar spine. Computed tomography of 45 fracture cases. *Acta orthopaedica scandinavica* 64: 28-32

68. Slover J., Abdu W. A., Hanscom B., Lurie J., Weinstein J. N. ( 2006 ) Can Condition-Specific Health Surveys be Specific to Spine disease? An Analysis of the Effect of Comorbidities on Baseline Condition-Specific and General Health Survey Scores. *Spine* 31: 1265-1271
69. Steinmann J.C., Herkowitz H.N., ( 1992 ) Pseudarthrosis of the spine. *Clinical Orthopaedics* 284: 80-90
70. Taylor R. S., Taylor R. J., Fritzell P. ( 2006 ) Balloon Kyphoplasty and Vertebroplasty for Vertebral Compression Fractures: A Comparative systematic Review of Efficacy and Safety. *Spine* 31: 2747-2755
71. Tropiano P., Huang R.C., Louis C. A., Poitout D. G., Louis R. P. ( 2003 ) Functional and Radiographic Outcome of Thoracolumbar Burst Fractures Managed by Closed Orthopaedic Reduction and Casting. *Spine* 28: 2459-2465
72. Tscherne H., Blauth M. ( 1998 ) Tscherne Unfallchirurgie Wirbelsäule. Springer Verlag
73. Verlaan J. J., Diekerhof C. H., Buskens E., Van der Tweel I., Verbout A. J., Dhert W. J. A., Oner F. C. ( 2004 ) Surgical Treatment of Traumatic Fractures of the Thoracic and Lumbar Spine: A Systematic Review of the Literature on Techniques, Complications and Outcome. *Spine* 29: 803-814
74. Vidal J., Buscayret C.H., Connes ( 1979 ) Treatment of articular fractures by "ligamentotaxis" with external fixation. In Brooker, Edwards ( eds. ) External fixation. Williams & Wilkins, Baltimore
75. Villarraga LM, Cripton PA, Bellezza AJ et al. (2004) Knochen und Knochen-Zement-Belastungen in der thorakolumbalen Wirbelsäule nach Kyphoplastik. *Orthopäde* 33: 48–55

76. Voggenreiter G (2005) Balloonkyphoplasty is effective in deformity correction of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 30: 2806–2812
77. Von Gumpfenberg S, Vieweg J., Claudi B., Harms J. ( 1991 ) Die primäre Versorgung der frischen Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Acta Traumatologica* 21: 265-273
78. White A.A., Panjabi M.M. ( 1990 ) The Problem of Clinical instability in the Human Spine: a systematic Approach in *Clinical Biomechanics of the Spine*. Lippincott , Philadelphia, 277-378
79. Whitesides T.E. ( 1977 ) Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. *Clinical Orthopaedics* 128: 78-92

## **7. Danksagung**

Mein Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. T. Pohlemann für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie die andauernde Unterstützung und Förderung im Rahmen der Arbeit sowie der Klinik.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. med. A. Pizanis, der mich mit persönlichem Einsatz, Optimismus und vor allem Humor tatkräftig unterstützte und zum Gelingen der Arbeit wesentlich beitrug.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern und Großeltern, vor allem meiner Mutter Fr. Gertrud Reischmann, die mir zunächst ein Medizinstudium überhaupt ermöglicht haben und im Verlauf des Studiums sowie im Verlauf der klinischen Tätigkeit mich immer unterstützt und, falls erforderlich, auf den Boden der Tatsachen zurückgeholt haben.

## **8. Lebenslauf**

### **Persönliche Angaben**

Name: Birgit Maria Reischmann  
Geburtsdatum: 25.05.1974  
Geburtsort: Pirmasens  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Konfession: römisch-katholisch  
Familienstand: ledig  
Eltern: Hermann Reischmann, Landwirtschaftsmeister  
 Gertrud Reischmann, geb. Bold, Hausfrau

### **Ausbildung**

08/80 bis 07/84	Grundschule Thaleischweiler – Fröschen
08/84 bis 07/93	Staatliches Immanuel Kant-Gymnasium Pirmasens
06/93	Abitur
10/93 bis 03/94	Studium der Biologie an der Universität des Saarlandes
10/94 bis 05/01	Studium der Humanmedizin an der Universität des Saarlandes
09/96	Ärztliche Vorprüfung
08/97	1.Abschnitt der ärztlichen Prüfung
03/00	2.Abschnitt der ärztlichen Prüfung
04/01	3.Abschnitt der ärztlichen Prüfung
07/01 bis 12/02	Ärztin im Praktikum, Klinik für Unfall,- Hand- und Wiederherstellungschirurgie Universitätskliniken d. Saarlandes, Prof. Dr. T. Pohlemann
07.01.2003	Approbation
Seit 01/03	Assistenzärztin, Klinik für Unfall,- Hand- und Wiederherstellungschirurgie Universitätskliniken des Saarlandes, Prof. Dr. T. Pohlemann
05.10.2006	Erwerb der Zusatzbezeichnung Notfallmedizin
22.08.2007	Erwerb des Facharztes für Chirurgie
Seit 09/2007	Ausbildung zur Speziellen Unfallchirurgie, Klinik für Unfall,- Hand- und Wiederherstellungschirurgie Universitätskliniken des Saarlandes, Prof. Dr. T. Pohlemann

## 9. Anhang

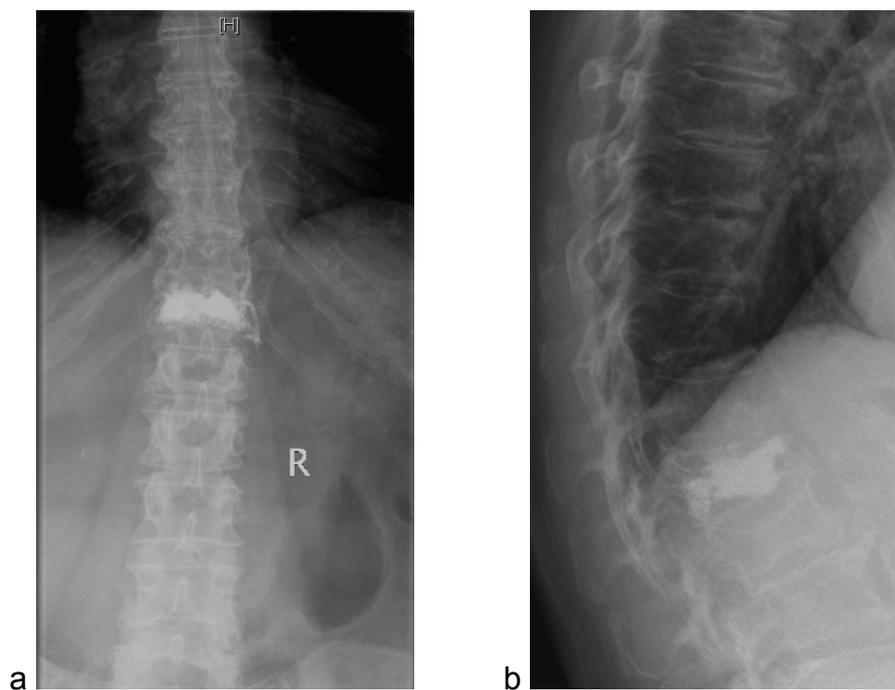


Abb.: 33: Zementleckage a: venös und b: in die craniale Bandscheibe, beide Fälle asymptomatisch

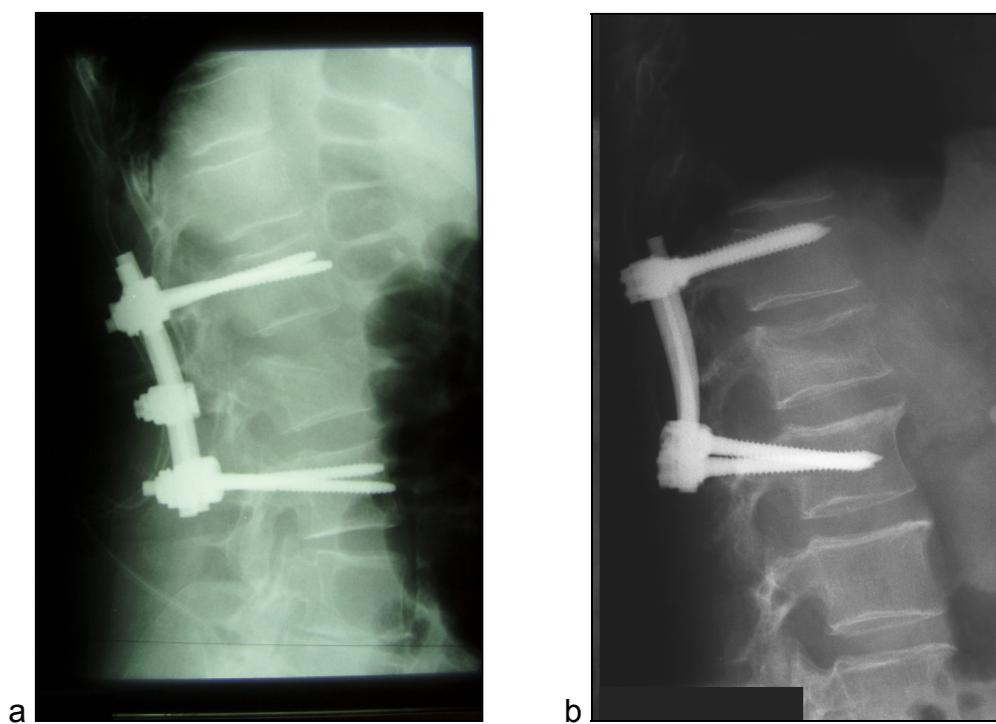


Abb.34: Nahezu durchschneidende craniale Pedikelschrauben ( b ) bei Patientin mit Osteoporose und akzentuierter Lordosierung; a: im Vergleich gute Implantatlage bei fehlender Osteoporose.

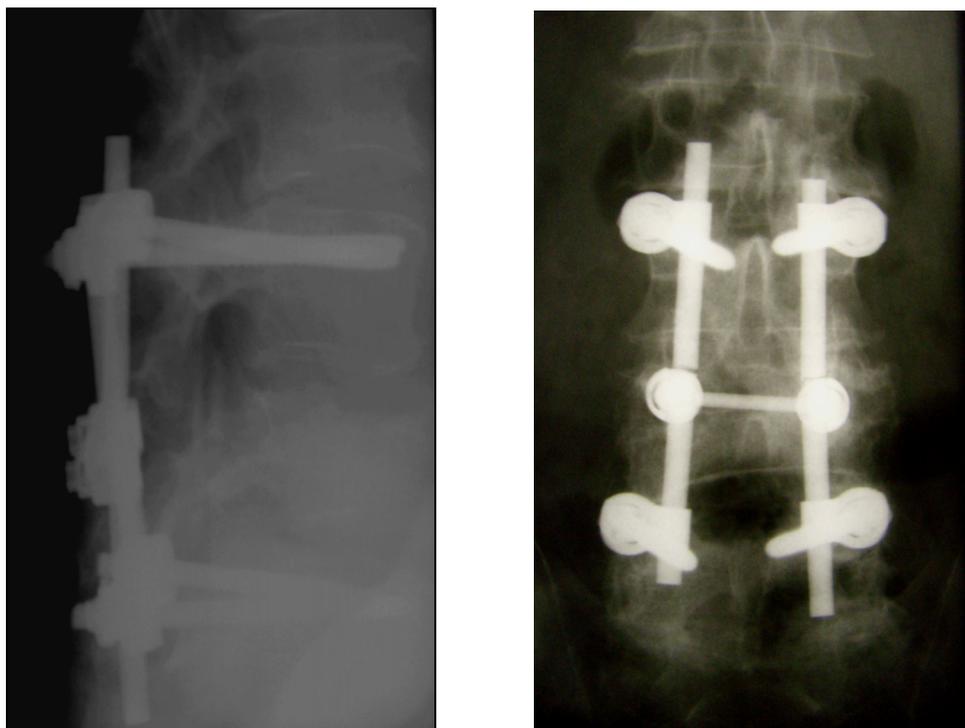


Abb. 35.: Bruch des einliegenden Fixateur interne nach isoliert dorsaler Stabilisierung mit Zunahme der Beschwerden.



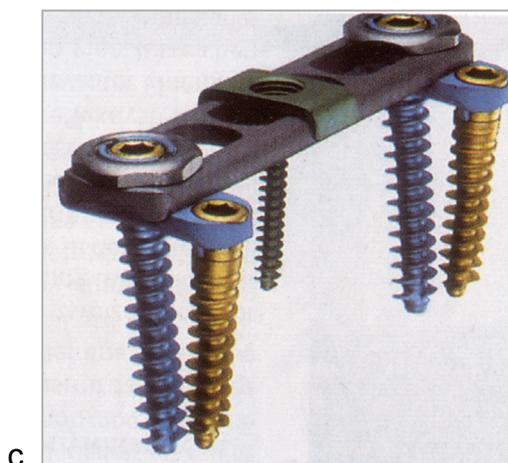


Abb. 36: Unterschiedliche ventrale Stabilisierungssysteme. a: Telefix<sup>®</sup>, Fa. Synthes, b: Ventrofix<sup>®</sup>, Fa. Synthes, c: MACS<sup>®</sup>, Fa. Aesculap.

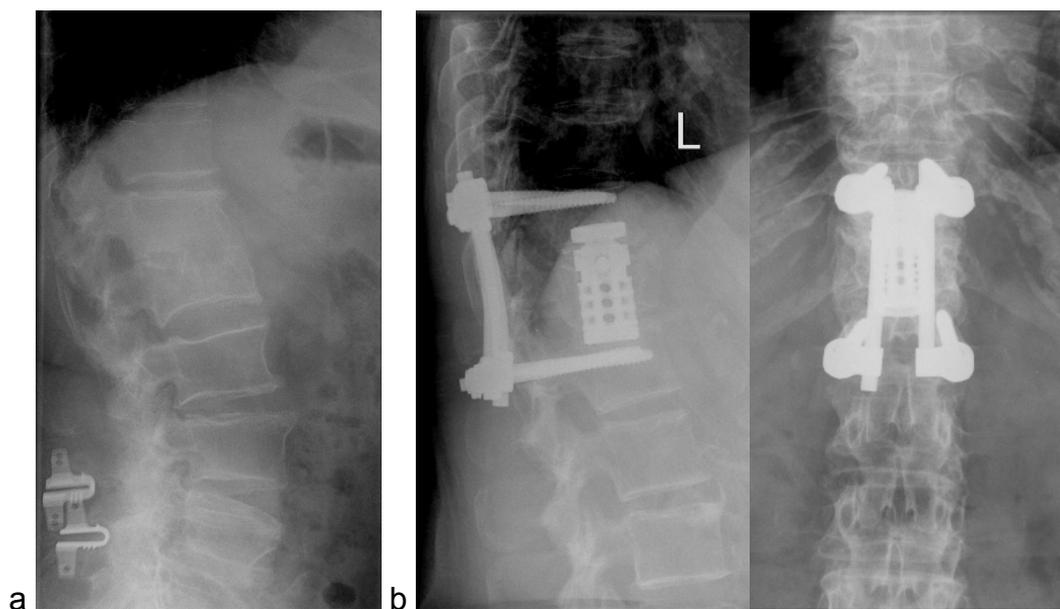


Abb.37: a: Radiologisch sichere Durchbauung nach dorsoventraler Stabilisierung mit Span und zwischenzeitlich erfolgter Implantatentfernung; b: Sichere Durchbauungszeichen nach dorsoventraler Stabilisierung mit Wirbelkörperersatz vom Typ Obelisc<sup>®</sup> ( Fa. Ullrich )

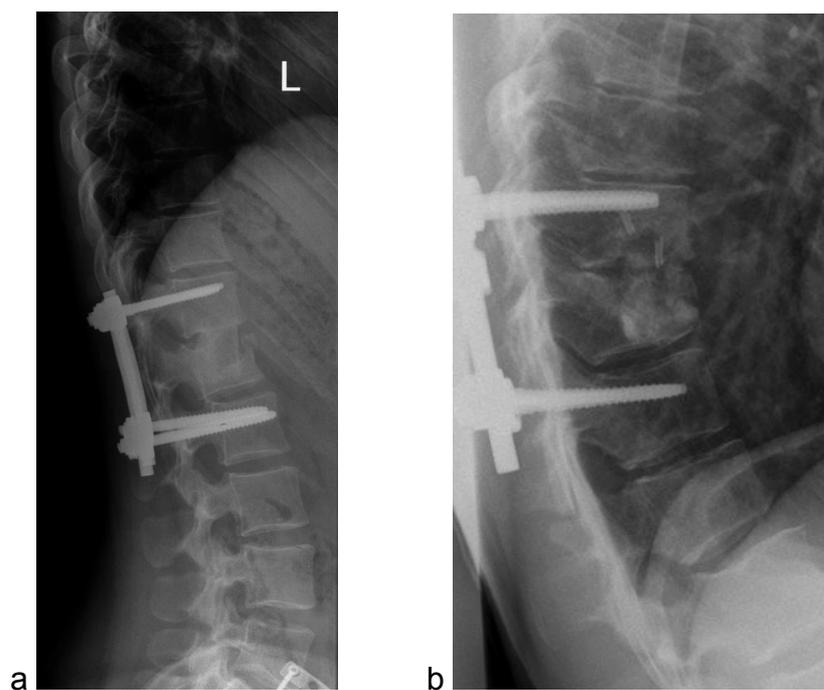


Abb. 38: a: Sichere knöcherner Fusion nach monosegmentaler Versorgung; b: deutlich erkennbarer leerer Saum cranial nach monosegmentaler ventraler Fusion mit Span

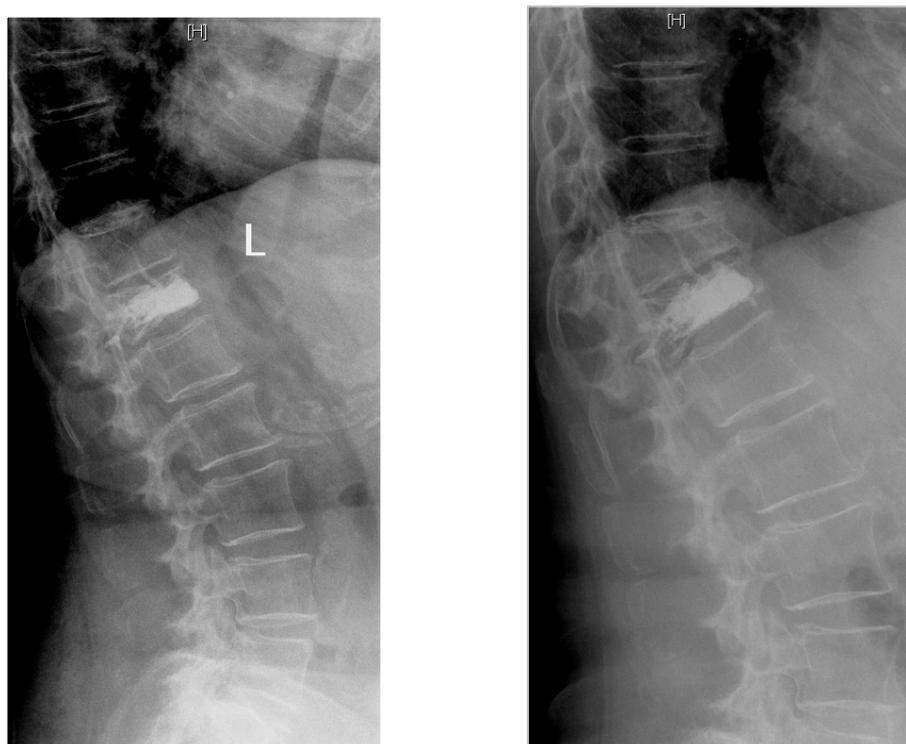


Abb. 39: Deutlich sichtbare Anschlussfraktur cranial, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung klinisch stumm