
Aus der Klinik des Stütz- und Bewegungsapparates der
Universität zu Lübeck

Direktor: Prof. Dr. med. Christian Jürgens

und der

Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Abteilung des berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses Hamburg

Diakoniekrankenhaus Friederikenstift gGmbH Hannover

Chefarzt: Prof. Dr. med. Helmut Lill

**Die dorsoventrale Spondylodese
thorakolumbalen Wirbelkörperfrakturen**

Inauguraldissertation

Zur Erlangung der Doktorwürde

der Universität zu Lübeck

-Aus der Sektion Medizin-

vorgelegt von

Florian Erich Hahner

aus Fulda

Hannover, 2013

-
1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Christine Voigt
 2. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Jan Gliemroth

Tag der mündlichen Prüfung: 02.10.2013

Zum Druck genehmigt. Lübeck, den 02.10.2013

-Promotionskommission der Sektion Medizin-

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung und Fragestellung.....	6
1.1	Fragestellung	9
1.2	Biomechanik der Wirbelsäule und Klassifikation der Frakturen	10
1.3	Instabilitätsbegriff	13
1.4	Begleitende Neurologie	14
1.5	Klassifikation der neurologischen Ausfälle	16
1.6	Diagnostik bei Wirbelsäulenverletzungen	17
1.6.1	Konventionelles Röntgen	17
1.6.2	Computertomographie	17
1.6.3	Magnetresonanztomographie	18
1.7	Therapie von Wirbelsäulenverletzungen	19
1.7.1	Konservative Therapieverfahren	19
1.7.2	Operative Therapieverfahren	19
1.7.3	Operationsdurchführung	24
2	Material und Methode	28
2.1	Patienten	28
2.2	Nachuntersuchung	28
2.2.1	Anamnese	28
2.2.2	Körperliche Untersuchung	28
2.2.3	Radiologische Untersuchung	31
2.3	Patientenfragebögen	35
2.4	Datenerfassung, Auswertung und Statistik	36
3	Ergebnisse	37
3.1	Patienten	37
3.2	Unfallereignis	38
3.3	Verletzungen	40
3.3.1	Frakturlokalisierung	40
3.3.2	Klassifikation	41
3.3.3	Neurologische Ausfälle	42
3.4	Therapie	42
3.4.1	Dorsale Instrumentation	42

3.4.2	Span / Cage	43
3.4.3	Zeitlicher Verlauf der Versorgung	43
3.4.4	Drainagezug	45
3.4.5	Materialentfernung	45
3.4.6	Komplikationen	45
3.4.7	OP Zeiten	45
3.4.8	Intraoperative Blutverluste.....	46
3.5	Klinische Untersuchung	47
3.6	Radiologische Untersuchung	50
3.7	Patientenfragebögen	57
3.8	Fallbeispiele	60
4	Diskussion	65
5	Zusammenfassung	77
6	Literaturverzeichnis	79
7	Anhänge	86
7.1	Patientendaten	86
7.2	Erklärung an Eides Statt	87
8	Danksagung	88
9	Lebenslauf	89

Abkürzungen

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
a. p.	anterior- posterior
ant.	<i>lat.</i> Anterior
bds.	Beidseits
bGDW	bisegmentaler Grund-Deckplattenwinkel
BMI	Body-Mass-Index
BWS	Brustwirbelsäule
BWK	Brustwirbelkörper
ca.	zirka
cm	Zentimeter
CT	Computertomographie
d	Tag
EK	Erythrozytenkonzentrat
et al.	<i>et alii, et aliae, et alia</i>
FBA	Finger-Boden-Abstand in cm
Fx	Fraktur
GDW	Grund-Deckplattenwinkel
ges.	gesamt
ggf.	gegebenenfalls
h	Stunde/Stunden
HB	Hämoglobin
HRT	Hochenergietrauma
HWS	Halswirbelsäule
kg	Kilogramm
L	Lendenwirbel
Lig.	Ligamentum
LWS	Lendenwirbelsäule
LWK	Lendenwirbelkörper
MdE	Minderung der Erwebsfähigkeit
mGDW	monosegmentaler Grund-Deckplattenwinkel
ml	Milliliter
MRT	Magnetresonanztomographie

N.	nervus
NET	Niedrigenergietrauma
Nr.	Nummer
o. g.	oben genannt / oben genannten
ODI	Oswestry Disability Index
OP	Operation
op	operativ
Pat.	Patient
pos.	positiv
Rö	Röntgen
RQW	Riss-Quetsch-Wunde
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SI	sagittaler Index
Tab.	Tabelle
Th	Brustwirbel
WK	Wirbelkörper
VAS	Visuelle Analog Skala
vent.	ventral
VU	Verkehrsunfall
z. T.	zum Teil
z. B.	zum Beispiel
z. Z.	zur Zeit

1. Einleitung

Wirbelsäulenverletzungen stellen schwerwiegende Verletzungen für die betroffenen Patienten dar. In Abhängigkeit vom Frakturtyp, Alter, Nebenerkrankungen und Neurologie besteht die Möglichkeit der konservativen oder der operativen Versorgung. Optionen für eine operative Versorgung bestehen in einer dorsalen Stabilisierung, einer rein ventralen Versorgung oder in kombinierten Verfahren [50]. Stabile Frakturen ohne Neurologie können einer konservativen Therapie zugeführt werden. Bei instabilen Frakturen sowie Frakturen mit drohenden oder bestehenden neurologischen Ausfällen besteht die Indikation zu einem operativen Vorgehen [10, 21]. Abhängig vom Frakturtyp, des Alignements, der sagittalen Balance und der ggf. bestehenden Neurologie kommen unterschiedliche Verfahren zum Einsatz. Bei komplexen Verletzungen, z. B. kompletten Berstungsfrakturen oder Spaltbrüchen, werden häufig dorsoventrale Verfahren zur Rekonstruktion der ventralen Säule angewendet. Dies kann durch Span- oder Cageimplantation mit und ohne Platten- oder Stab- / Schraubensysteme zur Wiederherstellung einer ausreichenden ventralen Aufrichtung und Stabilisierung erfolgen. Ebenfalls kommen auch bei inkompletten Berstungsfrakturen kombinierte Verfahren zur Anwendung, hierbei kann eine bestehende Kyphosierung im betroffenen Segment aufgerichtet werden und somit die sagittale Balance der Wirbelsäule wieder hergestellt werden. In der initialen Notfallversorgung von Wirbelsäulenverletzungen, beim polytraumatisierten Patienten sowie bei komplexen Frakturen kommen häufig zunächst dorsale Verfahren mit zeitnaher Stabilisierung zum Einsatz. In Abhängigkeit vom Frakturtyp, des Operationsrisikos, des Patientenalter und ggf. Begleitverletzungen kann eine operative dorsoventrale Versorgung einzeitig oder zweizeitig erfolgen. Im Vergleich zu rein dorsalen Verfahren ohne Wirbelkörperersatz stellt die kombinierte Versorgung ein aufwendigeres und prinzipiell komplikationsreicheres Verfahren dar, somit ist die Indikationsstellung und Operationsplanung von entscheidender Bedeutung. Bei Verlegung des Spinalkanals mit neurologischer Symptomatik können operative Verfahren der Laminektomie bzw. Hemilaminektomie zum Einsatz kommen. Darüber hinaus stehen offene sowie minimalinvasive Operationstechniken zur Verfügung. Des Weiteren finden auch Kyphoplastie- und Vertebroplastieverfahren vor allem bei reinen Deckplatten- Impressionsfrakturen ihre Anwendung [59]. Die zur Verfügung stehenden Therapieoptionen bei Frakturen des thorakolumbalen Überganges werden weiterhin kontrovers diskutiert [52, 76].

Ziele aller Therapieverfahren an der Wirbelsäule sind es, die normale Form und Stabilität der Wirbelsäule wieder zu erreichen, neurologische Defizite zu minimieren, eine maximale Schmerzfreiheit und eine achsengerechte Stellung ohne Funktionsverlust zu erreichen [1]. Aktuell besteht ein Konsens bei instabilen Wirbelkörperfrakturen bezüglich der Überlegenheit operativer gegenüber einer konservativer Therapieverfahren [47, 74, 84].

Eine Beurteilung des Behandlungserfolges von Verletzungen der Wirbelsäule ist aufgrund der unterschiedlichen Verletzungsarten, sowie der unterschiedlichen Behandlungskonzepte schwer vergleichbar. Als Bemessungsgrundlage des Therapieerfolges tritt die Lebensqualität der Patienten immer mehr in den Vordergrund [16, 18, 60]. Das klinische und funktionelle Outcome der Patienten, radiologische Parameter sowie Schmerzangaben auf der Visuell-Analog-Skala (VAS) können zur Beurteilung der postoperativen Ergebnisse herangezogen werden [18, 94]. Es besteht nach Aussagen von Briem et al. kein signifikanter Zusammenhang zwischen der wiedererlangten Lebensqualität und den erhobenen radiologischen Befunden [18]. Es konnte in Studien ebenfalls kein Zusammenhang zwischen einem postoperativen Korrekturverlust und auftretenden Schmerzen nachgewiesen werden [32, 55].

Die bestehende Studienlage zu den Behandlungskonzepten und Therapieerfolgen bei Wirbelkörperverletzungen ist sehr differenziert zu betrachten und zeigen häufig geringe Fallzahlen. Briem et al. veröffentlichte 2003 eine Studie (n=30) über die Einheilung autologer Transplantate nach dorsoventraler Instrumentierung mit einer Fusionsrate der Spondylodese von 77% [16]. Eine retrospektive Untersuchung von Vieweg et al. mit 30 Patienten nach dorsoventraler Stabilisierung und Wirbelkörperersatz mittels Cage zeigte eine 90%-ige Fusionsrate [92]. Kandziora et al. beschreibt in seiner Arbeit die Überlegenheit von expandierbaren Cages im Hinblick auf die Anpassung des Implantates an den intraoperativen Situs trotz häufigerem stress-shielding durch intraoperatives Aufspreizen mit der Folge von Druckerhöhung auf Grund- bzw. Deckplatte im Vergleich zu nicht expandierbaren Cages [45]. In diesen Nachuntersuchungen wurde ein Therapiekonzept isoliert betrachtet, eine Auswertung der Versorgung von Wirbelkörperfrakturen mittels interkorporellem Cage im Vergleich zur Implantation eines trikortikalen Beckenkammspans erfolgte nicht.

Die Überlegenheit von kombinierten dorsoventralen Versorgungen gegenüber einem rein dorsalen Vorgehen bei bestimmten Frakturtypen der unteren Brust- und oberen Lendenwirbelsäule konnte in einigen Studien nachgewiesen werden [17, 40, 45, 47, 79].

Im klinischen Alltag zeigt sich immer mehr ein Wandel von der Versorgung mittels trikortikalem Beckenkammspan hin zur Cage-Implantation. Gründe hierfür können einerseits die Notwendigkeit der zusätzlichen Entnahme eines Beckenkammspans mit den Risiken von Nachblutungen, postoperativen Beschwerden und neurologischen Beeinträchtigungen des N. cutaneus femoris lateralis, sowie die kosmetische Beeinträchtigung sein, des weiteren erscheinen auf dem Markt immer modernere und den Therapiekonzepten angepasste Cage-Implantate, welche zunehmenden zum Einsatz kommen [14, 45, 98]. Moderne Korporektomie-Cages erscheinen im Bezug auf die erreichbare Stabilität und den postoperativen Repositionsverlust gegenüber dem trikortikalen Beckenkammspan überlegen [29, 45, 46]. Ein Vorteil im Hinblick auf die erreichte Lebensqualität konnte allerdings nicht nachgewiesen werden. Vergleichende Aussagen zu additiven ventralen Stabilisierungs-Systemen bei dorsoventralen Spanspondylodese finden sich in der Literatur nicht.

In dieser retrospektiven Auswertung der Behandlungsdaten und klinischer sowie radiologischer Daten der Nachuntersuchung sollen der Therapieerfolg und die Ergebnisse nach dorsoventraler Spondylodese mit trikortikalem Beckenkammspan sowie nach Implantation eines interkorporellen Cages gegenübergestellt werden. Unsere Untersuchung umfasst im Gegensatz zu den o.g. Studien die vergleichende Betrachtung und Auswertung von zwei unterschiedlichen dorsoventralen Versorgungskonzepten mit Wirbelkörperersatz, einerseits durch eine ventrale Span-Spondylodese mit und ohne additivem Stab- / Schraubensystem sowie durch die Implantation eines ventralen Cages.

Diese Arbeit soll darüber hinaus Aufschlüsse zu einer noch differenzierteren Indikationsstellung zur Versorgung von Wirbelkörperfrakturen mittels ventraler Cage- sowie Span-Spondylodese geben.

1.1 Fragestellung

In dieser retrospektiven Nachuntersuchung sollen das klinische und radiologische Outcome von Patienten nach dorsoventral versorgter Wirbelkörperfraktur des thorakolumbalen Überganges untersucht werden. Vergleichend werden zwei etablierte Operationsverfahren, die ventrale Span-Spondylodese sowie die ventrale Cage-Spondylodese, nachuntersucht um ggf. die Überlegenheit eines Verfahrens nachzuweisen. Aus den hierbei gewonnenen Daten sollen Rückschlüsse und Optionen für die Indikation und ggf. zur Optimierung der Behandlungsstrategien erlangt werden.

Folgende Fragestellungen sollen durch diese Nachuntersuchung bearbeitet und beantwortet werden:

1. Kann eine Überlegenheit oder können nachweisbare Vorteile der Versorgung von Wirbelkörperfrakturen mittels interkorporellem Cage im Vergleich zur Implantation eines trikortikalen Beckenkammspans nachgewiesen werden?
2. Hat ein zweizeitiges operatives Therapiekonzept Vorteile gegenüber einem einzeitigen Vorgehen und welche Optionen zur Optimierung des stationären Behandlungskonzeptes bestehen?

1.2 Biomechanik der Wirbelsäule und Klassifikation der Frakturen

Die Wirbelsäule ist das zentrale Achsorgan des menschlichen Körpers und gewährleistet neben der Stabilisierung des Körpers die Mobilität des Rumpfes und den Schutz des Rückenmarks im Spinalkanal [82].

Historisch lassen sich folgende Wirbelsäulenmodelle aufzeigen:

1. Das intervertebralen Bewegungssegmentes nach Junghanns (1950) [44]:

Wesentliche pathophysiologische Prozesse an der Wirbelsäule lassen sich anhand des Denkmodells des intervertebralen Bewegungssegmentes erklären (Abb. 1). Ein Bewegungssegment bildet die kleinste funktionelle Einheit und besteht aus dem kaudalen Anteilen des kranialen Wirbelkörpers (Grundplatte), der Bandscheibe sowie den kranialen Anteilen des kaudal anschließenden Wirbels (Deckplatte) mit den korrespondierenden Gelenkflächen der dorsalen Wirbelanteile, Band- und Muskelverbindungen des entsprechenden Abschnittes, der zugehörige Spinalkanal mit Inhalt und die beiden Foramina intervertebralia mit den in ihnen verlaufenden Leitungsbahnen.

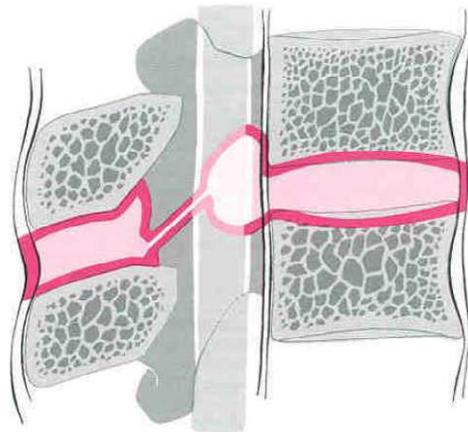


Abb. 1: Das intervertebrale Bewegungssegment nach Junghanns (aus Tscherne Unfallchirurgie Wirbelsäule Band 2, Springer 1998, S.5)

2. Das Drei-Säulen Modell nach Denis [27]:

Nach zunächst entwickelten Zwei-Säulen Modellen von Whitesides und Holdsworth die zwischen einer ventralen und dorsalen Säule differenzierten [96, 42], erfolgte von Denis 1983 die Entwicklung eines Drei-Säulen Modells [27]. Dieses basiert auf der sagittalen Unterteilung der Wirbelsäule in drei verschiedene Abschnitte (Säulen):

- Die vordere Säule besteht aus dem Lig. longitudinale anterior, den ventralen zwei Drittel des Wirbelkörpers und der Bandscheibe.

- Die mittlere Säule setzt sich aus dem Lig. longitudinale posterior, dem hinteren Drittel des Wirbelkörpers und der Bandscheibe zusammensetzt.
- Die hintere Säule beinhaltet das Lig. intraspinale, Lig. supraspinale, Lig. flavum, die Bogenwurzel, die Gelenkfortsätze und Gelenkkapsel und die Dornfortsätze.

3. Einteilung der Wirbelkörperfrakturen nach Magerl [63, 96]:

Eine Einteilung der Wirbelkörperfrakturen erfolgt nach Magerl und unterscheidet zwischen drei Verletzungstypen siehe Abb. 2-4 [63, 96]. Die potentielle Schwere der Verletzung nimmt von Typ A nach Typ C zu. Hierdurch hat diese Klassifikation einen wesentlichen Einfluss auf die Behandlungsstrategie der Verletzung.



Abb. 2: Typ A Verletzungen: Wirbelkörperkompression (aus Tscherne Unfallchirurgie Wirbelsäule Band 2, Springer 1998, S. 248-267)

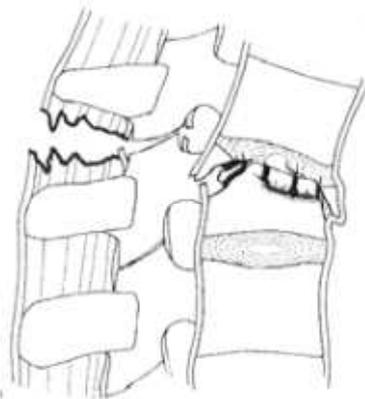


Abb. 3: Typ B Verletzungen Flexions-Distraktionsverletzungen (aus Tscherne Unfallchirurgie Wirbelsäule Band 2, Springer 1998, S. 248-267)

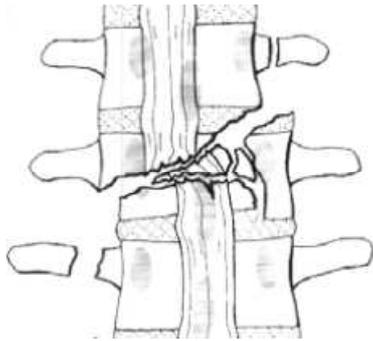


Abb. 4: Typ C Verletzungen: Rotationsverletzungen (aus Tscherne Unfallchirurgie Wirbelsäule Band 2, Springer 1998, S. 248-267)

4. AO-Klassifikation nach Magerl [63]

Aus der Einteilung der Wirbelkörperfrakturen nach Magerl entwickelte sich die AO-Klassifikation nach Magerl [63]. Die Subklassifikation erfolgt nach Art und Ausmaß der Wirbelkörperdestruktion und der Dislokation der Fragmente. Die z.Z. maßgebliche und therapeutische entscheidende Klassifikation ist die modifizierte Magerl Klassifikation nach AO [64] (Tab. 1).

A1	Impaktionsverletzungen	A2	Spaltfrakturen	A3	Berstungsfrakturen
A1.1	Deckplattenimpaktion	A2.1	Sagittale Spaltfraktur	A3.1	Inkomplette Berstungsfraktur
A1.2	Keilfraktur	A2.2	Frontale Spaltfraktur	A3.2	Berstungsspaltfraktur
A1.3	Wirbelkörperimpaktion	A2.3	Disloz. frontaler Spaltbruch Pinzer Fraktur	A3.3	Komplette Berstungsfraktur
B1	Transligamentäre Flexions-Distraktions-Verletzung			B 2	Transossäre Flexions-Distraktions-Verl.
B 1.1	mit Discus-Ruptur			B 2.1	horizontale Wirbelzerreiung
B1.2	mit Wirbelkörperfraktur Typ A			B 2.2	mit Discus-Ruptur
				B 2.3	mit Wirbelkörperfraktur
B 3	Hyperextensions- Scherverletzung mit ventraler Zerreißung				
B 3.1	Hyperextensions-Subluxation				
B 3.2	Hyperextensions-Spondylolyse				
B 3.3	Komplette hintere Luxation				
C 1	Rotation mit Kompression (Typ A)			C 2	C 2 Rotation mit Distraction (Typ B)
C 1.1	Rotationskeilbruch			C 2.1	Rotation + Verletzung vom Typ B 1
C 1.2	Rotationsspaltbruch			C 2.2	Rotation + Verletzung vom Typ B 2
C 1.3	Rotations- Berstungsbruch			C 2.3	Rotation + Verletzung vom Typ B 3
C 3	Rotationsscherbruch				
C 3.1	Slicefraktur				
C3.2	Rotations- Schrägbruch				

Tab. 1: AO-Klassifikation nach Magerl

Wirbelsäulenverletzungen entstehen häufig im Rahmen von Hochenergetraumen [71]. Die einwirkende Kraft, die zu Verletzungen der Wirbelsäule führt ist zu einem großen Teil das axiale Stauchungstrauma [64]. Diese im Hauptvektor axialen Krafteinleitungen führen zu

Impaktion, Spaltung oder Berstung von Teilen des Wirbelkörpers und manifestieren sich je nach Betrag und Richtung der Gewalteinwirkung in unterschiedlicher Ausprägung der Wirbelkörperdestruktion (Typ A). Die Flexions- / Distraktionsverletzungen (Typ B) sowie die Verletzungen der Wirbelkörper durch Rotationskomponente (Typ C) treten seltener auf. Durch die unmittelbare Nähe des Rückenmarks resultieren aus den instabilen Wirbelfrakturen des Typs Magerl B und C wesentlich häufiger neurologische Schäden als aus reinen Kompressionsfrakturen, bei denen der Spinalkanal häufig nicht betroffen ist.

1.3 Instabilitätsbegriff

Große Bedeutung für das therapeutische Procedere ergibt sich durch die Einteilung der Frakturen in stabile und instabile Frakturen, diese werden nach der z. Z. gebräuchlichen AO-Klassifikation nach Magerl klassifiziert [64] (Tab. 1). Nach den Leitlinien der deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie sollten instabile thorakolumbale Wirbelsäulenverletzungen mit und auch ohne Neurologie operativ versorgt werden, stabile Wirbelsäulenverletzungen ohne Neurologie können konservativ therapiert werden [87]. In der Entwicklung der Einschätzung der Instabilität ergeben sich verschiedene Ansätze.

Nach Auffassung von Denis im Drei-Säulen Modell besteht eine Instabilität bei Verletzung mit Beteiligung aller drei Säulen sowie bei Verletzungen von 2 Säulen mit Drehung um die intakte Säule. Die isolierte Verletzung einer Säule führt nach Denis nicht zur Instabilität [27].

Aebi definiert die Instabilität als Folge einer Zerreissung, Auslockerung oder Beschädigung der anatomischen Elemente des Bewegungssegmentes, so dass normale Belastungen in übermäßigen Bewegungsausschlägen, Dislokationen oder Beanspruchungen resultieren [1]. Die Definition von Instabilität nach White und Panjabi bezeichnet den Verlust der Fähigkeit der Wirbelsäule bei Belastung seinen physiologischen Bewegungsrahmen aufrecht zu erhalten, ohne dass ein neurologisches Defizit oder eine Deformität im Sinne von z.B. einer Hyperkyphosierung kommt [95]. Ein stabiler Bruch gefährdet nicht die benachbarten Leitungsbahnen (Rückenmark und Spinalnerven) und führt bei physiologischer Belastung nicht zu Deformitäten der Wirbelsäule.

Blauth et al. entwickelten 1998 eine abgestufte Einteilung für Wirbelsäulenverletzungen [10] mit Einteilung in:

- a) Komplexe Wirbelsäulenverletzungen mit Verletzung der Leitungsbahnen und Organen
- b) Instabile Verletzungen der Typen A3, B und C
- c) Stabile Verletzungen

Bei komplexen sowie instabilen Verletzungen ist schnellstmöglich eine operative Versorgung anzustreben, falls keine Kontraindikationen bestehen [10]. Eine Einschätzung der neurologischen Defizite bei der Primärversorgung in der Notaufnahme des Krankenhauses ist häufig, z.B. beim intubierten oder polytraumatisierten Patienten, nicht ausreichend möglich. Somit ist für die primäre Indikationsstellung zur operativen Versorgung meist die Einschätzung der Instabilität einer Fraktur durch bildgebende Verfahren (Rö und CT) ausschlaggebend. Nach Aebi besteht bei Wirbelsäulenverletzungen mit inkompletten neurologischen Ausfällen und mechanischer Kompression, bei offenen Wirbelsäulenverletzungen sowie bei kompletten Querschnittssyndromen eine absolute Operationsindikation. Relative Indikation zur operativen Therapie bestehen bei Frakturen des thorakolumbalen Überganges ohne neurologische Ausfälle mit Fehlstellung der Wirbelsäule, Spinalkanaleinengung, instabilen Wirbelsegmenten oder aus pflegerischen und rehabilitativen Gründen [1]. Resch et al. bezeichnen instabile Luxations- oder Berstungsfrakturen, sowie osteoligamentären und diskoligamentären Zerreißen als absolute Operationsindikationen [78].

1.4 Begleitende Neurologie

Von großer prognostischer Bedeutung bei Wirbelsäulenverletzungen sind initial aufgetretene motorische Ausfallerscheinungen. Motorische Defizite gehen häufig mit schweren Wirbelfrakturen und dauerhafte Schädigungen des Myelons einher [8].

Als *Commotio spinalis* wird eine reversible Verletzung des Rückenmarks mit sensiblen Symptomen oder Reflexdifferenzen bezeichnet, verursacht durch Ischämie oder Ödeme.

Bei einer *Contusio spinalis* handelt es sich um eine Rückenmarksquetschung mit leichten neurologischen Ausfällen bis hin zum kompletten Querschnittssyndrom.

Die *Compressio spinalis* ist eine Schädigung des Rückenmarks durch Druck, z.B. bei Wirbelkörperfrakturen. Je nach Höhe der Schädigung zeigen sich klinisch Rückenmarkssyndrome oder Conus-Cauda-Syndrome [15].

Als spinaler Schock wird ein akutes Geschehen nach Rückenmarkläsion oder Schädel-Hirn-Trauma bezeichnet, das mit einem Ausfall der Motorik und der Reflexe verbunden ist mit einer schlaffen Tetraplegie oder Paraplegie mit Areflexie. Verletzungen der HWS können mit Ateminsuffizienz und Ausfall des Sympathikus mit Störungen der Thermoregulation sowie Blutverteilungsstörungen einhergehen [66, 69].

Bei einem kompletten Querschnittsyndrom kommt es zu einer spastischen Plegie mit Hyporeflexie und pathologischen Reflexen. Die spastische Plegie tritt mit einer Latenz von 4 bis 6 Wochen nach der Rückenmarkläsion auf, Muskeleigenreflexe sind dann wieder auslösbar und gesteigert.

Als Brown-Séquard-Syndrom wird eine halbseitige Rückenmarkläsion mit inkompletter Querschnittssymptomatik bezeichnet. Ipsilateral tritt eine spastische Parese mit Hypästhesien und gestörtem Lageempfinden, kontralateral ein gestörtes Schmerz- und Temperaturempfinden.

Beim A. spinalis ant. Syndrom ist der ventrale Anteil des Myelons im Versorgungsgebiet der A. spinalis ant. von der Schädigung betroffen mit spastischen Paraparesen sowie Empfindungsstörungen mit fehlendem Schmerz- und Temperaturempfinden.

Beim zentromedullären Syndrom führt ein raumfordernder Prozess im Zentralkanal des Rückenmarks zu einer dissoziierten Empfindungsstörung im betroffenen Segment mit Verlust der Wahrnehmung von Schmerz und Temperatur.

Als Conus-Cauda-Syndrom werden Schädigungen des Conus medullaris und der Cauda medullaris bezeichnet, die sowohl mit Reithosenanästhesie, Sensibilitätsstörungen perianal und entsprechend den Dermatomen S3 bis S5, Miktions- und Defäkationsstörungen sowie schlaffen Paraparese mit Areflexie einhergehen können [15, 97].

Indikation zur Laminektomie, Hemilaminektomie oder Dekompression des Spinalkanals stellen Wirbelkörperfrakturen mit Hinterkantenbeteiligung und auftretender Neurologie sowie Verlegungen des Spinalkanals um 25% dar. Eine Dekompression des Spinalkanals kann sowohl im Rahmen der dorsalen Versorgung, als auch beim ventralen Eingriff erfolgen [9, 10, 87].

1.5 Klassifikation der neurologischen Ausfälle

Frankel entwickelte 1969 eine Klassifikation zur Beurteilung des neurologischen Befundes zur Primärdiagnostik und Verlaufsbeurteilung bei Wirbelsäulentraumen (Tab. 2) [31] diese ist zur Primärdiagnostik und Verlaufsbeurteilung geeignet. Ergänzend hierzu steht die ASIA Standardklassifikation der American Spinal Injury Association (Tab. 3, Tab. 4) für die neurologische Befunderhebung bei Verletzungen des Rückenmarks zur Verfügung [4, 31, 93]. Die Einteilung erfolgt nach motorischen sowie der sensiblen Ausfälle auf jedes Dermatom bezogen.

Grad A	Vollständige motorische und sensible Lähmung
Grad B	Lähmung motorisch komplett, sensibel inkomplett
Grad C	Lähmung motorisch inkomplett, ohne Funktionswert
Grad D	Lähmung motorisch inkomplett, mit Funktionswert
Grad E	Sensible und motorische Funktionen normal

Tab. 2: Einteilung neurologischer Ausfälle nach Frankel

0	komplette Lähmung
1	sichtbare oder tastbare Muskelkontraktion
2	aktive Bewegung über das volle Bewegungsausmaß, wenn die Schwerkraft aufgehoben ist
3	aktive Bewegung gegen die Schwerkraft über das volle Bewegungsausmaß
4	aktive Bewegung über das vollständige Bewegungsausmaß gegen geringen Widerstand
5	aktive Bewegung gegen vollen Widerstand
NT	Überprüfung nicht möglich

Tab. 3: ASIA Klassifikation der motorischen Ausfälle

0	keine Sensibilität vorhanden
1	veränderte Sensibilität
2	Normal
NT	Überprüfung nicht möglich

Tab. 4: ASIA Klassifikation der sensiblen Ausfälle auf jedes Dermatom bezogen

1.6 Diagnostik bei Wirbelsäulenverletzungen

1.6.1 Konventionelles Röntgen

In der Primärdiagnostik von Wirbelsäulenverletzungen steht das konventionelle Röntgenbild in zwei Ebenen meist zu Beginn der Diagnostik. Dieses apparativ einfache und schnelle Verfahren liefert die Möglichkeit zur Beurteilung der knöchernen Strukturen in Seit- und Frontalebene [70].

In der seitlichen Abbildung können Kompressionsfrakturen und sagittale Deformitäten und Gefügestörungen erkannt werden (Abb. 5). Auf den a.p.-Aufnahmen zeigen sich Achsfehlstellungen und Veränderungen der Dornfortsatz- und Pedikelprojektion als Hinweise auf Wirbelkörperfrakturen. Die erweiterte Röntgen-Diagnostik, z. B. die Myelographie sowie Funktionsaufnahmen, finden aufgrund der immer besser werdenden nicht invasiven Untersuchungsmethoden (CT und MRT) sowie der bestehenden Komplikationsrisiken immer seltener Anwendung [38].

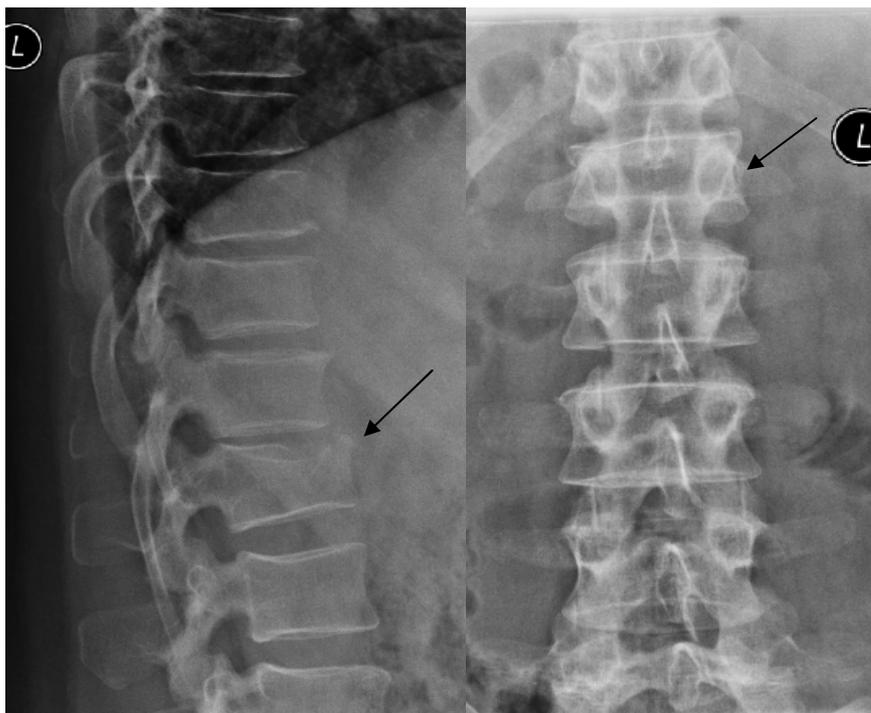


Abb. 5: Konventionelles Röntgenbild des thorakolumbalen Überganges seitlich und a. p. bei incompletter Berstungsfraktur LWK 1 Typ A 3.1

1.6.2 Computertomographie (CT)

Die Primärdiagnostik von Wirbelsäulenverletzungen bei polytraumatisierten Patienten im Diakoniekrankenhaus Friederikenstift Hannover erfolgt häufig im Rahmen einer CT Traumaspirale (Abb. 6). Bei isolierten Verletzungen der Wirbelsäule erfolgt die Durchführung einer Feinschicht CT Bildgebung des verletzten Wirbelsäulenabschnittes.

Die CT Bildgebung zur Beurteilung des Spinalkanals, der Hinterkante der Wirbelkörpers, des genauen Frakturverlaufes, zum sicheren Frakturausschluss sowie zur Klassifikation der Frakturen und Beurteilung der Stabilität gehört zur erweiterten Routinediagnostik von Wirbelkörperverletzungen. Bei klinischen Hinweisen auf knöcherne Verletzungen ist die CT-Diagnostik unverzichtbar. Technische Grundlage der Computertomographie sind aus mehreren Richtungen erstellte Absorptionsprofile von Röntgenstrahlen des untersuchten Objekts, welche computergestützt rekonstruiert werden. Im Gegensatz zum klassischen Röntgen bestehen die erfassten Daten nicht aus einem zweidimensionalen Bild, sondern sind ein eindimensionales Absorptionsprofil [23].

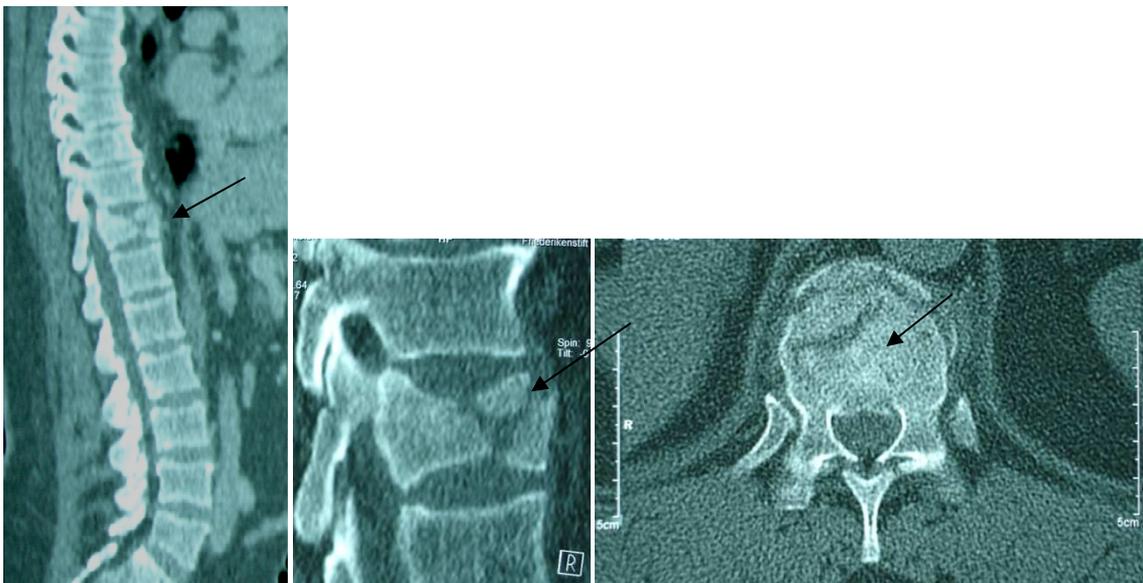


Abb. 6: CT (Traumaspirale und Feinschicht) eines 53 jährigen männlichen Patienten (Pat. Nr.1) bei BWK 11 Fraktur Typ Pinzer A2.3.

1.6.3 Magnetresonanztomographie (MRT)

Die MRT-Untersuchung kommt bei Verletzungen mit Neurologie zur Beurteilung der neuralen Strukturen, zur Beurteilung der Bandscheiben und Bänder, sowie der Weichteilgewebs- und Gefäßverletzungen zur Anwendung und basiert physikalisch auf den Prinzipien der Kernspinresonanz [58]. Aufgrund des unterschiedlichen Wassergehaltes können verschieden Gewebearten dargestellt werden. Die MRT gilt als das bildgebende Verfahren mit dem besten Weichteilkontrast. Man unterscheidet MRT-Systeme nach ihrer Bauform zwischen geschlossenen und offenen MRT-Systemen, Unterschiede bestehen darüber hinaus in der Untersuchungsgeschwindigkeit und Auflösung. Das MRT findet in der Notfalldiagnostik bei Kontraindikationen zur CT Diagnostik Anwendung, z.B. bei bestehender Schwangerschaft zur Vermeidung von Strahlenexposition.

1.7 Therapie von Wirbelsäulenverletzungen

1.7.1 Konservative Therapieverfahren

Die Grundsätze der konservativen Therapie wurden von Böhler 1935 durch die Böhler'sche Trias („einrichten, festhalten, üben“) festgelegt [14]. Unter Analgesie erfolgte die Aufrichtung im ventralen Durchhang und Ruhigstellung im Gipsmieder für mindestens 3 Monate. Neben der Ruhigstellung erfolgte die intensive Kräftigung von Bauch- und Rückenmuskulatur. Zunehmend erfolgt heute bei stabilen Frakturen die frühfunktionelle Mobilisation nach Magnusson et al. durch achsgerechte Mobilisation unter Vollbelastung [65].

1.7.2 Operative Therapieverfahren

Historie:

Erste instrumentierte Wirbelsäulenfusionen wurden 1891 von Hadra durch eine Zuggurtung der Processus spinosi mit Silberdraht bei Luxationsfrakturen der Halswirbelsäule durchgeführt [35]. 1909 wurden in München von Lange erste instrumentierte Stabilisierungsverfahren mittels Draht und Metallstäben angewandt [57]. Erste Versuche einer knöchernen Fusion der Wirbelsäule wurden 1911 von Albee und Hibbs bei Patienten mit einer tuberkulösen Spondylitis durchgeführt [3, 41]. Hierbei verwendeten sie Knochenblöcke aus der Tibia und versuchten durch ein interspinales, dorsales Anbringen das Segment zu stabilisieren und das Kollabieren zu verhindern [3]. Zunächst erfolgte die Behandlung von Frakturen, Skoliosen und Infektionen. Erste lumbale Fusionen erfolgten bei degenerativen Erkrankungen 1929 durch Hibbs [41]. Es erfolgte die Weiterentwicklung der instrumentierenden Verfahren und Techniken durch Zuggurtung der Dornfortsätze, Verplattung der Wirbelkörper durch Humphries et al., Sublaminarverdrahtungen durch Luque und Hakensysteme durch Harrington [37, 43, 61]. King beschreibt 1948 die Anwendung von Pedikelschrauben [48].

Erste dorsale Spondylodesen mittels „Harrington-Distraktionsstäbe“ erfolgten 1958. Im weiteren Verlauf erfolgte die transpedikuläre Verschraubung und Aufbringen von zwei paraspinaler Platten über mehrere Segmente durch Roy-Camille et al. [81]. Magerl entwickelte 1977 den winkelstabilen Fixateur externe, welcher heute kaum mehr Verwendung findet, eine Sonderindikation stellen offene Wirbelsäulenverletzungen dar [63]. Die heutigen Pedikelschraubensysteme basieren auf Entwicklung von Boucher und Cotrel et al. [13, 24]. Das Prinzip des Fixateur externe wurde durch Dick 1984 weiterentwickelt und bildet die Grundlage für den Fixateur interne als transpedikuläres

System [28]. Auf dessen Grundlage entwickelten sich schließlich die modernen Stabilisationssysteme zur dorsalen Instrumentation mit der Möglichkeit des Einsatzes von Distractions- oder Kompressionsinstrumenten zur Kyphosierung oder Lordosierung. Neben monoaxialen Schrauben (Abb. 7) stehen heute auch polyaxiale Schrauben sowie zementaugmentierbare Schrauben zur Verfügung. Zunehmend erfolgt bei entsprechender Indikation die minimalinvasive dorsale Instrumentation durch entsprechende Stab-Schrauben-Systeme [33].



Abb. 7: Monoaxiale Titan-Schraube 7x45mm zur dorsalen Instrumentation (XIA Titan Monoaxialschrauben, Stryker GmbH & Co.KG, Dr. Homer Stryker Platz 1, 47228 Duisburg)

Ziele und Indikation der operativen Versorgung:

Ziele der operativen Versorgung von Wirbelsäulenverletzungen sind die Stabilisierung der Fraktur sowie die Korrektur von Fehlstellungen und die Wiederherstellung eines physiologischen sagitalen Profils der Wirbelsäule zur Verhütung von Deformitäten und chronischen Schmerzsyndromen [5]. Bei bestehender OP Indikation können verschiedene OP Verfahren zum Einsatz kommen, wobei zwischen den dorsalen, ventralen sowie kombinierten Verfahren differenziert werden kann.

Dorsale Instrumentierung:

Ziel der dorsalen Instrumentation ist die Reposition und die dorsale Stabilisierung der betroffenen Segmente durch entsprechende Stab-Schrauben-Systeme (Abb. 9). Es erfolgt der Versuch der geschlossenen Reposition der Fraktur im ventralen Durchhang durch Ligamentotaxis (Abb. 8). Eine weitere Reposition der Fraktur kann durch entsprechende Distractionsinstrumente, sowohl bei offenen als auch bei minimalinvasiven Versorgungsverfahren, erfolgen [10].



Abb. 8: Intraoperative Lagerung zur dorsalen Instrumentation im ventralen Durchhang

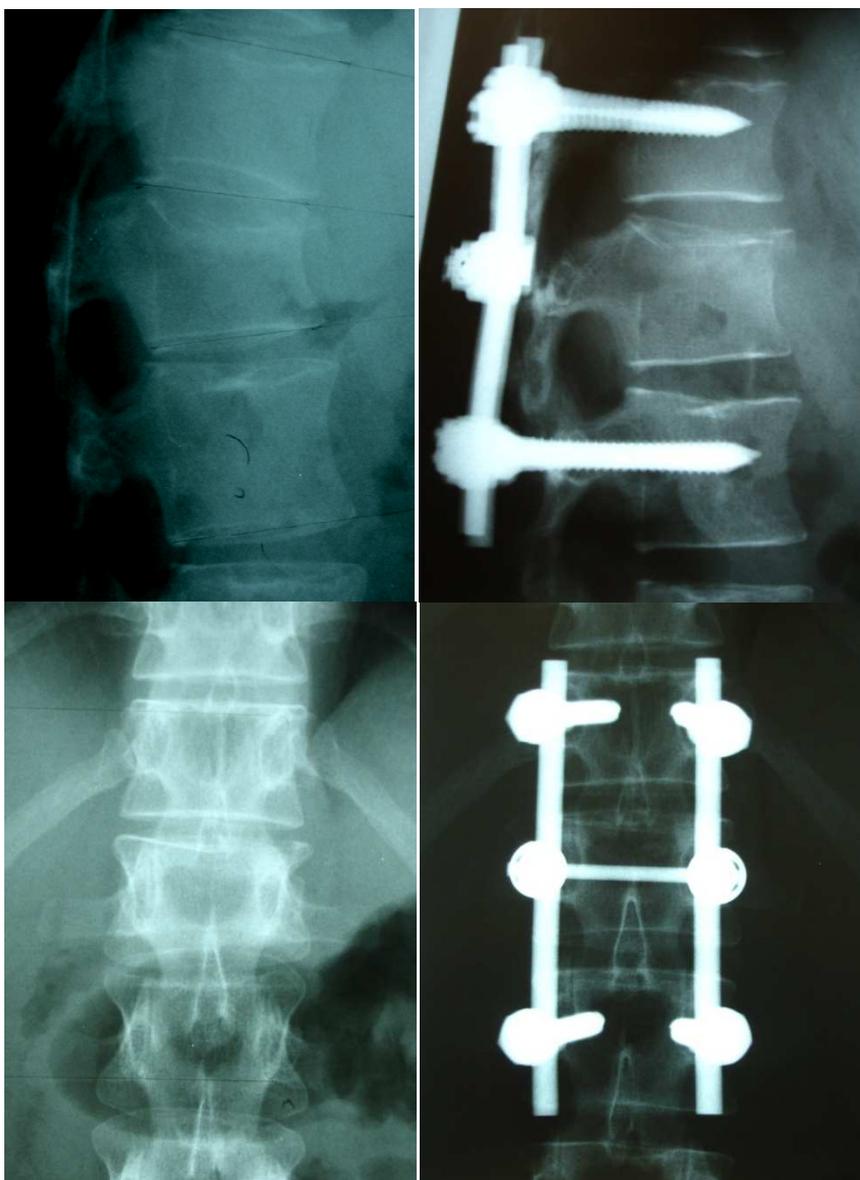


Abb. 9: Dorsale Stabilisierung Th 12 auf L2 bei LWK-1 Fx Typ A 3.1 mittels USS Monoaxialschrauben (SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen) einer 35jährigen Frau (Pat. Nr. 3).

Ventrale Stabilisierung:

Bei A.3 Frakturen und Typ B-Verletzungen besteht die Möglichkeit einer rein ventralen Versorgung. Durch Verankerung von winkelstabilen Systemen mit mehreren Schrauben pro Wirbelkörper von ventral kann bei regelrechtem Wirbelsäulenprofil auf eine dorsale Instrumentation verzichtet werden [34]. Hierzu stehen unterschiedliche Implantate sowohl zur Stabilisierung und als Wirbelkörperersatz zur Verfügung. Die Rekonstruktion der ventralen Säule durch Wirbelkörperersatz kann sowohl aus metallischen Implantaten (Cage) als auch durch Knochentransplantate (z. B. trikortikaler Beckenkammspan) erfolgen. Nachteil der ventralen Versorgung in Seitenlage ist die lagerungsbedingt nicht mögliche Reposition. Diese kann lediglich über die angewendeten Implantat-, Platten- und Stab-/Schraubensysteme erfolgen. (Abb. 10).

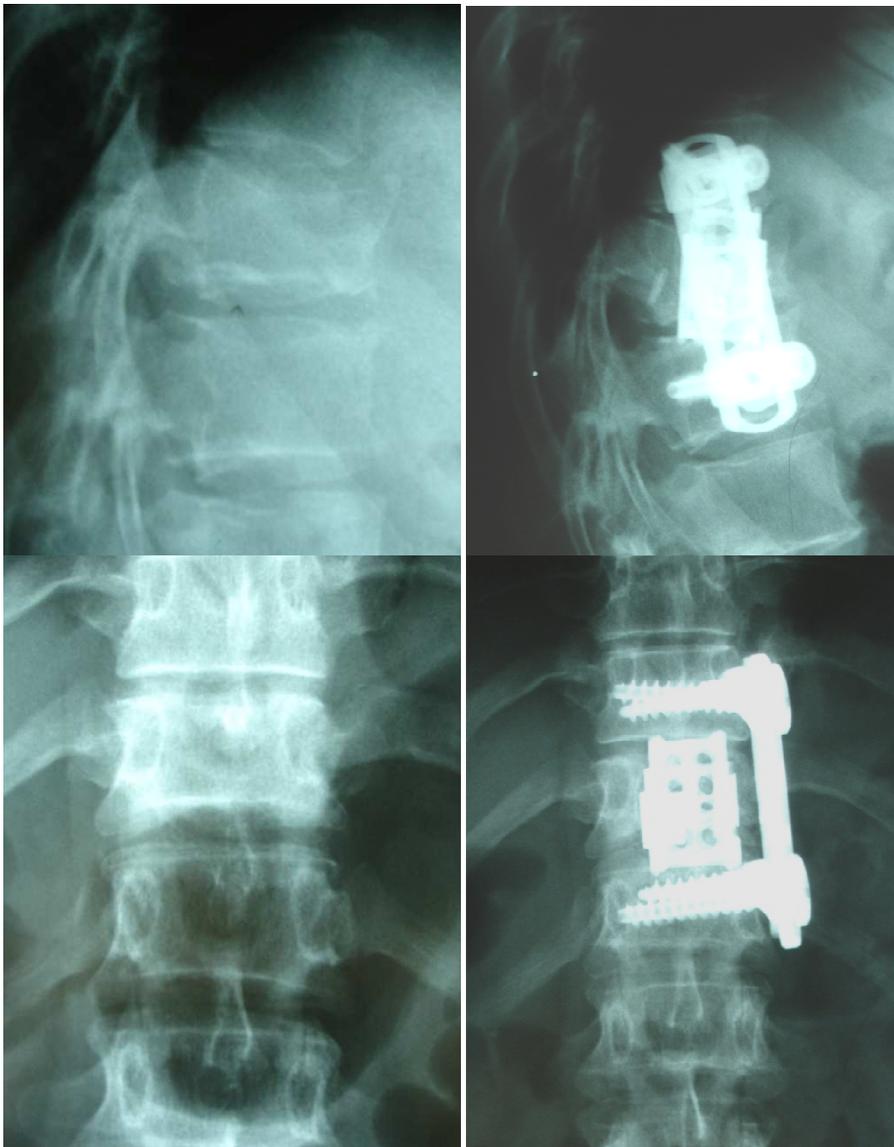


Abb. 10: Ventralsversorgung einer BWK11-Fx Typ A 2.3 mittels expandierbarem Titancage x-tens (DePuy Orthopädie GmbH, Konrad-Zuse-Straße 19, D-66459 Kirdel) und ventralem Plattensystem (MACS TL, Aesculap AG & Co. KG, Am Aesculap-Platz, 78532 Tuttlingen) bei einer 49-jährigen Frau.

Kombinierte dorsoventrale Stabilisierung:

Ziel dieser Versorgung ist die Reposition und Stabilisierung im ersten Schritt durch ein dorsales Vorgehen, sowie die knöchernen Fusion durch den ventralen Eingriff im Sinne einer 360° Spondylodese. Zunächst erfolgt die dorsale Versorgung in Bauchlage, die weitere ventrale Versorgung wird in Seitenlage (Abb. 13) in gleicher Sitzung nach Umlagerung oder zu einem späteren Zeitpunkt durchgeführt [85]. Die ventrale Versorgung kann durch eine offene Thorakotomie oder minimalinvasiv thorakoskopisch assistiert erfolgen [72]. Eine offene ventrale Versorgung kann z.T. mit Lungenkontusionen sowie mit persistierenden Schmerzsyndromen einhergehen und stellt einen großen und traumatisierenden Zugang dar [8, 20]. Minimalinvasive Eingriffe im Bereich der Wirbelsäule zeigen deutliche Vorteile im Hinblick auf niedrigere Zugangsmorbidität, geringeren Blutverlust und Schmerzreduktion [62, 73, 80] (Abb. 11).

Nach partieller oder totaler Korpektomie erfolgt durch das Einbringen eines trikortikalen Knochentransplantates oder eines metallischen Implantates die Rekonstruktion der ventralen Säule. Der trikortikale Beckenkammspan kann aus den ventralen oder dorsalen Anteilen des Beckenkammes gewonnen werden. Vorteile des autologen Knochens sind der mögliche Verzicht auf Fremdmaterial, die osteokonduktiven Eigenschaften und das osteogenetische Potenzial. Metallische Implantate stehen in Form von nicht-expandierbaren und expandierbaren Cages zur Verfügung. Bekanntester nicht-expandierbarer Cage ist der von Harms 1986 entwickelte MOSS-Korb (modular segmental spinal), die Einbringung erfolgt nach Kürzen und ggf. Auffüllung mit Spongiosa. Expandierbare Cages haben den Vorteil einer Press-Fit-Verankerung und ermöglichen dem Operateur das Aufbringen einer Vorspannung sowie z. T. die Anpassung der Grund- und Deckplattenansatzstücke je nach anatomischer Gegebenheit [45] (Abb. 12). Nach Einbringung der Cages erfolgt auch hier die Anlagerung von Spongiosastraßen neben das Implantat zur Erzielung einer knöchernen Durchbauung.



Abb. 11: Postoperativer Befund nach dorsoventraler Versorgung eines 47 jährigen Mannes (Pat. Nr. 26) mit LWK 1 Fraktur A2.3.

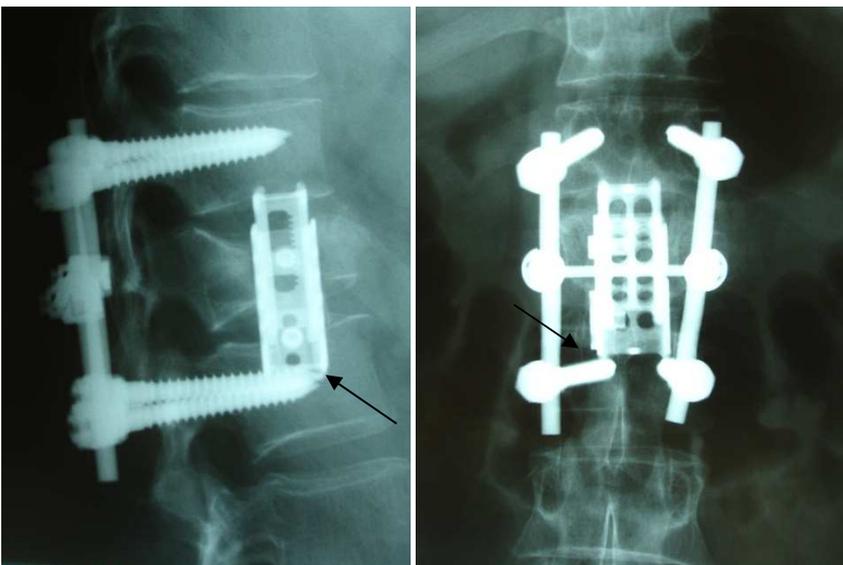


Abb. 12: Kombinierte Dorsoventrale Versorgung einer LWK 1 Fx Typ A 2.3 eines 47 jährigen Patienten (Pat. Nr.26) mit USS Monoaxialschrauben (SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen) und expandierbarem Titancage x-tens (DePuy Orthopädie GmbH, Konrad-Zuse-Straße 19 ,D-66459 Kirkel). Der Cage wurde bewusst auf den distalen Pedikelschrauben abgestützt.

1.7.3 Operationsdurchführung:

Offene dorsale Stabilisierung:

Die operative Versorgung erfolgte in Bauchlage im ventralen Durchhang auf dem OP Tisch unter Röntgendurchleuchtungsmöglichkeit des thorakolumbalen Überganges in 2 Ebenen mittels C-Bogen. Offenes Vorgehen und medianer Längsschnitt, Eröffnung der Fascia thoracolumbalis und die Faszie des M. erector spinae paraspinös und Verdrängung

der Muskulatur stumpf nach lateral. Akribische Blutstillung. Darstellung der optimalen Eintrittspunkte zum Einbringen der Pedikelschrauben transpedikulär. Eröffnen der Pedikel mittels Pfriem, Längenmessung und transpedikuläre Schraubeneinbringung unter radiologischer Kontrolle der einzelnen Schritte. Einbringen der anmodellierten Stäbe und ggf. Distraction und Reposition über das Stab-/Schrauben-System. Einbringung von zwei Redondrainagen und schichtweiser Nahtverschluss.

Ventrale thorakoskopische Korporektomie und Span- / Cagespondylodese:

Lagerung des Patienten intraoperativ in Rechtsseitenlage in Einlungenbeatmung rechtsseitig nach bronchioskopisch assistierter Intubation (Abb. 13). Nach optimaler Lagerung und Röntgenkontrolle in 2 Ebenen erfolgt das Einzeichnen des frakturierten Wirbels sowie der benachbarten Wirbelkörper und der Schnittführung für die Portale. Nun nach entsprechender Desinfektion und Abdeckung Schaffung des Kameraportals und der zwei weiteren Arbeitsportale (Abb. 14). Nun Mini-Thorakotomie und Lokalisation des frakturierten Wirbelkörpers. Transthorakale videoassistierte subtotaler Korporektomie des frakturierten Wirbelkörpers und Ausräumung der verletzten Bandscheibenfächer unter radiologischer Kontrolle (Abb. 15, Abb. 16). Einbringung des Cages nach Herstellerangaben bzw. Einpassen des gewonnenen Spans und Anlagerung von autologer Spongiosa. Einbringung einer Thoraxdrainage und schichtweiser Nahtverschluss.



Abb. 13: Intraoperative Rechtsseitenlage zur ventralen thorakoskopischen Versorgung mit linksseitig abgeklemmtem Doppellumentubus (→) zur perioperativen Einlungenbeatmung rechtsseitig.



Abb. 14: Aufbau und intraoperatives Setting als Standard der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Diakoniekrankehaus Friederikenstift Hannover



Abb. 15: Intraoperative Positionierung bei der ventralen thorakoskopischen Spondylodese (von links nach rechts: 1. Assistent, 2. Assistent, Operateur, instrumentierende OP Schwester)



Abb. 16: Intraoperatives Setting währen eines thorakoskopischen Eingriffes

Implantate:

Bei allen Patienten dieser Nachuntersuchung erfolgte eine dorsale Instrumentation durch ein Stab/Schrauben-System. Zwei Systeme kamen zum Einsatz 29 Patienten wurden mit dem System USS (USS Titan Poly-/Monoaxialschrauben, SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen) und 1 Patient mit XIA System (XIA Titan Poly-/Monoaxialschrauben, Stryker GmbH & Co.KG, Dr. Homer Stryker Platz 1, 47228 Duisburg) versorgt. Bei 15 Patienten (50%) erfolgte eine thorakoskopisch assistierte ventrale Span-Spondylodese, hierbei wurde in 4 Fällen (26,7%) eine zusätzliche ventrale Monostabinstrumentierung durchgeführt. Bei der Spanimplantation erfolgte die Gewinnung eines kräftigen trikortikalen Beckenkammspans aus dem linken Beckenkamm in gleicher Sitzung mit der ventralen Versorgung. Bei der ventralen Instrumentation erfolgte die Implantation eines Stab-Schraubensystems USS (USS Titan Monoaxialschrauben, SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen). Die Indikation zur zusätzlichen ventralen Versorgung wurde bei erheblicher Instabilität intraoperativ gestellt. Eine thorakoskopisch assistierte Cage-Implantation erfolgte ebenfalls bei 15 Patienten (50%) der untersuchten Patienten, auch hierbei kamen zwei Cage Modelle zum Einsatz. In 7 Fällen wurde ein Obelisc Titancage (Ulrich GmbH, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm), in 8 Fällen ein Titancage x-tenz (DePuy Orthopädie GmbH, Konrad-Zuse-Straße 19, D-66459 Kirkel) verwendet (Abb. 17). Bei keinem Patienten der Cage Gruppe erfolgte eine ventrale Stabilisierung durch ein ventrales Instrumentationssystem.

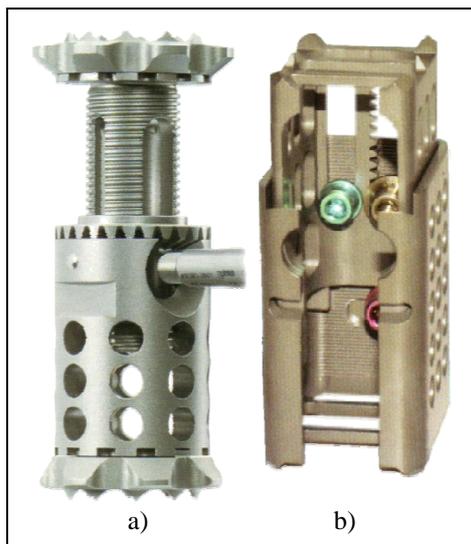


Abb. 17: Verwendete Cages: a) Obelisc (Ulrich GmbH, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm); b) x-tenz Spine (DePuy Orthopädie GmbH, Konrad-Zuse-Straße 19, D-66459 Kirkel)

2 Material und Methode

2.1 Patienten

Im Rahmen einer retrospektiven Studie wurden alle Patienten mit traumatischen Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Überganges in der Zeit von 12/2003 bis 09/2007 in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Diakoniekrankenhauses Friederikenstift Hannover eingeschlossen, welche durch eine kombinierte dorsoventrale Spondylodese operativ versorgt wurden. Ausgeschlossen wurden Patienten mit pathologischen Frakturen, sowie isoliert dorsal oder ventral versorgte und konservativ versorgte Patienten. Alle Patienten wurden zur Nachuntersuchung einbestellt, klinisch und ggf. radiologisch sowie anhand subjektiver Wirbelsäulenscores nachuntersucht. Untersucht wurden Traumamechanismus sowie das Ausmaß der Begleitverletzungen.

Nach Anfrage an die Ethikkommission (Nr. 1677-2013) der Medizinischen Hochschule Hannover bestanden keine ethisch-rechtlichen Bedenken zur Durchführung dieser Nachuntersuchung.

2.2 Nachuntersuchung

2.2.1 Anamnese

Zusätzlich wurden allgemeine Nebenerkrankungen, Vorerkrankungen des Bewegungs- und Stützapparates, Voroperationen an der Wirbelsäule und neurologische Erkrankungen abgefragt und erhoben. Es wurden die Operationsdaten sowie der Unfallhergang erfasst. Die individuellen Körpermaße (Körpergröße/Körpergewicht) wurden gemessen und dokumentiert.

2.2.2 Körperliche Untersuchung

Druck- und Klopfschmerz:

Die Druck- und Klopfschmerzhaftigkeit über der Dornfortsatzreihe der Wirbelsäule wurde segmental untersucht sowie über den Beckenkämmen bds.

Untersuchung der Halswirbelsäule:

Die Untersuchung der Halswirbelsäule erfolgte am aufrecht sitzenden Patienten. Der Bewegungsumfang der HWS wurde nach der Neutral-0-Methode bestimmt. Die Re- und Inklination des Kopfes wurde als die maximale Abweichung der Linie Tragus-Scheitelbein

gegenüber der Längsachse des Rumpfes festgelegt. Die Rotationsbeweglichkeit des Kopfes nach rechts und links wurde als Abweichung der Sagittalebene des Kopfes gegenüber der Sagittalebene des Rumpfes gemessen. Seitneigung des Kopfes nach rechts und links als Bewegung in der Frontalebene wurde durch die maximale Seitabweichung der Mediansagittalebene des Kopfes zu der des Rumpfes gemessen.

Kinnspitzen-Schulterhöhen-Abstand:

Der Kinnspitzen-Schulterhöhen-Abstand wurde in cm als die kürzeste erreichbare Strecke zwischen Kinnspeitze und Schulterhöhe bei entsprechender Rotationsbewegung des Kopfes nach beiden Seiten gemessen.

Untersuchung der Brust- und Lendenwirbelsäule:

Die Rotationsbeweglichkeit des Rumpfes nach rechts und links wurde am frei aufrecht sitzenden Patienten als die Drehbarkeit des Schultergürtels gegenüber dem nicht mitrotierenden Becken bestimmt. Der Bewegungsumfang der BWS und LWS wurde nach der Neutral-0-Methode bestimmt. Die Seitneigung der Wirbelsäule in der Frontalebene wurde am frei stehenden Patienten als Messung der maximalen seitlichen Rumpfeinkrümmung gegenüber dem nicht mitbewegten Becken durchgeführt. Des Weiteren erfolgte die Überprüfung von Schulter- und Beckengradstand und Beurteilung von Seitverbiegungen oder sagittaler Fehlhaltungen im aufrechten Stand und bei Rumpfbeugung.

Ott'sches Zeichen:

Das Ott'sche Zeichen objektiviert vor allem die Beweglichkeit der Brustwirbelsäule in der Sagittalebene. Ein Maß unter 33 cm ist als pathologisch zu werten [19].

Im aufrechten Stand erfolgte das Aufsuchen sowie die Markierung von HWK 7 und 30 kaudal Markierung der Haut. In maximaler Anteflexionsstellung der Wirbelsäule erfolgte die erneute Abstandsmessung in cm.

Schober'sches Zeichen:

Das Schobersche'sche Zeichen objektiviert vor allem die Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule in der Sagittalebene. Werte über 13 cm sind als nicht pathologisch einzuschätzen [19].

Im aufrechten Stand erfolgte das Aufsuchen sowie die Markierung von SWK 1 und 10 cm kranial Markierung der Haut. In maximaler Anteflexionsstellung der Wirbelsäule erfolgte die erneute Abstandsmessung in cm.

Messtrecke über L1:

Diese Messung objektiviert vor allem die Beweglichkeit des thorakolumbalen Überganges in der Sagittalebene. Ein Maß unter 12 cm ist als pathologisch zu werten [19].

Im aufrechten Stand erfolgte das Aufsuchen von LWK 1 und je 5 cm kranial und kaudal Markierung der Haut. In maximaler Anteflexionsstellung der Wirbelsäule erfolgte die erneute Abstandsmessung in cm.

Finger-Boden-Abstand:

Der Patient stand aufrecht mit gestreckten Armen und Beinen und wird darum gebeten die Finger bei geschlossenen Beinen und Streckung in den Knien so weit wie möglich dem Untergrund anzunähern. Der Finger-Boden-Abstand wurde als der kleinstmögliche Abstand der Langfingerkuppen zum Boden in cm gemessen.

Jugulum-Abstand:

Die Untersuchung der aufrichtenden Rückenmuskulatur erfolgte in Bauchlage am auf der Untersuchungsfläche liegenden Patienten. Der Patient führte eine maximale Anhebung des Oberkörpers ohne Zuhilfenahme der Arme durch und der Abstand zwischen Jugulum und Untersuchungsfläche wurde in cm gemessen.

HWK 7-Abstand:

Diese Untersuchung der Bauchmuskulatur erfolgte in Rückenlage. Der Patient wurde darum gebeten eine aktive Aufrichtung aus der Rückenlage ohne Zuhilfenahme der Arme durchzuführen. Es erfolgte die Bestimmung des maximalen Abstandes der Untersuchungsfläche zum Dornfortsatz des 7. HWK.

Neurologische Untersuchung:

Bei allen Patienten erfolgte eine orientierende neurologische Statuserhebung. Bei bereits bekannter unfallabhängiger neurologischer Störung erfolgte die genaue Verlaufsbeurteilung und Beschreibung der Neurologie. Eine Klassifikationseinteilung der Läsionen erfolgte nach Frankel [31].

3.2.3 Radiologische Untersuchung

Um den radiologischen Verlauf der Frakturversorgung und den Heilungsverlauf der Wirbelverletzungen möglichst objektiv untersuchen zu können erfolgte die Auswertung vorhandener Röntgenbilder zu vier festgelegten Untersuchungszeitpunkten:

Rö 1: unmittelbar nach dem Unfallereignis vor operativer Versorgung

Rö 2: nach der dorsalen operativen Versorgung

Rö 3: nach der ventralen operativen Versorgung

Rö 4: mindestens ein Jahr nach operativer Versorgung

Die ausgewerteten Röntgenuntersuchungen der Wirbelsäule der Patienten wurden unabhängig von dieser Studie im Rahmen der initialen Versorgung sowie als Verlaufskontrollen in den Sprechstunden des Diakoniekrankenhauses Friederikenstift und durch niedergelassene Kollegen durchgeführt. Es erfolgte im Rahmen dieser Nachuntersuchung keine Anfertigung von Röntgenaufnahmen des thorakolumbalen Überganges.

Winkel nach Cobb:

Der Cobb'sche Winkel im a. p. Strahlengang als Maß der Achsabknickung in der Frontalebene und wurde in Winkelgrad gemessen (Abb. 18) [25].

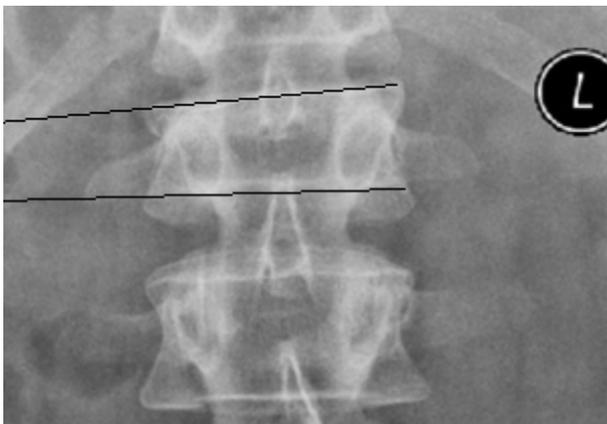


Abb. 18: Winkel nach Cobb gemessen in Grad

Körperwinkel nach Daniaux:

Der Wirbelkörperwinkel nach Daniaux im seitlichen Strahlengang wurde durch die Projektion der Wirbelkörperdeck- und Grundplatten des frakturierten Wirbels gebildet und bezeichnet das Ausmaß der Deformität einer Keilkompressionsfraktur (Abb. 19)[26].

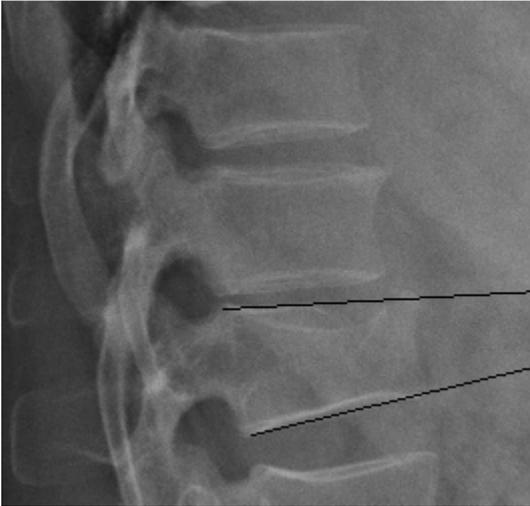


Abb. 19: Wirbelkörperwinkel nach Daniaux in Grad

Monosegmentaler Grund-Deckplattenwinkel (mGDW):

Der monosegmentaler mGDW im seitlichen Strahlengang wurde durch die Projektion der Wirbelkörperdeckplatte des proximal zum frakturierten Wirbel gelegenen Wirbelkörpers zur Grundplatten des frakturierten Wirbels gebildet und ließ Rückschlüsse auf das Ausmaß einer kyphotischen Fehlstellung zu (Abb. 20).

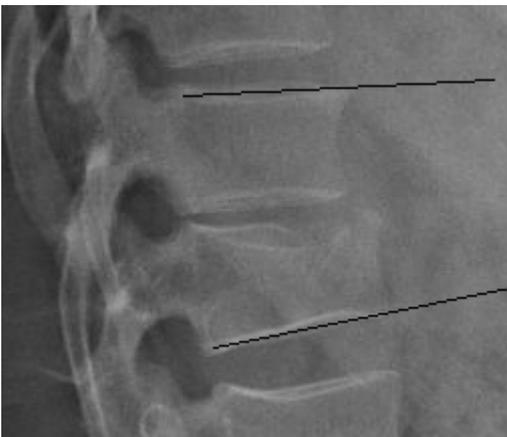


Abb. 20: Monosegmentaler Grund-Deckplattenwinkel in Grad

Bisegmentaler Grund- Deckplattenwinkel (bGDW):

Der bGDW im seitlichen Strahlengang wurde durch die Projektion der Wirbelkörperdeckplatte des proximal zum frakturierten Wirbel gelegenen Wirbelkörpers zur Grundplatten des distal des frakturierten Wirbels gelegenen Wirbels gebildet und ließ weitere Rückschlüsse auf das Ausmaß einer kyphotischen Fehlstellung zu (Abb. 21).



Abb. 21: Bisegmentaler Grund- Deckplattenwinkel in Grad

Sagittaler Index (SI) nach Beck:

Die Höhenminderung des frakturierten Wirbelkörpers im Quotienten der Vorderkante zur Hinterkante wurde bestimmt. Der sagittale Index gibt einen Anhalt für das Ausmaß der Keil deformität des frakturierten Wirbels [7].

Vorderkantenrelation:

Das Verhältnis der Höhenminderung der Vorderkante des frakturierten Wirbels zur Vorderkante des proximal zum frakturiert gelegenen Wirbelkörpers wurde als Vorderkantenrelation bezeichnet und beschreibt das Ausmaß der Vorderkantenhöhenminderung des frakturierten Wirbels.

Listhesen / Osteochondrose:

Bei den vorliegenden Aufnahmen erfolgte die Beurteilung der gesamten abgebildeten Wirbelsäulensegmente in 2 Ebenen und die Dokumentation und Einteilung von gegebenenfalls vorhandenen Listhesen oder degenerativen Veränderungen der Anschlusssegmente.

Einteilung der Listhesen in 4 Grade nach Meyerding (MD I°-IV°) [67]:

MD I°: Versatz der Wirbelkörper zueinander um weniger als 25% der Deckplatte

MD II°: Versatz um 25–50%

MD III°: Versatz um 50–75%

MD IV°: Versatz um mehr als 75%

Einteilung der Osteochondrose nach Schweregraden von 0 bis 3:

Grad 0: keine radiologischen Veränderungen

Grad 1: geringe Osteochondrose

Grad 2: mäßige Osteochondrose

Grad 3: schwere Osteochondrose

Cage-Lage:

Es erfolgte die Beurteilung der Cagelage mit Dokumentation von Verkippungen oder Einsinken in Grund- oder Deckplatte. Die radiologische Erfassung der Verkippung erfolgte in der a. p. Ebene in Winkelgrad aus der Senkrechten zur Deckplatte des distalen Wirbels. Das Einsinken / Einbrechen des Cages in Grund und Deckplatte wurde im seitlichen Strahlengang als die maximale Strecke von der Grund- bzw. Deckplatte im Verlauf des Cages bis zum Cageende in mm gemessen.

Materialbruch und Dislokation:

Es erfolgte die Beurteilung der eingebrachten dorsalen und ventralen Instrumentation mit Dokumentation von Schrauben- oder Stabbrüchen und das Ausmessen der Schraubenlage zur Feststellung von Implantatwanderung oder Lockerung. Hierzu erfolgte die Erfassung des Quotienten aus den Abständen der Schraubenspitzen zu Grund- oder Deckplatte in Relation zur Wirbelkörperhöhe.

Spanlyse / Spaneinheilung:

Eine sichere Aussage zur knöchernen Durchbauung und Einheilung des Spanes zeigte sich aufgrund der vorliegenden nativ-radiologischen Untersuchungen als sehr schwierig. Als Zeichen einer ausbleibenden Einheilung des Spanes wurde eine weiterhin erkennbare Abgrenzbarkeit der Kontaktflächen von Span zu Grund oder Deckplatte angesehen. Des Weiteren erfolgte die Beurteilung des Spanes im Hinblick auf eine gegebenenfalls vorliegende Lyse des Spanes.

2.3 Patientenfragebögen:

Erfragt wurde das subjektive Beschwerdebild der Patienten. Mit Hilfe eines Schmerzfragebogens erfolgte die standardisierte Befragung und Dokumentation im Rahmen der Nachuntersuchung. Hierbei wurden Lokalisation, Schmerzcharakter, Intensität (VAS) und Dauer der Schmerzphänomene erfragt. Ruheschmerz, Nachtschmerz und belastungsabhängige Schmerzen wurden dokumentiert. Des Weiteren erfolgte die Erfassung der Schmerzmitteleinnahme, Arbeitsfähigkeit in Voll- oder Teilzeit sowie einer ggf. Berentung, MdE oder Umschulung in standardisierter Weise.

Oswerty Disability Questionnaire Index (ODI):

Der ODI ermöglicht die Beurteilung der klinischen Situation von Patienten mit Wirbelsäulenbeschwerden und wurde erstmals 1980 von Fairbank et al. veröffentlicht [30]. In dieser Studie erfolgte die Anwendung der Version 2.0 des ODI. Die Patienten schätzten ihre Einschränkungen auf zehn Funktionsgebieten (Schmerzintensität, Körperpflege, Heben, Laufen, Sitzen, Stehen, Schlafen, sexuelle Aktivität, Gesellschaftsleben, Reisen) in einem 0-5 Punkte System ein (0 = keine Einschränkung, 5 = maximale Einschränkung). Aus der Summe der Punkte auf den verschiedenen Gebieten erfolgte die Errechnung eines Prozentwertes zum Maximalwert (50 Punkte).

Je nach erzieltm Prozentwert wurde dem Patient eine minimal (0-20%), moderate (20-40%), severe (40-60%), crippled (60-80%) oder bed bound (80-100%) disability zugeteilt.

Visuelle Analog Skala (VAS):

Die VAS wurde von Hayes und Paterson erstmals 1921 als graphische Skala beschrieben [39] und von Aitken 1969 im Hinblick auf den klinischen Einsatz empfohlen [2].

Die VAS wurde in dieser Studie als einfache Methode zur Messung der Schmerzintensität eingesetzt. Die Patienten stellten auf einer Skala von 0mm (kein Schmerz) bis 100mm (stärkster vorstellbarer Schmerz) ihre Schmerzeinschätzung zu den jeweiligen Fragestellungen ein, diese wurden dokumentiert.

Hannover Wirbelsäulenscore:

In der Nachuntersuchung wurden die Patienten aufgefordert mit Hilfe des Wirbelsäulenscores die bestehenden Schmerzen und die vorhandene Mobilität einzuschätzen. Der Studienpatient vergab auf 10 Begriffe (Ruheschmerz, Belastungsschmerz, Schmerzmedikament, Sitzen, Vorbeugen, Hochheben, Stehen, Gehen,

Rennen, Tragen) je maximal 10 Punkte („Nie“ z. B. Ruheschmerzen) bis minimal 0 Punkte („ständig“). Die Summe der Kategorien ergab den Endbetrag des Scores (max. 100 Punkte).

2.4 Datenerfassung, Auswertung und Statistik

Die gewonnenen Daten wurden zur Erfassung und Bearbeitung in Excel-Tabellen (Microsoft Office Excel 2007) übertragen und ausgewertet. Aufgrund der geringen Fallzahlen und hohen Varianz konnten im Rahmen dieser retrospektiven Nachuntersuchung lediglich Mittelwertveränderungen und Veränderungen der Mediane über den Therapiezeitraum innerhalb der einzelnen Gruppen verglichen werden und deskriptiv erfasst werden. Eine statistische Auswertung nach Chi-Quadrat wurde für die beiden Gruppen durchgeführt, zeigte sich aber in keinem Bereich mit einem relevanten Signifikanzniveau.

3 Ergebnisse

3.1 Patienten

42 Patienten erfüllten die Aufnahmekriterien zu dieser Nachuntersuchung. 30 Patienten (71,4%) wurden klinisch und radiologisch nachuntersucht. Ein Patient war verstorben und 11 Patienten lehnten eine Nachuntersuchung ab oder konnten nicht erreicht werden.

Von den 12 nicht nachuntersuchten Patienten traten bei 6 Patienten (50%) Frakturen der Höhe LWK 1, bei 4 Patienten (33,3%) auf Höhe BWK 12 und bei 2 Patienten (16,6%) Höhe BWK 11 auf. 4 Wirbelkörperfrakturen waren Pinzer Frakturen Typ A2.3, 5 inkomplette Berstungsfrakturen Typ A3.1 und 3 komplette Berstungsfrakturen Typ A3.3. Es erfolgte bei 7 Patienten (58,3%) eine ventrale Cage-Spondylodese und 5 Patienten (41,7%) wurden mit einer ventralen Span-Spondylodese versorgt. 5 Patienten (41,7%) wurden einzeitig dorsoventral und 7 Patienten (58,3%) zweizeitig versorgt.

Alle weiteren Ausführungen in dieser Arbeit beziehen sich auf die 30 klinisch und radiologisch nachuntersuchten Patienten, 13 Frauen (43,3%) und 17 Männer (56,7%).

In die Cage-Gruppe konnten 15 Patienten (7 Frauen (46,7%) und 8 Männer (53,3%)), in der Span-Gruppe 15 mit 6 Frauen (40%) und 9 Männer (60%) eingeschlossen werden (Tab. 5).

	Gesamt		Cage		Span	
n	30		15		15	
	n	%	n	%	n	%
Männer	17	56,7	8	53,3	9	60
Frauen	13	43,4	7	46,7	6	40

Tab. 5: Geschlechterverteilung auf die Gruppen

Das Durchschnittsalter der Patienten am Unfalltag betrug 43,7 Jahre (Median 45, Min/Max 22/64), in der Cage-Gruppe 48,9 (Median 49, Min/Max 22/64) und in der Span-Gruppe 38,6 (Median 36, Min/Max 22/58). Bei 11 Patienten waren allgemeine Nebenerkrankungen bekannt (Tab. 6). Bei einem Patienten bestand eine vor dem Unfallereignis bekannte idiopathische Skoliose, ein Patient litt an einem chronischem HWS Syndrom. Ein Patient berichtete über bereits vor dem Unfallereignis bestehende chronische Lumbalgien.

Pat. Nr.	arterielle Hypertonie	Migräne	Asthma	HWS Syndrom	Hypothyreose	Visus-einschränkung	Osteoporose	Adipositas	LWS-Syndr. Skoliose
1	X							x	
2	X						x		
7					X				x
8	X								
9	X								
16	X								
19		x	x						
20				x					
23			x						
25						X			
27									x
28	X								
30			x						

Tab. 6: Aufstellung der Nebenerkrankungen

3.2 Unfallereignis

In 14 Fällen (46,7%) waren Stürze aus einer Höhe von weniger als 3 Metern ursächlich für die Verletzungen, in 7 Fällen (23,3%) Stürze aus einer Höhe von mehr als 3 Metern sowie 9 Verkehrsunfälle (VU) (30%). 16 Unfälle (53,3%) sind als Hochenergietrauma (HRT) und 14 (46,7%) als Niedrigenergietrauma (NRT) einzuschätzen. Frakturen bei Bagatelltraumen oder Spontanfrakturen traten nicht auf. Bei 21 Patienten (70%) traten die Wirbelkörperfrakturen als Monoverletzungen auf, bei 5 Unfallereignissen (16,7%) erlitten die Patienten Begleitverletzungen und in 4 Fällen (13,3%) erlitten die Patienten die Wirbelkörperfraktur im Rahmen einer Polytraumatisierung (Abb. 22) (Tab. 7). Bei allen polytraumatisierten Patienten war ein Sturzereignis ursächlich, in 75% bei Stürzen aus einer Höhe über 3 m, in 25% bei Stürzen unter 3 m (Abb. 23).

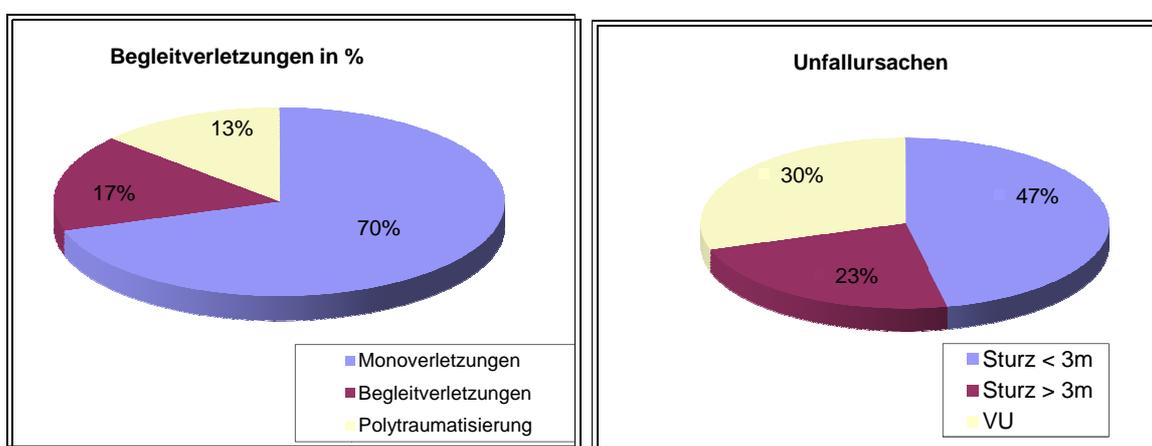


Abb. 22: Aufstellung der Begleitverletzungen (n=30) Abb. 23: Unfallursachen (n=30)

Pat. Nr.	Begleitverletzungen	Polytrauma
1	Mittelhandfraktur Sternumfraktur Rippenfraktur	
4	Rippenfraktur	
5		Rippenfraktur mit Pneumothorax Nasenbeinfraktur
10		Fersenbeintrümmerfrakturen bds Pilonfraktur
11	Mittelhandfrakturen	
18	Calcaneusfraktur	
20	SHT 1° mit RQW Zahnverlust	
22		Beckenfraktur Ellenbogenluxationsfraktur Radiusfrakturen bds
24		HWK 2 Fraktur Beckenfraktur Calcaneusfraktur Radiusfrakturen bds

Tab. 7: Aufstellung der Begleitverletzungen

13 Hochenergietraumen (81,2%, n=16) ereigneten sich bei den nachuntersuchten Patienten vor dem 50. Lebensjahr, 3 Hochenergietraumen (18,8%, n=16) nach dem 50. Lebensjahr. 6 Patienten (42,9%, n=14) über 50. Jahre erlitten bei Niedrigenergietraumen eine Wirbelkörperfraktur, 8 Patienten (57,1%, n=14) waren bei dem erlittenen Niedrigenergietrauma jünger als 50 Jahre. Alle polytraumatisierten Patienten waren am Unfalltag jünger als 50 Jahre, im Durchschnitt 31,75 Jahre (Median 30, Min/Max 23/44). Die Geschlechterverteilung bei den polytraumatisierten Patienten war ausgeglichen, 2 männliche und 2 weibliche Verunfallte. Hochenergietraumen wurden in 11 Fällen (68,8%, n=16) mit einem Cage und in 5 Fällen (31,2%, n=16) mit einem Span versorgt. Bei Niedrigenergietraumen erfolgte in 10 Fällen (71,4%, n=14) eine Spanversorgung, in 4 Fällen (28,6%, n=14) die Cage-Implantation (Abb. 24).

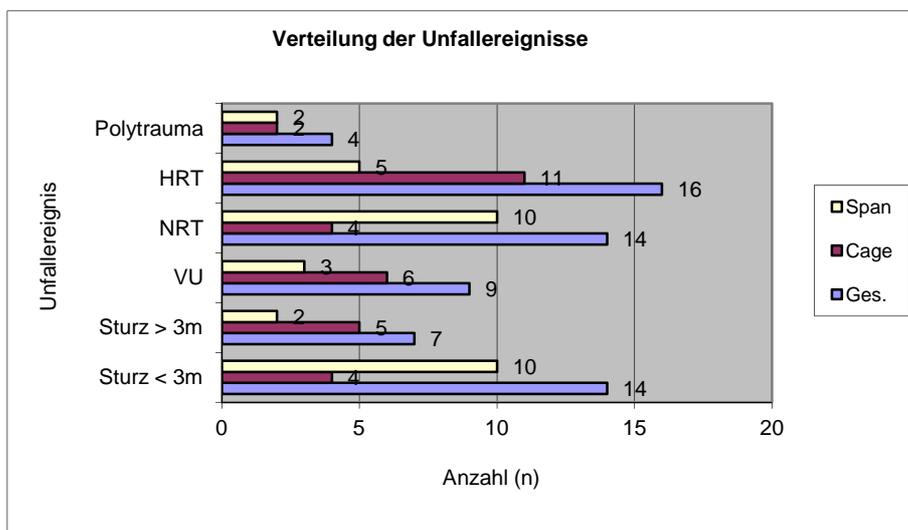


Abb. 24: Verteilung der Unfallereignisse auf die untersuchten Gruppen (n=30)

3.3 Verletzungen

3.3.1 Frakturlokalisation

Untersucht wurden die Frakturen des thorakolumbalen Überganges Th10 bis L2. Bei zwei Patienten zeigten sich Wirbelkörperfrakturen zweier benachbarter Wirbel. 10 Frakturen (31,3%) betrafen den 12. BWK und 17 Frakturen den 1. LWK (53,1%). Je 2 Frakturen traten im Bereich des 11. BWKs sowie im Bereich vom 2. LWK (6,3%) auf und 1 Fraktur im Bereich des 10. BWKs (3,1%). Somit ist das am häufigsten betroffene Wirbelsegment Th12/L1 (84,4%) (Abb. 25).

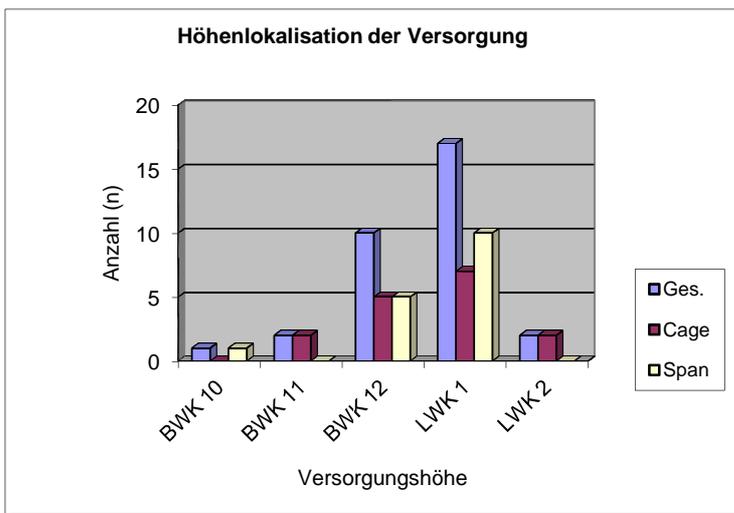


Abb. 25: Höhenlokalisierung der Cage- und Spanversorgung (n=30)

Bei der Untersuchung von Hochenergie- und Niedrigenergieverletzungen zeige sich die in Abb. 26 dargestellte Verteilung. Die meisten Frakturen bei Hochenergieverletzungen betrafen mit 9 von 18 Frakturen (50%) BWK 12. Bei den Niedrigenergieverletzungen betrafen 11 von 14 Frakturen (78,6%) LWK 1.

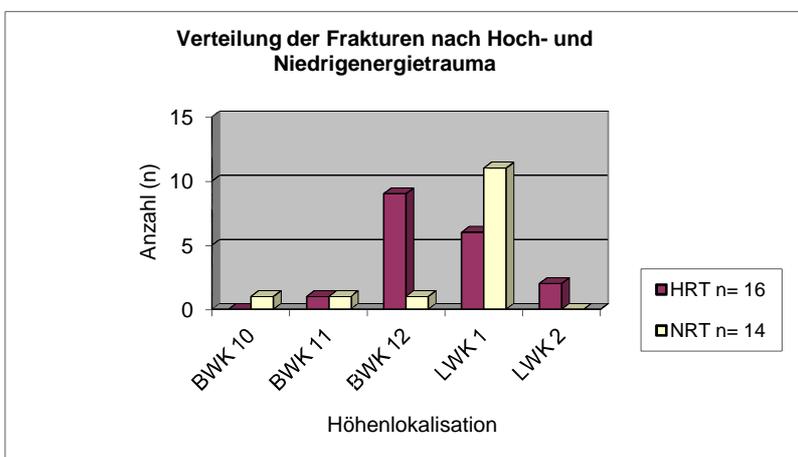


Abb. 26: Höhenlokalisierung der Frakturen nach Hochenergie- und Niedrigenergieverletzungen (n=30)

Bei der Auswertung der Höhenlokalisierung nach Alter der Patienten zum Unfallzeitpunkt zeigt sich die in Abb. 27 dargestellte Verteilung. Bei den Verletzten unter 50 Jahren traten eine BWK10-Fraktur, eine BWK11-Fraktur, 8 BWK12-Frakturen, 11 LWK1-Frakturen und 2 LWK2-Frakturen auf. Bei den Patienten über 50 Jahre konnten eine Fraktur des BWK11, 2 Frakturen des BWK12 und 6 Frakturen von LWK1 erfasst werden.

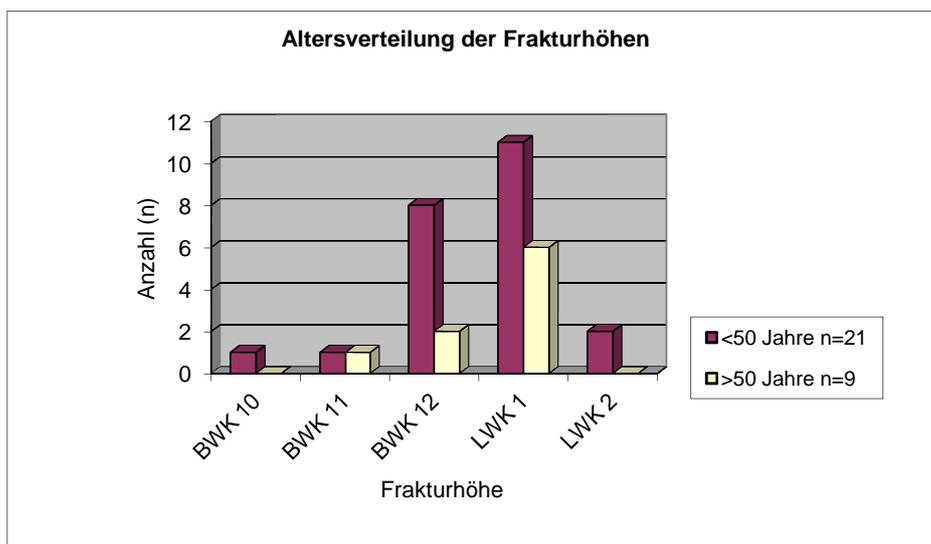


Abb. 27: Höhenlokalisierung der Frakturen des thorakolumbalen Überganges nach Alter zum Unfallzeitpunkt

3.3.2 Klassifikation

Bei den 30 untersuchten Patienten zeigten sich 26 A-Verletzungen (86,7%), 3 B-Verletzungen (10%) und 1 C-Verletzungen (3,3%) nach der Klassifikation nach Magerl. Bei den Typ-A-Verletzungen zeigte sich eine A 1.2, fünf A 2.3, dreizehn A 3.1 und sieben A 3.3 Verletzungen (Tab.8). Eine B1 und eine B2 sowie eine C2 Verletzung tragen im Rahmen der Unfallverletzungen auf. 24 Frakturen (80%) waren als instabile Frakturen zu bewerten und in 27 Fällen (90%) lag eine Hinterkantenbeteiligung vor. In der Cage-Gruppe (n=15) zeigten sich 13 komplette Berstungsfrakturen (87%) sowie 2 inkomplette Berstungsfrakturen (13%), des Weiteren waren 14 (93%) als instabil zu bewerten sowie 14 mit Hinterkantenbeteiligung (93%). Eine B-Fraktur und eine C-Fraktur wurden mittels Cage versorgt. In der Span-Gruppe (n=15) wurden 2 komplette Berstungsfrakturen (13%) und 13 inkomplette Berstungsfrakturen (87%) versorgt. 10 instabile Frakturen (67%) und 13 Frakturen mit Hinterkantenbeteiligung (87%) sowie 2 Typ B-Verletzungen (13%) erhielten eine ventrale Span-Spondylodese.

	Anzahl	%	Cage	%	Span	%
A 1.2	1	3,3	0	0	1	6,7
A 2.3	5	16,7	5	33,3	0	0
A 3.1	13	43,3	2	13,3	11	73,3
A 3.3	7	23,3	6	40	1	6,7
B 1	2	6,7	0	0	1	6,7
B 2	1	3,3	1	6,7	1	6,7
C 2	1	3,3	1	6,7	0	0

Tab. 8: Tabellarische Darstellung der Frakturen nach der Klassifikation nach Magerl (n=30).

3.3.3 Neurologische Ausfälle

Bei 26 Patienten (86,7%) war der neurologische Befund zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme unauffällig, 4 Patienten (13,3%) zeigten neurologische Auffälligkeiten (Tab. 9). Hiervon zeigten 3 Patienten ein Conus-Cauda-Syndrom und 1 Patient zeigte einen positiven Babinski-Reflex beidseits. Bei 50% der Patienten zeigten sich die neurologischen Ausfälle bei Aufnahme nach operativer Versorgung vollständig rückläufig. Nach dorsaler Stabilisierung zeigten sich keine neu aufgetretenen Neurologien. Nach ventraler Versorgung zeigten 4 Patienten (13,3%) jeweils zwei in der Cage-Gruppe sowie Span-Gruppe neu aufgetretene Hypästhesien im Bereich der Oberschenkel. Bei den beiden Cage-Patienten traten diese nach einzeitigem operativen Vorgehen auf, bei den Span-Patienten nach zweizeitigem Vorgehen. Alle Läsionen werden nach Frankel als Typ D klassifiziert.

Patient Nr.	Frankel	Neurologischer Ausfall
5	D	Conus-Cauda-Syndrom
12	D	Babinski Reflex bds. pos.
24	D	Conus-Cauda-Syndrom
31	D	Conus-Cauda-Syndrom

Tab. 9: Aufstellung der Patienten mit neurologischen Ausfällen zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme

3.4 Therapie

3.4.1 Dorsale Instrumentation

Bei der operativen Versorgung erfolgte in 8 Fällen (26,7%) eine monosegmentale dorsale Instrumentation, in 19 Fällen (63,3%) eine bisegmentale Spondylodese und in 3 Fällen (10%) erfolgte eine Spondylodese von 3 Bewegungssegmenten des thorakolumbalen Überganges. In der Cage-Gruppe wurde bei 2 Patienten eine dorsale Instrumentation von 4 Höhen und somit von 3 Bewegungssegmenten durchgeführt, bei allen weiteren Patienten mit einer Cage-Implantation erfolgte eine bisegmentale dorsale Instrumentierung mittels Stab- / Schraubensystem. In der Span-Gruppe erfolgte in 8 Fällen eine monosegmentale

dorsale Versorgung, in 6 Fällen eine bisegmentale Versorgung und bei einem Patienten eine Instrumentation von 4 Höhen und somit von 3 Bewegungssegmenten.

3.4.2 Span / Cage

Eine thorakoskopisch assistierte Cage-Implantation erfolgte bei 15 Patienten (50%). Ebenfalls bei 15 Patienten (50%) erfolgte eine thorakoskopisch assistierte ventrale Span-Spondylodese, hierbei wurde in 4 Fällen (Span2-Gruppe) eine zusätzliche ventrale Stabilisierung mittels Stab- / Schraubensystem im Sinne einer Monostabinstrumentation durchgeführt. Bei der operativen Versorgung erfolgte in 14 Fällen (46,7%) eine monosegmentale ventrale Versorgung, in 15 Fällen (50%) eine bisegmentale ventrale Versorgung und Korporektomie eines Wirbelkörpers und in 1 Fall (3,3%) erfolgte ein Wirbelkörperersatz von 2 Wirbeln. In der Cage-Gruppe wurde bei 1 Patienten ein Wirbelkörperersatz von 2 Höhen durchgeführt, alle weiteren Patienten wurden mittels Korporektomie eines Wirbelkörpers und Cage-Implantation versorgt. In der Span-Gruppe erfolgte in 14 Fällen (46,7%) eine monosegmentale ventrale Versorgung, in einem Falle eine Korporektomie eines Wirbelkörpers mit bisegmentaler ventraler Spondylodese (Tab. 10).

	Span		Cage
n	15 (50%)		15 (50%)
	Span1 11 (36,7)	Span2 4 (13,3%)	15 (50%)
monosegmentale Versorgung	10 (33,3%)	4 (13,3%)	0
bisegmentale Versorgung	1 (3,3%)	0	14 (46,7%)
trisegmentale Versorgung	0	0	1 (3,3%)

Tab. 10: Aufstellung der Versorgungsweisen mit Cage und Span

3.4.3 Zeitlicher Verlauf der Versorgung

Die operative Versorgung der Patienten erfolgte in 8 Fällen (26,7%) einzeitig dorsoventral, bei 22 Patienten (73,3%) erfolgte ein geplantes zweizeitiges Vorgehen. 5 (33,3%) Cage-Implantationen und 3 (20%) Spanimplantationen erfolgten einzeitig. Bei 14 Patienten (46,7%) erfolgte nach dorsaler Stabilisierung die Entlassung und erneute Wiederaufnahme zur ventralen Versorgung im Rahmen eines zweiten stationären Aufenthaltes (Abb. 28).

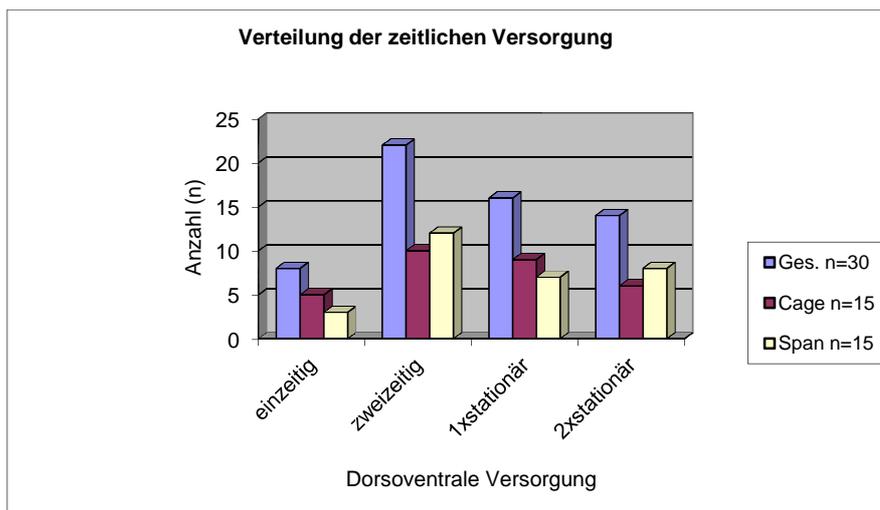


Abb. 28: Zeitlichen Verlaufes der operativen Versorgung nach Cage- und Spanversorgung (n=30)

Die durchschnittliche primäre operative Versorgung der Patienten erfolgte nach 8,7 Tagen (n=30, Median 2, Min/Max 0/66), die dorsale bzw. dorsoventrale Versorgung der Cage-Gruppe durchschnittlich nach 13,9 Tagen (n=15, Median 7, Min/Max 0/66) und bei der Span-Gruppe durchschnittlich nach 4,6 Tagen (n=15, Median 1, Min/Max 0/21).

Bei zweizeitiger ventraler Versorgung wurde der ventrale Eingriff durchschnittlich 39,3 Tagen (n=22, Median 43, Min/Max 4/108) nach der dorsalen Versorgung durchgeführt. In der Cage-Gruppe erfolgte der ventrale Eingriff durchschnittlich nach 35,4 Tagen (n=10, Median 44, Min/Max 7/74), bei der Span-Gruppe nach 42,5 Tagen (n=12, Median 43, Min/Max 4/108).

Bei nur einem stationären Aufenthalt konnte die ventrale Versorgung bereits durchschnittlich nach 14,4 Tagen (n=8, Median 9, Min/Max 4/59), bei zwei stationären Aufenthalten 53,5 Tage (n=14, Median 46, Min/Max 32/108) nach dem dorsalen Eingriff durchgeführt werden. Bei einzeitiger Versorgung lag im Durchschnitt die postoperative Verweildauer im Krankenhaus nach dorsoventraler Versorgung bei 11,5 Tagen (n=8, Median 12, Min/Max 7/18), in der Cage-Gruppe bei 11,6 Tagen (n=5, Median 11, Min/Max 7/18) und in der Span-Gruppe bei 11,3 Tagen (n=3, Median 12, Min/Max 9/13).

Die postoperative Krankenhausverweildauer ab dem dorsalen Eingriff bei zweizeitigem Vorgehen betrug bei einem stationären Aufenthalt durchschnittlich 30,5 Tage (n=8, Median 25, Min/Max 15/71), in der Cage-Gruppe 22,3 Tage (n=4, Median 22, Min/Max 19/27) und in der Span-Gruppe 38,8 Tage (n=4, Median 35, Min/Max 15/71). Bei zwei stationären Aufenthalten betrug die Summe beider postoperativer Verweildauern im Durchschnitt 16,9 Tage (n=14, Median 15, Min/Max 10/27), in der Cage Gruppe 18,0 Tage

(n=6, Median 17, Min/Max 10/27) und in der Span-Gruppe 16,0 Tage (n=8, Median 15, Min/Max 13/23).

3.4.4 Drainagezug

Routinemäßig erfolgte bei der Durchführung des ventralen thorakoskopischen Eingriffs das intraoperative Einbringen einer Thoraxdrainage. Diese wurde im Mittel am zweiten postoperativen Tag entfernt werden, sowohl in der Cage-Gruppe (n=15, Median 2, Min/Max 2/8) als auch in der Span-Gruppe (n=15, Median 2, Min/Max 2/7).

3.4.5 Materialentfernung

Bei 9 Patienten (30%) wurde das eingebrachte dorsale Osteosynthesematerial bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung entfernt. In der Span-Gruppe erfolgte die Materialentfernung bei 5 Patienten in der Cage-Gruppe bei 4 Patienten. Im Durchschnitt erfolgte die Materialentfernung nach 342 Tagen (n=9, Median 307, Min/Max 183/685), bei der Cage-Gruppe nach 360 Tagen (n=4, Median 286, Min/Max 183/685) und bei der Span-Gruppe nach 328 Tagen (n=4, Median 313, Min/Max 298/383).

3.4.6 Komplikationen

Bei 6 Patienten (20%) traten therapiebedürftige postoperative Komplikationen auf, 4 in der Cage-Gruppe (26,7%) und 2 in der Span-Gruppe (13,3%). In 4 Fällen (13,3%) war eine erneute Thoraxdrainagenanlage oder Serompunktion bei Pneumothorax oder thorakalem Hämatoserom notwendig. Bei einem Patienten erfolgte eine Revisionsoperation bei Schraubenfehlage, bei einem weiteren Patienten trat eine subcutane Wundinfektion im Bereich der dorsalen Stabilisierung auf, welche dreifach operativ revidiert wurde.

Infektionen nach thorakoskopischen Eingriffen zeigten sich nicht.

3.4.7 OP Zeiten

Die durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeit bei der dorsalen Versorgung betrug gesamt 117,8 Minuten (n=23, Median 115, Min/Max 70/188), in der Cage-Gruppe 114,8 Minuten (n=11, Median 120, Min/Max 70/188) und bei der Span-Gruppe 120,5 Minuten (n=12, Median 113, Min/Max 85/185). Die durchschnittliche Schnitt-Naht-Zeit bei der ventralen Versorgung betrug gesamt 182,7 Minuten (n=23, Median 180, Min/Max 105/305), bei der Cage-Gruppe 215,5 Minuten (n=11, Median 208, Min/Max 180/305) und in der Span-Gruppe 152,6 Minuten (n=12, Median 154, Min/Max 105/240). Die durchschnittliche

Summe der Schnitt-Naht-Zeiten des dorsalen und ventralen Eingriffes betrug gesamt 300,8 Minuten (n=30, Median 298, Min/Max 190/405), in der Cage-Gruppe 333,9 Minuten (n=15, Median 331, Min/Max 283/405) und in der Span-Gruppe 273,1 Minuten (n=15, Median 280, Min/Max 190/355). Bei der Betrachtung der Span-Gruppe zeigte sich eine Verlängerung der gesamt OP-Zeit von durchschnittlich 264,3 Minuten (n=11, Median 265 Min/Max 190/335) ohne ventrales Instrumentation auf durchschnittlich 297,5 Minuten (n=4, Median 288, Min/Max 260/355) mit ventraler Monostabinstrumentation.

3.4.8 Intraoperative Blutverluste

Bei der rein dorsalen Versorgung zeigte sich ein Blutverlust von durchschnittlich 541ml (n=12, Median 450, Min/Max 100/1800). Insgesamt erhielten 4 von 22 Patienten (18,2%) beim primären rein dorsalen Eingriff zusammen 5 EKs. Im Durchschnitt erhielt jeder Patient 0,2 EKs (n=22, Median 0, Min/Max 0/2). Bei den rein ventralen Eingriffen erhielten 7 von 22 Patienten (31,2%) insgesamt 11 EKs, durchschnittlich 0,5 EKs pro Patient (n=22, Median 0, Min/Max 0/3). Der Blutverlust konnte mit durchschnittlich 667ml (n=9, Median 400, Min/Max 0/1800) ermittelt werden. Beim einzeitigen dorsoventralen Eingriff erhielten 5 von 8 Patienten (62,3%) insgesamt 11 EKs, durchschnittlich 1,4 EKs (n=8, Median 1, Min/Max 0/5). Der durchschnittliche Blutverlust konnte mit 1260ml (n=5, Median 600, Min/Max 400/3000) bestimmt werden. Bei der ventralen Spanimplantation war durchschnittlich ein Blutverlust vom 200ml (n=4, Median 150, Min/Max 0/500) zu verzeichnen, bei der ventralen Cage-Implantation 1040ml (n=5, Median 1500, Min/Max 0/1800). Bei der zweizeitigen ventralen Versorgung erfolgte in der Cage-Gruppe bei 4 von 10 Patienten (40%) die Transfusion von EKs, in der Span-Gruppe bei 3 von 12 Patienten (25%). Bei 8 (36,4%) der 22 zweizeitig operierten Patienten zeigte sich die Notwendigkeit einer Transfusionstherapie im Verlauf der dorsalen oder ventralen Eingriffe.

3.5 Klinische Untersuchung

Es erfolgte die Einbestellung der Patienten 12-24 Monate nach dorsoventraler Versorgung, sowie die Einteilung in eine Cage-Gruppe (n=15) und eine Span-Gruppe (n=15). Innerhalb der Span-Gruppe erfolgte die Unterteilung in Span1-Gruppe (n=11) ohne additive ventrale Instrumentation, sowie in die Span2-Gruppe (n=4) welche mittels additiver ventraler Instrumentation versorgt wurden.

Größe/Gewicht/BMI

Die 30 untersuchten Patienten hatten zum Untersuchungszeitpunkt eine Körpergröße von durchschnittlich 171cm (n=30, Median 171, Min/Max 158/190), in der Cage-Gruppe 170cm (n=15, Median 169, Min/Max 169/190), in der Span-Gruppe 172cm (n=15, Median 173, Min/Max 158/180). Beim Gewicht zeigte sich ebenfalls eine ausgeglichene Verteilung von durchschnittlich 79kg (n=30, Median 80, Min/Max 45/110), in der Cage-Gruppe 79kg (n=15, Median 79, Min/Max 52/110) und in der Span-Gruppe 79kg (n=15, Median 85, Min/Max 45/109). Aus den o.g. Werten errechnete sich ein durchschnittlicher BMI gesamt von 27 (n=30, Median 27, Min/Max 18/35), in der Cage-Gruppe von 27 (n=15, Median 27, Min/Max 20/35) und in der Span-Gruppe von 26 (n=15, Median 28, Min/Max 18/35).

Inspektion der Wirbelsäule

Bei 2 Patienten, aus jeder Gruppe ein Patient, zeigten sich inspektorisch Abweichungen aus dem Lot von ca. 1 cm. 2 Patienten zeigten skoliotische Fehlhaltungen, auch hier aus jeder Gruppe ein Patient. Des Weiteren zeigte sich bei insgesamt 5 Patienten (33,3%) der Cage-Gruppe sowie 7 Patienten (46,7%) der Span-Gruppe ein Schultertiefstand von mehr als 1cm. Eine Hyperkyphosierung zeigte sich klinisch bei 5 Patienten (33,3%) der Cage-Gruppe sowie bei 1 Patient (6,7%) der Span-Gruppe. Eine aufgehobene Lendenlordose war bei der klinischen Untersuchung bei 2 Patienten (13,3%) der Cage- und 3 Patienten (20%) der Span-Gruppe festzustellen.

Körperliche Untersuchung:

Bei 4 Patienten (26,7%) in der Cage-Gruppe bestand Druck- und Klopfschmerz über dem thorakolumbalen Übergang, in der Span-Gruppe bei 3 Patienten (20%) Druck- und bei 4 Patienten (26,7%) Klopfschmerz. Alle Patienten mit einer Druckschmerzhaftigkeit zeigten

auch eine Klopferschmerzhaftigkeit. Bei der Funktionsprüfung der HWS konnten die in der Abb. 29 dargestellten Werte ermittelt werden.

Bei der Funktionsprüfung der BWS und LWS konnten die in Abb. 30 dargestellten Werte ermittelt werden. Unterschiede in den beiden Gruppen konnten nicht festgestellt werden, wobei tendenziell die Span-Gruppe eine gering bessere Beweglichkeit zeigt.

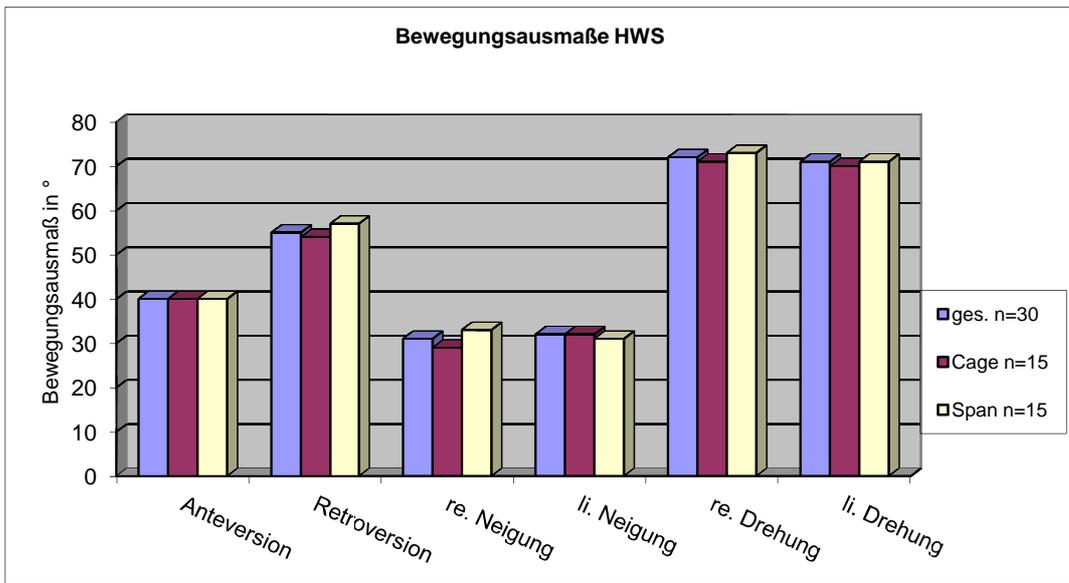


Abb. 29: Bewegungsausmaße der HWS (n=30)

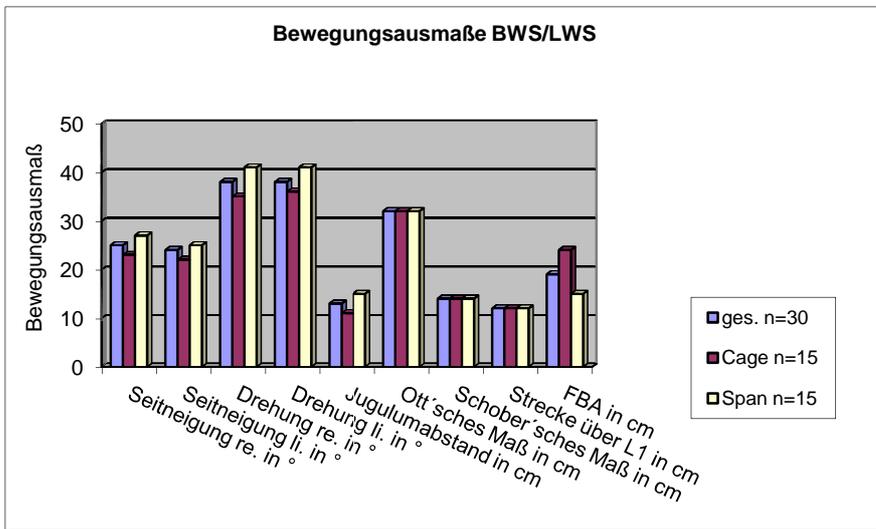


Abb. 30: Bewegungsausmaße der BWS und LWS (n=30)

Finger-Boden-Abstand (FBA):

Zum Nachuntersuchungszeitpunkt betrug der FBA durchschnittlich 19cm (n=30, Median 20, Min/Max -10/57), in der Cage-Gruppe 24cm (n=15, Median 22, Min/Max 0/50) und in der Span-Gruppe 15cm (n=15, Median 14, Min/Max -10/57).

Schober'sches Maß:

Der Wert nach Schober konnte durchschnittlich mit 4cm (n=30, Median 4, Min/Max 1/5) bestimmt werden, in der Cage-Gruppe 4cm (n=15, Median 4, Min/Max 1/5) und in der Span-Gruppe 4cm (n=15, Median 5, Min/Max 1/5).

Ott'sches Maß:

Der Wert nach Ott wurde mit durchschnittlich 32cm (n=30, Median 32, Min/Max 31/36) gemessen, in der Cage-Gruppe 32cm (n=15, Median 32, Min/Max 31/36) und in der Span-Gruppe 32cm (n=15, Median 32, Min/Max 31/35).

Strecke über L1:

Zum Nachuntersuchungszeitpunkt betrug die Messstrecke über L1 durchschnittlich 12cm (n=30, Median 12, Min/Max 11/16), in der Cage-Gruppe 12cm (n=15, Median 12, Min/Max 11/15) und in der Span-Gruppe 12cm (n=15, Median 12, Min/Max 11/15).

Neurologische Defizite:

Bei der standardisierten Befragung berichteten 10 von 30 Patienten (33,3%) über bestehende neurologische Defizite Typ Frankel D, welche sich bei der körperlichen Untersuchung verifizieren ließen und mit der Wirbelsäulenverletzung in Zusammenhang stehen. Ein Patient berichtete über eine unfallunabhängige Hypästhesie im Bereich der oberen Extremität. In der Cage-Gruppe waren es 5 Patienten (33,3%) und in der Span-Gruppe ebenfalls 5 Patienten (33,3%) mit neurologischen Defiziten. Bei 8 Patienten bestanden isolierte Hypästhesien, bei 2 Patienten (6,7%) konnte ein fortbestehendes Conus-Cauda-Syndrom festgestellt werden mit motorischen sowie sensiblen Defiziten.

3.6 Radiologische Untersuchung

Im Rahmen dieser Studie erfolgte die Auswertung von über 240 Röntgenbilder und die Bestimmung von über 1500 Messwerten.

Winkel nach Cobb:

Der Winkel nach Cobb vor der Erstversorgung betrug im Mittel $2,4^\circ$ ($n=30$, Median 2° , Min/Max $0^\circ/12^\circ$). Nach dorsaler Versorgung zeigte sich eine Zunahme des Cobb'schen Winkels um durchschnittlich $0,5^\circ$ auf einen Wert von $2,9^\circ$ ($n=30$, Median 3° , Min/Max $0^\circ/9^\circ$), nach ventraler Versorgung konnte keine Korrektur erreicht werden, es zeigte sich im Mittel eine Zunahme von $0,1^\circ$ ($n=30$, Median 0 , Min/Max $-5^\circ/6^\circ$) auf einen durchschnittlichen Cobb Winkel von $3,0^\circ$ ($n=30$, Median 3° , Min/Max $0^\circ/8^\circ$). Im poststationären Verlauf konnte eine Verringerung des Cobb Winkels um Durchschnittlich $0,2^\circ$ auf $2,8^\circ$ bestimmt werden. Bei isolierter Betrachtung der 4 Patienten (Span2), welche mittels Span und zusätzlicher ventraler Instrumentation versorgt wurden, zeigte sich ein initialer Cobb Winkel von durchschnittlich 4° ($n=4$, Median 2° , Min/Max $0/12$), welcher auf durchschnittlich 3° ($n=4$, Median 4° Min/Max $0/5$) korrigiert werden konnte.

Der radiologische Verlauf der Cobb Winkel sowie die Veränderungen des Cobb Winkels über den Untersuchungszeitraum sind in Abb. 31 und Tab. 11 dargestellt.

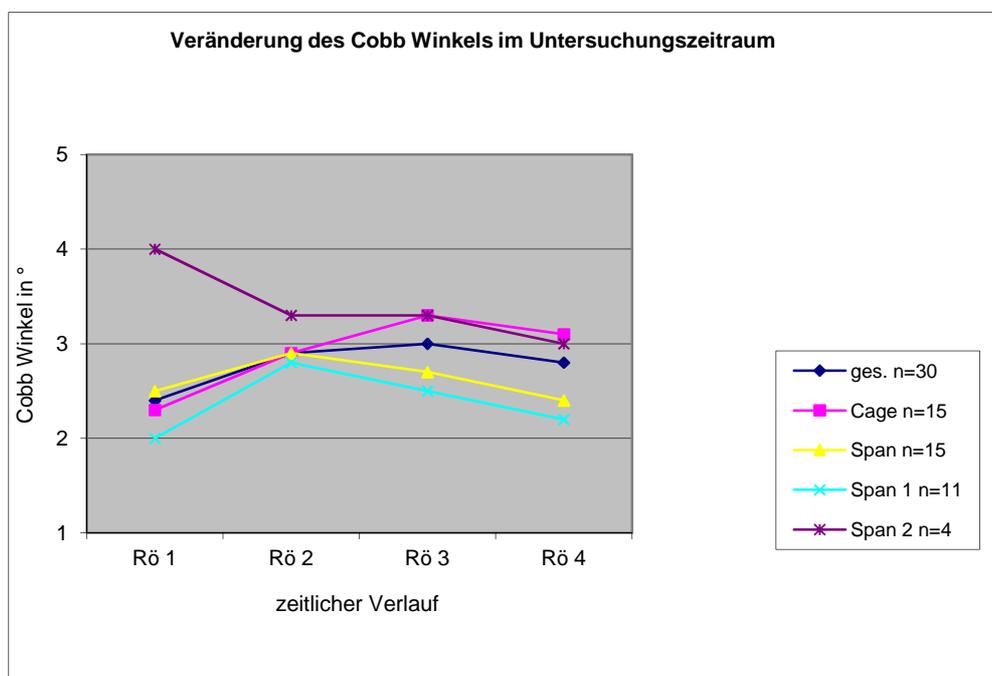


Abb. 31: Durchschnittliche Cobb Winkel in $^\circ$ im Verlauf der Nachuntersuchungen ($n=30$) (Rö 1 präoperativ, Rö 2 nach dorsaler Versorgung, Rö 3 nach ventraler Versorgung, Rö 4 12-24 Monate postoperativ)

		Gesamt n=30	Cage n=15	Span n=15	Span1 n=11	Span2 n=4
Cobb Winkel	Rö 1	2,4°	2,3°	2,5°	2,0°	4,0°
	Rö 2	2,9°	2,9°	2,9°	2,8°	3,3°
	Rö 3	3,0°	3,3°	2,7°	2,5°	3,3°
	Rö 4	2,8°	3,1°	2,4°	2,2°	3,0°
Standardabweichung	Rö 1	3	2,4	3,5	2,6	5,6
	Rö 2	2,5	2,5	2,5	2,8	2,5
	Rö 3	2,2	2,2	2,3	2,3	2,5
	Rö 4	2,5	2,7	2,2	2,2	2,4
Median	Rö 1	2°	3°	2°	2°	2°
	Rö 2	3°	3°	3°	2°	4°
	Rö 3	3°	3°	3°	3°	4°
	Rö 4	3°	3°	2°	2°	4°
Varianz	Rö 1	0-12°	0-7°	0-12°	0-9°	0-12°
	Rö 2	0-9°	0-9°	0-8°	0-8°	0-6°
	Rö 3	0-8°	0-8°	0-7°	0-7°	0-6°
	Rö 4	0-10°	0-10°	0-6°	0-6°	0-5°

Tab. 11: Tabellarische Darstellung der Cobb'schen Winkel des frakturierten Wirbels im radiologischen Verlauf zu den jeweiligen Untersuchungen (n=30) (Rö 1 präoperativ, Rö 2 nach dorsaler Versorgung, Rö 3 nach ventraler Versorgung, Rö 4 12-24 Monate postoperativ)

Körperwinkels nach Daniaux:

Der präoperative Körperwinkel betrug im Mittel $14,7^\circ$ und konnte nach dorsaler Stabilisierung durchschnittlich auf $10,8^\circ$ vermindert werden. Im weiteren Verlauf zeigte sich ein Korrekturverlust nach der ventralen Versorgung auf im Mittel $11,6^\circ$ und nach 12 Monaten auf $12,8^\circ$. Im Mittel konnte durch die dorsale Versorgung eine Korrektur von $3,9^\circ$ erreicht werden.

Durchschnittlich kam es nach ventraler Versorgung zu einen Korrekturverlust von $-0,8^\circ$ und im weiteren Verlauf bis zur Nachuntersuchung um einen weiteren Korrekturverlust von $-1,2^\circ$. In der Betrachtung der Mittelwerte beider Gruppen zeigt sich beim dorsalen Vorgehen in der Cage-Gruppe eine Korrektur von $2,7^\circ$, in der Span-Gruppe von $5,1^\circ$. Beim Vergleich der Mediane zeigt sich jedoch eine geringere Differenz der erhobenen Werte. Die im Verlauf aufgetretenen Korrekturverluste zeigen sich in beiden Gruppen annähernd gleich. Bei der isolierten Betrachtung der 4 Patienten mit Span und ventraler Instrumentation zeigt sich eine deutliche Verringerung des durchschnittlichen Körperwinkels von $15,5^\circ$ auf $7,8^\circ$ nach dorsaler Versorgung und ein durchschnittlicher Körperwinkel von 10° zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Der Verlauf der

Körperwinkel sowie die Veränderungen über den Untersuchungszeitraum sind in Abb. 32 und Tab. 12 dargestellt.

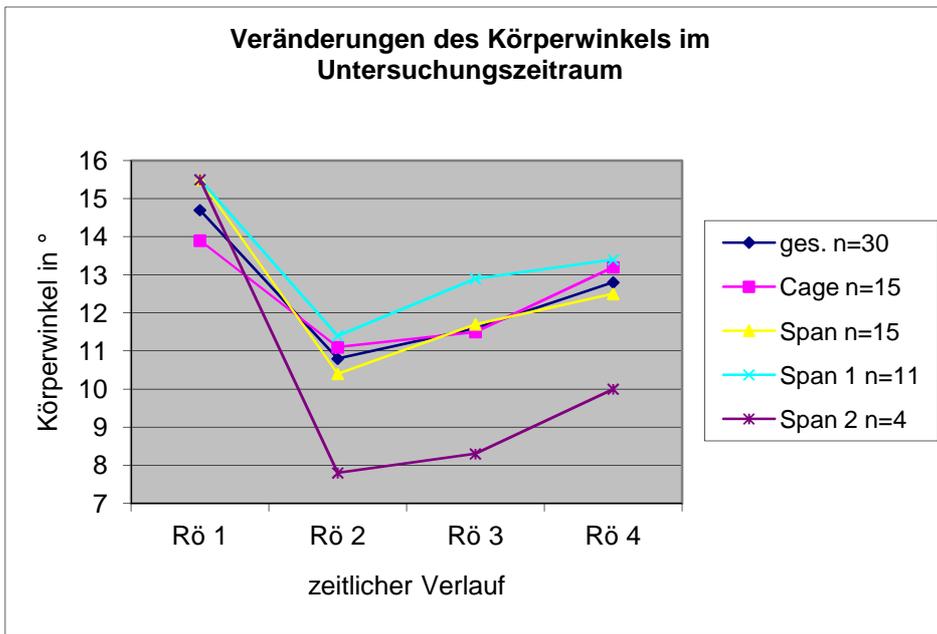


Abb. 32: Körperwinkel in Grad im Verlauf der Nachuntersuchungen (n=30) (Rö 1 präoperativ, Rö 2 nach dorsaler Versorgung, Rö 3 nach ventraler Versorgung, Rö 4 12-24 Monate postoperativ)

		Gesamt n=30	Cage n=15	Span n=15	Span1 n=11	Span 2 n=4
Körperwinkel nach Daniaux	Rö 1	14,7°	13,9°	15,5°	15,5°	15,5°
	Rö 2	10,8°	11,1°	10,4°	11,4°	7,8°
	Rö 3	11,6°	11,5°	11,7°	12,9°	8,3°
	Rö 4	12,8°	13,2°	12,5°	13,4°	10,0°
Standard- abweichung	Rö 1	3,8	3,6	4,0	4,3	3,4
	Rö 2	5,3	5,2	5,5	5,6	4,9
	Rö 3	4,7	5,0	4,6	4,3	3,9
	Rö 4	5,2	5,9	4,6	4,9	2,9
Median	Rö 1	15°	13°	16°	16°	16°
	Rö 2	11°	12°	9°	11°	7°
	Rö 3	12°	13°	11°	15°	10°
	Rö 4	13°	13°	11°	17°	10°
Varianz	Rö 1	6-21°	9-21°	6-21°	6-21°	11-19°
	Rö 2	2-22°	2-22°	3-22°	4-22°	3-14°
	Rö 3	2-19°	2-19°	3-18°	4-18°	3-11°
	Rö 4	1-23°	1-23°	7-20°	7-20°	7-14°

Tab. 12: Tabellarische Darstellung der Entwicklung des Körperwinkels nach Daniaux des frakturierten Wirbels (n=30) (Rö 1 präoperativ, Rö 2 nach dorsaler Versorgung, Rö 3 nach ventraler Versorgung, Rö 4 12-24 Monate postoperativ)

Monosegmentaler Grund-Deckplattenwinkel (GDW):

Der monosegmentale GDW vor dorsaler Stabilisierung betrug im Mittel $16,6^\circ$ und konnte nach dorsaler Stabilisierung durchschnittlich auf $10,9^\circ$ vermindert werden. Im Verlauf zeigte sich ein Korrekturverlust nach der ventralen Versorgung durchschnittlich auf $12,4^\circ$ und nach 12 Monaten auf $17,0^\circ$. Im Mittel konnte durch die dorsale Versorgung eine Korrektur von $5,7^\circ$ erreicht werden. Durchschnittlich kam es nach ventraler Versorgung zu einem Korrekturverlust von $-1,5^\circ$ und im weiteren Verlauf bis zur Nachuntersuchung um einen weiteren Korrekturverlust von $-4,6^\circ$.

In der Betrachtung der Mittelwerte der beiden Untersuchungsgruppen zeigt sich eine Korrektur beim dorsalen Vorgehen in der Cage-Gruppe von $4,7^\circ$, in der Span-Gruppe von $6,6^\circ$. Der Median der Korrektur des monosegmentalen GDW in der Cage-Gruppe nach dorsaler Stabilisierung beträgt 4° und in der Span-Gruppe 6° . Die im Verlauf aufgetretenen Korrekturverluste zeigen sich in beiden Gruppen annähernd gleich.

Bei der Betrachtung der 4 zusätzlich mittels ventraler Instrumentation versorgter Späne (Span2-Gruppe) zeigt sich eine Aufrichtung des monosegmentalen GDW nach dorsaler Instrumentation auf $8,5^\circ$ und eine weitere Korrektur auf durchschnittlich $8,0^\circ$ nach ventraler Versorgung. Auch in der Nachuntersuchung zeigt diese Gruppe mit $13,0^\circ$ einen deutlich geringeren monosegmentalen GDW als die Vergleichsgruppen. Der radiologische Verlauf der monosegmentale GDW sowie die Veränderungen über den Untersuchungszeitraum sind in Tab. 13 dargestellt.

		Gesamt n=30	Cage n=15	Span n=15	Span1 n=11	Span2 n=4
monosegmentaler GDW	Rö 1	$16,6^\circ$	$17,1^\circ$	$16,1^\circ$	$16,5^\circ$	$15,3^\circ$
	Rö 2	$10,9^\circ$	$12,3^\circ$	$9,5^\circ$	$9,9^\circ$	$8,5^\circ$
	Rö 3	$12,4^\circ$	$13,9^\circ$	$10,9^\circ$	$11,9^\circ$	$8,0^\circ$
	Rö 4	$17,0^\circ$	$18,9^\circ$	$15,2^\circ$	$16,0^\circ$	$13,0^\circ$
Standard- abweichung	Rö 1	5,3	5,3	5,5	5,7	5,7
	Rö 2	6,1	6,6	5,4	5,7	5,2
	Rö 3	5,8	5,8	5,6	5,6	5,1
	Rö 4	6,3	6,6	5,6	6,3	2,1
Median	Rö 1	16°	16°	16°	16°	16°
	Rö 2	11°	12°	10°	9°	10°
	Rö 3	12°	15°	10°	10°	9°
	Rö 4	18°	19°	16°	17°	13°
Varianz	Rö 1	$7-30^\circ$	$10-30^\circ$	$7-27^\circ$	$7-27^\circ$	$9-21^\circ$
	Rö 2	$0-23^\circ$	$0-23^\circ$	$1-19^\circ$	$2-19^\circ$	$1-13^\circ$
	Rö 3	$1-22^\circ$	$2-20^\circ$	$1-22^\circ$	$3-22^\circ$	$1-13^\circ$
	Rö 4	$2-30^\circ$	$5-30^\circ$	$2-22^\circ$	$2-22^\circ$	$11-16^\circ$

Tab. 13: Tabellarische Darstellung der Entwicklung des monosegmentalen GDW (n=30) (Rö 1 präoperativ, Rö 2 nach dorsaler Versorgung, Rö 3 nach ventraler Versorgung, Rö 4 12-24 Monate postoperativ)

Bisegmentaler Grund- Deckplattenwinkel:

Der bisegmentale GDW vor dorsaler Stabilisierung betrug im Mittel $14,8^\circ$ und konnte nach dorsaler Stabilisierung durchschnittlich auf $10,3^\circ$ vermindert werden. Es zeigte sich ein Korrekturverlust nach der ventralen Versorgung auf durchschnittlich auf $11,1^\circ$ und nach 12 Monaten auf $17,4^\circ$. Im Mittel konnte durch die dorsale Versorgung eine Korrektur von $4,5^\circ$ erreicht werden. Durchschnittlich kam es nach ventraler Versorgung zu einen Korrekturverlust von $-0,8^\circ$ und im weiteren Verlauf bis zur Nachuntersuchung um einen weiteren Korrekturverlust von $-6,3^\circ$. In der Betrachtung der Mittelwerte der beiden Untersuchungsgruppen zeigt sich beim dorsalen Vorgehen in der Cage-Gruppe eine Korrektur von $2,9^\circ$, in der Span-Gruppe von $6,1^\circ$. Der Median der Cage-Gruppe nach dorsaler Stabilisierung beträgt 3° und in der Span-Gruppe 6° Korrektur. Die im Verlauf aufgetretenen Korrekturverluste zeigen sich in beiden Gruppen annähernd gleich. Der bisegmentale GDW der Span2-Gruppe beträgt durchschnittlich $5,5^\circ$ nach dorsaler Versorgung und $4,5^\circ$ nach ventraler Versorgung. Der radiologische Verlauf der bisegmentalen GDW sowie die Veränderungen über den Untersuchungszeitraum sind in Tab.14 dargestellt.

		Gesamt n=30	Cage n=15	Span n=15	Span1 n=11	Span2 n=4
Bisegmentaler GDW	Rö 1	14,8°	15,4°	14,2°	15,0	12,0
	Rö 2	10,3°	12,5°	8,1°	9,0	5,5
	Rö 3	11,1°	13,7°	8,5°	10,0	4,5
	Rö 4	17,4°	19,9°	14,8°	15,7	12,3
Standard- abweichung	Rö 1	7,4	8,3	6,5	6,6	6,9
	Rö 2	7,7	7,6	7,3	7,0	8,6
	Rö 3	7,0	5,6	7,5	7,4	7,4
	Rö 4	7,3	6,0	7,7	7,6	8,8
Median	Rö 1	16°	17°	14°	18	10
	Rö 2	10°	12°	6°	7	6
	Rö 3	12°	13°	6°	6	5
	Rö 4	20°	21°	14°	18	10
Varianz	Rö 1	2 – 32°	2 – 32°	3 – 23°	3-23	7-22
	Rö 2	-5 – 31°	1 – 31°	-5 – 24°	2-24	-5-16
	Rö 3	-5 – 25°	4 – 25°	-5 – 20°	2-20	-5-13
	Rö 4	5 – 28°	7 – 28°	5 – 27°	5-27	5-25

Tab. 14: Tabellarische Darstellung der Entwicklung des bisegmentalen GDW (n=30) (Rö 1 präoperativ, Rö 2 nach dorsaler Versorgung, Rö 3 nach ventraler Versorgung, Rö 4 12-24 Monate postoperativ)

Sagittaler Index (SI) nach Beck:

Der SI vor dorsaler Stabilisierung betrug im Mittel 0,670 und konnte nach dorsaler Stabilisierung durchschnittlich auf 0,723 verbessert werden. Es zeigte sich ein Korrekturverlust nach der ventralen Versorgung auf 0,715 und nach 12 Monaten auf 0,675. Im Mittel konnte durch die dorsale Versorgung eine Korrektur von -0,053 erreicht werden. Durchschnittlich kam es nach ventraler Versorgung zu einem Korrekturverlust von 0,008 und im weiteren Verlauf bis zur Nachuntersuchung um einen weiteren Korrekturverlust von 0,041. In der Betrachtung der Mittelwerte der beiden Untersuchungsgruppen zeigt sich eine Korrektur beim dorsalen Vorgehen in der Cage-Gruppe von -0,027, in der Span-Gruppe von -0,080. Der Median der Korrektur der Cage-Gruppe nach dorsaler Stabilisierung beträgt -0,021 und in der Span-Gruppe -0,091. Die im Verlauf aufgetretenen Korrekturverluste zeigen sich in beiden Gruppen annähernd gleich.

Der radiologische Verlauf des SI sowie die Veränderungen über den Untersuchungszeitraum sind in Tab. 15 und Abb. 33 dargestellt.

		Gesamt n=30	Cage n=15	Span n=15	Span1 n=11	Span2 n=4
SI	Rö 1	0,670	0,682	0,658	0,668	0,632
	Rö 2	0,723	0,708	0,738	0,712	0,811
	Rö 3	0,715	0,695	0,736	0,702	0,828
	Rö 4	0,675	0,637	0,712	0,685	0,786
Standard- abweichung	Rö 1	0,101	0,086	0,116	0,108	0,151
	Rö 2	0,140	0,140	0,140	0,153	0,09
	Rö 3	0,125	0,148	0,098	0,086	0,072
	Rö 4	0,134	0,157	0,098	0,086	0,1
Median	Rö 1	0,680	0,692	0,667	0,667	0,665
	Rö 2	0,744	0,714	0,758	0,758	0,806
	Rö 3	0,710	0,697	0,730	0,706	0,807
	Rö 4	0,66,	0,615	0,722	0,694	0,811
Varianz	Rö 1	0,424- 0,833	0,545- 0,818	0,424- 0,833	0,480- 0,833	0,424- 0,774
	Rö 2	0,353- 0,938	0,407- 0,936	0,353- 0,927	0,353- 0,900	0,706- 0,927
	Rö 3	0,467- 0,939	0,467- 0,938	0,571- 0,927	0,571- 0,861	0,770- 0,927
	Rö 4	0,387- 0,970	0,387- 0,970	0,571- 0,875	0,571- 0,800	0,645- 0,875

Tab. 15: Tabellarische Darstellung der Entwicklung des SI (n=30) (Rö 1 präoperativ, Rö 2 nach dorsaler Versorgung, Rö 3 nach ventraler Versorgung, Rö 4 12-24 Monate postoperativ)

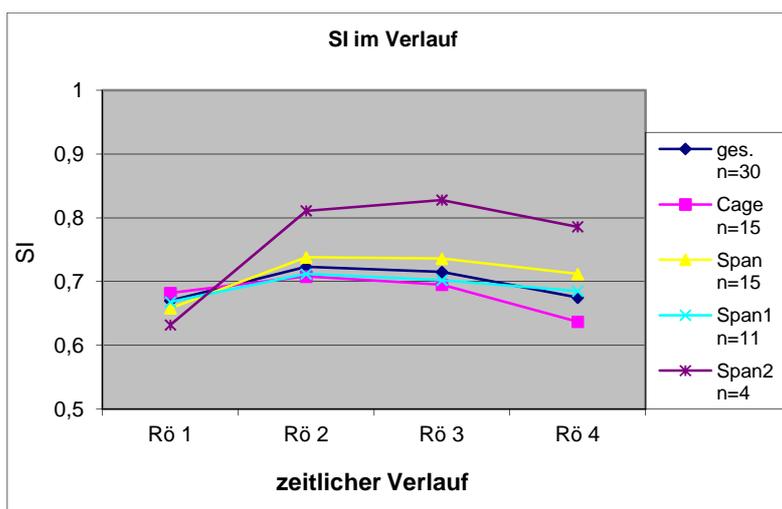


Abb. 33: SI im Verlauf der Nachuntersuchungen (n=30)

Vorderkantenrelation:

Eine präoperative Erfassung (Rö 1) der Vorderkantenrelation zur nächst proximalen Wirbelkörpervorderkante zeigte einen durchschnittlichen Höhenverlust von 30,2% (n=30, Min/Max 0/55, Median 33), in der Cage-Gruppe von 31,6% (n=15, Min/Max 10/52, Median 33) und in der Span-Gruppe von 28,8% (n=15, Min/Max 0-55, Median 31).

Spaneinheilung:

Bei der Nachuntersuchung (Rö 4) der Patienten zeigten sich in 9 Fällen (60%) radiologische Zeichen einer Spaneinheilung und Durchbauung. Bei 6 Patienten (40%) zeigten sich Auffälligkeiten bei der Spaneinheilung, in diesen Fällen zeigte sich bei 2 Patienten (13,3%) eine Lyse des Spans und bei 4 Patienten (33,3%) zeigte sich keine knöcherne Durchbauung. 100% der ventral mittels additivem Monostabsystem versorgten Späne zeigten radiologisch eine Einheilung des Spans. Eine Versorgung mit additivem ventralem Monostabsystem zeigte eine Lockerung des Stabes.

Cagelage:

Bei 15 von 15 (100%) mit Cage versorgten Patienten zeigten sich bei der Beurteilung der Bilder der Nachuntersuchung 12 Monate postoperativ Auffälligkeiten bei der Cagelage oder Einsinken des Cages in Grund- oder Deckplatten. In 7 Fällen (46,7%) zeigte sich eine Verkipfung des Cages, in 10 Fällen (66,7%) ein Einsinken in die Deckplatte des angrenzenden Wirbels und in 7 Fällen (46,7%) ein Einbrechen in die Grundplatte des angrenzenden Wirbels. Bei 3 Patienten (20%) zeigte sich ein Einsinken in Grund- und Deckplatte.

3.7 Patientenfragebögen

Oswestry-Disability Index (ODI):

Bei der Auswertung des ODI zeigten sich 14 Patienten minimal eingeschränkt, 9 Patienten zeigten eine moderate Einschränkung 5 Patienten waren schwer und 2 Patienten sehr schwer eingeschränkt. Mehr Patienten der Span-Gruppe erreichten ein minimales Einschränkungsniveau. Alle 4 Patienten der Span2-Gruppe, welche mittels additiver ventraler Instrumentation versorgt wurden, zeigten ein minimales Einschränkungsniveau (Abb. 34).

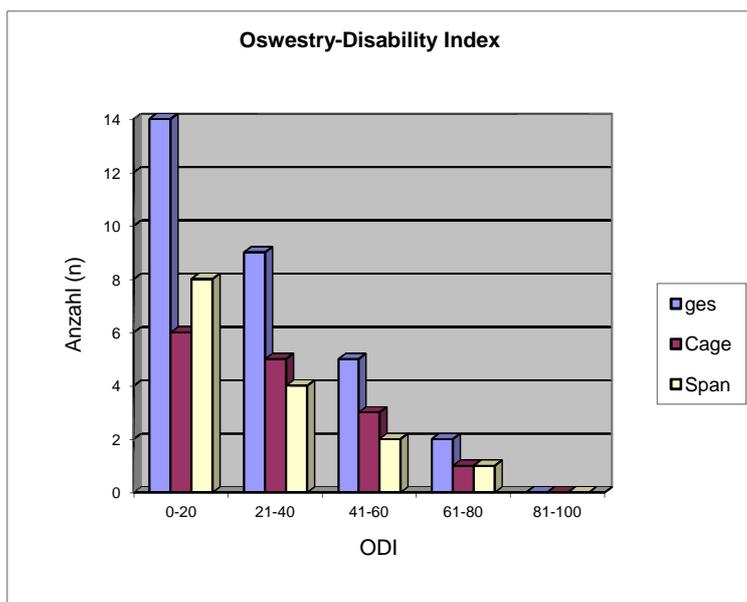


Abb. 34: Graphische Darstellung des Oswestry-Disability Index (ODI)

Ruhe-, Belastungs- und Nachtschmerz:

Von den 30 untersuchten Patienten berichteten 3 Patienten über eine bestehende Schmerzfreiheit, diese Patienten wurden alle mit einem Span versorgt und zwei dieser Patienten erhielten zusätzlich zum Span eine ventrale Instrumentation (Abb. 35). Bei Befragung zur bestehenden Schmerzsituation bei der Untersuchung wurde in der Cage-Gruppe ein Wert von 4 (n=15, Median 4, Min/Max 1/8) für den Gesamtschmerz, von 2 (n=15, Median 0, Min/Max 0/7) im Bereich der BWS und für den Schmerz im Bereich der LWS von 4 (n=15, Median 4, Min/Max 1/8) auf der VAS ermittelt. Die bestehende Schmerzsituation bei der Untersuchung wurde in der Span-Gruppe mit einem Wert von 3 (n=15, Median 4, Min/Max 0/7) für den Gesamtschmerz, von 2 (n=15, Median 1, Min/Max 0/6) im Bereich der BWS und für den Schmerz im Bereich der LWS von 4 (n=15, Median 4, Min/Max 0/7) auf der VAS eingeschätzt. Bei den mittels Cage versorgten Patienten konnte ein durchschnittlicher Ruheschmerz von 2 (n=15, Median 3, Min/Max 0/5), ein

Nachtschmerz von 2 (n=15, Median 2, Min/Max 0/6) und ein Belastungsschmerz von 5 (n=15, Median 6 Min/Max 0/8) auf der VAS ermittelt werden. In der Span-Gruppe zeigte sich ein Ruheschmerz von 2 (n=15, Median 2, Min/Max 0/6), ein Nachtschmerz von 2 (n=15, Median 0, Min/Max 0/8) und ein Belastungsschmerz von 5 (n=15, Median 4, Min/Max 0/9) auf der VAS. Die 4 Patienten der Span2-Gruppe, welche mittels Span und ventraler Instrumentation versorgt wurden, berichteten über einen durchschnittlichen Ruheschmerz von 1 (n=4, Median 1, Min/Max 0/4), Nachtschmerz trat nicht auf, Belastungsschmerzen wurden mit durchschnittlich 3 (n=4, Median 3, Min/Max 0/4) auf der VAS angegeben. Ein Vergleich der Mediane zeigt jedoch eine niedrigere Schmerzangabe zugunsten der Span-Gruppe

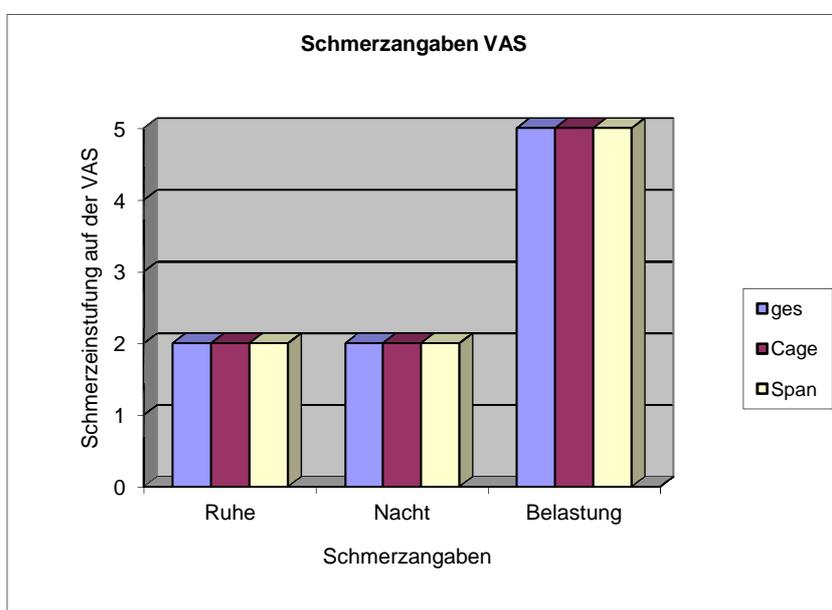


Abb. 35: Darstellung des Ruhe-, Belastungs- und Nachtschmerz mittels VAS

Schmerzdauer

Die Aussagen der Patienten zur täglichen Schmerzdauer variierten enorm, es zeigte sich in der Zusammenschau beider Gruppen eine durchschnittliche Schmerzdauer von 10 h/d (n=30, Median 6, Min/Max 0/24), in der Cage-Gruppe durchschnittlich 11 h/d (n=15, Median 6, Min/Max 0/24) und in der Span-Gruppe 9 h/d (n=15, Median 5, Min/Max 0/24). Die Span-Gruppe beschrieb durchschnittlich sowie im Median eine geringere tägliche Schmerzdauer. Die Patienten der Span2-Gruppe zeigten die geringste Schmerzdauer von durchschnittlich 1 h/d (n=4, Median 1, Min/Max 0/3).

Medikamenteneinnahme

Über keine Schmerzmedikamenteneinnahme berichteten in der Cage-Gruppe von 3 Patienten (20%), in der Span-Gruppe nehmen 7 Patienten (47%) keine Schmerzmittel ein. Eine seltene unregelmäßige Schmerzmitteleinnahme wurde in der Cage-Gruppe von 3 Patienten (20%) und in der Span-Gruppe von 4 Patienten (27%) berichtet. Über eine regelmäßige Schmerzmitteleinnahme berichteten in der Cage-Gruppe 10 Patienten (67%), in der Span-Gruppe nur 4 Patienten (27%). Lediglich ein Patient der Span2-Gruppe berichtete über eine seltene und unregelmäßige Schmerzmedikamenteneinnahme, alle 3 weiteren Patienten dieser Gruppe nahmen keine Schmerzmedikamente ein.

Arbeitsfähigkeit

Im Hinblick auf die berufliche Tätigkeit der Patienten zeigte sich, dass von den 30 operierten Patienten 12 (40%) weiterhin arbeitsunfähig oder berentet waren. In der Cage-Gruppe waren 7 Patienten (46%) arbeitsunfähig oder berentet, in der Span-Gruppe 5 Patienten (33%). Lediglich 17 Patienten waren zum Untersuchungszeitpunkt wieder Vollzeit oder Teilzeit arbeitsfähig 8 Patienten (53%) in der Cage und 10 Patienten (67%) in der Span-Gruppe. Alle 4 Patienten mit Span2-Gruppe waren Vollzeit arbeitsfähig.

Hannover Wirbelsäulenscore

Im Hannover Wirbelsäulenscore erreichte die Cage-Gruppe einen Durchschnittswert von 55 (n=15, Median=55, Min/Max 21/81), die Span-Gruppe 62 (n=15, Median 63, Min/Max 15/100)(Abb. 36). Auch in diesem Score erreichte die Span-Gruppe eine bessere Bewertung als die Cage-Gruppe. Innerhalb der Span-Gruppe erreichten die 4 Patienten der Span2-Gruppe einen Durchschnittswert von 85 (n=4, Median 88, Min/Max 66/97).

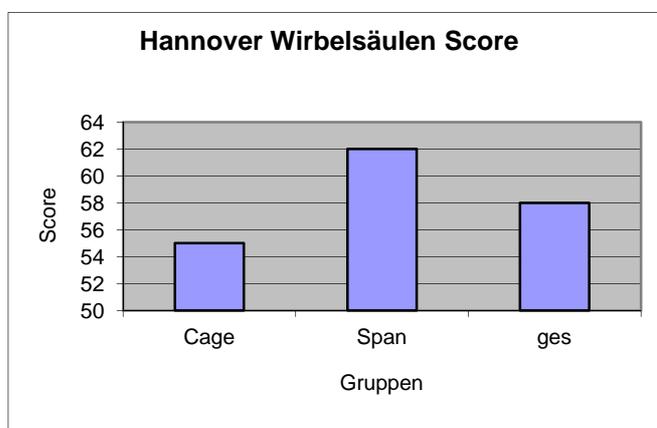
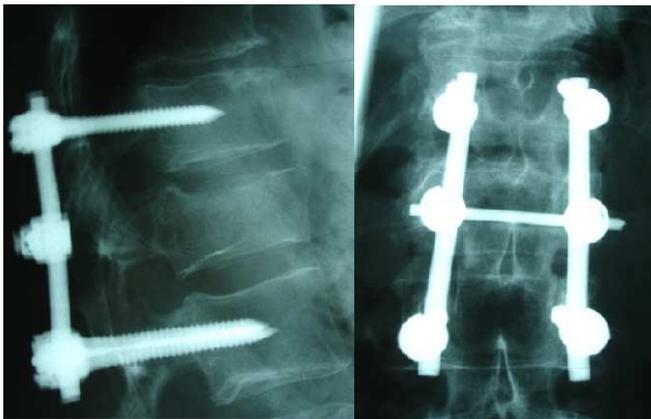


Abb. 36: Hannover Wirbelsäulen Score (n=30)

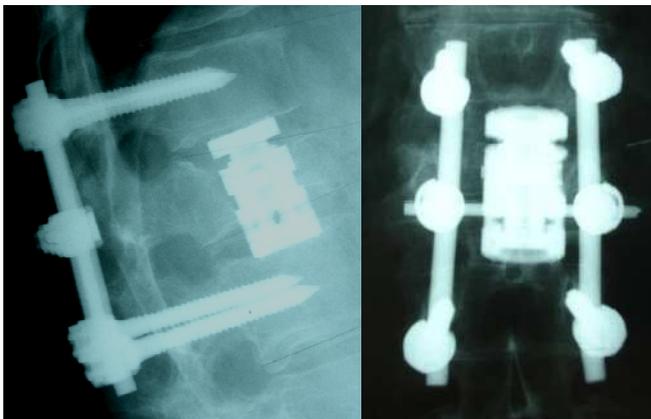
3.8 Fallbeispiele:

Fall 1: Dorsoventrale Spondylodese mit WK-Ersatz durch Cage

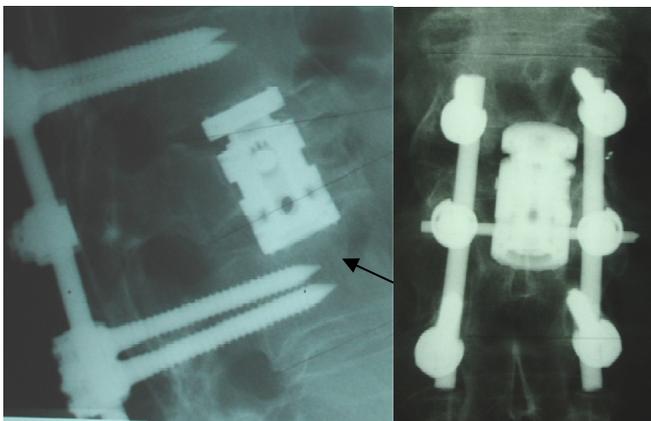
Am Unfalltag 57 jähriger männlicher Patient (Pat. Nr. 4), Z. n. Leitersturz. Instabile komplette LWK 1 Fraktur Typ C2 ohne Neurologie, zweizeitige operative Versorgung mittels Fixateur intern sowie Wirbelkörperersatz durch bisegmentale ventrale Cage-Spondylodese mittels Titan Cage (Abb. 37). Zum Nachuntersuchungszeitpunkt berichtet der Patient über Ruheschmerz VAS 3 ohne Schmerzmitteleinnahme. Der Patient ist Vollzeit arbeitsfähig (Tab. 16).



a) Rö Bildgebung nach dorsaler Instrumentation seitlich und a. p. (Rö 2)



b) Rö Bildgebung nach ventraler Cage-Spondylodese seitlich und a. p. (Rö 3)



c) Rö Bildgebung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung seitlich und a. p. (Rö 4)

Abb. 37 a-c: Radiologischer Verlauf der Versorgung einer LWK 1 Fraktur Typ C2 zu den jeweiligen

Untersuchungszeitpunkten nach dorsaler Instrumentation (USS Titan Monoaxialschrauben, SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen) und ventralem Wirbelkörperersatz mittels Titancage Typ Obelisc (Ulrich GmbH, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm) mit im Verlauf geringgradigem Einbruch in die Deckplatte. Eine präoperative Bildgebung erfolgte durch CT Diagnostik (Traumaspirale).

Fall 2: Dorsoventrale Spondylolyese mit ventralem Span:

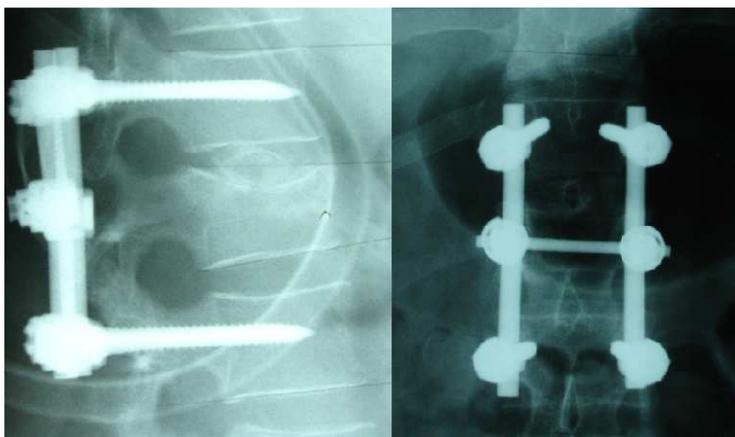
Am Unfalltag 46 jähriger männlicher Patient (Pat. Nr. 17), Z. n. Leitersturz. Inkomplette Berstungsfraktur BWK 12 Typ A3.1 ohne Neurologie, zweizeitige operative Versorgung mittels Fixateur intern Th11 auf L1 sowie Wirbelkörperersatz durch ventrale Span-Spondylodese (Abb. 38). Zum Nachuntersuchungszeitpunkt berichtet der Patient über Ruheschmerz VAS 5 bei dauerhafter Schmerzmitteleinnahme. Der Patient ist Vollzeit arbeitsfähig. Radiologische Verlaufskontrolle ohne sichere Spaneinheilung (Tab. 16).



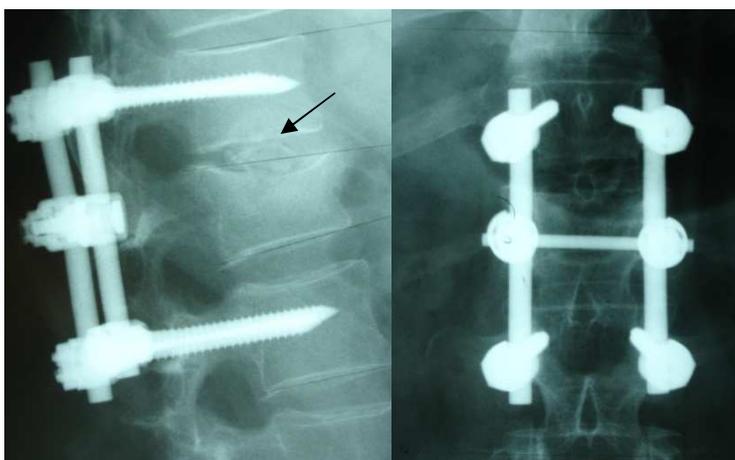
a) Rö Bildgebung präoperativ seitlich und a. p. (Rö 1)



b) Rö Bildgebung nach dorsaler Instrumentation seitlich und a. p. (Rö 2)



c) Rö Bildgebung nach ventraler Span-Spondylodese seitlich und a. p. (Rö 3)

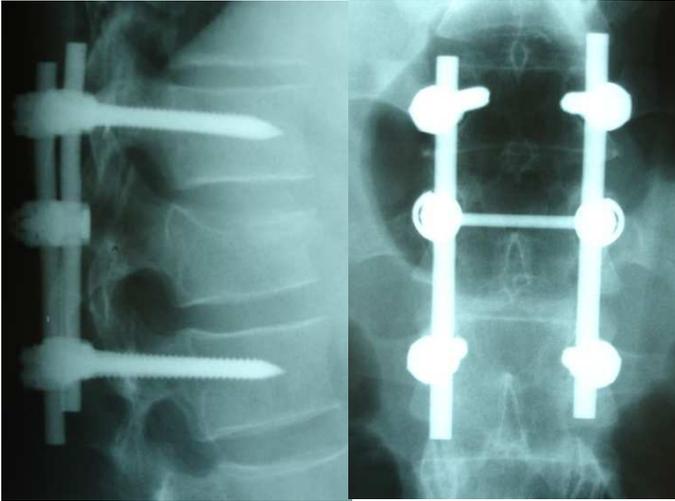


d) Rö Bildgebung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung seitlich und a. p. (Rö 4)

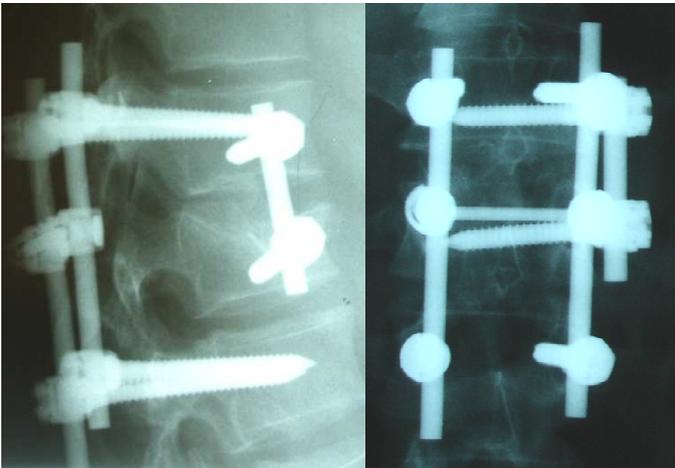
Abb. 38 a-d: Radiologischer Verlauf der Versorgung einer BWK 12 Berstungsfraktur Typ A3.1 nach dorsaler Instrumentation (USS Titan Monoaxialschrauben, SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen) und ventraler Span-Spondylodese ohne Hinweis auf knöchernen Fusion, jedoch ohne Repositionsverlust.

Fall 3: Dorsoventrale Spondylodese mit ventralem Span und ventraler Instrumentation

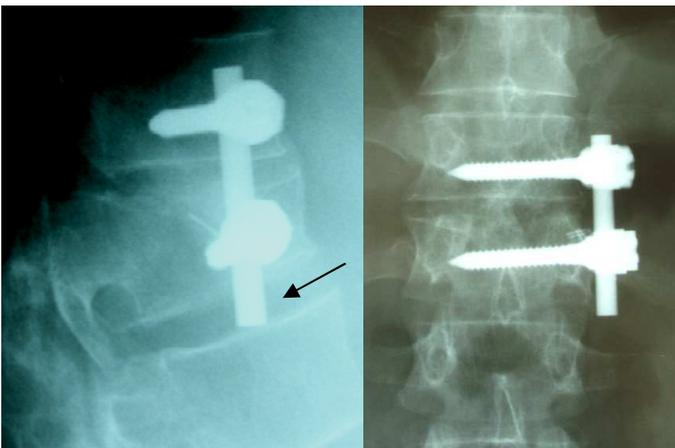
Am Unfalltag 43 jähriger männlicher Patient (Pat. Nr. 21), Z. n. VU. Inkomplette BWK 12 Kompressionsfraktur Typ A3.1 ohne Neurologie, zweizeitige operative Versorgung mittels Fixateur intern Th11 auf L1 sowie Wirbelkörperersatz durch ventrale Span-Spondylodese mit Instrumentation durch Einstabsystem (Abb. 39). Zum Nachuntersuchungszeitpunkt berichtet der Patient über Ruheschmerz VAS 3 ohne Schmerzmitteleinnahme. Der Patient ist Vollzeit arbeitsfähig (Tab. 16).



a) Röntgenbildgebung nach dorsaler Instrumentation seitlich und a. p. (Röntgen 2)



b) Röntgenbildgebung nach ventraler Span-Spondylodese mit additivem ventralem Stab-Schrauben-System seitlich und a. p. (Röntgen 3)



c) Röntgenbildgebung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung seitlich und a. p. (Röntgen 4)

Abb. 39 a-c: Radiologischer Verlauf der Versorgung einer BWK 12 Fraktur A3.1 nach dorsaler Instrumentation (USS Titan Monoaxialschrauben, SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen) und ventraler Spanspondylodese mit additiver Einstangeninstrumentation (USS Titan Monoaxialschrauben, SYNTHES Tuttlingen GmbH, Unter Hasslen 5, 78532 Tuttlingen) mit im Verlauf ME der dorsalen Instrumentation und Implantatlockerung ventral bei korrekter Stellung ohne Repositionsverlust. präoperative Bildgebung erfolgte durch CT Diagnostik (Traumaspirale).

	Fall 1	Fall 2	Fall 3
Frakturlokalisierung	LWK 1	BWK 12	BWK 12
Frakturklassifikation	C 2	A 3.1	A3.1
Alter bei Unfall	57	46	43
Polytrauma	nein	Nein	nein
Implantat dorsal	USS	USS	USS
Implantat ventral	Titancage	Span	Span +Instrumentation
Instrumentation dorsal	Th 12 – L2	Th 11 – L1	Th 12 – L1
OP einzeitig/zweizeitig	zweizeitig	Zweizeitig	zweizeitig
OP Zeit dorsal	97 min	95 min	110 min
OP Zeit ventral	242 min	163	170
1x /2x stationäre	2 x stationär	2 x stationär	1 x stationär
Verweildauer 1 (dorsal)	7 d	6 d	28 d
Verweildauer 2 (ventral)	13 d	8 d	23 d
EK Gabe	0	1	0
Thorax-Drainage ex post-op	8 d	3 d	2 d
Wiedereinlage Drainage	1	0	0
Korrektur mGDW (nach dorsaler Versorgung)	6°	5°	8°
Verlust mGDW (1-2 Jahre postoperativ)	-7°	0	-3°
Radiologische Auffälligkeiten (1-2 Jahre postoperativ)	Einbruch des Cages in Deckplatte LWK 2	Fehlende knöcherne Durchbauung	Lockerung des ventalen Stab/Schraubensystems
ODI	minimal	moderate	minimal
Ruhschmerz VAS	3	5	3
Hannover WS Score	81	49	66
arbeitsfähig	ja	nein	ja

Tab. 16: Exemplarische Aufstellung erhobener Daten der 3 Fallbeispiele

4. Diskussion

Vor jeder operativen Versorgung steht die Indikationsstellung. Bei der operativen Versorgung instabiler Wirbelfrakturen des thorakolumbalen Überganges besteht ein Konsens zur operativen Versorgung [11, 12, 27, 51, 91]. Vor- und Nachteile der verschiedenen operativen Verfahren werden weiterhin kontrovers diskutiert, ebenfalls das primäre Vorgehen bei instabilen Frakturen durch ein rein dorsales, ventrales oder kombinierte Verfahren [9, 11, 12, 22, 26, 27, 50, 51, 53, 91]. Einige Autoren sehen Vorteile in der kombinierten dorsoventralen Versorgung [53, 89] und zunehmend scheint die Versorgung mittels Cage als Wirbelkörperersatz die Implantation eines trikortikalen Spanes abzulösen [11, 45, 52, 92]. In steigender Zahl werden auch stabile Frakturen (A1.1-A2.2) ab 15° Kyphosewinkel ventral minimal invasiv thorakoskopisch assistiert versorgt um einer sekundären Sinterung entgegenzuwirken [47].

Ziele dieser retrospektiven Arbeit sind eine mögliche Überlegenheit und Vorteile der Versorgung von Wirbelkörperfrakturen mittels interkorporellem Cage im Vergleich zur Implantation eines trikortikalen Beckenkammspans nachzuweisen. Darüber hinaus sollen Aufschlüsse zur Verbesserungen des klinischen und radiologischen Outcomes durch eine additive ventrale Instrumentation bei ventralen Span-Spondylodesen erlangt werden sowie Optionen zur Optimierung des stationären Behandlungskonzeptes aufgezeigt werden.

Material und Methode:

Zwischen 2004 und 2006 wurden in der Klinik für Unfall und Wiederherstellungschirurgie des Diakoniekrankehaus Friederikenstift Hannover Klinik 42 Patienten mit Frakturen des thorakolumbalen Überganges dorsoventral operativ versorgt. Im Rahmen dieser retrospektiven Arbeit konnten 30 Patienten, die eine Wirbelkörperfraktur im Bereich des thorakolumbalen Überganges erlitten hatten und im Diakoniekrankehaus Friederikenstift Hannover dorsoventral operativ versorgt wurden, nachuntersucht werden. Ein Patient war zwischenzeitlich verstorben, 11 Patienten lehnten eine Nachuntersuchung ab oder konnten nicht erreicht werden.

Einteilung der Patienten in 2 Gruppen (Span / Cage) und eine vergleichende Auswertung der Daten. Aufgrund der Gleichverteilung innerhalb der Gruppen mit jeweils 15 Patienten sind die 30 nachuntersuchten Patienten als repräsentativ zu werten. Des Weiteren wurde die Span-Gruppe im Hinblick auf Versorgungen mit und ohne additive ventrale Instrumentation unterteilt und ausgewertet.

Aufgrund des seltenen Verletzungsmuster und der komplexen Versorgungsstrategie sind höhere Fallzahlen nur schwer zu realisieren. Lediglich ca. 28,9% der operativ versorgten Wirbelsäulenverletzungen werden nach Literaturangaben dorsoventral versorgt [52]. Es erfolgte eine vergleichende Auswertung der klinisch und radiologisch erfassbaren Daten und die Beschreibung der Mittelwerte und Mediane (n=30).

Das Patientenalter des untersuchten Patientenkollektivs am Unfalltag betrug durchschnittlich 43,7 Jahren und ist somit vergleichbar mit bereits vorbestehenden Studien [16, 22, 50]. In den beiden untersuchten Gruppen zeigten sich eine ausgeglichene Geschlechtsverteilung und nur geringe Unterschiede im Durchschnittsalter zum Verletzungszeitpunkt, diese sind jedoch nicht signifikant. In einer systematischen Metaanalyse von 132 Veröffentlichungen durch Verlaan et al. lag das Durchschnittsalter mit 33-34 Jahren deutlich unter dem der vorliegenden Studie [91]. Eine mögliche Ursache ist die, aufgrund der Fallzahl, nicht mögliche Randomisierung der Studienpatienten welche uneinheitliche Merkmale in den Patientengruppen erzeugt und eine Vergleichbarkeit erschwert.

Ergebnisse:

Frakturlokalisierung und Klassifikation:

Vergleichbar zu Studien von Knop et al. [50, 51] waren 53,3% der Unfallereignisse Hochenergietraumen und ereigneten sich zu über 80% vor dem 50. Lebensjahr. Des Weiteren waren alle polytraumatisierten Patienten jünger als 50 Jahre bei ausgeglichenem Geschlechterverhältnissen. Die meisten Frakturen traten auf Höhe L 1 auf, gefolgt von Höhe Th 12. Die Höhen Th12/L1 waren in 84,4% der Fälle betroffen, dies spiegelt die Häufigkeit der Wirbelkörperfrakturen in diesen Segmenten in Übereinstimmung mit anderen großen Patientenkollektiven wieder [11, 51, 64].

Am häufigsten (46,7%) erlitten Patienten die Wirbelsäulenverletzung bei einem Sturz aus großer Höhe, es folgten Verkehrsunfälle (30,0%) und Stürze aus geringer Höhe (23,3%). In dem Kollektiv von Knop et al. zeigten sich als häufigste Ursache ebenfalls Stürze aus großer Höhe (50,4 %), es folgten Verkehrsunfälle (22,1%) und Stürze aus geringer Höhe mit 14,1% [51].

Besonders auffällig ist die Verteilung nach Klassifikation auf das Patientenkollektiv und die Untergruppen. Im vorliegenden Kollektiv zeigten sich in 86,7% Typ A-Verletzungen, in 10% Typ B-Verletzungen und in 3,3% Typ C-Verletzungen. Bei Knop et al. lag der Anteil von Typ B- und Typ C-Verletzungen deutlich höher (A 65,8%, B 20,8%, C 12,9%)

[52]. Dieses erklärt sich zum einen darin, dass Typ A Verletzungen im Sinne von kompletten Berstungsfrakturen mit einer deutlichen Höhenminderung der ventralen Wirbelkörperanteile einhergehen können, zum anderen müssen Typ B- und Typ C-Verletzungen nicht zwingend zur Indikationsstellung eines ventralen Vorgehens mit Wirbelkörperersatz führen.

Versorgungskonzept:

Behandlungsziele der Primärversorgung von Verletzungen der Rumpfwirbelsäule sind die Wiederherstellung der statischen, funktionellen und protektiven Funktion des Achsorgans [49].

Die Indikation zur ventralen Span- oder Cage-Spondylodese erfolgte nach dem Versorgungskonzept des Diakoniekrankehaus Friederikenstift Hannover. Hierbei erfolgte, historisch bedingt, die Versorgung von inkompletten Berstungsfrakturen mit deutlicher Veränderung der sagittalen Balance mittels Span, die Indikation zur ventralen Cage-Spondylodese wurde bei kompletten Berstungsfrakturen, frontalen Spaltbrüchen sowie bei hochinstabilen Frakturen und Frakturen mit Beteiligung beider angrenzender Bandscheibenfächer gestellt [22].

Die Versorgung von Hochenergiestraumen erfolgte in dieser Untersuchung zu 68,8% im Rahmen der dorsoventralen Versorgung mit einem Titan-Cage, die Versorgung von Niedrigenergiestraumen zu 70% durch einen ventralen Span, dies ist durch das im Diakoniefrankenhaus Friederikenstift angewendete Versorgungskonzept zu erklären.

Dies zeigt sich ebenfalls bei der Verteilung der dorsalen Instrumentationsstrecken, bzw. der dorsal überbrückten Bewegungssegmente. Alle mit Cage versorgten Patienten wurden mindestens über 2 Bewegungssegmente hinweg dorsal instrumentiert, zwei Patienten über 3 Bewegungssegmente.

53,3% der Span-Gruppe wurden, aufgrund der Frakturmorphologie und Klassifikation, monosegmental auf das verletzte Segment beschränkt versorgt, nur in 40% der Fälle erfolgte eine bisegmentale dorsale Instrumentation und in einem Fall die dorsale Instrumentation von 4 Höhen. Des Weiteren wurde eine Span-Versorgung in über 70% bei inkompletten Berstungsbrüchen des Typs A3.1 durchgeführt. Dieser Verletzungstyp stellt eine Verletzung nur eines Bewegungssegmentes dar und ist, im Vergleich mit anderen Frakturtypen, als einfache Fraktur zu werten.

In der Studie von Knop et al. erfolgte am häufigsten (84%) die Überbrückung von 2 Segmenten, eine monosegmentale Instrumentierung wurde lediglich in 6,7% eine trisegmentale in 6,2% der Fälle durchgeführt [52]. Dies erschwert die Vergleichbarkeit der Nachuntersuchungen aufgrund der unterschiedlichen Instrumentationsstrecken.

Über 70% der mittels Cage versorgten Patienten erlitten Frakturen des Typs A2.3 und A3.3, diese Verletzungen betrafen zwei Bewegungssegmente und führten aufgrund der Frakturklassifikation zur entsprechenden Cage-Versorgung. Somit sind alle in dieser Studie erhobenen Daten und Ergebnisse vor diesem Hintergrund kritisch zu betrachten, da die mittels Cage versorgten Frakturen als schwerere Verletzungen mit Beteiligung von zwei Bewegungssegmenten zu anzusehen sind.

Die operative Versorgung von Kompressionsfrakturen Typ A3 war bei Knop et al. mit 56,9% am häufigsten. Hierbei waren inkomplette Berstungsfrakturen Typ A3.1 und Spaltbrüche A3.2 annähernd gleich verteilt [51]. Auch in dieser Untersuchung erfolgte die dorsoventrale Versorgung am häufigsten bei Kompressionsfrakturen.

Signifikante Unterschiede in der Art der Frakturversorgung aufgrund der Höhenlokalisation der Fraktur ließen sich nicht feststellen. Bei Hochenergetraumen zeigte sich BWK 12 am häufigsten betroffen, bei Niedrigenergetraumen der LWK 1, dies ist jedoch aufgrund der geringen Fallzahl nur als Tendenz zu werten und nicht signifikant. In der Literatur sind LWK 1 mit 49,3% und BWK 12 mit 24,9% die häufigsten Höhen der operativen Versorgung von Wirbelkörperfrakturen sind [52].

Begleitverletzungen/Neurologie:

In unserem Patientenkollektiv lag in 70% der Fälle eine isolierte Verletzung der Wirbelsäule vor, 16,7% erlitten Begleitverletzungen und 13,3% waren polytraumatisiert. Der Anteil der isolierten Wirbelsäulenverletzungen zeigte sich in der Erhebung von Knop et al. mit 58% isolierter Verletzungen geringer, ebenso der Anteil von polytraumatisierten Patienten mit 6% [51].

In prospektiven multizentrischen Sammelstudien [54, 77] wiesen 20% der Patienten initial bei Aufnahme neurologische Zusatzverletzungen auf. In der vorliegenden Nachuntersuchung zeigten sich bei 4 Patienten (13,3%) neurologische Ausfälle, 50% der neurologischen Auffälligkeiten der präoperativen Statuserhebung zeigten sich postoperativ vollständig rückläufig, hierbei handelte es sich ausnahmslos um sensible Defizite. Zwei

Patienten mit präoperativer sensibler Neurologie erlitten Typ B-Verletzungen der Wirbelsäule. Alle 4 Patienten mit Neurologie wurden mittels Span versorgt.

Auch in der postoperativen Nachuntersuchung von Reinhold et al. zeigten sich bei 44,7% der Fälle eine Verbesserung der initialen Neurologie um mindestens eine Frankel- / ASIA Stufe [76].

Zum Nachuntersuchungszeitpunkt traten bei 20% der operativ versorgten Patienten neu aufgetretene Hypästhesien im Bereich der unteren Extremität auf mit gleichmäßiger Verteilung auf die Cage- und Span-Gruppe. Bei 13% der Spanentnahmen bestand eine Hypästhesie im Bereich des Oberschenkels ventral auf der Entnahmeseite im Sinne einer Läsion des N. cutaneus femoris lateralis. In der Literatur finden sich Angaben zu Nervenläsionen in ca. 10% der Knochenentnahme am Beckenkamm [98].

Behandlungsablauf:

Der stationäre Aufenthalt der Patienten nach dorsoventraler Versorgung innerhalb eines Aufenthaltes ist vergleichbar mit der Aufenthaltsdauer der Nachuntersuchung von Knop et al. [53]. Vergleichende Aussagen zu der Behandlungsdauer innerhalb zwei stationärer Aufenthalte sind aufgrund von fehlenden Angaben in der Literatur nicht möglich.

Ein Standard bei der dorsoventralen Versorgung zu einem einzeitigen oder zweizeitigen operativen Vorgehen ist in der Literatur nicht zu finden. Bei Knop et al. wurden 38,1% der Patienten einzeitig und 61,9% der Patienten zweizeitig versorgt [52], es konnten signifikante Unterschiede zugunsten der einzeitigen Versorgung im Hinblick auf geringen Blutverlust, kürzere Operationszeiten und kürzere intraoperative Durchleuchtungszeiten nachgewiesen werden.

Die primäre dorsale Versorgung der Fraktur erfolgte in der Span-Gruppe deutlich früher als in der Cage-Gruppe, dies ist durch das, in den meisten Fällen, komplexere Trauma der Cage-Gruppe zu erklären. Bei der Terminierung des zweizeitigen ventralen Eingriffes wurde die Span-Spondylodese durchschnittlich 7 Tage später durchgeführt als die Cage-Spondylodese. Hierbei werden sowohl einmal stationäre Aufenthalte als auch zweimal stationäre Behandlungen gemeinsam betrachtet, dies verlängerte die Gesamtbehandlungsdauer der Span-Gruppe. Aufgrund des Patientengutes, welche in der Span-Gruppe deutlich jünger ist und der häufig geringeren Schwere der Verletzung, ist diese Differenz nicht zu erklären.

Bei einzeitiger dorsoventraler Versorgung zeigten sich in den Gruppen keine Unterschiede in der postoperativen Verweildauer. Jedoch kann die Verweildauer im Krankenhaus im

Vergleich zum zweizeitigen Vorgehen um die Hälfte reduziert werden, unabhängig ob Cage- oder Spanimplantation.

Eine kürzere postoperative Verweildauer beim zweizeitigen Vorgehen innerhalb eines Krankenhausaufenthaltes bei mit Cage versorgten Patienten konnte nachgewiesen werden, hieraus resultiert eine deutliche Verlängerung der Gesamtverweildauer der Span-Gruppe. Die Beckenkammspanentnahme stellt sicherlich eine größere postoperative Belastung dar, kann die Differenz jedoch nur eingeschränkt medizinisch erklärbar.

Bei geplanter Wiederaufnahme zur ventralen Versorgung zeigten sich in den Gruppen annähernd gleiche postoperative Verweildauern. Eine deutliche Reduktion der postoperativen Gesamtverweildauer zeigte sich bei der Versorgung innerhalb von zwei stationären Aufenthalten, in der Cage-Gruppe um 18% und in der Span-Gruppe um 41%. Dies eröffnet Möglichkeiten zur Reduktion der Hospitalisierungszeit der Patienten durch eine geplante Wiederaufnahme der Patienten zur zweizeitigen ventralen Versorgung, welches jedoch die gesamte Behandlungsdauer verlängert.

Komplikationen und Blutverlust:

Auffällig war, bei insgesamt niedriger Komplikationsrate, eine doppelt so hohe postoperative Komplikationsrate für Revisionseingriffe (Thoraxdrainage, Wundrevision) der Cage-Gruppe, welche durch den größeren thorakalen Eingriff, die verlängerte OP Zeit und die komplexeren Verletzungen erklärt werden kann.

Im Hinblick auf das ein- bzw. zweizeitige Vorgehen zeigte sich bei einzeitiger Versorgung keine signifikante Zunahme des gesamten Blutverlustes, jedoch eine fast doppelt so häufige Gabe von Bluttransfusionen beim einzeitigen Vorgehen, anders als bei Knop et al., welche eine signifikante Reduktion des Blutverlustes durch ein einzeitiges vorgehen aufzeigen konnten [52].

Eine Reduktion von Bluttransfusion war in dieser Nachuntersuchung, unabhängig vom Versorgungskonzept, durch ein zweizeitiges operatives Vorgehen möglich. Der Blutverlust war beim ventralen Cage-Eingriff deutlich erhöht gegenüber der Span-Einbringung und ist Ausdruck des größeren thorakalen Eingriffs. Dies schlug sich jedoch nur in einer sehr gering erhöhten Transfusionspflichtigkeit nieder. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen bei der Entfernung der Thoraxdrainage am 2. postoperativen Tag.

Swatoch und Maurer beschreiben in 2 Fallberichten die intraoperative Verletzung der Milz als Komplikation bei der thorakoskopisch assistierten ventralen Stabilisierung von

Wirbelkörperfrakturen [86]. Schulz et al. beschreiben als Fallbericht das Auftreten einer pleurospinalen Fistel mit Pneumatozephalus [83]. Diese oder ähnliche schwerwiegende Komplikationen nach Wirbelkörperersatz sind im Rahmen der Versorgung der nachuntersuchten Patienten nicht beobachtet worden.

Materialentfernung:

Die Durchführung einer Materialentfernung der dorsalen Instrumentation bei 30% der versorgten Patienten erfolgte durchschnittlich sehr früh, nach 342 Tagen. Signifikante Unterschiede in den beiden Gruppen zeigten sich nicht. Bei 75% der zusätzlich mittels ventraler Instrumentation versorgten Patienten der Span-Gruppe erfolgte eine Materialentfernung der dorsalen Instrumentation. Bei diesen Patienten findet sich in der Nachuntersuchung ein sehr zufriedenstellendes, niedriges Schmerzniveau. Von einer beschleunigten Fusion der ventralen Span-Spondylodesen durch die additive ventrale Instrumentation ist auszugehen [53]. Dies ermöglicht im Weiteren die frühzeitige Entfernung der dorsalen Instrumentation und ist ein interessanter Ansatz für die Planung der Versorgungskonzepte. Aufgrund der biomechanischen Überlegenheit der kombinierten dorsoventralen Spondylodese gegenüber der rein ventralen Versorgung [89] ist eine Materialentfernung der dorsalen Instrumentation erst nach gesicherter Durchbauung empfohlen.

Operative Versorgung

Trotz einer tendenziell langstreckigeren dorsalen Versorgung der Cage-Gruppe zeigten sich annähernd gleiche OP-Zeiten der dorsalen Eingriffe. Bei dem ventralen Eingriff zeigt sich jedoch die OP-Zeit der Cage-Gruppe um ca. 1 Stunde verlängert, dies lässt sich durch die Notwendigkeit einer vollständigen Korporektomie und dem somit deutlich aufwendigeren thorakoskopischen Eingriff erklären. Dabei beinhaltet die OP-Zeit des ventralen Eingriffes der Span-Gruppe auch die Entnahme eines trikortikalen Beckenkammspanes in Seitenlage und bei 4 Patienten die ventrale Instrumentation. Die geringe Differenz der OP-Zeiten des dorsalen Eingriffes ist durch die meist gleiche dorsale Versorgungsstrategie zu erklären.

Eine deutliche Reduktion der OP-Zeit bei der einzeitigen dorsoventralen Versorgung wurde von Verheyden et al. durch eine ventrale endoskopisch gestützte Zugangstechnik in Bauchlage beschrieben. Hierdurch konnte die OP Zeit durch Wegfall der Umlagerung von Bauch- in Seitenlage um ca. 40 min reduziert werden [90].

Körperliche Nachuntersuchung:

Signifikante Unterschiede in Körpergröße, Gewicht und BMI zeigten sich bei den nachuntersuchten Patienten nicht. Inspektorisch konnte bei 33% der Patienten der Cage-Gruppe eine Hyperkyphosierung der BWS, in der Span-Gruppe lediglich bei 7% nachgewiesen werden. Diese Verlagerung des Wirbelsäulenlotes nach ventral kann zu einer chronischen Überlastung der autochtonen Rückenmuskulatur mit chronischen Dorsalgien führen. Ein direkter Zusammenhang zwischen einer vermehrten klinischen Hyperkyphosierung der BWS mit einer überdurchschnittlichen Schmerzangabe auf der VAS ließ sich nicht nachweisen.

Die klinische Untersuchung der beiden Gruppen zeigte keine signifikanten Unterschiede in den Bewegungsausmaßen der Wirbelsäule. Bei längeren Spondylodesestrecken der Cage-Gruppe war lediglich eine größere Bewegungseinschränkung gegenüber der Span-Gruppe beim eingeschränkten Finger-Boden-Abstand auffällig. Eine vollständige Kompensation der versteiften Bewegungssegmente durch die angrenzenden Bewegungssegmente der Wirbelsäule sowie im Bereich des Beckengürtels zeigte sich nicht. Grenzwertig pathologische Werte ließen sich vor allem beim Ott'schen Maß nachweisen. Dies ist Ausdruck einer zu erwartenden postoperativen Bewegungseinschränkung der BWS. Ein Ausgleich der Bewegungseinschränkung durch benachbarte Bewegungssegmente ist deutlich stärker im Bereich der LWS sowie durch eine gute Hüftbeweglichkeit möglich. Hieraus resultieren normwertigen Messstrecken nach Schober und über L1 bei beiden Gruppen [88].

Radiologische Auswertung:

Bei der Betrachtung der radiologischen Auswertung sind die Bestimmung des Körperwinkels, des Cobb'schen Winkels sowie der Grunddeckplattenwinkel durch digitale bzw. zeichnerische Winkelmessung per Hand anerkannte Methoden zur Verlaufsbeurteilung von Wirbelkörperverletzungen und zur Feststellung einer segmentalen Fehlstellung [11, 42]. Der Cobb Winkel zur Bestimmung der skoliotischen Fehlstellung hat in der Auswertung von Wirbelsäulenverletzungen nur einen geringen Stellenwert [52]. In Abhängigkeit der Projektion, z. B. der Grund- und Deckplatten im seitlichen oder a. p. Strahlengang, ist in einigen Fällen die Auswertung nativradiologischer Röntgenbilder schwierig. In der Literatur erfolgte die Bestimmung des inter- und intraindividuellen Meßfehlers mit 2° [22, 52].

Diese Studie nutzte die vorhandenen archivierten Aufnahme der Patienten, Fremdaufnahmen niedergelassener Kollegen sowie angefertigte Aufnahmen bei Kontrolluntersuchung im Rahmen der Sprechstunden des Diakoniekrankenhauses Friederikenstift.

Hierdurch zeigten sich jedoch auch große Unterschiede in der Bildqualität und den Projektionen der ausgewerteten Aufnahmen. In einigen Fällen erfolgte die Auswertung vorhandener CT-Untersuchungen, falls keine Röntgen-Bilder zum entsprechenden Untersuchungszeitraum vorlagen.

Beim Vergleich der Cobb'schen Winkel, der Körperwinkel, der Grunddeckplattenwinkel und des SI zeigte sich jeweils eine leichte Überlegenheit der Span-Gruppe, diese Unterschiede sind nicht signifikant, jedoch als Tendenz zu werten. Sowohl die initiale Aufrichtung und Reposition der Fraktur und der Frakturbedingten Kyphosierung als auch im postoperativen Verlauf mit geringerem Repositionsverlust zeigte sich die Span-Gruppe besser. Innerhalb der Span-Gruppe zeigte sich, dass allein bei Anwendung einer ventralen Instrumentation (Span2-Gruppe) eine weitere Korrektur beim ventralen Eingriff möglich war.

Eine Auswertung der Vorderkantenrelation erwies sich lediglich präoperativ als sinnvoll, hierdurch konnte die Ausdehnung der Keildeformität des verletzten Wirbels beurteilt werden. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede bei der präoperativ bestimmten Vorderkantenrelation beider Gruppen. Lediglich eine tendenziell stärkere Höhenminderung der Vorderkante in der Cage-Gruppe, welche durch die unterschiedliche Verteilung der Frakturtypen zu erklären war, wurde nachgewiesen.

Vergleicht man die Werte des präoperativen mGDW von $16,6^\circ$ des gesamten Kollektivs mit weiteren Nachuntersuchungen zeigt sich eine vergleichbare Deformierungen bei Knop et al. mit $16,8^\circ$ und bei Verlaan et al. mit $17,5^\circ$ [52, 91].

Der in dieser Arbeit ermittelte durchschnittliche postoperative monosegmentale GDW nach dorsoventraler Versorgung von $12,4^\circ$ Kyphose, weicht deutlich von den Literaturangaben ab. Knop et al. beschreiben 3° Lordose und Verlaan et al. $3,4^\circ$ Lordose [52, 91]. Blauth et al. beschreiben Ergebnisse von postoperativ 11° Kyphose, welches auch im Bereich der Ergebnisse dieser Nachuntersuchung liegt [12]. Einfluss auf die postoperativen Korrekturergebnisse haben die betroffenen Segmenthöhen. In der Nachuntersuchung von Knop et al. zeigte sich eine bessere Korrektur in den unteren

Segmenten des thorakolumbalen Überganges [52]. Die unterschiedlichen monosegmentalen GDW lassen sich zum Teil mit einer nicht gleichen Verteilung der Frakturhöhen bei der Patientenzahl (n=30) dieser Untersuchung erklären.

Eine dauerhafte Stabilität und Belastbarkeit des verletzten Wirbelsäulensegmentes mit möglichst geringem Korrekturverlust ist Ziel jeder Behandlung von Verletzungen der Wirbelsäule. Trotz moderner Implantate mit hoher Primärstabilität konnte in Untersuchungen nachgewiesen werden, dass eine dauerhafte Korrektur nicht durch die eingebrachten Implantate gehalten werden konnte [53, 91]. Der maximale Verlust nach operativer Versorgung zeigt sich innerhalb des ersten Jahres nach Versorgung, aufgrund der plastischen Eigenschaften des Knochens [85]. Erst nach knöcherner Fusion scheint eine endgültige Stabilität erreicht zu sein. Bis dahin muss mit Rekyphosierung und Einsinterung der Implantate gerechnet werden.

In der Literatur werden bei kombinierten Verfahren Sinterungen von durchschnittlich 8° von Knop et al. und von 3° bei rein ventralen Versorgungen von Verlaan et al. beschrieben [53, 91]. Diese Nachuntersuchung konnte durchschnittlich im Gesamtkollektiv einen Korrekturverlust von $4,6^\circ$ in der Betrachtung des monosegmentalen GDW ermitteln. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit korrespondieren mit Ergebnissen in der Literatur [12, 85].

Im Hinblick auf das Einsinterungsverhalten der verwendeten Cages zeigt sich vor allem im ersten postoperativen Jahr, dass ein Einsintern in Grund- und Deckplatten des Cages nicht zu verhindern ist [45]. Dies konnte auch in dieser Studie durch radiologische Auffälligkeiten bei allen eingebrachten Cages in der Nachuntersuchung mit 93,3% Einsinterung des Cages in einen der benachbarten Wirbel belegt werden. Ein Einsintern findet häufig in der frühen postoperativen Phase statt und vermindert die Vorspannung des expandierbaren Cage. Durch die Abnahme der ventralen Stabilität resultiert eine Mehrbelastung der dorsalen Stabilisierung. Morlock et al. konnten in einer vergleichenden biomechanischen Untersuchung unterschiedlicher Wirbelkörperersatzsysteme eine schlechte Primärstabilität aller Systeme in Torsionsrichtung nachweisen, wobei aufspreizbare Implantate ein besseres Verhalten zeigten [68]. Die postoperative Mobilisation der versorgten Patienten sollte nach Morlock et al. unter Vermeidung von Torsions- und Seitbeugungsbewegungen erfolgen [68], welches dem Nachbehandlungsstandard des Friederikenstiftes bei operativ versorgten Wirbelkörperfrakturen der BWS und LWS entspricht.

Die beiden in der vorliegenden Untersuchung verwendeten ventralen expandierbaren Titan-Cages zeigten keine signifikanten klinischen und radiologischen Unterschiede bei den versorgten Patienten. In einer biomechanischen in-vitro-Testung von Reinhold et al. konnten ebenfalls keine Unterschiede zwischen den beiden hier verwendeten Implantaten im Hinblick auf die maximale Kompressionskraft festgestellt werden [75]. Eine hohe Aufnahme von Kompressionskräften durch das Implantat könnte in vivo einen Einbruch in Grund- oder Deckplatte verhindern und das Risiko einer frühzeitigen Sekundärdislokation und Versagen der Implantat-Knochen-Grenze verringern [75].

Probleme in der radiologischen Auswertung der Sinterung der Cages entstehen, neben der notwendigen optimalen radiologischen Einstellung, durch die zum Teil unterschiedlichen Aufnahmetechniken mit Variationen in der Größenabbildung. Moderne digitale Röntgentechnik kann dieses Problem vermindern. Eine knöcherne Durchbauung nach Cage-Spondylodese kann nativradiologisch nicht sicher beurteilt werden, daher konnten hierzu in dieser Arbeit keine differenzierten Aussagen getroffen werden.

Auch die Beurteilung der Späneinheilung auf den nativradiologischen Röntgenbildern stellte sich als schwierig heraus. In einigen Fällen konnte, bei nicht sicherer nativradiologischer Durchbauung, auf vorhandene CT Bildgebung zurückgegriffen werden. Neben der sicheren Durchbauung mit kompletten Knochenspannen, konnte nativradiologisch lediglich die sichere Spanlyse nachgewiesen werden. Nativradiologisch zeigten alle mittels additiver ventraler Instrumentation versorgter Patienten eine Späneinheilung. Über die Hälfte der ohne additives ventrales System versorgten Patienten zeigten Auffälligkeiten in der Späneinheilung und Spanlysen.

Eine additive ventrale Instrumentation bringt nach den vorliegenden Ergebnissen dieser Arbeit deutliche Vorteile für die knöcherne Durchbauung der eingebrachten Späne. Durch eine additive Monostabinstrumentation lässt sich die Konstruktionssteifigkeit und Primärstabilität einer Versorgung weiter erhöhen [45]. Die häufigere knöcherne Fusionierung in der Span-Gruppe mit ventraler additiver Instrumentation lässt sich durch die höhere primäre Stabilität im versorgten Segment erklären [53]. Ein geringerer Korrekturverlust von Spänen mit additiver ventraler Instrumentation konnte in der vorliegenden Studie nicht gezeigt werden. Dies passt zu den Untersuchungen von Stolze und Harms [85], die ebenfalls einen Korrekturverlust durch ein additives ventrales System nicht verhindern konnten und auf das plastische Verhalten des Knochens zurückführten.

Aufgrund des auftretenden Korrekturverlustes auch nach dorsoventraler Stabilisierung [53] steht das Erreichen einer zügigen knöchernen Durchbauung im Vordergrund der Therapiebestrebungen. Die Anwendung von bovinem Knochen als Wirbelkörperersatzmaterial stellt in einer experimentellen Studie von Kubosch et al. keine Alternative zum autologen Beckenkammspan dar, bei deutlich schlechterer ossärer Integration [56].

Patientenzufriedenheit und Schmerzniveau:

Parameter für die Patientenzufriedenheit sind die Schmerzreduktion und Vermeidung chronischer Schmerzzustände, Wiedererlangen einer ausreichenden Belastbarkeit des Patienten sowie die Aufrechterhaltung der Berufs- und Erwerbsfähigkeit. Bei der Auswertung des ODI, der Schmerzeinschätzung mittels VAS und des Hannover Wirbelsäulenscores zeigte sich jeweils ein besseres Outcome der Span-Gruppe. Ebenfalls konnte eine geringere Schmerzmitteleinnahme in der Span-Gruppe und eine kürzere tägliche Schmerzdauer nachgewiesen werden. Ein Großteil der Patienten nahm ihre frühere berufliche, z. T. auch körperlich belastende, Tätigkeit wieder auf, dies konnte ebenfalls in anderen Studien gezeigt werden [54, 99]. Unter den Patienten, welche mit Span versorgt wurden, erreichten mehr Patienten eine Rückkehr in die Arbeitstätigkeit, innerhalb der Spangruppe zeigten die mittels zusätzlicher ventraler Instrumentation versorgten Patienten jeweils deutlich bessere Ergebnisse.

Zusammenfassend sind Patienten mit thorakolumbalen Wirbelkörperfrakturen langfristig von einer Reduktion der Lebensqualität betroffen und erreichen in der Regel nicht das Aktivitätsniveau von vor dem Unfallereignis.

Zur Beantwortung der Eingangsfragestellung:

1. Es lassen sich zwischen den beiden Gruppen im Bezug auf die untersuchten Parameter keine signifikanten Unterschiede feststellen, jedoch ist die Span-Gruppe, trotz des Nachteils der Entnahmemorbidität des Beckenkammspanes, im Hinblick auf das radiologische und klinische Ergebnis geringgradig überlegen.
2. Zwei stationäre Aufenthalte reduzieren, bei zweizeitigem operativem Vorgehen, die stationäre postoperative Gesamtverweildauer der Patienten.
Prinzipiell besteht jedoch ein Vorteil in der zeitnahen zweizeitig operativen Versorgung der Patienten im Hinblick auf eine Reduktion der Behandlungsdauer und Weiterleitung in die entsprechenden Rehabilitationseinrichtungen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wurde das klinische und radiologische Outcome von Patienten nach dorsoventraler Frakturversorgung des thorakolumbalen Überganges untersucht. Zwischen 2004 und 2006 wurden in der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie des Diakoniekrankenhauses Friederikenstift Hannover 42 Patienten mit Frakturen des thorakolumbalen Überganges mittels dorsoventraler Spondylodese operativ versorgt. In die Untersuchung konnten 42 Patienten einbezogen und 30 in einem Follow-up von durchschnittlich 21 Monaten nach dorsoventraler Versorgung untersucht werden, 15 nach thorakoskopischer ventraler Cage-Spondylodese und 15 nach thorakoskopischer ventraler Span-Spondylodese. Innerhalb der Span-Gruppe erfolgte bei 4 Patienten eine additive ventrale Stabilisierung mittels Monostabinstrumentation.

Durch diese Studie sollten Vorteile eines Therapiekonzeptes sowie Optionen zur Verbesserung des verwendeten Behandlungskonzeptes untersucht werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden bei den Patienten neben der klinischen Untersuchung auch das subjektive Outcome mittels VAS, Oswestry-Score (OS) und Hannover Wirbelsäulen Score und eine radiologische Analyse im prä- und postoperativen Verlauf erfasst. Ausgewertet wurden darüber hinaus Behandlungsunterlagen, Aufnahmebriefe, OP-Berichte, Narkoseprotokolle, Visitenbögen, Entlassungsbriefe, neurologische Konsiliaruntersuchungen, Nachuntersuchungsbefunde und Fragebögen der Patienten.

Das Patientenkollektiv und die Ergebnisse sind mit Angaben aus der Literatur vergleichbar. Zwischen den beiden Gruppen konnten im Hinblick auf die untersuchten Parameter keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, jedoch ist die Span-Gruppe im Hinblick auf das radiologische und klinische Outcome geringgradig überlegen. Patienten der Span-Gruppe mit additiver ventraler Instrumentation zeigten eine bessere knöcherne Durchbauungstendenz und eine Materialentfernung des dorsalen Instrumentariums konnte früher erfolgen. Diese Gruppe zeigte die besten radiologischen und klinischen Verläufe. Eine initiale bessere Aufrichtung der Fraktur und der frakturbedingten Kyphosierung sowie ein postoperativ geringerer Repositionsverlust zeigte sich bei der Span-Gruppe. Die Anwendung eines additiven ventralen Systems ermöglicht eine weitere Korrektur und eine schnellere knöcherne Durchbauung, kann einen postoperativen Repositionsverlust jedoch nicht verhindern. Tendenziell bringt somit die Anwendung ventraler Instrumentationssysteme Vorteile bei der ventralen Span-Spondylodese.

Der Erfolg der 360°Spondylodese ist entscheidend von der dauerhaften Wiederherstellung der Wirbelkörperhöhe abhängig. Bei Nichteinheilung des Spanes ist von einem schlechten Outcome auszugehen, weitere direkte Faktoren für den sekundären Repositionsverlust ließen sich in dem von uns untersuchten Kollektiv jedoch nicht darstellen.

Ventrale Cage-Spondylodesen haben, aufgrund der komplexeren Verletzungen und des in dieser Nachuntersuchung älteren Patientenkollektives geringgradig schlechtere radiologische und klinische Ergebnisse bei höherer Komplikationsrate.

Im Hinblick auf das Behandlungskonzept und die Planung des operativen Vorgehens zeigt sich bei einem einzeitigen Vorgehen in dieser Arbeit ein erhöhter Transfusionsbedarf, unabhängig vom verwendeten Verfahren des Wirbelkörperersatzes. Eine signifikante Korrelation zwischen HB Verlust, EK-Gabe und Gerinnungsstatus ergab sich nicht.

Darüber hinaus konnten zwei stationäre Aufenthalte die postoperative Gesamtverweildauer der Patienten reduzieren. Eine Reduktion der gesamten Behandlungsdauer durch eine zeitnahe zweizeitige operative Versorgung der Patienten in den klinischen Bereich ist wünschenswert.

Sowohl die Cage- als auch die Span-Spondylodese besitzen einen festen Stellenwert in der aktuellen Wirbelsäulen Chirurgie. Eine ventrale knöcherne Spandurchbauung kann durch die Verwendung von ventralen additiven Instrumentationssystemen unterstützt werden und sollte verstärkt in die Therapiekonzepte einfließen.

6 Literaturverzeichnis

- [1] AEBI M: Die operative Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen
Fortschr. Med. 105. Jg. No. 28 (1987)
- [2] AITKEN RCB: Measurement of feeling using visual analogue scales. Proc Royal Soc Med. 62, 989-993 (1969)
- [3] ALBEE FH: The classic. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease. A preliminary report. Clin. Orthop. Relat Res 87, 5-8 (1972)
- [4] American Spinal Injury Association. International Standards for Neurological and Funktional Classification of Spinal Cord Injury Patients. Chicago IL: American Spinal Injury Association (2002)
- [5] ANGELO DJ, Foley K, Vossel KA, Rampersaud YR, Jansen TH: Anterior cervical plating reverses load transfer through multilevel strut-grafts. Spine 25, 783-795 (2000)
- [6] BADKE A: Ventrale Stabilisierung der unteren BWS/LWS. Trauma Berufskrankh 10, 399-401 (2008)
- [7] BECK E: Röntgenologische Messmethoden bei Wirbelbrüchen. Hefte. Unfallheilkd 108, 36-37 (1971)
- [8] BEISSE R, Potulski M., Bühren V.: Thorakoskopisch gesteuerte ventrale Plattenspondylodese bei Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Operat Orthop Traumatol 11, 51-69 (1999)
- [9] BENZEL EC, Larson SJ: Funktional recovery after decompressive operation for thoracic and lumbar spine fractures. Neurosurgery 19, 772-778 (1986)
- [10] BLAUTH M, Knop C, Bastian L, Krettek C, Lange U: Komplexe Verletzungen der Wirbelsäule. Orthopäde 27, 17-31 (1998)
- [11] BLAUTH M, Knop C, Bastian L: 4. Brust- und Lendenwirbelsäule. In Tscherne H, Blauth M (Hrsg.) Tscherne Unfallchirurgie – Wirbelsäule, 241-372, Springer, Berlin, 1998
- [12] BLAUTH M, Tscherne J, Gotzen L, Haas NP: Ergebnisse verschiedener Operationsverfahren zur Behandlung frischer Brust- und Lendenwirbelsäulenverletzungen. Unfallchirurg 90, 260-273 (1987)
- [13] BOUCHER HH: Method of spinal fusion. Clin Orthop Relat Res 335, 4-9 (1997)
- [14] BÖHLER L: Wirbelbrüche und Wirbelverrenkungen. Böhler (Hrsg) Die Technik der Knochenbruchbehandlung, Bd 1. Maudrich, Wien, 1935
- [15] BREUSCH S, Clarius M, Mau H, Sabo D, Klinikleitfaden Orthopädie und Unfallchirurgie, 6.Auflage, Verlag Urban und Fischer, München, 2009

- [16] BRIEM D, Rueger JM, Linhart W: Einheilung autologer Transplantate nach dorsoventraler Instrumentierung instabiler Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. Unfallchirurg 106, 195-203 (2003)
- [17] BRIEM D, Meenen NM, Linhart W: Dorsale Stabilisierung von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs. Osteosynthese Int 8, 215-216 (2000)
- [18] BRIEM D, Linhart W, Lehmann W, Bullinger M, Schoder V, Meenen NM, Windhoff J, Rueger JM: Untersuchung der Lebensqualität nach dorsoventraler Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. Unfallchirurg 106, 625-632 (2003)
- [19] BUCKUP K: Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln Thieme 2000
- [20] BÜHREN V, Beisse R., Potulski M.: Minimal-invasive ventrale Spondylodesen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Chirurg 68, 1076-1084 (1997)
- [21] BÜHREN V, TRENZ O: Checkliste Traumatologie, 6. Auflage, S. 211-217, Thieme Verlag, Stuttgart, 2005
- [22] BÜHREN V: Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Unfallchirurg 106, 55-69 (2003)
- [23] BUZUG TM: Einführung in die Computertomographie: Mathematisch-physikalische Grundlagen der Bildrekonstruktion. Springer, Berlin Heidelberg New York, 2002
- [24] COTREL Y, Dubouset J, Guillaumat M: New universal instrumentation in spinal surgery. Clin Orthop Relat Res 227, 10-23 (1988)
- [25] COBB JR: Outline for the study of scoliosis. Instructional Course Lectures. Vol 5 Edwards, Ann-Arbor, Michigan 1948
- [26] DANIAUX H: Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. Unfallchirurg 89,197-213 (1986)
- [27] DENIS F: The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbal spine injuries. Spine 8, 817-31 (1983)
- [28] DICK W: The "Fixateur Intern" as a versatile implant for spine surgery. Spine 12, 882-900 (1987)
- [29] EYSEL P, Hopf C, Fürderer S: Kyphotische Deformierungen bei Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Orthopäde 30, 955-964 (2001)
- [30] FAIRBANK JC, Couper J, Davies JB, O'Brien JP: The Oswestry low back pain disability questionnaire. Physiotherapy 66, 271-273 (1980)

- [31] FRANKEL HL, Hancock DO, Hyslop G, Melzak J, Michaelis LS, Ungar GH, Vernon JD, Walsh JJ: The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I. Paraplegia 7, 179-92 (1969)
- [32] FREIDEL K, Petermann F, Reichel D, Steiner A, Warschburger P, Weiss HR: Quality of life in women with idiopathic scoliosis. Spine 27, 87-91 (2002)
- [33] FOLEY K T, Gupta S K, Percutaneous pedicle screw fixation of the lumbar spine: preliminary clinical results. J Neurosurg 97, 7-12 (2002)
- [34] GRADINGER R, Gollwitzer H; Ossäre Integration. Springer, Heidelberg, 2006
- [35] HARADA BE: The classic: Wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fracture and Potts' disease. Clin. Orthop. Relat Res 112, 4-8 (1975)
- [36] HARDES J, Gosheger G: Die pathologische Fraktur aus Sicht des Orthopäden und Unfallchirurgen, Trauma Berufskrankheit 10,167-174 (2008)
- [37] HARRINGTON PR: Instrumentation in spine instability other than scoliosis. S. Afr. J. Surg, 5, 7-12 (1967)
- [38] HARRIS JH Jr : The significance of soft tissue injury in the roentgen diagnosis of trauma. CRC. Crit. Rev. Clin. Radiol. Nucl. Med. 6, 295-368 (1975)
- [39] HAYES MHJ, Paterson DG: Experimental development of the graphic rating method. Psychol Bull 18, 98-99 (1921)
- [40] HERTLEIN H, Hartl WH, Dienemann H, Schurmann M, Lob G: Thoracoscopic repair of thoracic spine trauma. European Spine J 4, 302-7 (1995)
- [41] HIBBS R.A., Swift WE: Developmental abnormalities at the lumbosacral juncture causing pain and disability. Surg Gynecol Obstet 48, 604-612 (1929)
- [42] HOLDSWORTH FW: Fractures, dislocations and fracture-dislocation of the spine. J Bone Joint Surg 45, 6-20 (1963)
- [43] HUMPHRIES A, Hawk,WA., Berndt AL.: Anterior interbody fusion of lumbar vertebrae: a surgical technique. Surg. Clin. North Am. 41, 1685-1700 (1961)
- [44] JUNGHANNS H: Nomenclatura columnae vertebralis, H. Junghans (Hrsg.): Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis, Bd. 75, Hippokrates, Stuttgart, 1980
- [45] KANDZIORA F, Schnake KF, Klostermann CK, Haas NP: Wirbelkörperersatz in der Wirbelsäulen Chirurgie. Unfallchirurg 107, 354-371 (2004)
- [46] KANDZIORA F, Pflugmacher R, Schaefer J, Scholz M, Ludwig K, Schleicher P, Haas NP: Biomechanical comparison of expandable cages for vertebral body replacement in the cervical spine. J Neurosurg 99, 91-97 (2003)

- [47] KATSCHER S, Verheyden P, Gonschorek O, Glasmacher S, Josten C
Thorakolumbale Wirbelfrakturen nach konservativer und operativer Behandlung.
Unfallchirurg 106, 20-27 (2003)
- [48] KING D: Internal Fixation for lumbosacral fusion. J Bone Surg 30, 560-567 (1948)
- [49] KLÖCKNER C, Hoffmann A, Weber U: Die posttraumatische Kyphose der
Rumpfwirbelsäule. Orthopäde 30, 947-954 (2001)
- [50] KNOP C, Blauth M, Bastian L, Lange U, Kestin J, Tscherne H: Frakturen der
thorakolumbalen Wirbelsäule-Spätergebnisse nach dorsaler Instrumentierung und ihre
Konsequenzen. Unfallchirurg 100, 630-639 (1997)
- [51] KNOP C, Blauth M, Bühren V, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C,
Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O: Operative Behandlung von
Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs – Teil 1: Epidemiologie. Unfallchirurg 102,
923-935 (1999)
- [52] KNOP C, Blauth M, Bühren V, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C,
Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O: Operative Behandlung von
Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs, Teil 2: Operation und röntgenologische
Befunde. Unfallchirurg 103, 1032-1047 (2000)
- [53] KNOP C, Blauth M, Bühren V, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C,
Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O: Operative Behandlung von
Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs. Teil 3: Nachuntersuchungen. Unfallchirurg
104, 583-600 (2001)
- [54] KNOP C, Reinhold M, Beisse R, Audigé L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek
E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M. Operative Behandlung traumatischer
Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule Unfallchirurg 112, 294-316 (2009)
- [55] KRAEMER WJ, Schemitsch EH, Lever J, McBroom RJ, McKee MD, Waddell JP:
Functional outcome of thoracolumbar burst fractures without neurological deficit. J Orthop
Trauma 10, 541-544 (1996)
- [56] KUBOSCH D, Rohr J, Izadpanah K, Hammer TO, Südkamp NP, Strohm PC
Radiological comparison between two procedures for ventral spondylodesis : Autologous
iliac crest bone graft vs bovine bone graft. Unfallchirurg 115, 897-902 (2012)
- [57] LANGE F: Support of the spondylitic spine by means of buried steel bars attached to
the vertebrae. Am. J. Orthop. Surg., 8, 344 (1910)
- [58] LAUTERBUR PC. Image formation by induced local interactions: examples of
employing nuclear magnetic resonance. Nature 242, 190-191 (1973)

- [59] LEITLINIEN Osteologie-Empfehlungen des Dachverbandes Osteologie (DVO), 10/2009
- [60] LIENER UC, Enninghorst N, Högel J, Kinzl L, Suger G: Lebensqualität nach operativer Osteitisbehandlung. *Unfallchirurg* 106, 456-460 (2003)
- [61] LUQUE R: Segmental spinal instrumentation of the lumbar spine. *Clin. Orthop. Relat Res.* 203, 126-134 (1986)
- [62] MACK MJ, Regan JJ, Bobechko WP, Acuff TE: Application of thoracoscopy for diseases of the spine. *Ann Thorac Surg.* 56, 736-738 (1997)
- [63] MAGERL F: Stabilisation of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop* 189, 125-41 (1984)
- [64] MAGERL F: A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3, 184-201 (1994)
- [65] MAGNUSSON L, Alksiev RA, Spratt KF, Lakes RS, Popoe MM: Hyperextension and Spine height changes. *Spine* 21, 2670-2675 (1996)
- [66] MASUHR K, Neumann M: *Neurologie. 6. Auflage, Duale Reihe – MLP*, Thieme Verlag, Stuttgart, 2007
- [67] MEYERDING H W: Spondylolisthesis. *Surg Gynecol Obstet* 54, 371–377 (1932)
- [68] MORLOCK M, Strandborg J, Sellenschloh K, Nassutt R, Püschel K, Eggers C: Vergleich unterschiedlicher Wirbelkörperersatzsysteme hinsichtlich Migration und Primärstabilität bei dorsaventralen Spondylodesen nach Korporektomie mit und ohne Laminektomie. *Orthopäde* 31, 514-521 (2002)
- [69] MUMENTHALER M, Mattle H: *Neurologie. 12. Auflage*, Thieme Verlag, Stuttgart, 2006
- [70] MURPHEY MD, Batnitzky S, Bramble JM: Diagnostik imaging of spinal trauma. *Radiol. Clin. North Am* 27, 855-872 (1989)
- [71] OTTE D, Sandor L, Zwipp H: Bedeutung und Mechanismen von Brust –und Lendenwirbelverletzungen bei Verkehrsunfällen. *Unfallchirurg.* 93, 418-425 (1990)
- [72] PFEIL J, Siebert W, Janusek A, Josten C: *Minimal-invasive Verfahren in der Orthopädie und Traumatologie*, S. 3-12, Springer Verlag, Berlin, 2000.
- [73] REGAN JJ, Mack MJ, Picetti GD: A technical report on video-assisted thoracoscopy in thoracic spinal surgery. Preliminary description. *Spine* 20, 831-837 (1995)
- [74] REINHOLD M, Knop C, Lange U, Bastian L, Blauth M: Nichtoperative Behandlung von Verletzungen der thorakolumbalen WS. Klinische Spätergebnisse nach 16 Jahren. *Unfallchirurg* 103, 281-288 (2003)

- [75] REINHOLD, Schmölz W, Canto F, Krappinger D, Blauth M, Knop C: Ein verbessertes Wirbelkörperersatzimplantat für die thorakolumbale Wirbelsäule. Unfallchirurg 110, 327-333 (2007)
- [76] REINHOLD M, Knop C, Beisse R, Audige L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M: Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule, Teil II: Operation und röntgenologische Befunde. Unfallchirurg 112,149-167 (2009)
- [77] REINHOLD M, Knop C, Beisse R, Audige L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M: Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust und Lendenwirbelsäule, Teil I: Epidemiologie. Unfallchirurg 112, 33-45 (2009)
- [78] RESCH H, Rabl M, Klampfer H,Ritter E, Povacz P: Operative vs. Konservative Behandlung von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs. Unfallchirurg 103, 281-288 (2000)
- [79] ROHLMANN A, Zander T, Fehrmann M, Klöckner C, Bergmann G: Einfluß von Implantaten zum Ersatz eines Wirbelkörpers auf das mechanische Verhalten der Lendenwirbelsäule. Orthopäde 31, 503-507 (2002)
- [80] ROSENTHAL D, Rosenthal R, Simone A: Removal of a protruded thoracic disc using microsurgical endoscopy. A new technique. Spine 19, 1087-109 (1994)
- [81] ROY-CAMILLE R, Saillant G, Berteaux D, Salgada V: Osteosynthesis of thoracolumbar spine fractures with metal plates screwed through the vertebral pedicles. Reconstr Surg Traumatol, 15, 2-16 (1976)
- [82] SCHIEBLER, Schmidt, Ziller: Anatomie. 8. Auflage, S. 222-226, Springer Verlag, Berlin 1999
- [83] SCHULZ N, Kolenda H, Thiel A, Vestring T, Schulte M: Pleurospinale Fistel und konsekutiver Pneumatozephalus als Komplikation eines Wirbelkörperersatzes an der Brustwirbelsäule, Unfallchirurg 113, 951-956 (2010)
- [84] STEINL A, Schuh G: Spätergebnisse nach Lendenwirbelfraktur mit konservativer Behandlung nach Lorenz Böhler. Unfallchirurg 95, 439-444 (1992)
- [85] STOLTZE D, Harms J: Kombinierte Stabilisationsverfahren an der thorakolumbalen Wirbelsäule. Osteosynthese International 6, 157-172 (1998)
- [86] SWATOCH P, Maurer F: Milzverletzung als Komplikation der thorakoskopisch assistierten ventralen Stabilisierung von thorakolumbalen Wirbelkörperfrakturen - 2 Fallberichte, Z Orthop Unfall. 150, 389-91 2012

- [87] S3-LEITLINIE Polytrauma und Schwerverletztenbehandlung , Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie 7/2011
- [88] THOMANN K-D, Grosser V, Rauschmann M: Begutachtung von Wirbelsäulenverletzungen, Orthopäde 39, 312-328 (2010)
- [89] VAHLIDIEK M, Gossé F, Panjabi MM: Stabilität ventraler, dorsaler und kombinierter Spondylodesen beim Wirbelkörperersatz, Orthopäde 31, 508-513 (2002)
- [90] VERHEYDEN AP, Katscher S, Gonschorek O, Lill H, Josten C: Endoskopisch assistierte Rekonstruktion der thorakolumbalen Wirbelsäule in Bauchlage. Unfallchirurg 105, 873-880 (2002)
- [91] VERLAAN JJ, Diekerhof CH, Buskens E, van der Tweel I, Verbout A, Dhert WJA, Oner FC: 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 (2004)
- [92] VIEWEG U, Sölch O, Kalaff R: Wirbelkörperersatzsystem Synex bei instabilen Berstungsfrakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule – eine retrospektive Studie bei 30 Patienten. Zentralbl Neurochir 64, 58-64 (2003)
- [93] WATERS RL, Adkins RH, Yakura JS: Definition of complete spinal cord injury, Paraplegia 9, 573-81 (1991)
- [94] WÄLCHLI B, Heini P, Berlemann U: Korrekturverlust nach dorsaler Stabilisierung von Berstungsfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. Unfallchirurg 104, 742-747 (2001)
- [95] WHITE AA, Panjabi MM: Clinical Biomechanic of the spine. 2nd ed. Philadelphia: JB Lippincott Co.1990
- [96] WHITESIDES TE: Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. Clin Orthop 128, 78-92 (1977)
- [97] WIRTH C J, Mutschler W, Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie, 2.Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart, 2008
- [98] WIPPERMANN BW, Schrott H-E, Steeg S, Tscherne H: Komplikationen der Spanentnahme am Beckenkamm. Eine retrospektive Analyse von 1191 Fällen. Chirurg 68, 1286-1291 (1997)
- [99] ZETTL RP, Ruchholtz S, Lewan U, Waydhas C, Nast-Kolb D: Lebensqualität polytraumatisierter Patienten 2 Jahre nach Unfall, Notfall und Rettungsmedizin 7, 547-553 (2004)

7 Anhang:

7.1 Patientendaten:

Pat. Nr.	Alter am Unfalltag/ Geschlecht	Fx Lokalisation	Fx Typ	KW präoperativ	mGDW präoperativ	Cage/ Span	Versorgung einzeitig/ zweizeitig
1	53 / m	BWK 11	A 2.3	15°	16°	Cage	2
2	63 / w	BWK 12	A 3.3	9°	13°	Cage	2
3	35 / w	LWK 1	A 3.1	14°	20°	Span1	2
4	57 / m	LWK 1	C 2	12°	14°	Cage	2
5	34 / m	BWK 10	B 1	19°	27°	Span1	2
6	57 / w	LWK 1	A 3.1	11°	16°	Cage	1
7	58 / w	LWK 1	A 3.1	20°	22°	Span1	2
8	49 / m	LWK 1	A 3.3	17°	20°	Cage	1
9	42 / w	BWK 12	A 2.3	20°	16°	Cage	2
10	23 / w	LWK 2	A 3.3	11°	10°	Cage	2
11	49 / m	BWK 11/12	A 3.1	17°	20°	Cage	2
12	49 / w	LWK 1	A 3.1	17°	19°	Span2	2
13	28 / m	BWK 12	A 3.1	17°	16°	Span1	2
14	36 / w	LWK 1	A 3.1	11°	14°	Span1	2
15	55 / m	BWK 12	A 3.3	12°	18°	Cage	2
16	64 / m	LWK 1	A 2.3	9°	11°	Cage	2
17	46 / m	BWK 12	A 3.1	6°	7°	Span1	2
18	28 / m	LWK 1	A 3.3	21°	20°	Span1	2
19	45 / w	BWK 12	A 2.3	15°	20°	Cage	1
20	22 / w	LWK 2	B 2	12°	10°	Cage	2
21	43 / m	BWK 12	A 3.1	19°	21°	Span2	2
22	37 / m	LWK 1 / BWK 12	B 2.2	17°	15°	Span1	2
23	62 / m	LWK 1	A 3.3	13°	22°	Cage	2
24	44 / w	LWK 1	A 3.3	14°	30°	Cage	1
25	32 / m	LWK 1	A 3.1	13°	14°	Span1	1
26	47 / m	LWK 1	A 2.3	21°	20°	Cage	1
27	34 / w	LWK 1	A 3.1	11°	9°	Span2	2
28	52 / m	LWK 1	A 1.2	16°	9°	Span1	1
29	45 / m	BWK 12	A 3.1	16°	17°	Span1	2
30	22 / w	LWK 1	A 3.1	15°	12°	Span2	1

7.2 Erklärung an Eides Statt

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig, ohne fremde Hilfe und ohne Nutzung anderer Quellen und Hilfsmittel als die angegebenen angefertigt habe.

Alle benutzten Quellen und von anderen Personen übernommenes Material wurden als solches gekennzeichnet.

Ich versichere, dass die vorgelegte Arbeit weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer Prüfungsbehörde zum Zwecke einer Promotion vorgelegt oder ein Zulassungsantrag gestellt wurde.

Darüber hinaus erkläre ich, mich keinem anderen Promotionsverfahren unterzogen zu haben.

Hannover, den 27.01.2013

Florian Hahner

8 Danksagung

Prof. Dr. med. Christian Jürgens für die Überlassung des Themas.

Meinem Chef Prof. Dr. med. Helmut Lill für seine Unterstützung und Vertrauen an seiner Klinik die Untersuchungen durchführen zu dürfen.

Priv.-Doz. Dr. med. Christine Voigt für die Betreuung dieser Arbeit und Hilfestellung.

Dr. med. Axel Partenheimer, ohne den diese Arbeit nicht zu Stande gekommen wäre.

Meiner Frau Dr. med. Anne Hahner und unseren Söhnen Karl und Hugo für ihre Geduld.

Nicht zuletzt meinen Eltern, Angelika und Heribert Hahner, die mich schon immer unterstützt haben und denen ich alles verdanke.

9 Lebenslauf

Angaben zur Person:

Name: Florian Erich Hahner
 Geburtsdatum: 07.02.1979
 Geburtsort: Fulda



Schulischer Werdegang:

1985-1989 Grundschule Eichenzell
 1989-1995 Freiherr-vom-Stein Gymnasium Fulda
 1995-1998 Marianum Fulda

Universitätsausbildung:

1999-2005 Studium der Humanmedizin an der MH-Hannover
 11/2005 Approbation als Arzt

Facharztweiterbildung:

02/2006-12/2006 Orthopädie im Annastift Hannover
 Chefarzt PD Dr. med. F. Gossé

01/2007-12/2008 Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
 Chefarzt Prof. Dr. med. H. Lill im Friederikenstift Hannover

01/2009–7/2009 Orthopädie im Annastift Hannover
 Chefarzt PD Dr. med. F. Gossé

08/2009–12/2009 Kinderorthopädie im Annastift Hannover
 Chefarzt Dr. med. Herold

01/2010-06/2012 Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
 Chefarzt Prof. Dr. med. H. Lill im Friederikenstift Hannover

03/2012 Facharztprüfung zum Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie

Seit 07/2012 Oberarzt der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
 Abt. des berufsgenossenschaftlichen Unfallkrankenhauses Hamburg
 im Diakoniekrankenhaus Friederikenstift Hannover
 Chefarzt Prof. Dr. med. H. Lill

27.01.2013

Florian Hahner