

Aus der Abteilung Unfallchirurgie,
Plastische und Wiederherstellungschirurgie
(Prof. Dr. med. K. M. Stürmer)
im Zentrum Chirurgie
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Versorgungsstrategien von Wirbelfrakturen des thorakolumbalen
Übergangs

Grenzen der alleinigen dorsalen Stabilisierung

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von
Daniela Susanne Baum
aus
Kassel

Göttingen 2009

Dekan: Prof. Dr. med. C. Frömmel

I. Berichterstatter: PD. Dr. med. K. H. Frosch

II. Berichterstatter/in:

III. Berichterstatter/in:

Tag der mündlichen Prüfung:

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	V
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
1 Einleitung.....	1
1.1 Anatomie der Wirbelsäule.....	1
1.2 Frakturgefährdung des thorakolumbalen Übergangs.....	2
1.3 Diagnostik bei Wirbelsäulenverletzungen.....	4
1.4 Frakturklassifikation.....	5
1.5 Behandlungsstrategien von thorakolumbalen Frakturen.....	8
1.6 Zielsetzung der Arbeit.....	11
2 Material und Methoden.....	14
2.1 Auswahl des Patientenkollektivs	14
2.2 Klinische Evaluation der Patientendaten.....	14
2.3 Körperliche Nachuntersuchung.....	15
2.4 Erhebung der radiologischen Daten	18
2.5 Operationsmethoden	21
2.5.1 Dorsale Vorgehensweise.....	21
2.5.1.1 Operative Therapie bei isolierter dorsaler Instrumentierung.....	21
2.5.1.2 Fixateur interne Implantation.....	22
2.5.1.3 Transpedikuläre und dorsale Spongiosaplastik.....	23
2.5.1.4 Hemi- und Laminektomie	24
2.5.2 Operationsprinzip der kombinierten dorso-ventralen Vorgehensweise	24
2.5.2.1 Transthorakale ventrale Stabilisierung-laterale Thorakotomie.....	25
2.5.2.2 Retroperitoneale ventrale Stabilisierung.....	25
2.6 Statistische Auswertung.....	26

3	Ergebnisse.....	27
3.1	<i>Deskriptive Auswertung der Daten.....</i>	27
3.1.1	Patientenkollektiv	27
3.1.2	Art und Lokalisation der Wirbelsäulenverletzungen.....	28
3.1.3	Operative Versorgung der Unfallopfer	30
3.1.4	Postoperativer Verlauf	31
3.1.5	Neurologischer Befund	32
3.1.6	Verlauf der Rehabilitation.....	34
3.1.7	Erhebungen zur Freizeitaktivität und Rückenfunktion.....	35
3.1.8	Klinische Nachuntersuchung.....	37
3.1.9	Visuell-Analog-Skala.....	40
3.1.10	Radiologische Ergebnisse.....	42
3.2	<i>Einflüsse radiologischer Parameter auf das operative Ergebnis.....</i>	46
3.2.1	Einfluss der Frakturlokalisierung auf die Grund-Deckplatten-Winkel und den Sagittalen Index.....	46
3.2.2	Einfluss der Operationsmethode auf die radiologischen Parameter	47
3.2.3	Einflüsse radiologischer Parameter auf subjektive Angaben.....	50
3.3	<i>Einflüsse der Frakturklassifikation.....</i>	51
3.4	<i>Einflüsse auf die Zufriedenheit der Patienten</i>	52
4	Diskussion.....	55
4.1	<i>Ziel der Studie.....</i>	55
4.2	<i>Laminektomie.....</i>	55
4.3	<i>Lokalisation LWK-1.....</i>	57
4.4	<i>Rolle der Intervertebralräume</i>	59
4.5	<i>Zufriedenheit der Patienten mit dem Behandlungsergebnis.....</i>	62
5	Fazit.....	66
6	Zusammenfassung.....	67
7	Literaturverzeichnis.....	70
	Anhang: Formulare, Fragebogen.....	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anatomie der Wirbelsäule (Abbildung: MedizInfo Rücken 2008; mit freundlicher Genehmigung von MedizInfo)	2
Abbildung 2: Abschnitte und Übergangsregionen der Wirbelsäule (Abbildung: Niedhard und Pfeil 2003, S. 326; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages).....	4
Abbildung 3: Einteilung der thorakolumbalen Wirbelfrakturen nach Magerl (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 438; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages).....	5
Abbildung 4: A1-Impaktionsverletzungen (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 439; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)	6
Abbildung 5: A2-Spaltfrakturen (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 439; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages).....	6
Abbildung 6: Berstungsfrakturen (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 441; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages).....	7
Abbildung 7: Tests zur Beurteilung der Wirbelsäulenfunktion: FBA, Ott- und Schober Zeichen (Abbildung: MedizInfo Rücken 2008; mit freundlicher Genehmigung von MedizInfo)	17
Abbildung 8: Vermessung der konventionellen Röntgenbilder, seitliche Projektion (Abbildung: Knop et al. 2000, S.1035; mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages).....	19
Abbildung 9 :Bestimmung der Intervertebrälräume in seitlicher Projektion, manuelle Messung an drei Stellen (ventral, medial, dorsal).....	20
Abbildung 10: Verlauf der Pedikel in der BWS und LWS (Abbildung: Eggers und Stahlenbrecher 1997, S. 273; mit freundlicher Genehmigung des Schattauer Verlages).....	22
Abbildung 11: Altersverteilung der Patienten nach Lebensjahrzehnten (N=55).....	27
Abbildung 12: Vorerkrankungen im Patientenkollektiv	28
Abbildung 13: Lokalisation der Wirbelkörperfrakturen.....	28
Abbildung 14: Verteilung der Verletzungsmuster nach Magerl (1994)	29
Abbildung 15: Kategorisierte Dauer bis zur operativen Versorgung der Patienten	30
Abbildung 16: Lokalisation der operativen Instrumentierung.....	31
Abbildung 17: Neurologischer Status am Aufnahmetag.....	32
Abbildung 18: Einteilung der Spinalkanalweite	33
Abbildung 19: Erhebung des neurologischen Status der Patienten nach der Metallentfernung.....	33
Abbildung 20: Berufliche Integration zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	35
Abbildung 21: Freizeitverhalten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....	36

Abbildung 22: Rückenfunktion zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	36
Abbildung 23: Auswertungsergebnisse des Gangbildes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	37
Abbildung 24: Muskelprofil zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.....	38
Abbildung 25: Sensibilitätsstörungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	38
Abbildung 26: Wirbelsäulenskala gegliedert nach verschiedenen Alltagstätigkeiten, vor dem Unfall und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	41
Abbildung 27: Zufriedenheit der Patienten mit dem Operations- und Behandlungsergebnis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	42
Abbildung 28: Zeitlicher Verlauf der Grunddeckplattenwinkel (GDW1, GDW2, GDW1 bisegmental und GDW2 bisegmental)	43
Abbildung 29: Abhängigkeit des GDW1 von der Frakturlokalisierung	46
Abbildung 30: Abhängigkeit des SI von der Frakturlokalisierung.....	47
Abbildung 31: Abhängigkeit des sekundären Korrekturverlustes am Bsp. von GDW1 bei der Laminektomie.....	48
Abbildung 32: Abhängigkeit des sekundären Korrekturverlustes von den verschiedenen Operationsmethoden am Bsp. von GDW2.....	48
Abbildung 33: Zeitlicher Verlauf des sekundären Korrekturverlustes der verschiedenen Operationsmethoden anhand von GDW2.....	49
Abbildung 34: Abhängigkeit der Bandscheibenzwischenraumhöhe von der Laminektomie	50
Abbildung 35: Abhängigkeit der Rückenfunktion vom GDW1 bisegmental	51
Abbildung 36: Zusammenhang zwischen dem FBA und der Zufriedenheit	52
Abbildung 37: Zusammenhang des Rotationsausmaßes mit der Zufriedenheit.....	53
Abbildung 38: Zusammenhang zwischen den Differenzen aus der VAS und der Zufriedenheit	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zeitlicher Verlauf der Bandscheibenraumhöhe kaudal der Fraktur	44
Tabelle 2: Zeitlicher Verlauf der Bandscheibenraumhöhe kranial der Fraktur	44
Tabelle 3: Korrekturverlust der Bandscheibenzwischenräume (Differenz operative Versorgung- z.Z. nach der Metallentfernung).....	45

Abkürzungsverzeichnis

AG Wirbelsäule	Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
Ap	anterior- posterior
BWK	Brustwirbelkörper
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
FBA	Finger-Boden-Abstand
GDW	Grund-Deckplatten-Winkel
HWK	Halswirbelkörper
ICPM	International Classification of Procedures in Medicine
LWK	Lendenwirbelkörper
OP	Operation
SI	Sagittaler Index
Staw	Standardabweichung
SV	Sagitalverschiebung
VAS	Visuell-Analog-Skala

1 Einleitung

1.1 Anatomie der Wirbelsäule

Niedhard und Pfeil (2003) beschreiben die Wirbelsäule als das zentrale Stützorgan, welche die knöchernen Mitte unseres Körpers bildet.

Die Wirbelsäule ist die Basis für Gliedmaßenbewegungen, verbindet die Extremitäten und stabilisiert unseren Kopf. Sie vereint Stabilität durch die Wirbelkörper und Mobilität durch die Bandscheiben.

Die Wirbelsäule umgibt wie eine schützende Hülle das Rückenmark und spielt damit auch indirekt bei der Übermittlung von Reizen und Nervenimpulsen eine große Rolle. Sie lässt sich in vier Abschnitte untergliedern (Halswirbelsäule, Brustwirbelsäule, Lendenwirbelsäule und Kreuzbein) (s. Abb. 1). Die Halswirbel- und Lendenwirbelsäule haben physiologisch eine lordotische Schwingung, wohingegen die Brustwirbelsäule eine Kyphose aufweist. Die stabilen Wirbelkörper und die elastischen Bandscheiben bilden eine Einheit. Die Bandscheiben haben eine sogenannte „Pufferfunktion“ zwischen den Wirbelkörpern und erlauben ein limitiertes Bewegungsausmaß in alle Richtungen. Im Zentrum der Bandscheibe liegt der Nucleus pulposus, der von einem Faserring, dem sogenannten Anulus fibrosus, umgeben ist.

Zwei Wirbelkörper mit der dazugehörigen Bandscheibe und den in den Zwischenwirbellöchern austretenden Nervenwurzeln bilden ein Bewegungssegment. Insgesamt weist die Wirbelsäule 25 Bewegungssegmente auf. Das Wirbelsegment setzt sich aus den Facettengelenken der Wirbelsäule und den elastischen Bandscheiben zusammen.

Die Wirbelkörper und die Bandscheiben bilden den ventralen Abschnitt der Wirbelsäule. Dorsal sind die Wirbelkörper durch die kleinen Wirbelgelenke paarig verbunden. Durch die unterschiedliche Anordnung der kleinen Wirbelgelenke in verschiedenen Bewegungsebenen kommt es zu unterschiedlichen Bewegungsausmaßen in den einzelnen Wirbelsäulenabschnitten. Die größte Beweglichkeit findet sich im Bereich der kranialen Halswirbelsäule und der kaudalen Lendenwirbelsäule (Niedhard und Pfeil 2003).

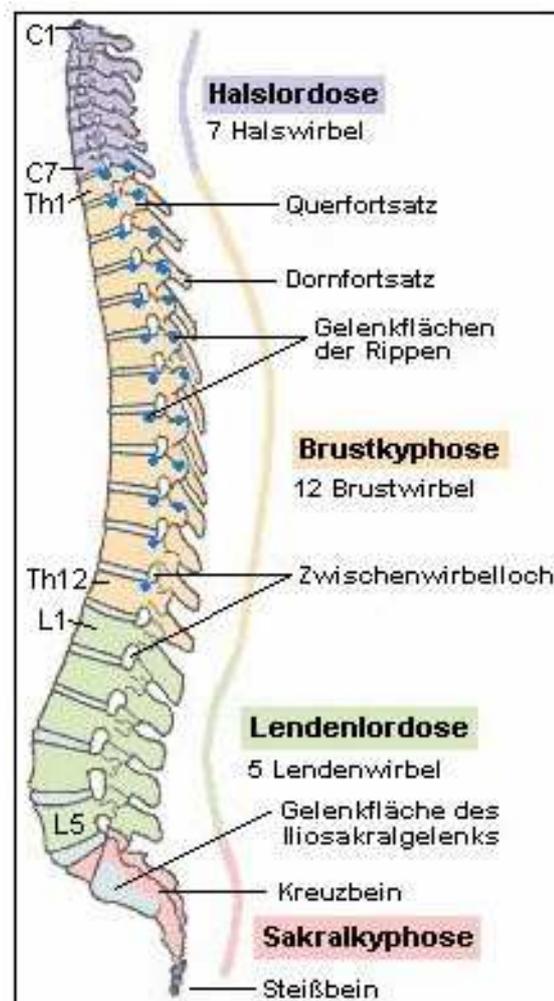


Abbildung 1: Anatomie der Wirbelsäule
(Abbildung: MedizInfo Rücken 2008; mit freundlicher Genehmigung von Mediz Info)

1.2 Frakturgefährdung des thorakolumbalen Übergangs

Erkrankungen der Wirbelsäule gehen häufig mit Formveränderungen oder Funktionsstörungen einher. Als Ursache kommen Wachstumsstörungen, Entzündungen, Tumore, Degeneration und Trauma in Betracht.

Eine Verletzung der Wirbelsäule stellt in der Regel eine massive Bedrohung für das Leben und die Lebensqualität der Patienten dar (Müller et al. 2008). Neben gesundheitlichen Problemen sind auch die wirtschaftlichen Folgekosten beträchtlich (Kaltenböck 2004; Statistisches Bundesamt 2006). Beschwerden des Muskel- und Skelettsystems gehören zu den kostenintensivsten Erkrankungen in Deutschland. Ihre Kosten rangieren unter allen Krankheitsgruppen an dritter Stelle (Statistisches Bundesamt 2006). Im Jahr 2002 wurden in Deutschland ca. 8,4 Milliarden Euro für Erkrankungen der Wirbelsäule und des Rückens

ausgegeben. Sie verursachen die meisten Arbeitsunfähigkeitstage und sind bei Männern der häufigste Grund für eine gesundheitlich bedingte Frühberentung (Statistisches Bundesamt 2006). Eine Fraktur der Wirbelsäule (ohne Angabe der Lokalisation) betraf im Jahr 2003 ca. 2.631 Einwohner in Deutschland (Statistisches Bundesamt 2006). Breschinski et al. (1994) schätzen, dass ca. 4.000 Wirbelsäulenverletzungen pro Jahr in Deutschland behandelt werden müssen. Josten et al. (2005) gehen sogar von bis zu 8.000 Fällen (pro Jahr) mit Brust- und Lendenwirbelsäulenverletzungen aus.

Thorakolumbale Wirbelsäulenverletzungen reichen vom elften Brustwirbelkörper (BWK-11) bis zum zweiten Lendenwirbelkörper (LWK-2) (s. Abb. 2). Bei dem thorakolumbalen Übergangsbereich handelt es sich nicht um eine fixe anatomische Nomenklatur; so kann die Einteilung der Autoren nachfolgend zitierter Literaturquellen mitunter differieren.

Der thorakolumbale Bereich ist durch seine anatomische Beschaffenheit, d.h. durch den Übergang der starren BWS Kyphose in die flexible LWS Lordose und die einwirkenden Kräfte sehr vulnerabel und damit äußerst frakturgefährdet (Klawunde 2007). Diese Vulnerabilität ist laut Glazier et al. (1984) auf die Kräftekonzentration im thorakolumbalen Übergang bei Hochrasanztraumen zurückzuführen. Laut Kesting (1998) ist der thorakolumbale Übergang besonders durch den abrupten Wechsel zwischen den Bewegungsumfängen und -richtungen beeinträchtigt und frakturanfällig. Ca. 50 % aller Wirbelsäulenverletzungen sind in diesem Bereich lokalisiert (Kesting 1998). Würde man anhand dieser Prozentangaben einen Rückschluss auf die absolute Anzahl der Frakturen im thorakolumbalen Übergang ziehen, so würde das bedeuten, dass im Jahr 2003 ca. 1.300 Verletzungen (von insgesamt 2.631 Wirbelsäulenverletzungen) im thorakolumbalen Übergang lokalisiert waren (Statistisches Bundesamt 2006).

Knop et al. (1999b) sowie Maier und Marzi (2008) gehen sogar davon aus, dass 70 bis 80 % der Wirbelsäulenverletzungen im thorakolumbalen Übergang zu finden sind. Der erste Lendenwirbelkörper ist in ca. 50 % der Fälle betroffen (Knop et al. 1999b). Er befindet sich in einer Intermediärzone und zeigt weder eine ausgeprägt lordotische noch kyphotische Stellung (Katscher et al. 2003). Der zwölfte Brustwirbelkörper und der zweite Lendenwirbelkörper liegen zu ca. 25 % der Fälle ebenfalls in dieser Frakturzone.

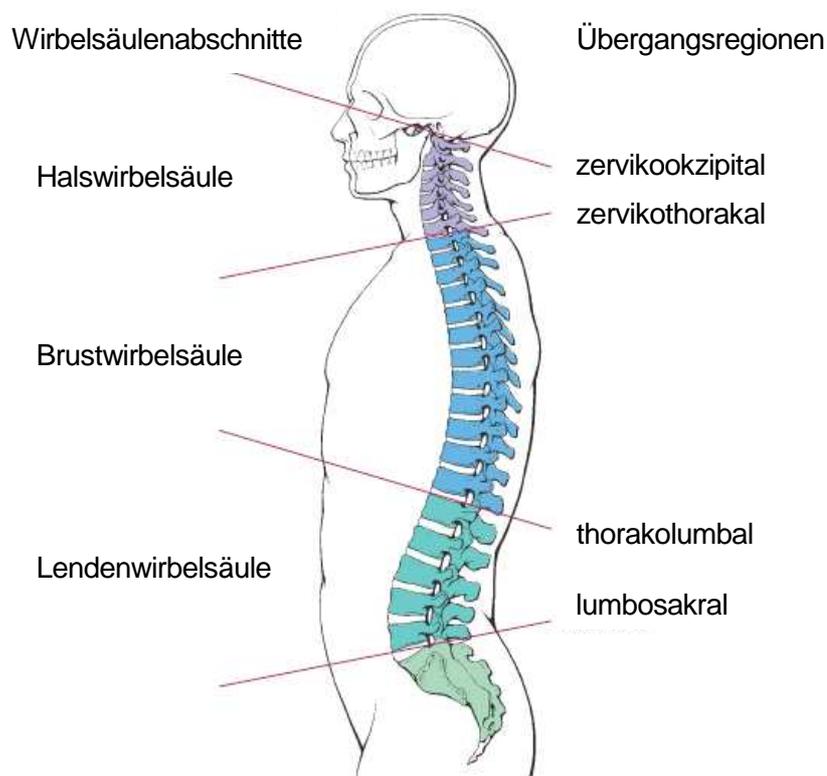


Abbildung 2: Abschnitte und Übergangsregionen der Wirbelsäule (Abbildung: Niedhard und Pfeil 2003, S. 326; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)

1.3 Diagnostik bei Wirbelsäulenverletzungen

Eine klinische Untersuchung und die Anamnese können in den seltensten Fällen eine Wirbelsäulenfraktur exakt diagnostizieren (Müller et al. 2008). Deshalb ist man auf eine Bildgebung angewiesen (Müller et al. 2008). Konventionelle Röntgenaufnahmen sind nach wie vor eine wichtige Standarddiagnostik und stellen das primäre Instrument bei einem Verdacht auf eine Wirbelsäulenfraktur dar (Buitrago-Tellez et al. 1996). Man erhält durch diese apparativ einfache, schnelle und kostengünstige Diagnostikmaßnahme einen Eindruck über die knöchernen Strukturen in der frontalen und sagittalen Ebene (Murphey et al. 1989). Der Radiologe kann somit nicht nur die Fraktur feststellen oder ausschließen, sondern bekommt zugleich auch eine Aussage über die Stabilität oder Instabilität der Verletzung, im weiteren Verlauf Informationen über das Therapieergebnis bzw. den postoperativen Heilungsverlauf (Buitrago-Tellez et al. 1996). Ebenfalls gehört zur radiologischen Standarddiagnostik eine Computertomographie der verletzten Wirbelsäule, die eine genaue Analyse der Frakturzone ermöglicht (Eggers und Stahlenbrecher 1998). Rieger et al. (2006) vertreten die Meinung, dass Patien-

ten mit einer hohen oder mittleren Verletzungswahrscheinlichkeit von vornherein eine computertomographische Diagnostik erhalten sollten. Verunfallte mit einer geringen Verletzungswahrscheinlichkeit könnten wie bereits oben beschrieben eine konventionelle Röntgenaufnahme im ap Strahlengang erhalten (Rieger et al. 2006).

Verletzungen des Rückenmarks, der Bandscheiben oder anderer Weichteilstrukturen können durch weitere bildgebende Verfahren wie die Kernspintomographie diagnostiziert werden (Eggers und Stahlenbrecher 1998).

1.4 Frakturklassifikation

Magerl (1994) entwickelte eine Klassifikation für Wirbelsäulenfrakturen, die pathomorphologische und prognostische Gesichtspunkte sowie die Art des Unfallgeschehens berücksichtigt.

Diese Einteilung beruft sich auf die von Whitesides (1977) entworfene sog. „Zwei-Säulen-Theorie“ (1977) und das weiterentwickelte „Drei-Säulen-Modell“ von Denis (1983).

Das sog. „Zwei-Säulen-Modell“ von Whitesides (1977) besteht aus einer stabilen vorderen Säule (Wirbelkörper und Bandscheibe) und einer zugfesten hinteren Säule (Ligamente und hintere Wirbelbögenanteile). Die ventrale Säule ist dabei vor allem Druck- und Kompressionskräften ausgesetzt, die dorsale Säule vor allem Zugbelastungen.

Die AO-Klassifikation von Magerl (1994) basiert auf dem eben beschriebenen „Zwei-Säulen Konzept“ von Whitesides (1977) und ist die in Europa am meisten angewendete klinische Frakturklassifikation bei Wirbelkörperfrakturen (Klawunde 2007). Auf die anatomischen Strukturen können laut Magerl (1994) verschiedene Mechanismen (Kompression, Distraction und Rotation) einwirken, denen alphabetisch ein Buchstabe zugeordnet wird (s. Abb. 3).

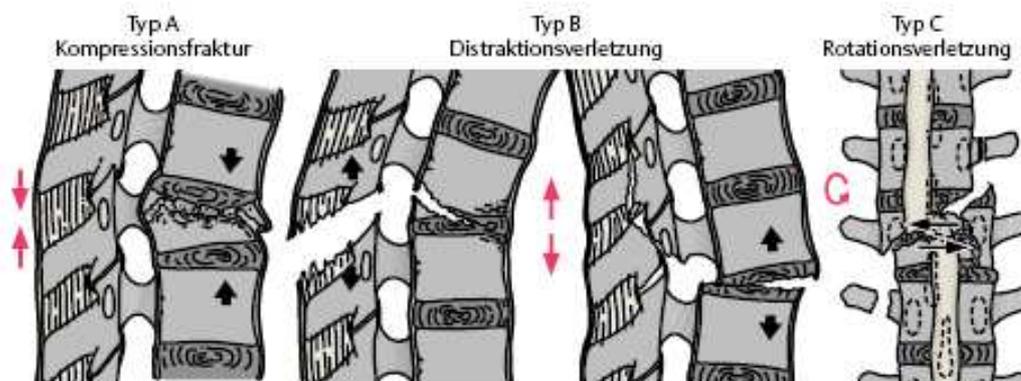


Abbildung 3: Einteilung der thorakolumbalen Wirbelfrakturen nach Magerl (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 438; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)

Die Schwere und damit auch die Instabilität der Wirbelsäulenfraktur nehmen in Anlehnung an die AO-Klassifikation für Frakturen von A bis C und innerhalb der Untergruppen (1-3) hierarchisch (in Bezug zur Verletzungsschwere) zu. Die AO-Klassifikation von Magerl (1994) ist Grundlage für diese Arbeit. Der Fokus dieser Arbeit liegt auf den Typ-A-Kompressionsverletzungen, da dieser Frakturtyp bei Frakturen des thorakolumbalen Übergangs am häufigsten auftritt. Knop et al. (1997) konnten in ihrer Studie über Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule zeigen, dass in ca. 60% der Fälle eine Typ-A-Verletzung vorlag.

Typ A: Kompressionsverletzungen:

Diese sind durch axiale Gewalteinwirkung im Sinne einer Kompression mit vornehmlicher Schädigung des Wirbelkörpers gekennzeichnet, wobei die dorsale Säule intakt bleibt. Verletzungen der vorderen Säule können grob in Impaktions- (A1), Spalt- (A2) und Berstungsbrüchen (A3) eingeteilt werden.

A1: Impaktionsverletzungen

A1-Frakturen stellen mit ca. 35% die häufigste Wirbelsäulenverletzung dar (Gonschorek und Bühren, 2006). Kennzeichen sind eine intakte Hinterkante und meist nur geringfügige Keilwirbelbildung.

A1.1: Deckplattenimpaktion

A1.2: Keilfraktur

A1.3: Wirbelkörperimpaktion

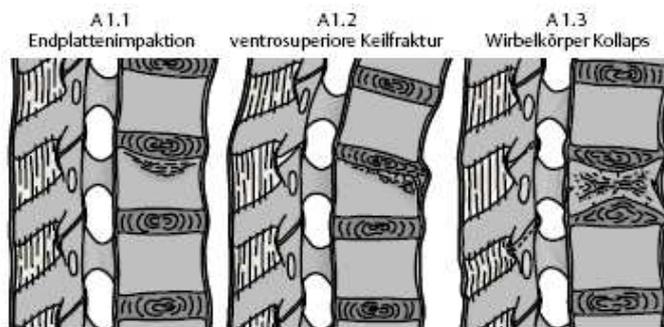


Abbildung 4: A1-Impaktionsverletzungen (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 439; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)

A2: Spaltfrakturen

Dieser Frakturtyp zeigt eine Spaltbildung in sagittaler und frontaler Richtung. Bei der Kneifzangenfraktur wirken die benachbarten Wirbelkörper, wie der Name bereits sagt, wie eine Kneifzange und zerstören die Bandscheibe sowie die Grund- und Deckplatte des frakturierten Wirbelkörpers.

A2.1: sagittale Spaltfraktur

A2.2: frontale Spaltfraktur

A2.3: Kneifzangenfraktur

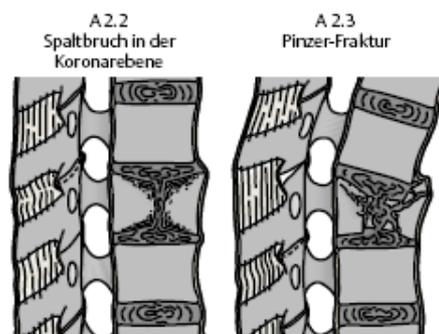
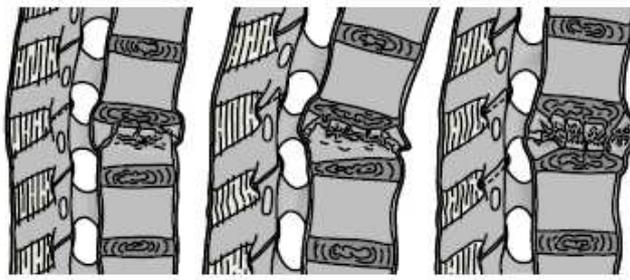


Abbildung 5: A2-Spaltfrakturen (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 439; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)

<p>A3: Berstungsfrakturen</p> <p>Bei diesem Typ wird der Wirbelkörper entweder komplett oder unvollständig zerstört, die Hinterkante ist ebenfalls betroffen.</p> <p>A3.1: unvollständige Berstungsfraktur</p> <p>A3.2: Berstungsspaltfraktur</p> <p>A3.3: vollständige Berstungsfraktur</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div data-bbox="758 380 981 448"> <p>A 3.1.1 unvollständige Berstungsfraktur mit Hinterkantenfragment</p> </div> <div data-bbox="1029 380 1157 448"> <p>A 3.2.1 sagittaler Berstungsbruch</p> </div> <div data-bbox="1236 380 1364 448"> <p>A 3.3.3 vollständiger Berstungsbruch</p> </div> </div>  <p style="text-align: right; font-size: small;">Im a.-p. Röntgenbild erscheint die Distanz zwischen den Bogenwurzeln erweitert.</p> <p>Abbildung 6: Berstungsfrakturen (Abbildung: Eysel und Fürderer 2004, S. 441; mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)</p>
--	---

<p>Typ B: Distractionsverletzungen</p> <p>Verletzungen betreffen meist das mittlere und hintere Wirbelsegment und ihr biomechanischer Pathomechanismus beruht auf einer Kombination aus einer Flexions- und Distractionsbewegung oder einer Hyperextensionsbewegung.</p>
<p>B1: Dorsale Zerreißung der Gelenke/ Fortsätze, Flexionsdistraction</p> <p>B1.1: Flexionsdistraction, diskoligamentäre Instabilität</p> <p>B1.2: Flexionsdistraction mit Wirbelkörperkompression</p>
<p>B2: Dorsale Zerreißung durch den Wirbelbogen, Flexionsdistraction</p> <p>B2.1: Chance-Fraktur</p> <p>B2.2: Flexionsspondylolyse mit Bandscheibenzerreißung</p> <p>B2.3: Flexionsspondylolyse mit Wirbelkörperkompression</p>
<p>B3: Ventrale Zerreißung durch die Bandscheibe, Hyperextension-Scherbruch</p> <p>B3.1: Hyperextensionssubluxation</p> <p>B3.2: Hyperextensionsspondylodese</p> <p>B3.3: Hintere Luxation</p>

Typ C: Rotationsverletzungen:

Verletzungen stellen eine Kombination aus Flexion oder Kompressionseinwirkung mit rotatorischer Komponente dar und betreffen die vorderen und hinteren Elemente. Sie gehen einher mit ein- oder beidseitigen Wirbelgelenkabbrüchen, translatorischen Luxationen und meist neurologischen Defiziten.

C1: mit Wirbelkörperkompression**C1.1:** Rotations-Keilbruch**C1.2:** Rotationsspaltbruch**C1.3:** Rotations-Berstungsbruch**C2:** mit Distraction**C2.1:** Rotationsverletzung mit Flexionsdistraction durch Gelenke/Fortsätze**C2.2:** Rotationsverletzung Chance-Fraktur**C2.3:** Rotationsverletzung mit Hyperextensions-Scherverletzung**C3:** Rotations-Scherbruch**C3.1:** Slice-Fraktur**C3.2:** Rotations-Schrägbruch

1.5 Behandlungsstrategien von thorakolumbalen Frakturen

Die Versorgung thorakolumbalen Frakturen wird nach wie vor kontrovers diskutiert (Knop et al. 2000; Reinhold et al. 2009). Als mögliche Behandlungsoptionen stehen ein rein konservatives Vorgehen und die operative Versorgung mit verschiedenen Therapieansätzen und Operationsverfahren zur Verfügung. Auf die spezifische Beschreibung der einzelnen operativen Vorgehensweisen wird im Material und Methodenteil Kapitel 2.5 näher eingegangen.

Bereits Ende des 19. Jahrhunderts fanden erste Wirbelsäulenfusionen statt. Zu Beginn war die Wirbelsäulentuberkulose eine Hauptindikation (Hadra 1891). Später operierte man auch Deformitäten wie Skoliosen und Kyphosen. Schließlich wurden die Indikationen zur operativen Wirbelsäulenversteifung auch auf degenerative, iatrogene und postoperative Instabilitäten wie auch Wirbelsäulenverletzungen ausgedehnt (Kaneda 1991; Hanakita et al. 1992; Hamilton und Webb 1994).

Operativ kann eine thorakolumbale Wirbelfraktur von rein dorsal, von kombiniert dorsoventral oder rein ventral versorgt werden (Knop et al. 1997). Das isolierte ventrale operative

Vorgehen spielt bei Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs eine untergeordnete Rolle (Reinhold et al. 2009), sodass darauf in dieser Studie nicht näher eingegangen wird.

Ein sogenannter Standard bei der Behandlung von thorakolumbalen Wirbelfrakturen existiert nicht (Blauth 1998; Knop et al. 1999b; Josten et al. 2005; Reinhold et al. 2009).

Woran der Erfolg der operativen Versorgung gemessen werden kann, ist fraglich. Zum einen kann anhand von objektiven radiologischen Parametern wie sagittalen Röntgenbildern der Korrekturverlust zwischen den Wirbelkörpern zu verschiedenen Zeitpunkten bestimmt werden, zum anderen können objektive Angaben zur postoperativen Rückenfunktion oder Angaben der Visuell-Analog-Skala (VAS) herangezogen werden, um das klinische und funktionelle Outcome der Patienten feststellen zu können (Wälchli et al. 2001; Briem et al. 2003; Briem et al. 2004). Eine Studie von Briem et al. (2003) unterstreicht diesen Sachverhalt, dass kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen radiologischen Ergebnissen und Parameter für die Lebensqualität hergestellt werden konnte, insbesondere fand sich keine signifikante Korrelation zwischen Schmerzen und dem Korrekturverlust (Freidel et al. 2002; Kraemer et al. 1996).

Einige Autoren betrachten eine rein konservative Therapie bei stabilen A3-Frakturen als Behandlungsoption (Scheiderer und Gruber 2008). Hingegen sehen Gonschorek und Bühren (2006) A3-Frakturen als häufigste operationspflichtige Frakturform an. Maier und Marzi (2005) vertreten den Standpunkt, dass bereits ab einer A3-Fraktur eine „Indikation“ zur operativen Stabilisierung vorliegt, die kombiniert dorso-ventral vorzunehmen ist.

Eine alleinige dorsale Stabilisierung des thorakolumbalen Übergangs wird von mehreren Autoren wie Wolter und Kortmann (1992), Gotzen et al. (1995), Aebi (1996) und Stancic et al. (2001) befürwortet. Auch Königs und Böhmer (2000) sehen in der dorsalen Vorgehensweise ein relativ „komplikationsarmes, effektives und etabliertes Stabilisierungsverfahren“. Sie beziehen sich hierbei auf Studien von Kortmann et al. (1987) und Tasdemiroglu und Tibbs (1995), die den Nachweis erbrachten, dass die „Mehrzahl“ der Frakturen im thorakolumbalen Übergang mit der dorsalen Operationsmethode ausreichend stabilisiert werden kann. Das Problem in diesen vorausgegangenen Studien bestand allerdings auch darin, dass das Patientenkollektiv in bisherigen Studien inhomogen war. Diese Inhomogenität zeigte sich darin, dass Frakturen mit einer höheren Klassifikation, d.h. einer größeren unfallbedingten Instabilität, dorsoventral kombiniert operativ versorgt wurden. Bei Patienten mit geringerer unfallbedingter Morbidität wurde die rein dorsale Vorgehensweise angewandt.

Gonschorek und Bühren (2006) entwickelten, basierend auf der AO-Klassifikation von Magerl (1994), erstmals ein Schema für die operativen Differentialindikationen bei Wirbelsäulenverletzungen. Dieses Schema basiert auf den Ergebnissen einer groß angelegten Studie der

AG Wirbelsäule der DGU, (Knop et al. 2000; Knop et al. 2001b), die die „besondere Bedeutung der ventralen Säule“ hervorhebt. Die Autoren favorisieren ab A-2.3- bis A-3.3-Frakturen eine dorsale Reposition und bisegmentale Stabilisierung sowie eine zusätzliche ventrale Stabilisierung.

Bereits 2000 beschrieben Weckbach und Blattert (2000), dass die transpedikulär intra- und interkorporell eingebrachte Spongiosaplastik nach Daniaux (1982) zugunsten des kombinierten dorso-ventralen Vorgehens aufgegeben werden müsse. Ihrer Meinung nach sollten alle Wirbelsäulenverletzungen mit instabiler vorderer Säule mit einem kombinierten Verfahren stabilisiert werden, dabei legen sie sich jedoch nicht explizit fest, ab welcher AO-Klassifikation dieses Verfahren zur Anwendung kommen sollte. Sie betonen außerdem, dass selbst bei der kombinierten Vorgehensweise ein Korrekturverlust nicht unumgänglich ist.

Eine aktuellen Studie über „Wirbelsäulenverletzungen im Sport“ (Merkel et al. 2008) konnte zeigen, dass eine dorso-ventrale Versorgung den geringsten postoperativen Korrekturverlust aufweist, wobei hier noch keine Langzeitergebnisse vorlagen. Auch wenn der Korrekturverlust bei dem kombinierten Verfahren geringer war, gab es hinsichtlich der Rückenfunktion der Patienten, die anhand des VAS klassifiziert wurden, keine signifikanten Unterschiede zwischen dem rein dorsalen und dem kombinierten dorso-ventralen Verfahren (Merkel et al. 2008).

Befürworter (Weckbach und Blattert 2000; Gonschorek und Bühren 2006) des kombinierten Vorgehens heben hervor, dass mittlerweile die Zugangsmorbidität durch endoskopisch-minimalinvasive Techniken reduziert worden sei. Demnach sollten „Reposition und Stabilisierung“ primär von dorsal erfolgen, der ventrale Zugang diene der „druckfesten Rekonstruktion der vorderen Säule“ (Weckbach und Blattert 2000).

Schevtsov und Chudajev (1999) sowie Rusu et al. (2007) unterstreichen, „dass ein großer Anteil der schlechten Ergebnisse bei der operativen Behandlung“ von Wirbelsäulenfrakturen durch „Fehler in der Phase der Behandlungswahl“ verursacht wurden. Eine „exakte präoperative Analyse“ der Wirbelsäulenverletzung sei der Schlüssel für die Auswahl des passenden operativen Vorgehens, sonst käme es „zwangsläufig“ zu Komplikationen (Weckbach und Blattert 2000).

Das Hauptziel bei der Versorgung von Wirbelsäulenfrakturen ist den frakturierten Bereich wieder achsengerecht und voll belastbar herzustellen (Schittig 2000; Kortmann und Schofer 2003).

Als weitere Ziele der operativen Versorgung von thorakolumbalen Frakturen sind folgende Schwerpunkte anzusehen:

1. Reposition und Wiederherstellung der Gesamtstabilität der Wirbelsäule sowie der physiologischen und biomechanischen Bewegungsachsen und anatomischen Strukturen (Gonschorek und Bühren 2006)
2. Entfernung von spinalen und radikulären Kompressionen und Verhinderung einer Progredienz neurologischer Symptome (Gonschorek und Bühren 2006)
3. „Revision von Myelon und Nervenwurzeln“ (Kinzl et al. 1993)
4. Stabilisation durch „kurzstreckige Spondylodese“ (Kinzl et al. 1993), d.h. die „sichere Retention des Repositionsergebnisses“ (Maier und Marzi 2005)
5. Verhinderung des Auftretens einer Lähmung nach freiem Intervall (Humberg und Strube 1996)
6. Schnellstmögliche Rehabilitation und Eingliederung in das Alltagsgeschehen und Berufsleben (Coenen 2003).

Für die Indikationsstellung der operativen Stabilisierung muß neben der Klassifikation der Fraktur und der „Art der knöchernen bzw. ligamentären Verletzung“, der „Grad der Einengung des Spinalkanals“ und des „neurologischen Status“ berücksichtigt werden (Könings und Böhmer 2000). Könings und Böhmer (2000) sind der Meinung, dass sowohl bei älteren als auch bei polytraumatisierten Patienten ein operatives Vorgehen eher von Vorteil sein kann.

Trotzdem sollten laut Darwish (2003) bei den relativen Operationsindikationen folgende Gesichtspunkte nicht außer Acht gelassen werden:

- Alter des Patienten
- Morbidität und Eigenanamnese des Patienten
- Umfang und Vorhandensein von Begleitverletzungen
- Frakturalter.

1.6 Zielsetzung der Arbeit

Laut Gonschorek und Bühren (2006) werden immer noch 80 % der Wirbelsäulenverletzungen konservativ behandelt. Hinsichtlich eines besseren Outcomes der Patienten empfehlen sie, Frakturen im thorakolumbalen Übergang operativ zu stabilisieren.

Die Entwicklung von standardisierten Operationsmethoden bei Wirbelsäulenfrakturen in Abhängigkeit von der AO-Klassifikation, welche die Patienten minimal belasten und optimale

operative Ergebnisse erzielen, sollte auch in Zukunft forciert vorangetrieben werden. Die Wiederherstellung der anatomischen und physiologischen Wirbelsäulenstruktur muss das oberste Ziel sein, um den Patienten eine gute zukunftsorientierte Lebensqualität gewährleisten zu können.

Ein geringer Korrekturverlust des Grund-Decken-Plattenwinkel (GDW) gilt als wichtiger Indikator für eine erfolgreiche Stabilisierung der Wirbelkörper (Knop et al. 2001b). Intention der operativen Eingriffe ist es daher, den Korrekturverlust des Grund-Decken-Plattenwinkel postoperativ auf ein Minimum zu reduzieren, um so den Patienten eine bessere Lebensqualität und die Wiedereingliederung ins Berufsleben zu ermöglichen. Um diesen Korrekturverlust zu reduzieren, wird von einzelnen Autoren ein kombiniertes dorso-ventrales Verfahren bei A3-Frakturen befürwortet (Blauth et al. 1987; Eysel et al. 1991; Knop et al. 1997).

Wie jedoch die Analyse der verfügbaren Studien zum Outcome von Patienten nach Wirbelsäulenoperationen ergab, konnte bisher kein direkter Zusammenhang zwischen dem Korrekturverlust und dem Beschwerdebild des Patienten hergestellt werden.

Das Ziel dieser Studie ist es, auf Grundlage einer Analyse von Patienten mit A3-Frakturen und deren operativer Versorgung, folgende Fragen zu beantworten:

1. Wo liegen die Grenzen einer rein dorsalen operativen Stabilisierung, ab wann sollte man ein kombiniert dorso-ventrales Vorgehen präferieren?
2. Wie groß sind die Auswirkungen durch das primäre Trauma, ist diese Schädigung reparabel?
3. Wie hoch ist der Einfluß bestimmter intraoperativ angewendeter Verfahren auf das spätere Outcome der Patienten?
4. Vor und Nachteile der operativen Versorgung mittels Laminektomie. Schafft man mit einer Laminektomie eine zusätzliche Destabilisierungszone?
5. Welche Rolle spielen die Intervertebrälräume?
6. Hat die Weite der Intervertebrälräume Auswirkungen auf das Outcome bzw. Beschwerdebild der Patienten?
7. Wie sollte eine optimale operative Versorgung aussehen, insbesondere im Hinblick auf die Intervertebrälräume?
8. Stellt die Lokalisation (z.B. LWK-1) eine Indikation zum kombiniert dorso-ventralen Vorgehen dar?
9. Welche radiologischen Parameter haben Einfluß auf das Operationsergebnis?
10. Können anhand der radiologischen Parameter Rückschlüsse auf das operative Vorgehen und das Outcome getroffen werden?

11. Haben Patienten mit geringerem Korrekturverlust ein besseres klinisches Outcome?
12. Sind Patienten mit einem geringeren Korrekturverlust beweglicher und zufriedener mit dem Behandlungsergebnis?
13. Welche Patienten können identifiziert werden, bei denen das rein dorsale Vorgehen nicht ausreicht, ein gutes klinisches Ergebnis zu erzielen?

2 Material und Methoden

2.1 Auswahl des Patientenkollektivs

Im Zeitraum vom Juli 1993 bis Januar 2003 wurden 156 Patienten mit Wirbelsäulenfrakturen der Hauptgruppen Typ-A, Typ-B und Typ-C nach Magerl (1994) in der Unfallchirurgischen Abteilung der Universitätsmedizin Göttingen versorgt. Das Patientenkollektiv wurde sowohl mittels OP-Daten über den ICPM-Schlüssel als auch über OP-Berichte, die in der unfallchirurgischen Abteilung gespeichert waren, ermittelt. Zuerst wurden die Patienten angeschrieben, über das Vorhaben der Studie umfassend aufgeklärt und um ihre Teilnahme gebeten. Das Anschreiben beinhaltete eine Einverständniserklärung zur Analyse der Patientendaten sowie einen kurzen Fragebogen zum weiteren Verlauf der Therapie im Anschluss an die stationäre Behandlung in der Unfallchirurgischen Abteilung der Universitätsmedizin Göttingen (s. Anhang). Für die teilnehmenden Patienten wurde ein Termin zur Nachuntersuchung in der unfallchirurgischen Abteilung der Universitätsmedizin Göttingen vereinbart. Bei der Nachuntersuchung wurden objektive Daten mit Hilfe eines Nachuntersuchungsbogens (s. Anhang) und subjektive Daten durch einen Fragebogen erhoben (s. Anhang). Die subjektiven Angaben der Patienten wurden mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens ermittelt, der von der AG Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie konzipiert worden war. Bei Patienten, die nicht an der Nachuntersuchung teilnehmen konnten, wurden die subjektiven Parameter entweder per zugesandten Nachuntersuchungsfragebogen oder telefonisch erhoben. Alle weiteren Patientendaten konnten retrospektiv aus Akten, Röntgen- und CT-Bildern evaluiert und ausgewertet werden.

2.2 Klinische Evaluation der Patientendaten

In dem Dokumentationsbogen wurden die im Folgenden aufgeführten Daten vermerkt:

- Basisdaten (Patientennummer, Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Vorerkrankungen, insbesondere degenerative Wirbelsäulenerkrankungen)
- Unfallbezogene Daten (Unfalldatum, Unfallart, Begleitverletzungen, Polytrauma)
- Lokalisation und AO-Klassifikation der Wirbelkörperfraktur nach Magerl (1994). Hier wurden A3-Frakturen (Burstungsbrüche) und deren Untergruppen unterschieden sowie das Vorliegen weiterer Wirbelkörperfrakturen
- Erhebung des neurologischen Status am Unfalltag, nach der Metallentfernung und zur Nachuntersuchung (Spinalkanaleinengung, Blasen- und Mastdarmstörungen, Konus-Kaudasyndrom, Sensibilitätsstörungen, motorische Ausfälle)

- Angaben zur Operation bzw. zum operativen Vorgehen (OP-Datum, Dauer vom Unfall bis zur operativen Versorgung, OP-Dauer, Blutverlust, Instrumentierung, Hemi-/Laminektomie, Querstabilisation, Spongiosaplastik)
- Komplikationen (operative und postoperative Komplikationen, Revisionsursachen)
- Zeitlicher Ablauf und Therapie (stationärer Aufenthalt, Dauer der physiotherapeutischen Behandlung in Monaten, Versorgung mit einem Korsett, Aufenthalt in einer Rehaklinik in Monaten, Dauer der Arbeitsunfähigkeit in Monaten)
- Daten der Metallentfernung (Datum der Metallentfernung, Art der Metallentfernung, dies bezieht sich darauf, ob die Metallentfernung verursacht durch Komplikationen am Implantat wie z. B. Implantatbruch durchgeführt werden musste, Komplikationen bei der Metallentfernung).

2.3 Körperliche Nachuntersuchung

Der für die körperliche Nachuntersuchung verwendete Untersuchungsbogen orientierte sich in seiner Form an dem von der AG Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie entworfenen Nachuntersuchungskonzept sowie an dem von Knop et al. (2001a) an der Universitätsklinik Innsbruck entworfenen Dokumentationssystem für Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule aus dem Jahr 2001.

Gegenstand der körperlichen Nachuntersuchung waren folgende Punkte:

- Inspektion des Gangbildes (physiologisch, unphysiologisch)
- Inspektion der Haltung (physiologisch, thorakale Hyperkyphose, lumbale Hyperlordose, Kypholordose, Totalkyphose, Flachrücken, sonstiges)
- Inspektion der Wirbelsäulenform, Verlauf der Dornfortsätze (physiologische oder skoliothische Haltung)
- Inspektion des Muskelprofils, Palpation der Dornfortsätze auf Druckschmerzhaftigkeit sowie der paravertebralen Muskulatur (muskulärer Hartspann, Myogelosen), da Veränderungen der Körperhaltung bzw. Statik größtenteils auch Veränderungen des muskulären Zusammenspiels bedingen
- Überprüfung auf Beckenschiefstand (Angaben in cm)
- Überprüfung der Sensibilität und des Kraftgrades an der unteren Extremität.

Messung der Wirbelsäulenbeweglichkeit (Angaben in Gradzahlen) nach der Neutral-Null-Methode (Buckup 2005). Die Beweglichkeit der Wirbelsäule setzt sich aus vielen einzelnen

Segmenten zusammen, eine klinische Differenzierung der einzelnen Wirbelsäulenabschnitte ist deshalb nur begrenzt möglich. Trotzdem wurde bei der Überprüfung der Wirbelsäulenbeweglichkeit der Versuch unternommen, einzelne Abschnitte zu beurteilen.

- Wirbelsäulenrotation im Sitzen bei fixiertem Beckengürtel
- Seitneigung im Stehen (maximale Seitneigung, Arm gleitet am homolateralen Oberschenkel entlang). Die physiologische Seitneigung beträgt für die gesamte Wirbelsäule ca. 75° nach der Neutral-Null-Methode, wobei der Anteil an der Seitneigung je nach Wirbelsäulenabschnitt variiert. Hier wurde nur das Bewegungsausmaß der thorakalen und lumbalen Wirbelabschnitte gemessen, das normalerweise ca. 40° betragen sollte.
- Ausmaß der Ventralflexion-Retroflexion im Stehen (maximale Vorbeugen und maximale Rückneigung). Der größte Bewegungsumfang geht bei der Retroflexion und Ventralflexion der Wirbelsäule von den thorakolumbalen Segmenten aus. Das physiologische Ausmaß von Ventralflexion und Retroflexion nach der Neutral-Null-Methode liegt bei der Ventralflexion in der Brust- und Lendenwirbelsäule bei 105°, bei der Retroflexion bei ca. 60°.

Funktionstests zur Beurteilung der BWS und LWS Entfaltung (alle Angaben in cm):

- Finger-Boden-Abstandes (FBA), beschreibt die Distanz zwischen Spitze Mittelfinger-Fußboden bei maximaler Ventralflexion) (Uhlemann et al. 2001). Der FBA ist ein Maß für die Flexionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule, aber er ist nicht nur von der Beweglichkeit der Wirbelsäule, sondern auch vom Bewegungsausmaß im Hüftgelenk sowie der Dehnfähigkeit der Ischiokruralen Muskulatur abhängig (s. Abb. 8). Der Zielwert sollte bei 0 cm liegen.
- Schobersches Maß, (zuerst Markierung der Distanz zwischen dem Dornfortsatz des 5 LWK und 10 cm kranial davon im Stehen, anschließend Messung der Distanz der vorher markierten Punkte bei maximaler Ventralflexion, in cm) (Schober 1937). Dient zur Überprüfung der selektiven Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule (Buckup 2005; s. Abb. 8).
- Test nach Ott (zuerst Markierung der Distanz zwischen dem Dornfortsatz des 7 HWK und 30cm kaudal davon, Messung der Distanz bei maximaler Ventralflexion), Zeichen zur Überprüfung der Beweglichkeit der Brustwirbelsäule (Buckup 2005). Beim Vorbeugen sollte es zu einer Verlängerung der Strecke von vorher 30 cm auf 32 bis 34 cm kommen. (s. Abb. 7).

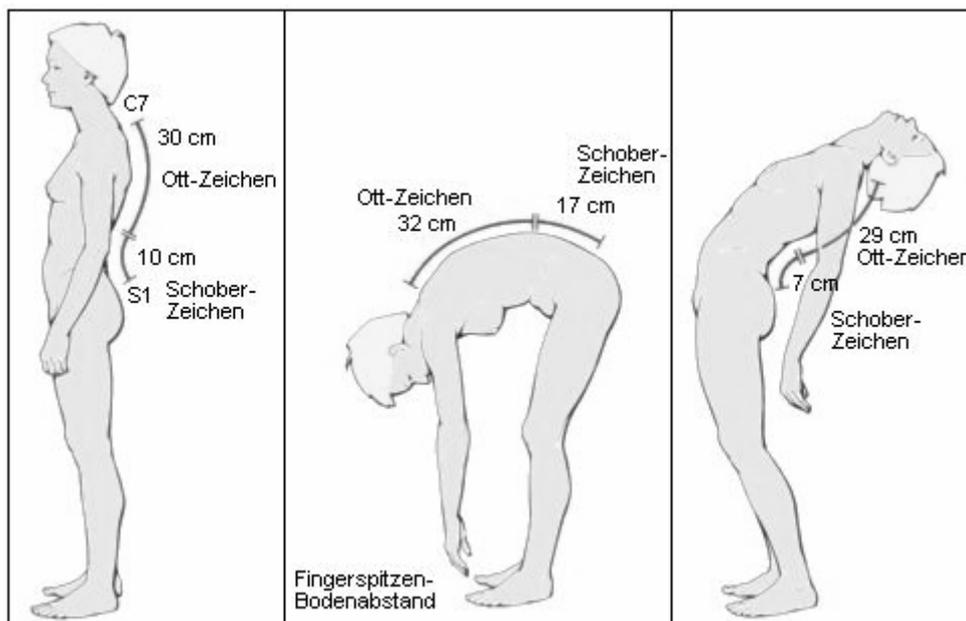


Abbildung 7: Tests zur Beurteilung der Wirbelsäulenfunktion: FBA, Ott- und Schober Zeichen (Abbildung: MedizInfo Rücken 2008; mit freundlicher Genehmigung von MedizInfo)

Die Patienten wurden gebeten, kategorisierte Angaben über ihre berufliche Situation, Freizeitaktivitäten und Rückenfunktion vor und nach dem Unfall zu machen. Zusätzlich wurden Fragen zu ihren Rehabilitationsaufenthalten gestellt, der Dauer der ambulanten Physiotherapie, dem Datum der Metallentfernung, Röntgenaufnahmen und ob vor dem Unfallgeschehen bereits Beschwerden und oder Fehlhaltungen an der Wirbelsäule vorhanden waren.

Anschließend mussten alle Studienteilnehmer in einer VAS ihre Zufriedenheit mit dem Operations- und Behandlungsergebnis markieren. Die VAS ist für Verlaufsbeobachtung und der Bewertung des Outcome der Patienten geeignet (Knop et al. 2001a). Mit Hilfe der VAS wurden 18 Themenbereiche aus Alltagssituationen analysiert. Es wurde hinterfragt wie die Rückenschmerzen der Patienten in den verschiedenen Lebenslagen den Patienten einschränken (beim Schlafen, Ruheschmerz, Belastungsschmerz, Bedarf an Schmerzmedikation, Sitzen, Vorbeugen, im Beruf, Hochheben, Hausarbeit, Stehen, Gehen, Laufen, Aktivitäten des täglichen Lebens, Reisen - insbesondere langes Sitzen im Flugzeug, im Sexualleben und das Tragen von Gegenständen). Dabei wurde immer der direkte Vergleich zwischen der Situation vor und nach dem Unfall gezogen.

Die VAS wurde in 100 gleiche Abschnitte gegliedert und nachfolgend in vier gleich große Kategorien eingeteilt. Dabei entsprach Kategorie IV VAS Werten von 100 bis >75, diese Patienten hatten keine bis wenige Einschränkungen bei der Verrichtung ihrer Alltagstätigkeiten, sie waren folglich sehr zufrieden. Kategorie III beinhaltete Werte von >50 bis <75, hier hatten die

Patienten bereits geringe Beschwerden, waren aber zufrieden. Kategorie II umfasste Werte von >25 bis <50 , diese Patienten waren mäßig zufrieden. Die Kategorie I beinhaltete alle Werte <25 . Die Patienten der letzten Kategorie hatten massive Beschwerden bei der Alltagsbewältigung, waren stark eingeschränkt und mit dem Outcome ihres Operationsergebnisses sehr unzufrieden.

Am Ende der Befragung mittels der VAS wurden alle Patienten gebeten, ihre Zufriedenheit mit dem Operations- und Behandlungsergebnis zu bewerten, damit man einen abschließenden Eindruck über die Zufriedenheit und das subjektive Outcome der Patienten bekommt.

2.4 Erhebung der radiologischen Daten

Die im Folgenden weiter ausgeführten radiologischen Parameter wurden an konventionellen Röntgenbildern in seitlicher Projektion sowie an CT-Bildern bestimmt.

1. Grund-Deckplatten-Winkel: GDW1 (α) und GDW2 (β) in Gradzahlen; beim GDW1 (α) wird der Winkel aus der Senkrechten zur Grund- und Deckplatte des frakturierten Wirbelkörpers bestimmt; der GDW1 (β) umfasst den Winkel aus der Senkrechten zur Grundplatte des benachbarten oberen und der Deckplatte des benachbarten unteren Wirbelkörpers (s. Abb. 8). Beim GDW2 werden zusätzlich die beiden kranial und kaudal angrenzenden Bandscheibenzwischenräume sowie die segmentale Kyphose miteinbezogen (Knop et al. 2001b).
2. Grund-Deckplatten-Winkel: GDW1 (α) bisegmental und GDW2 (β) bisegmental in Gradzahlen, beim GDW1 (α) bisegmental wird der Winkel aus der Senkrechten zwischen Grundplatte des frakturierten und der Deckplatte des kranialen Wirbelkörpers ausgemessen; der GDW2 (β) bisegmental wird bestimmt, indem man die Senkrechte zwischen der Grundplatte des zweiten kranialen Wirbelkörpers zum frakturierten Wirbelkörper und der Deckplatte des kaudalen Wirbelkörpers zum frakturierten Wirbelkörper zieht (s. Abb. 8).

Die Grund-Deckplattenwinkel (GDW) liegen bei physiologischem Wirbelsäulenverlauf bei ca. 0° . Dies ist aber selbst bei „gesunden“ Patienten selten der Fall. Hier liegt der GDW knapp unter 0° und zeigt eine individuelle Varianz. Eine kyphotische Stellung der Wirbelsäule wurde mit einem positiven Zahlenwert gekennzeichnet, negative Messwerte sprachen für eine lordotische Stellung bzw. operative Überkorrektur.

3. Sagittaler Index (SI): Quotient aus der Höhe der Wirbelkörpervorderwand und der Wirbelkörperhinterwand nach Beck (1970) (s. Abb. 8). Der Sagittale Index sollte physiologisch zwischen 0,95 und 1,0 liegen und ist ebenfalls individuell variabel.

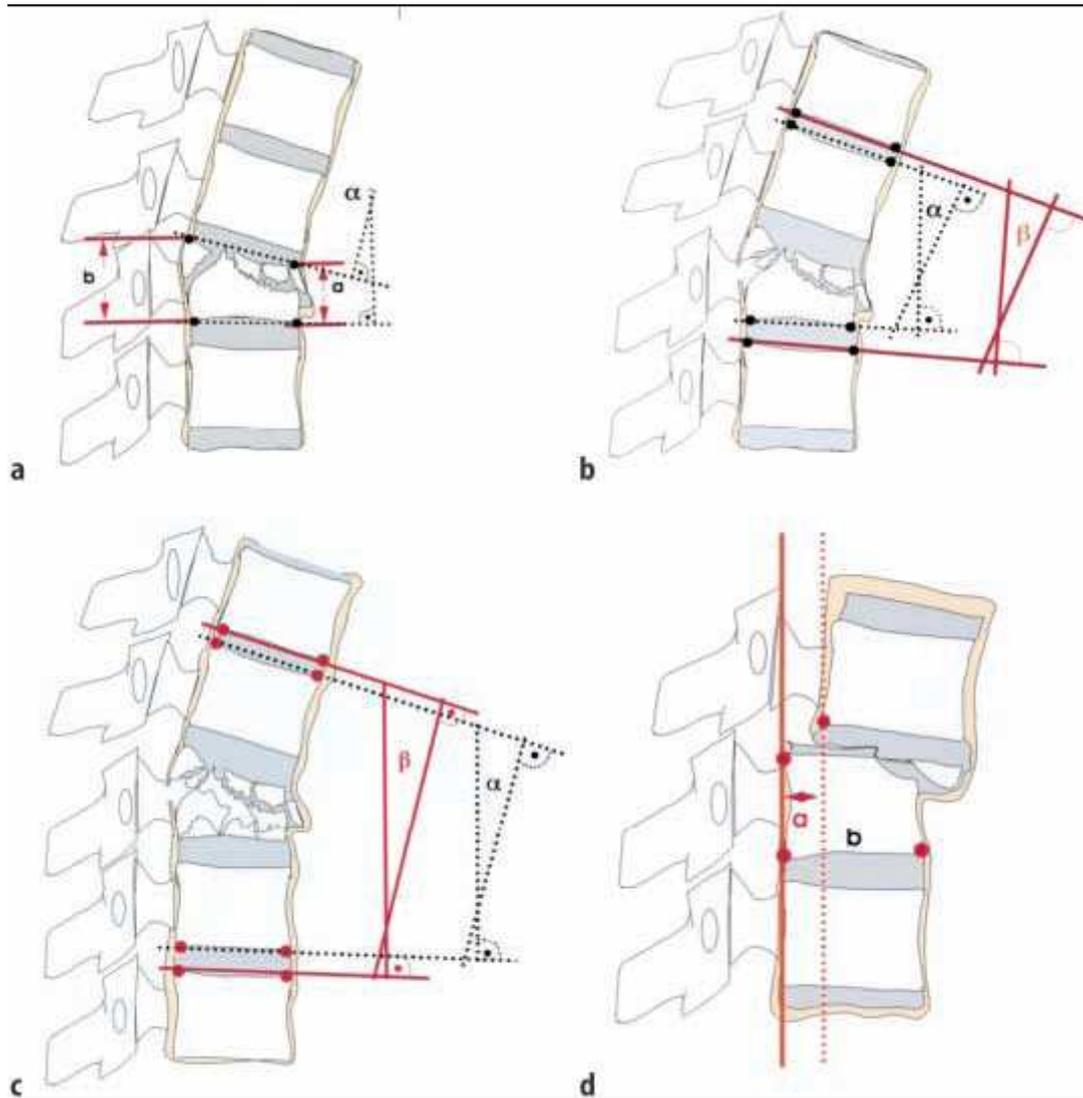


Abbildung 8: Vermessung der konventionellen Röntgenbilder, seitliche Projektion (Abbildung: Knop et al. 2000, S.1035; mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages)

- a) Körperwinkel (α) und sagittaler Index ($SI=a/b$; Quotient aus der Höhe der Wirbelkörpervorderwand und der -hinterwand)
- b) Grund-Deckplatten-Winkel: GDW 1 (α) und GDW 2 (β) bei monosegmentaler Verletzung.
- c) Grund-Deckplatten-Winkel: GDW 1 (α) und GDW 2 (β) bei bisegmentaler Verletzung
- d) Sagittalverschiebung ($SV=a/b$; Quotient aus dem sagittalen Versatz und der Wirbelkörpertiefe)

4. Spinalkanaleinengung (in mm) im CT- Bild.
5. manuelle Messung der Höhe der Bandscheibenzwischenräume kranial des frakturierten Wirbelkörpers (in mm) in drei Abschnitten: ventral, medial und dorsal.
6. manuelle Messung der Höhe der Bandscheibenzwischenräume kaudal des frakturierten Wirbelkörpers (in mm) in drei Abschnitten: ventral, medial und dorsal (s. Abb. 9).

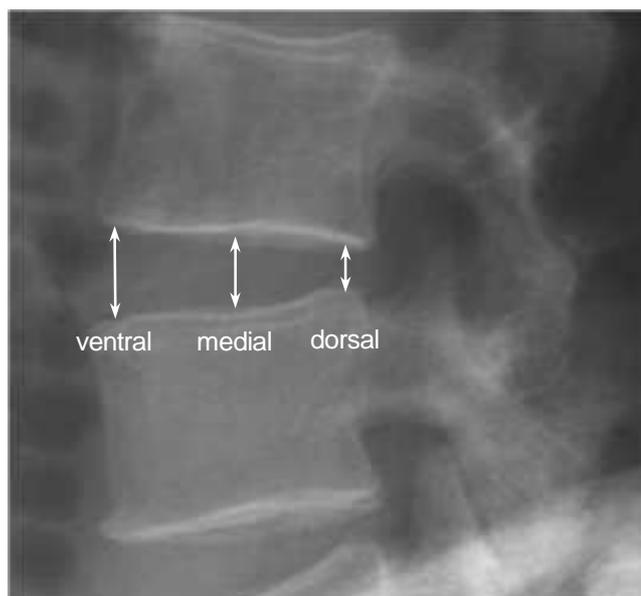


Abbildung 9 :Bestimmung der Intervertebrälräume in seitlicher Projektion, manuelle Messung an drei Stellen (ventral, medial, dorsal).

Spezifische Angaben: Beurteilt wurden eine Stufenbildung in der Grundplatte des frakturierten Wirbelkörpers, knöchernen Fusion des operierten Wirbelsäulensegments und Vorliegen einer knöchernen Durchbauung der Fraktur. Der Auswertungsschlüssel bestand aus drei möglichen Angaben: Eine 0 entsprach einem NEIN, d.h. es war keine knöchernen Durchbauung bzw. keine knöchernen Fusion des Segments vorhanden. Eine „1“ entsprach einem JA, d.h. eine knöchernen Durchbauung bzw. knöchernen segmentale Fusion hatte stattgefunden. Die „2“ entsprach einer Zwischenstufe, d.h. es konnte weder eine knöchernen Durchbauung, noch eine vollständige knöchernen Fusion exakt erkannt werden

Alle radiologischen Parameter wurden zu verschiedenen Zeitpunkten erhoben, d.h. präoperativ am Unfalltag, postoperativ, nach der Metallentfernung und mindestens drei Monate nach der Metallentfernung. Zur Beurteilung des radiologischen Verlaufs wurden die konventionellen Röntgenbilder in der seitlichen Projektion vermessen.

Als einen Korrekturverlust bezeichnet man den Verlust des ursprünglichen Repositionsgewinns, d.h. eine erneute Kyphosierung des frakturierten Bereichs. Dieser Korrekturverlust kann am besten anhand von sagittal angefertigten Röntgenbildern im Zeitintervall durch die Ausmessung der Grund-Deckplatten-Winkel beobachtet werden. Der Grund-Deckplatten-Winkel (GDW1 und GDW2) ist ein objektiver radiologischer Parameter, der ebenfalls an sagittal angefertigten Röntgenbildern ausgemessen werden kann und zeigt das Ausmaß der kyphotischen Gesamtachsabweichung des sagittalen Wirbelsäulenprofils nach dem Unfall (Eysel et al. 2001).

2.5 Operationsmethoden

2.5.1 Dorsale Vorgehensweise

2.5.1.1 Operative Therapie bei isolierter dorsaler Instrumentierung

Die Operation erfolgt in der Bauchlage. Diese Umlagerung von der Rückenlage in die Bauchlage sollte schonend vorgenommen werden, damit torquierende, unkoordinierte Bewegungen und damit eine Verschlechterung des neurologischen Status und der knöchernen Stabilität vermieden werden können. Auf eine gute Lagerung, insbesondere von Becken und Lendenwirbelsäule ist zu achten, damit die gesamte Wirbelsäule gut zugänglich ist. Durch die Lagerung kann bereits eine Grobreposition der Fraktur erzielt werden.

Mit Hilfe des Bildwändlers kann anschließend der frakturierte Bereich aufgefunden und markiert werden, dann eine mediane Inzision erfolgen. Nach Lösen der Rückenmuskulatur von den Dornfortsätzen kann diese mit Hilfe eines Raspatoriums von den knöchernen Strukturen weiter schonend abpräpariert werden.

Mit Hilfe der Intervertebralgelenke findet man einen Orientierungspunkt für die Eintrittsstelle der Pedikel (s. Abb. 10). Wichtig ist, dass die Eintrittsstellen der transpedikulären Schrauben und auch die Richtung, in der die Pedikel zu instrumentieren sind, variieren. Es finden sich anatomische Variabilitäten je nach Lokalisation des Wirbelkörpers und je nach Geschlecht des Patienten. Das heißt, dass der Verlauf der transpedikulären Schrauben in der Brustwirbelsäule 10° und in der Lendenwirbelsäule 15° konvergieren sollte und man bei Frauen in der Regel schmaler ausgebildete Pedikel findet (s. Abb. 10). Dies ist unbedingt zu beachten, da nur eine exakte Instrumentierung eine sichere Implantatverankerung ohne weitere Schäden und Verletzungen an Rückenmark und Nervenwurzeln gewährleisten kann.

Außerdem sollten die Schrauben nicht zu lang gewählt werden, weil die Wirbelkörpervorderseite gerundet vorliegt und sie deshalb nicht den Vorderrand erreichen sollten. Als weitere Hilfe für die korrekte Auswahl der transpedikulären Schrauben in Durchmesser und Länge können präoperativ angefertigte CT-Bilder dienen.

Der Pedikel wird mit einem Pfriem eröffnet, radiologisch in zwei Ebenen kontrolliert, ausgetastet, mit einem dickeren Pfriem geweitet und anschließend ein Gewinde für die Pedikelschraube geschnitten, die dann in entsprechender Stärke eingedreht wird. Die Lage der Pedikelschraube sollte intraoperativ in der Sagittal- und in der Koronarebene mittels Bildwandler kontrolliert werden.

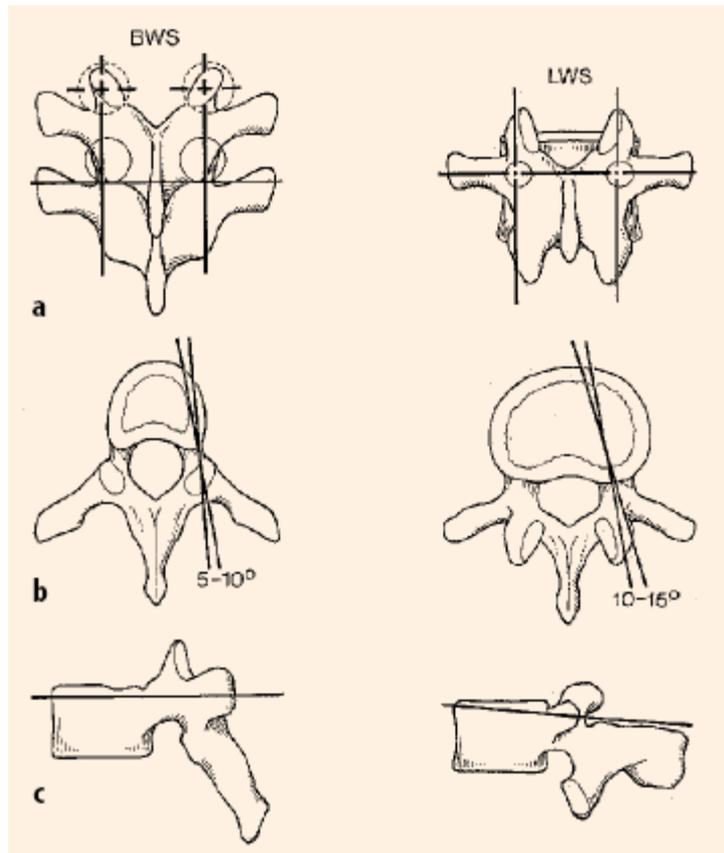


Abbildung 10: Verlauf der Pedikel in der BWS und LWS

(Abbildung: Eggers und Stahlenbrecher 1997, S. 273; mit freundlicher Genehmigung des Schattauer Verlages)

- a) Rückansicht
- b) Querschnitt
- c) Seitansicht

Fallweise, je nach Klinik und Diagnostik der Fraktur, erfolgt eine dorsale Spongiosaplastik. Eine Enttrümmerung des Spinalkanals kann über eine Hemilaminektomie erfolgen. Nur bei erheblicher Einengung des Spinalkanals mit neurologischen Ausfällen oder für die Naht des verletzten Durasackes wird eine Laminektomie durchgeführt.

Je nach Frakturausmaß stehen verschiedene Operationsverfahren zur Auswahl. In der Unfallchirurgischen Abteilung der Universitätsmedizin Göttingen wurde bei allen Patienten eines dieser folgenden Verfahren angewandt, um den frakturierten Wirbelkörper reponieren und stabilisieren zu können.

2.5.1.2 Fixateur interne Implantation

Zur Reposition und dauerhaften Stabilisierung, folglich einer annähernden Wiederherstellung des physiologischen Wirbelsäulenaufbaus wird ein Fixateur interne eingesetzt.

Der heutige Fixateur interne basiert auf einer Konstruktion des von Magerl (1984) entworfenen Fixateur externe. Er besteht aus einem System von jeweils zwei Schrauben, die in den rechten und linken Pedikel des kranial und kaudal vom frakturierten Wirbelkörper gelegenen Wirbelkörpers eingebracht werden. Diese werden anschließend über Längsträger miteinander verbunden.

Dieses winkelstabile Fixationssystem überbrückt den frakturierten Bereich. Je nach Fixateurmodell (z.B. nach Kluger und Gerner 1986, Kluger und Gerner 1988; Dick et al. 1985) existieren Konstruktionsunterschiede zwischen den Pedikelschrauben und den Längsträgern, sodass unterschiedliche Montageprinzipien zur Anwendung kommen.

Beim operativen Vorgehen mit dem hier verwendeten System nach Kluger (1988) werden die Pedikelschrauben in die Pedikel der Nachbarwirbelkörper eingebracht. Anschließend ein Repositionsinstrumentarium aufgesetzt, um hier eine Gesamtdistraktion des Wirbels sowie eine ventrale Aufrichtung eines oft vorliegenden kyphotischen Knicks durchführen zu können. Das Ausmaß der Reposition richtet sich nach dem Verletzungsgrad. Für die Distraktion werden die Schraubenenden angenähert, dies führt zur Korrektur der kyphotischen Fehlstellung. Das erreichte Korrekturergebnis wird mit dem Feststellen der Klemmbackenschrauben gesichert. Ohne Veränderung dieses Korrekturwinkels ist nun zur Druckentlastung der dorsalen Bandscheibe eine Längsdistraktion oder Kompression entlang der Gewindestangen möglich. Durch die Implantation eines Fixateur interne kommt es zu einer veränderten Biomechanik der Wirbelsäule. Die veränderte Biomechanik ist auf die einseitige rein dorsale Stabilisierung der Frakturzone zurückzuführen. Der Bandscheibenbereich wird nicht fixiert und es folgt eine „Restbeweglichkeit bzw. Reinstabilität“ dieses Bereiches (Stolze und Harms 1998).

Eine zusätzliche Implantation von Querträgern ist bei Typ-C Verletzungen möglich und verbessert die Stabilität.

Bei liegendem Fixateur interne kann nun eine transpedikuläre oder dorsale Spongiosaplastik durchgeführt werden, allerdings sollte keine Spongiosa in den Spinalkanal gelangen.

2.5.1.3 Transpedikuläre und dorsale Spongiosaplastik

Bei massiver Wirbelkörperkompression mit Substanzdefekten sowie bei Mitverletzung der Bandscheibe inter- und intracorporell wird die von Daniaux (1983) entwickelte transpedikuläre Spongiosaplastik befürwortet. Daniaux entwickelte diese Technik, um Defekthöhlen im Wirbelkörper mit autologer Spongiosa wiederaufzufüllen und den Wirbelkörper darüber längerfristig aufzurichten, zu fusionieren und damit stabilisieren zu können. Es hatte sich vorher gezeigt, dass nach Reposition und Wiederaufrichtung der frakturierten Wirbelkörpers Hohlräume verblieben waren.

Über die aufgeweiteten Pedikel des verletzten Wirbelkörpers kann mittels Rangeur die imprimierte Deckplatte angehoben und versprengtes Bandscheibenmaterial entfernt werden. Anschließend wird mit Hilfe eines Spongiosatrichters unter Bildwandlerkontrolle intra- und intercorporell Spongiosa platziert, die dann mit einem Stößel und Hammer im ventralen Wirbelkörperanteil sowie im Zwischenwirbelraum verdichtet wird.

Leider konnte die transpedikuläre Spongiosaplastik nicht die in sie gesetzten Hoffnungen erfüllen (Knop et al. 1997), da die eingebrachte Spongiosa zum Teil nekrotisch wurde und resorbiert wurde. Eine definitive knöcherne Fusion konnte damit meist nicht hergestellt werden (Weckbach und Blattert 2000).

In der unfallchirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Göttingen wird statt der transpedikuläre Spongiosaplastik nach Daniaux (1986) eine dorsale Spongiosaplastik durchgeführt. Dabei wird die Spongiosa, bzw. das aus der Laminektomie entnommene Knochenmaterial dorsal auf Höhe der Bögen wieder angelegt.

2.5.1.4 Hemi- und Laminektomie

Bei Spinalkanaleinengung sowie Rückenmarkskompression kann der Wirbelbogen mit dem Dornfortsatz im Sinne einer Laminektomie entfernt werden. Dies schafft mehr Platz, ermöglicht eine großzügige Übersicht insbesondere zur Beurteilung der Wirbelkörperhinterwand und erlaubt Manipulationen beidseits des Rückenmarks. Nach einer Laminektomie kann es zu Instabilitätserscheinungen kommen. Ein schonenderes Verfahren, die Hemilaminektomie, entfernt nur die Hälfte des Wirbelbogens und der Dornfortsatz bleibt erhalten (Kinzl et al. 1993).

Bei der Laminektomie muss der Dornfortsatz basisnah abgetragen werden, anschließend wird das Ligamentum flavum doppelseitig fensterförmig inzidiert. Mittels Säge oder Meißel wird dann der laterale Bogenanteil durchtrennt und der dorsale knöcherne Anteil des Spinalkanals, d.h. der Dornfortsatz inklusive der Bogenanteile, kann abgehoben werden (Kinzl et al. 1993).

Im Gegensatz dazu wird bei der Hemilaminektomie wiederum das Ligamentum flavum inzidiert, aber wie bereits oben beschrieben nur der angrenzende Wirbelbogen mit der Luerzange und dem Meißel entfernt (Kinzl et al. 1993).

2.5.2 Operationsprinzip der kombinierten dorso-ventralen Vorgehensweise

Beim dorsalen Operationsverfahren wird der Eingriff einzeitig durchgeführt. Hingegen kann beim kombinierten dorso-ventralen Vorgehen ein- oder zweizeitig operiert werden. Im Rahmen der dorsalen Instrumentierung wird zuerst ein winkelstabiler Fixateur interne implantiert,

um die primäre kyphotische Fehlstellung korrigieren zu können. Dann erfolgt in einem zweiten Schritt der ventrale Eingriff „zur Rekonstruktion der lasttragenden ventralen Säule“ (Maier und Marzi 2005).

Entscheidend für den Eingriff ist die Frakturlokalisierung und Ausdehnung der Schädigung. Entweder kann mittels endoskopischer Technik die ventrale Säule wiederhergestellt werden oder man führt die klassische laterale Thorakotomie von links in Rechtsseitenlage bei Frakturen in Höhe BWK-4-BWK-11, ab LWK-1 als eine linksseitige Lumbotomie in Rechtsseitenlage durch.

2.5.2.1 Transthorakale ventrale Stabilisierung - laterale Thorakotomie

Aufgrund der anatomischen Verhältnisse wird der Patient in Rechtsseitenlage gelagert und die Operation erfolgt mit einem linksseitigen Zugang. Der Hautschnitt befindet sich direkt über dem frakturierten Wirbel. Eventuell ist bei Patienten mit starrem knöchernen Thorax die Durchtrennung von ein oder zwei Rippen notwendig, um den Thorax aufspreizen zu können. Anschließend muss der Zwerchfellschenkel parallel zum Sinus phrenicocostalis eingekerbt werden. Mittels Bildwandler können die benachbarten Bandscheiben markiert werden. Die Segmentgefäße werden unterbunden. Ggf. ist eine Reposition und spinale Dekompression mit Resektion der Bandscheibe und dislozierten Knochenfragmenten notwendig.

In der Frontalebene wird auf Höhe des Bandscheibenraumes eine Art „Schacht“ bzw. das Spanbett präpariert, in die im nächsten Schritt der genau abgemessene corticospongiöse Span zwischen Grund- und Deckplatte der angrenzenden Wirbelkörper „pressfit“ implantiert wird. Um eine Spandislokation vermeiden zu können, sollte der Span bis in die gegenüberliegende Wirbelkörperhälfte reichen. Der Span kann ggf. mit zwei 3,5 mm Titanschrauben fixiert werden, ggf. kann zusätzlich ein ventrales winkelstabiles Implantat eingebracht werden, um ein Nachsintern des Knochenspanes zu vermeiden.

2.5.2.2 Retroperitoneale ventrale Stabilisierung

Der operative und technische Ablauf bei dieser Stabilisierung ist ganz ähnlich der bereits oben beschriebenen transthorakalen ventralen Stabilisierung. Der einzige Unterschied liegt in der Art des Zugangs, der in diesem Fall retroperitoneal gewählt wird. Der Patient wird wie oben in Rechtsseitenlage gelagert, allerdings erfolgt die Inzision zur Lumbotomie zwei bis drei Zentimeter dorsal der Spina iliaca anterior superior und verläuft dann nach dorsal entlang der 12. Rippe. Es müssen alle drei Bauchmuskelschichten inzidiert werden, der Peritonealsack muss zur Gegenseite weggeschoben werden, um anschließend den M. iliopsoas darzustellen (Schmid 2000). Der Muskulus psoas wird im ventralen Drittel mit dem Raspa-

torium stumpf gelöst und nach dorsal abgeschoben. Dadurch kann eine Verletzung des N. genitofemoralis und des N. cutaneus femoris lateralis vermieden werden.

Anschließend kann, wie bereits erwähnt wurde, eine entsprechende Nut präpariert werden, in die der corticospongiöse Span eingepflanzt wird.

2.6 Statistische Auswertung

Es wurden zu jedem Patienten vielfältige Variablen bestimmt, die anschließend am Institut für medizinische Statistik der Georg-August-Universität Göttingen ausgewertet wurden. Alle Ergebnisse wurden mit dem Statistikprogramm STATISTICA Version 6 und 7 berechnet. Für die statistische Auswertung wurden der T-Test und ANOVA verwendet. Außerdem erfolgte ein Teil der Auswertung mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Pearson, wobei das Signifikanzniveau bei $p < 0,05$ (signifikant) festgelegt wurde.

Für die statistische Auswertung ergab sich folgende Gliederung:

- a) Deskriptive Darstellung ausgewählter Daten
- b) Einflüsse radiologischer Parameter auf Basisdaten, Frakturklassifikation, operatives Vorgehen, subjektive Patientendaten, klinische Untersuchungsparameter.
- c) Zusammenhang zwischen intraoperativ angewendeten Verfahren und Basisdaten, Frakturklassifikation, subjektiven Patientendaten, klinischen Untersuchungsparametern.
- d) Zusammenhang zwischen Frakturklassifikation nach Magerl (1994) und Basisdaten, operativem Vorgehen, subjektiven Patientendaten sowie klinischen Untersuchungsparametern.
- e) Einflüsse auf die Zufriedenheit der Patienten im Vergleich mit Basisdaten, Frakturklassifikation, operativem Vorgehen, subjektiven Patientendaten und klinischen Untersuchungsparametern.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Auswertung der Daten

3.1.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von 1993 bis 2003 wurden Patienten mit Wirbelsäulenfrakturen des thorakolumbalen Übergangs retrospektiv untersucht. Das Patientenkollektiv umfasste insgesamt 156 Patienten. Der Frakturtyp A trat in dem Patientenkollektiv wesentlich häufiger auf im Vergleich zu den Frakturtypen B und C. Die überwiegende Zahl der Patienten wies A3-Frakturen auf.

44 Patienten nahmen direkt an der Nachuntersuchung und der Erhebung der subjektiven Parameter teil. Durch telefonische oder schriftliche Befragung konnten 11 weitere Patienten evaluiert werden. Am Ende bildete sich ein Studienkollektiv aus 55 Patienten mit Wirbelsäulenfrakturen vom Typ-A3 nach Magerl (1994). Das Follow-up betrug 35 % für diese Studie. Darunter waren 20 weibliche (36 %) und 35 männliche (64 %) Patienten. Eingeschlossen wurden in die Studie Patienten vom 12. bis zum 70. Lebensjahr, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch nicht verstorben waren.

Diese Patienten wurden ausschließlich durch eine dorsale operative Vorgehensweise versorgt. Das Osteosynthesematerial war bei der Nachuntersuchung bereits länger als drei Monate entfernt.

Das Durchschnittsalter betrug zum Zeitpunkt der Operation 39 (12–66) Jahre (Staw 15,01). Abb. 9 zeigt die Altersverteilung des Patientenkollektivs zum Unfallzeitpunkt. Die meisten Patienten befanden sich im dritten und fünften Dezennium.

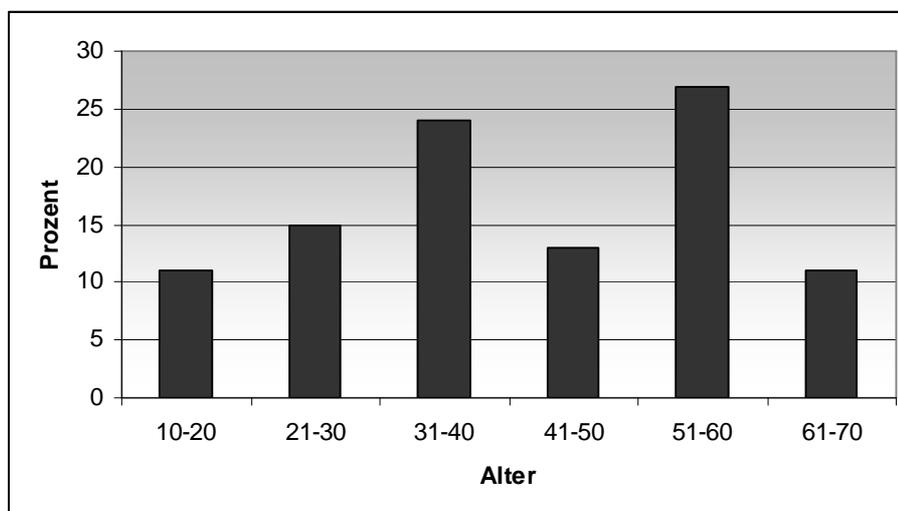
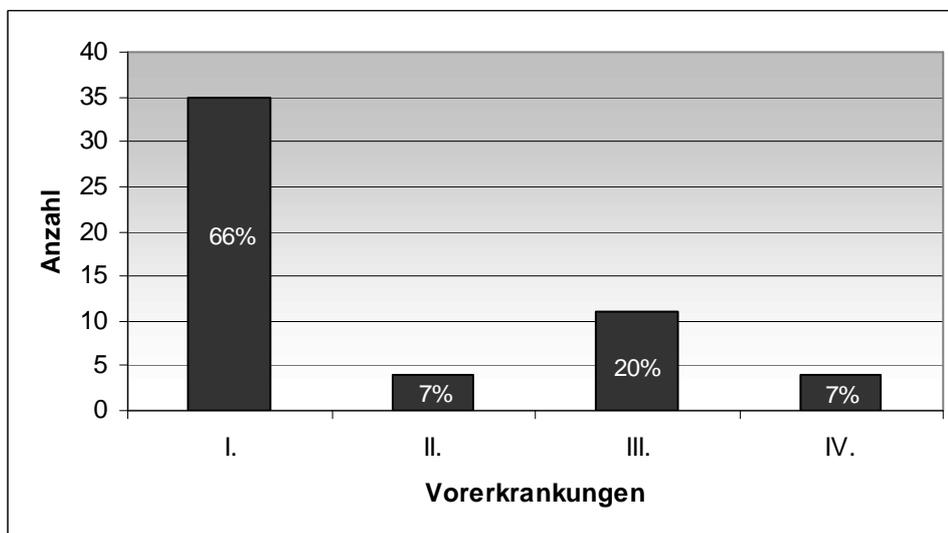


Abbildung 11: Altersverteilung der Patienten nach Lebensjahrzehnten (N=55)

Über die Hälfte der Patienten (N=35) hatten keine Vorerkrankungen (66%), bei insgesamt 19 Patienten (34%) lagen Beschwerden bzw. eine Vorerkrankung bezüglich der Wirbelsäule vor (s. Abb. 12).



- I. keine Vorerkrankungen
- II. angeborene Wirbelsäulendeformitäten
- III. erworbene degenerative Wirbelsäulenbeschwerden
- IV. Osteoporose

Abbildung 12: Vorerkrankungen im Patientenkollektiv

3.1.2 Art und Lokalisation der Wirbelsäulenverletzungen

Am häufigsten war LWK-1 (Lendenwirbelkörper) mit 33 (60%) Frakturen betroffen, gefolgt von BWK-12 (Brustwirbelkörper) sowie LWK-2 mit jeweils elf (20%) Frakturen. Der BWK-11 war bei keinem Patienten betroffen (s. Abb. 13).

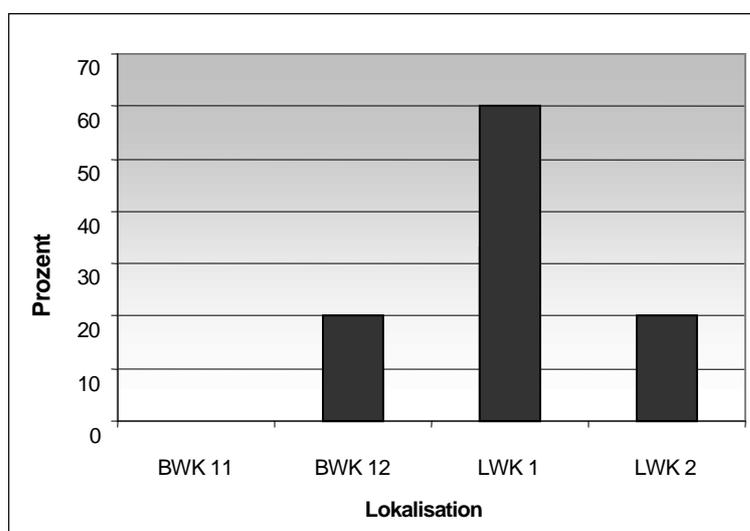


Abbildung 13: Lokalisation der Wirbelkörperfrakturen

Entsprechend der AO-Klassifikation nach Magerl (1994) handelte es sich dabei um Berrungsfrakturen, darunter waren 22 A-3.3-Frakturen (40 %), 17 A-3.2-Frakturen (31 %) und 16 A-3.1-Frakturen (29 %) (s. Abb. 14).

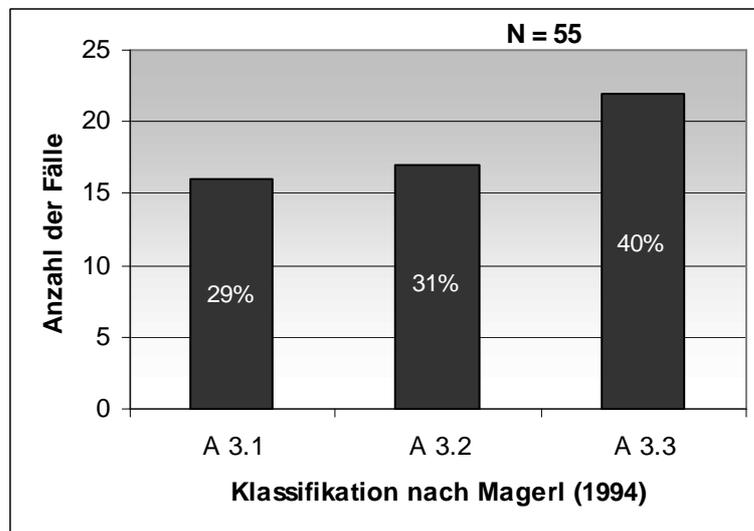


Abbildung 14: Verteilung der Verletzungsmuster nach Magerl (1994)

Als Ursache für diese Frakturen im thorakolumbalen Übergang zeigte sich, dass mehr als 50 % der Frakturen auf Stürze aus einer Höhe > 2m zurückzuführen waren. Bei 19 Patienten (35 %) war die Wirbelsäulenfraktur durch einen Verkehrsunfall verursacht worden, gefolgt von Stürzen < 2m bei 6 der betroffenen Patienten (11 %).

Außerdem wurde der Frage nachgegangen, wie viele der verunfallten Personen weitere Begleitverletzungen oder ein Polytrauma erlitten hatten. Bei 26 Patienten (47 %) stellte sich der Unfall als singuläres Ereignis ohne weitere Begleitverletzungen dar. Es war bei drei Patienten (6 %) nicht erruierbar, ob sie Begleitverletzungen erlitten hatten. Die restlichen 26 Patienten (47 %) hatten Begleitverletzungen, davon lag bei 22 Patienten (40 %) eine weitere Wirbelsäulenfraktur vor. Acht Patienten (15 %) hatten eine Wirbelkörperfraktur sowie Verletzungen mehrerer Körperregionen oder Organsysteme.

3.1.3 Operative Versorgung der Unfallopfer

Die operative Versorgung erfolgte bei 23 Patienten (42 %) bereits am Unfalltag bzw. bei 16 Betroffenen (29 %) innerhalb der ersten 24 h nach dem Unfallereignis. Wie aus der Abbildung 13 hervorgeht, erfolgte bei über 90 % der verunfallten Patienten (50 Patienten) innerhalb der ersten fünf Tage eine operative Versorgung (s. Abb. 15).

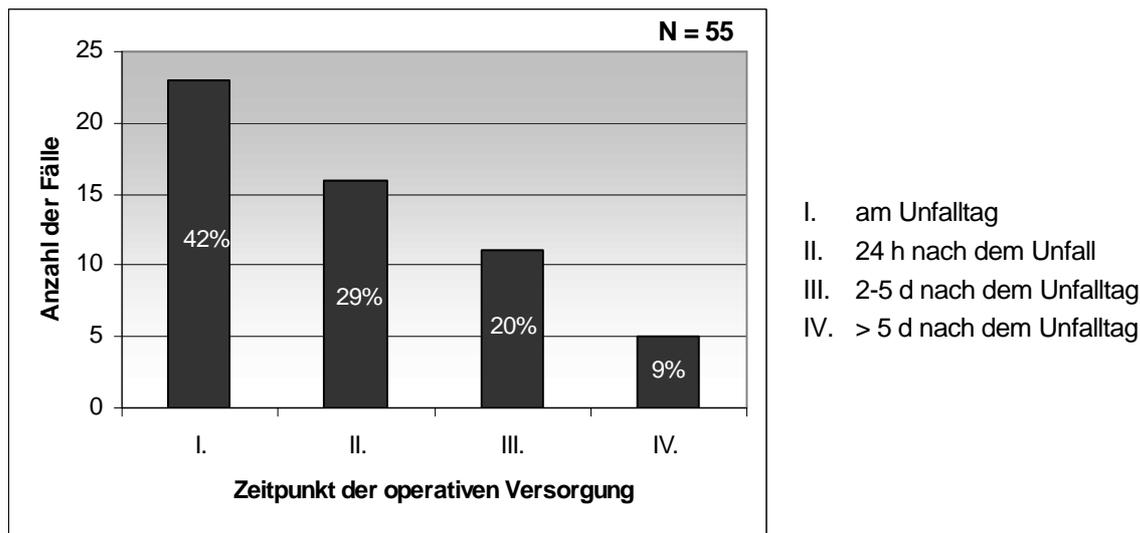


Abbildung 15: Kategorisierte Dauer bis zur operativen Versorgung der Patienten

Alle Patienten wurden intraoperativ mit einem „Fixateur-intern“ stabilisiert. Die durchschnittliche Operationsdauer betrug 157 min (min 70-max 340 min; Staw 56,63) und der durchschnittliche Blutverlust lag bei 772 ml (min 200-max 2000 ml; Staw 441,71). In 98 % der Fälle (54 Patienten) gab es keine operativen Komplikationen. Bei einem Patienten (2 %) kam es zu einer Fehlplatzierung der Pedikelschrauben.

Da bei einem Großteil der Patienten der erste Lendenwirbelkörper betroffen war, erfolgte bei 31 Patienten (56 %) die operative Instrumentierung in Höhe BWK-12-LWK-2 (s. Abb. 16). Bei 51 Patienten (93 %) wurden dabei zwei Segmente stabilisiert.

15 Patienten (27 %) hatten eine zusätzliche Querstabilisation instrumentiert bekommen. Eine Hemi-/Laminektomie wurde bei insgesamt 24 Verletzten (43 %) durchgeführt, von diesen hatten 16 (29 %) eine Hemilaminektomie und zehn (18 %) eine Laminektomie erhalten. Zwölf der betroffenen Patienten (22 %) wurden mit einer dorsalen Spongiosaplastik versorgt.

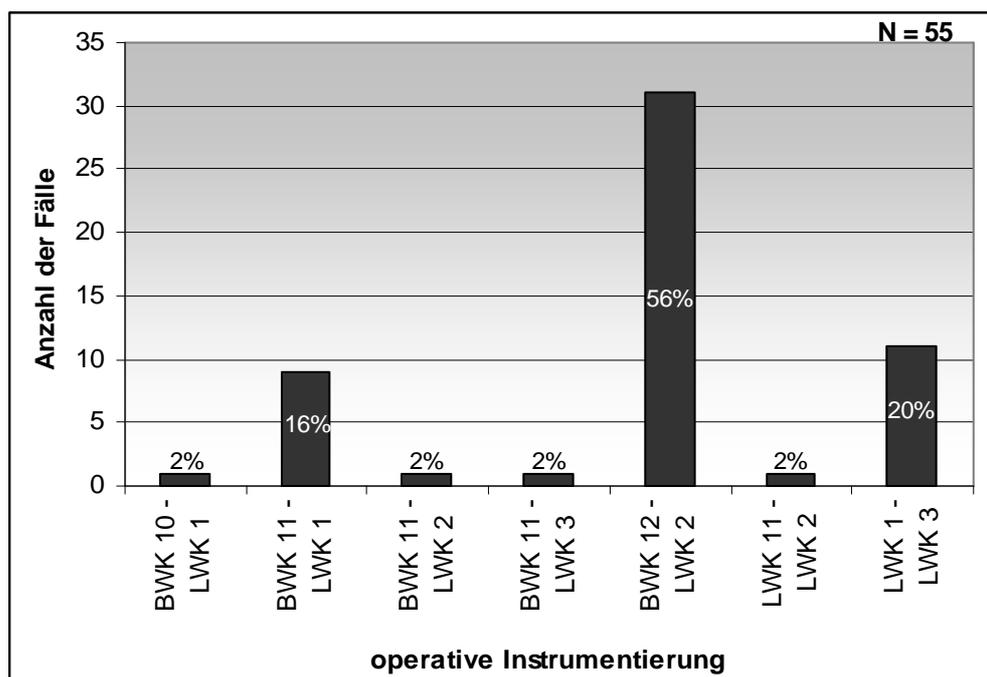


Abbildung 16: Lokalisation der operativen Instrumentierung

3.1.4 Postoperativer Verlauf

Der postoperative Verlauf gestaltete sich bei 48 Patienten (87 % der Fälle) komplikationslos. Bei sieben Patienten (13 %) traten postoperative Komplikationen auf. Darunter waren zwei Hämatome (4 %), eine Nachblutung (2 %), ein Ödem (2 %), bei einem Patienten konnte die Redondrainage nicht gezogen werden (2 %). Bei zwei Patienten (4 %) lagen keine spezifischen Angaben über die Art der Komplikationen vor.

Bei fünf Patienten (10 %) musste eine operative Revision durchgeführt werden. Zwei Patienten (4 %) litten unter einer fortbestehender Spinalkanaleinengung, ein Patient (2 %) hatte ein Hämatom, ein Patient (2 %) eine postoperative Dislokation und ein weiterer (2 %) eine erneute Stufenbildung im CT, die revidiert werden musste.

Im Durchschnitt verblieb der Fixateur interne 8,85 (5-39) Monate (Staw 4,65) in situ. Im Mittel konnte neun Monate nach dem Unfall und der operativen Versorgung die Metallentfernung durchgeführt werden. Die Metallentfernung erfolgte im Rahmen eines standardisierten postoperativen Vorgehens bei 49 Patienten (89 %). Wegen persistierender neurologischer Symptome musste bei einem Patienten (2 %) eine frühzeitige Entfernung vorgenommen werden. Zudem konnten bei fünf Patienten (9 %) keine Daten bzw. Angaben zur Metallentfernung gesammelt werden.

Von den oben beschriebenen 49 Patienten litten fünf (10 %) Patienten unter einem sog. „Implantatversagen“. Unter Implantatversagen versteht man eine Schraubenlockerung oder einen Schraubenbruch, so dass dieses nicht durch einen frühzeitigen operativen Eingriff behoben werden musste.

3.1.5 Neurologischer Befund

Der neurologische Status wurde am Aufnahmetag, nach der Metallentfernung sowie zur Nachuntersuchung erhoben.

Wie in Abbildung 17 dargestellt, gaben 45 (85 %) Patienten am Aufnahmetag keine neurologischen Symptome an. Ein neurologisches Defizit mit Sensibilitätsstörungen und motorischen Ausfällen beschrieben acht Patienten (15 %).

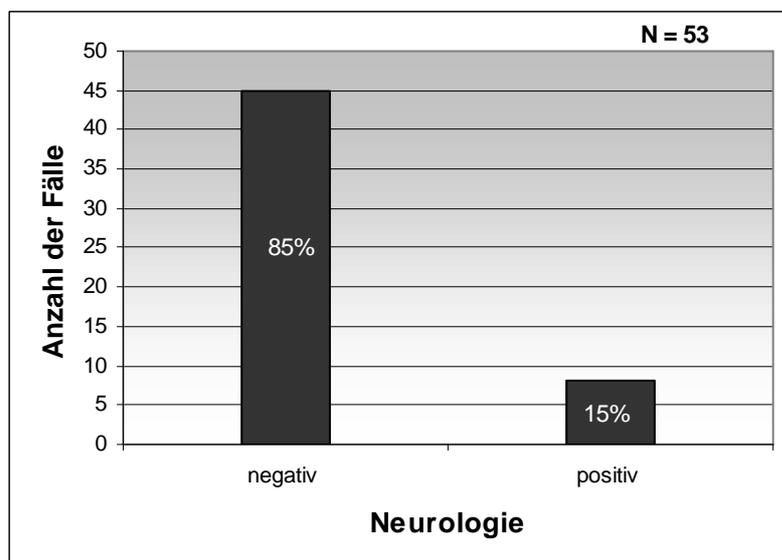


Abbildung 17: Neurologischer Status am Aufnahmetag

Davon litten sechs Betroffene (11 %) zusätzlich unter einem Konus-Kaudasyndrom sowie vier Patienten (7 %) unter Blasen- und Mastdarmstörungen. Bei zwei Patienten konnte retrospektiv kein neurologischer Status erhoben werden.

Zusätzlich konnte anhand der angefertigten CT-Bilder vom Aufnahmetag bei 45 Patienten (82 %) eine Einengung des Spinalkanals gesehen werden.

Eine Spinalkanaleinengung $>50\%$ hatten 17 der Betroffenen (37 %), die restlichen 28 Patienten (63 %) eine Spinalkanaleinengung $<50\%$ (s. Abb. 18). Beim Vergleich der Patientengruppe mit einem neurologischen Defizit und der Gruppe, der Personen mit einer Spinalkanaleinengung $>50\%$, zeigte sich, dass fünf Patienten (9 %) mit neurologischem Defizit zusätzlich eine Spinalkanaleinengung $>50\%$ hatten.

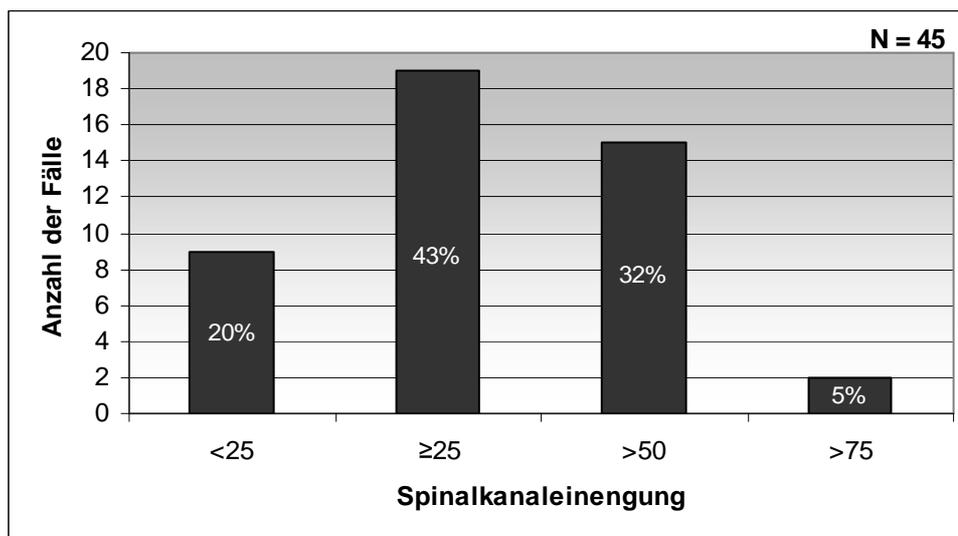


Abbildung 18: Einteilung der Spinalkanalweite

Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Spinalkanalweite und dem Vorhandensein von neurologischen Symptomen nachgewiesen werden. Aufgrund fehlender CT-Bilder vom Unfalltag konnte bei den restlichen zehn Patienten keine Angaben zur Spinalkanalweite gemacht werden.

Nach der Metallentfernung litten zwölf Patienten (23 %) von 52 Patienten unter einem neurologischen Defizit. Von den Betroffenen hatten zwei Patienten (4 %) ein Konus- Kauda-syndrom und vier Patienten (8 %) hatten Blasen- und Mastdarmstörungen (s. Abb. 19). Bei drei Patienten ließ sich retrospektiv kein neurologischer Status erheben.

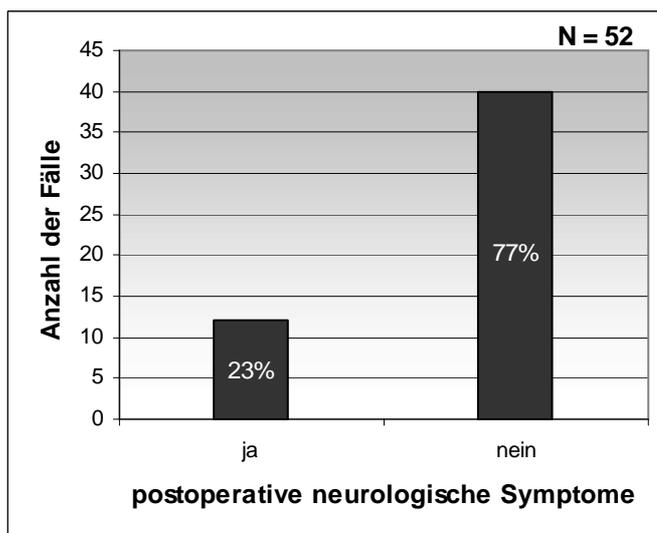


Abbildung 19: Erhebung des neurologischen Status der Patienten nach der Metallentfernung

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigte sich bei neun Patienten (23 %) von 39 Patienten ein neurologisches Defizit. Weiterhin hatten zwei Patienten (5 %) ein Konus-Kaudasyndrom und sieben Patienten (18 %) Blasen-Mastdarmstörungen. Von 16 Patienten (29 %) lagen keine Daten bzgl. ihres neurologischen Status bei der Nachuntersuchung vor.

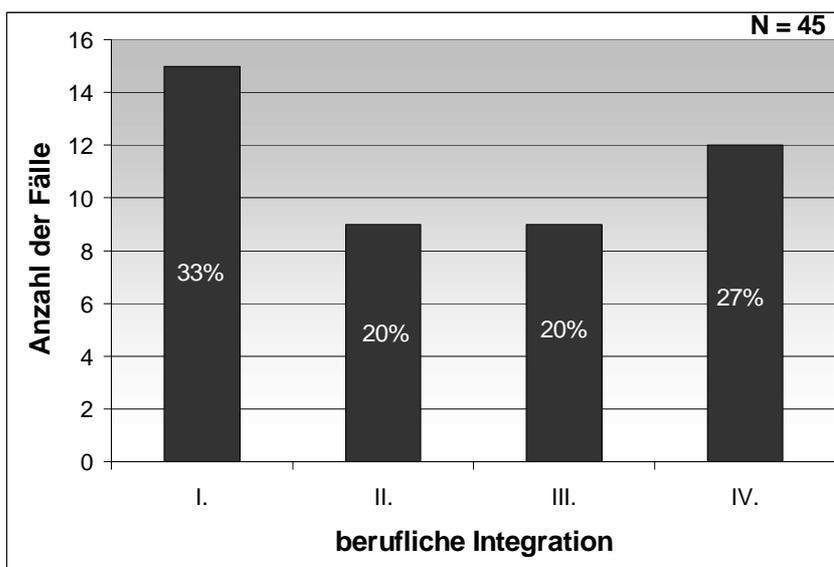
3.1.6 Verlauf der Rehabilitation

Die Dauer des stationären Aufenthaltes der 48 Patienten war sehr variabel. Bei sieben Patienten (13 %) lagen keine näheren Angaben über die Dauer ihres stationären Aufenthaltes vor. Der Mittelwert der stationären Aufenthaltsdauer betrug 18 Tage (Staw 9,53), beginnend bei einem Minimum von acht Tagen bis maximal 52 Tagen. Von den 55 Patienten wurden 50 Patienten (91 %) postoperativ mit einem Korsett versorgt.

Bei 32 Patienten (58 %) kam es zu keinem poststationären Rehabilitationsaufenthalt. Der poststationäre Rehabilitationsaufenthalt dauerte bei den restlichen 23 Patienten (42 %) im Durchschnitt 3,7 Monate (0,5-9 Monate) (Staw 2,2).

Eine thorakolumbale Fraktur bedeutete für den Verunfallten eine massive Einschränkung der Lebenssituation, insbesondere der körperlichen Leistungsfähigkeit und der Arbeitsfähigkeit. Bei 32 Betroffenen (58 %) kam es im Mittel zu einer Arbeitsunfähigkeit von 9,8 Monaten (0,75-21 Monate) (Staw 5,45). Während bei 23 Patienten (42 %) keine Angaben über die Dauer ihrer Arbeitsunfähigkeit vorlagen.

Die genauere Betrachtung der beruflichen Situation von 45 Patienten im Rahmen des bei der Nachuntersuchung erhobenen Fragebogens legte dar, dass 15 Patienten (33 %) in ihren „alten“ Beruf zurückkehren konnten. Weitere neun Patienten (20 %) konnten zwar in ihren vorherigen Beruf zurückkehren, diesen aber nur mit Einschränkungen ausführen. Weitere neun Patienten (20 %) mussten ihren ursprünglich ausgeübten Beruf, meist durch fehlende körperliche Belastbarkeit, wechseln. Die restlichen zwölf Patienten (27 %) waren entweder arbeitsunfähig, arbeitslos oder waren durch die Unfallfolgen berentet worden (s. Abb. 20). Bei zehn Patienten (18 %) konnten keine Daten zur ihrer beruflichen Situation erhoben werden.



- I. selber Beruf wie vor dem Unfall
- II. selber Beruf mit Einschränkungen nach dem Unfall
- III. nach dem Unfall Berufswechsel
- IV. nach dem Unfall arbeitsunfähig, arbeitslos, berentet

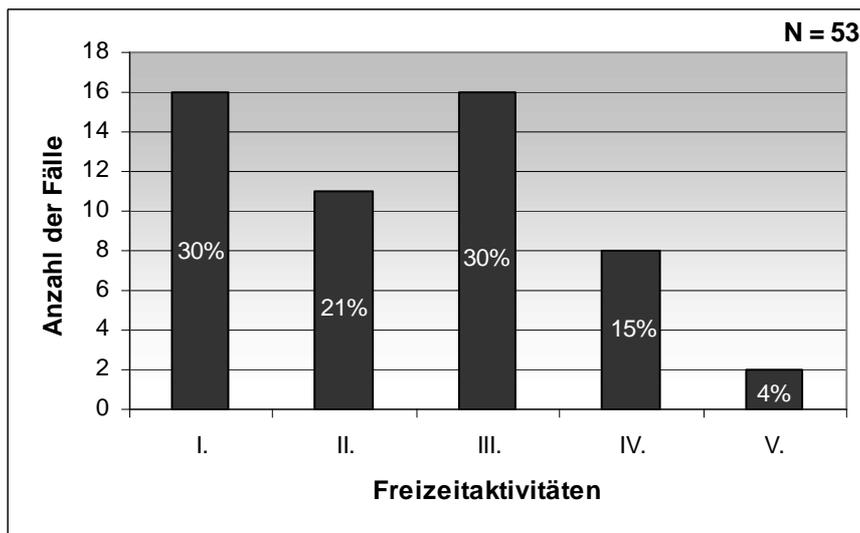
Abbildung 20: Berufliche Integration zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

3.1.7 Erhebungen zur Freizeitaktivität und Rückenfunktion

Während der Nachuntersuchung wurden von 53 Patienten (96 %) Daten bezüglich ihrer Freizeitaktivität und Rückenfunktion erhoben. Es wurde der Frage nachgegangen, inwieweit sich das Freizeitverhalten bzw. die Freizeitaktivitäten durch die Unfallfolgen verändert hatten.

Die gleichen Freizeitaktivitäten wie vor dem Unfallgeschehen konnten 16 Patienten (30 %) von 53 Patienten ausüben. Elf Patienten (21 %) konnten ihre bisherigen Freizeitaktivitäten mit leichten Einschränkungen wiederaufnehmen. Weitere 16 Patienten (30 %) litten unter deutlichen Einschränkungen. Insgesamt zehn Patienten (19 %) gaben starke Veränderungen in ihrem Freizeitverhalten an (Abb. 21).

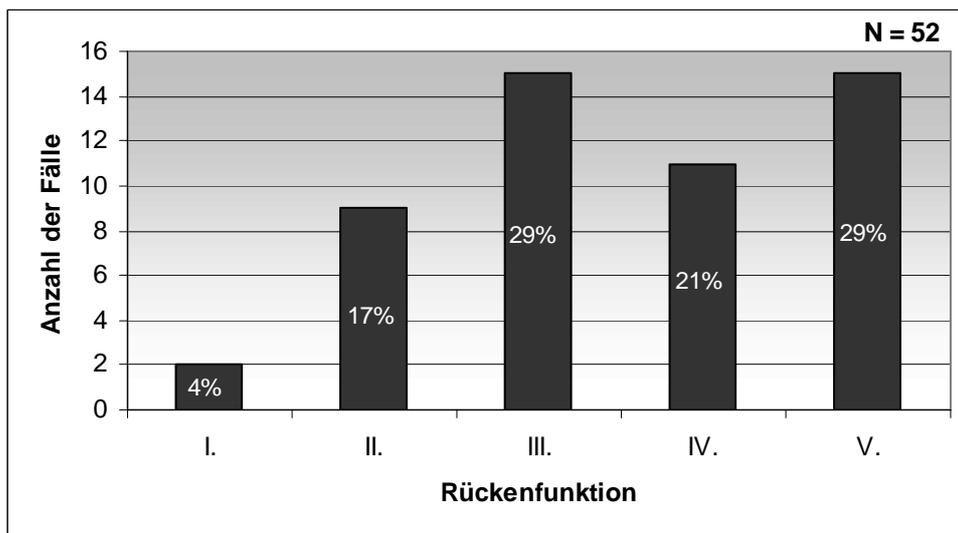
Von diesen zehn Patienten mit massiver Beeinflussung ihres Freizeitverhaltens waren acht Patienten (15 %) noch in der Lage, alltägliche Verrichtungen durchführen zu können. Die restlichen zwei Patienten (4 %) waren pflege- und hilfsbedürftig geworden. Bei zwei Patienten (4 %) fehlten Daten zu ihren Freizeitaktivitäten.



- I. wie vor dem Unfall
- II. wie vorher mit Einschränkungen
- III. deutliche Einschränkungen
- IV. nur alltägliche Verrichtungen
- V. pflege-/hilfsbedürftig

Abbildung 21: Freizeitverhalten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Nur zwei Patienten (4 %) von 55 Patienten gaben zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf Nachfragen zur Rückenfunktion eine Beschwerdefreiheit an. Neun Patienten (17 %) hatten gelegentlich leichte Beschwerden, 15 Patienten (29 %) klagten über häufige deutliche Beschwerden und elf Patienten (21 %) gaben starke Beschwerden bzgl. ihrer Rückenfunktion an. Als „invalidisierend“ bezeichneten 15 Patienten (29 %) den Zustand ihrer Rückenfunktion (Abb. 22). Drei Patienten (5 %) machten keine Angaben zu ihrer Rückenfunktion.



- I. beschwerdefrei
- II. gelegentlich leichte Beschwerden
- III. häufige deutliche Beschwerden
- IV. häufige starke Beschwerden mit deutlichen Einschränkungen
- V. invalidisierend

Abbildung 22: Rückenfunktion zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

3.1.8 Klinische Nachuntersuchung

Bei allen Patienten hatte zum Zeitpunkt der klinischen Nachuntersuchung bereits die Metallentfernung stattgefunden. Von 15 Patienten (27 %) konnten keine Daten für die klinische Nachuntersuchung erhoben werden. Zur Interpretation der klinischen Untersuchungsergebnisse bei den verbliebenen 40 Patienten (73 %) konnten keine präoperativen Daten zur Wirbelsäulenbeweglichkeit, dem individuellen knöchernen Wirbelsäulenaufbau sowie der muskulären Situation präoperativ herangezogen werden.

36 (90 %) von 40 Patienten besaßen ein flüssiges und physiologisches Gangbild. Insgesamt vier Betroffene (10 %) zeigten ein verändertes Gangbild in Form einer Gehbehinderung oder eine Verlangsamung des physiologischen Gangbildes (Abb. 23).

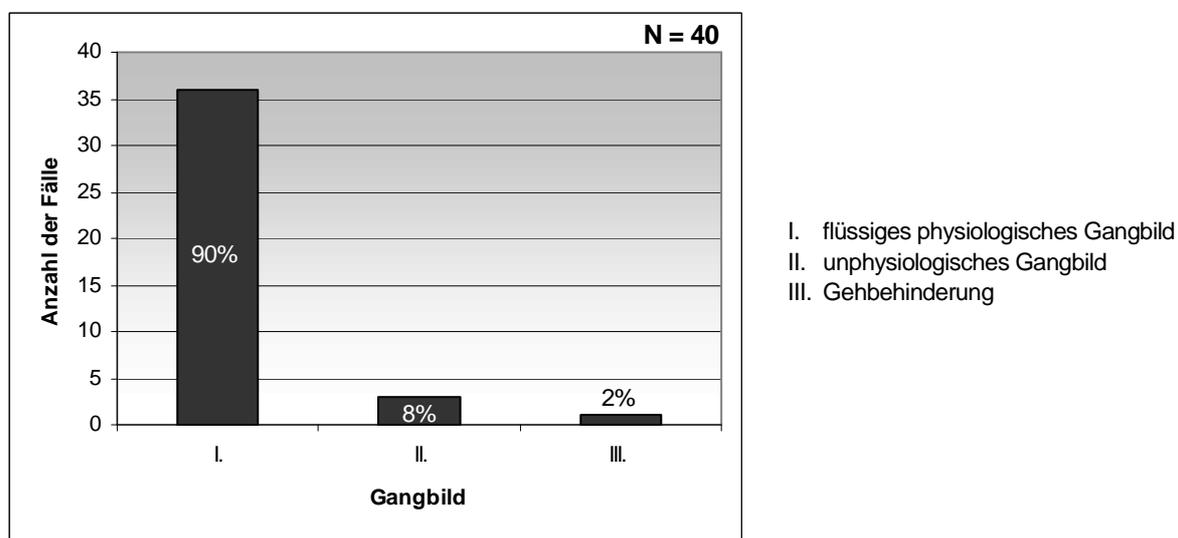


Abbildung 23: Auswertungsergebnisse des Gangbildes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

17 Patienten (42,5 %) hatten eine physiologische Körperhaltung, 13 Patienten (32,5 %) zeigten eine thorakale Hyperkyphose, fünf Patienten (12,5 %) eine thorakale Hypokyphose und die restlichen fünf Patienten (12,5 %) eine lumbale Hyperlordose.

Die Wirbelsäulenform entsprach bei 23 (58 %) Patienten einem unauffälligen Befund, bei 17 (42 %) Patienten war eine skoliotische Fehlhaltung zu erkennen, wobei nicht zu unterscheiden war, ob diese bereits vor der thorakolumbalen Fraktur vorhanden gewesen war.

Bei acht (20 %) von 40 Patienten lag ein Beckenschiefstand bei der Nachuntersuchung vor.

Wie Abb. 24 zeigt, war das Muskelprofil bei 33 (82,5 %) von 40 Patienten unauffällig, sieben (17,5 %) Patienten zeigten ein asymmetrisches Muskelprofil. Beim Überprüfen der Dornfortsätze auf Druckschmerzhaftigkeit waren 29 (72,5 %) Patienten beschwerdefrei. Bei sieben (17,5 %) Patienten fand sich ein thorakolumbaler Druckschmerz. Zwei (5 %) Patienten gaben

thorakal, ein Patient (2,5 %) gab zervikothorakal und ein weiterer Patient (2,5 %) gab lumbal Druckschmerz an.

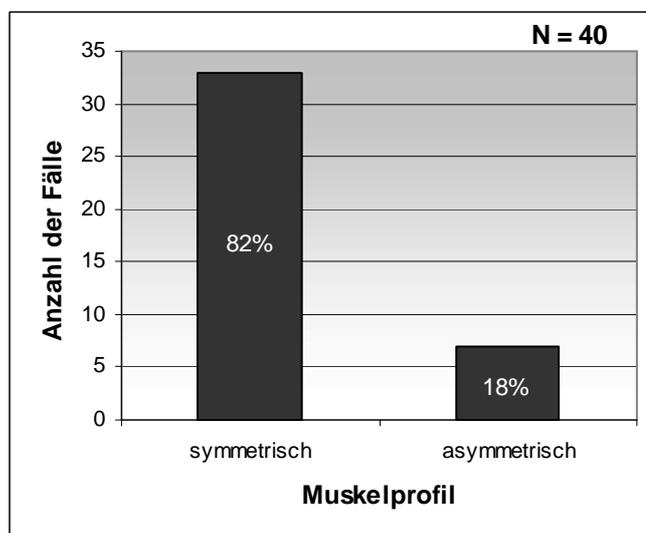


Abbildung 24: Muskelprofil zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Von 40 Patienten war bei 17 Patienten (43 %) ein paravertebraler muskulärer Hartspann sowie Myogelosen vorhanden. Bei den übrigen 23 Patienten (57 %) war der muskuläre Tastbefund unauffällig.

Bei der Überprüfung der Sensibilität und des Kraftgrades an der unteren Extremität litten von 40 Patienten zwölf Patienten (30 %) unter sensiblen Ausfällen (Abb. 25) und sieben Patienten (17,5 %) besaßen eine Minderung des maximalen Muskelkraftgrades 5/5.

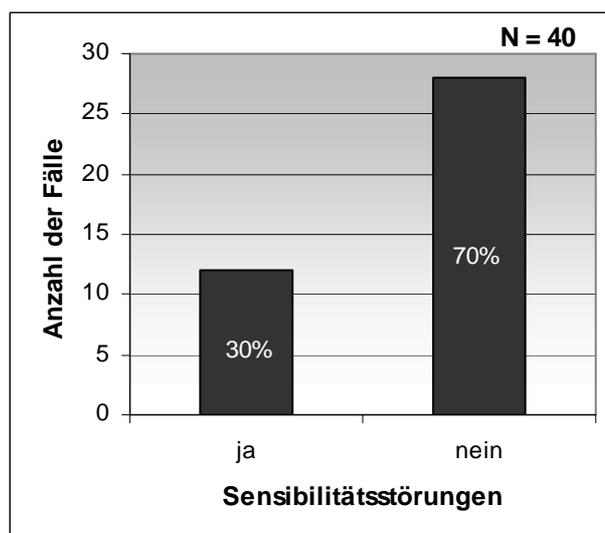


Abbildung 25: Sensibilitätsstörungen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Als Maße für die Beweglichkeit der Wirbelsäule dienen die Messungen der maximalen Dorsalextension und Ventralflexion, der Seitneigung nach rechts/links, rechts/links Rotation, der FBA und der Bewegungsumfang nach Schober und Ott.

Von den 40 Patienten erreichten 25 (62,5 %) eine Ventralflexion der Wirbelsäule $>70^\circ$, 15 Patienten (37,5 %) kamen über eine Ventralflexion von 70° nicht hinaus. Der Mittelwert (N=40) betrug 69° (von $20-110^\circ$) (Staw 25). Bei der Messung der maximalen Dorsalextension wiesen 18 (45 %) Patienten (N=40) ein Bewegungsausmaß über 25° auf, die restlichen 22 Patienten erreichten Werte zwischen 5° und $<25^\circ$. Im Mittel lag die maximale Dorsalextension von 40 Patienten bei 23° (von $10-45^\circ$) (Staw 11).

Im Mittel betrug die Seitneigung nach rechts $27,7^\circ$ (von $15-40^\circ$) (Staw 7) und nach links $27,2^\circ$ (von $10-40^\circ$) (Staw 8,4), d.h. man fand keine Seitendifferenz. Eine Seitneigung $>20^\circ$ nach rechts erreichten 39 (97,5 %) von 40 Patienten. Eine Seitneigung $>20^\circ$ nach links erreichten 35 Betroffene (87,5 %).

Die Rotation der Wirbelsäule ist sehr schwer zu beurteilen, es wurde nur der Mittelwert angegeben. Im Durchschnitt betrug die Rotation nach rechts $36,1^\circ$ (von $10-60^\circ$) (Staw 12,4), nach links $35,4^\circ$ (von $10-60^\circ$) (Staw 13,1)

Der FBA diene als Maß für die Flexionsfähigkeit der Lendenwirbelsäule. Er ergab im Mittel einen Wert von 17 cm (4-48 cm) (Staw 13,1), bei einem Zielwert von 0 cm.

Auch der Test nach Schober ist eine weitere Möglichkeit die selektive Beweglichkeit der Lendenwirbelsäule zu überprüfen. Es sollten bei maximaler Flexion eine Verlängerung der Strecke zwischen 10-15 cm erreicht werden, im Mittel lagen die Werte bei 13 cm (von 10-15) (Staw 1,3).

Der Mittelwert betrug beim Ott-Zeichen 31,5 cm (von 30-34 cm) (Staw 1,2), nur 11 Patienten (27,5 %) schafften eine Flexion > 33 cm.

3.1.9 Visuell-Analog-Skala

Die Patienten gaben ihren Zustand vor dem Unfallgeschehen mit einem mittleren Wert von 90 (von 100) Punkten (Staw 15,33) an. Dies entsprach der Kategorie IV (s. Kapitel 2.3 Material Methode), d.h., dass die Patienten vor dem Unfallgeschehen sehr zufrieden bzw. keine Einschränkungen in Alltagssituationen hatten. Bei der Nachuntersuchung, d.h. ihrem Zustand nach der thorakolumbalen Fraktur, erreichten sie einen Mittelwert von 57 (von 100) Punkten (Staw 34,4). Jener Zahlenwert entsprach der Kategorie III und bedeutete, dass die Patienten nach der thorakolumbalen Fraktur zwar zufrieden, aber unter Beschwerden sowie leichte Einschränkungen im Alltagsleben litten. Die VAS Differenzen, gebildet aus den subjektiven Angaben „vor dem Unfallgeschehen“ und i. R. der Nachuntersuchung waren bei den Alltagsaktivitäten der Patienten in allen Unterpunkten signifikant verschieden. Dies bedeutete, dass die Patienten signifikant weniger Punkte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei ihren alltäglichen Aktivitäten erreichten. Die Abbildung 26 zeigt die Mittelwerte der einzelnen Alltagsaktivitäten vor der thorakolumbalen Fraktur und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Betrachtet man die einzelnen Unterpunkte im Diagramm, dann fallen die größten Differenzen bei Angaben zum Belastungsschmerz, beim Hochheben und beim Laufen auf.

Abschließend mussten die Patienten in der VAS ihre Zufriedenheit angeben. Hierbei lag der Mittelwert bei 75 (von 0-100) (Staw 28,5). Bei einem Mittelwert von 75 war ein Großteil der Patienten mit dem Ergebnis sehr zufrieden oder zufrieden (s. Abb. 27).

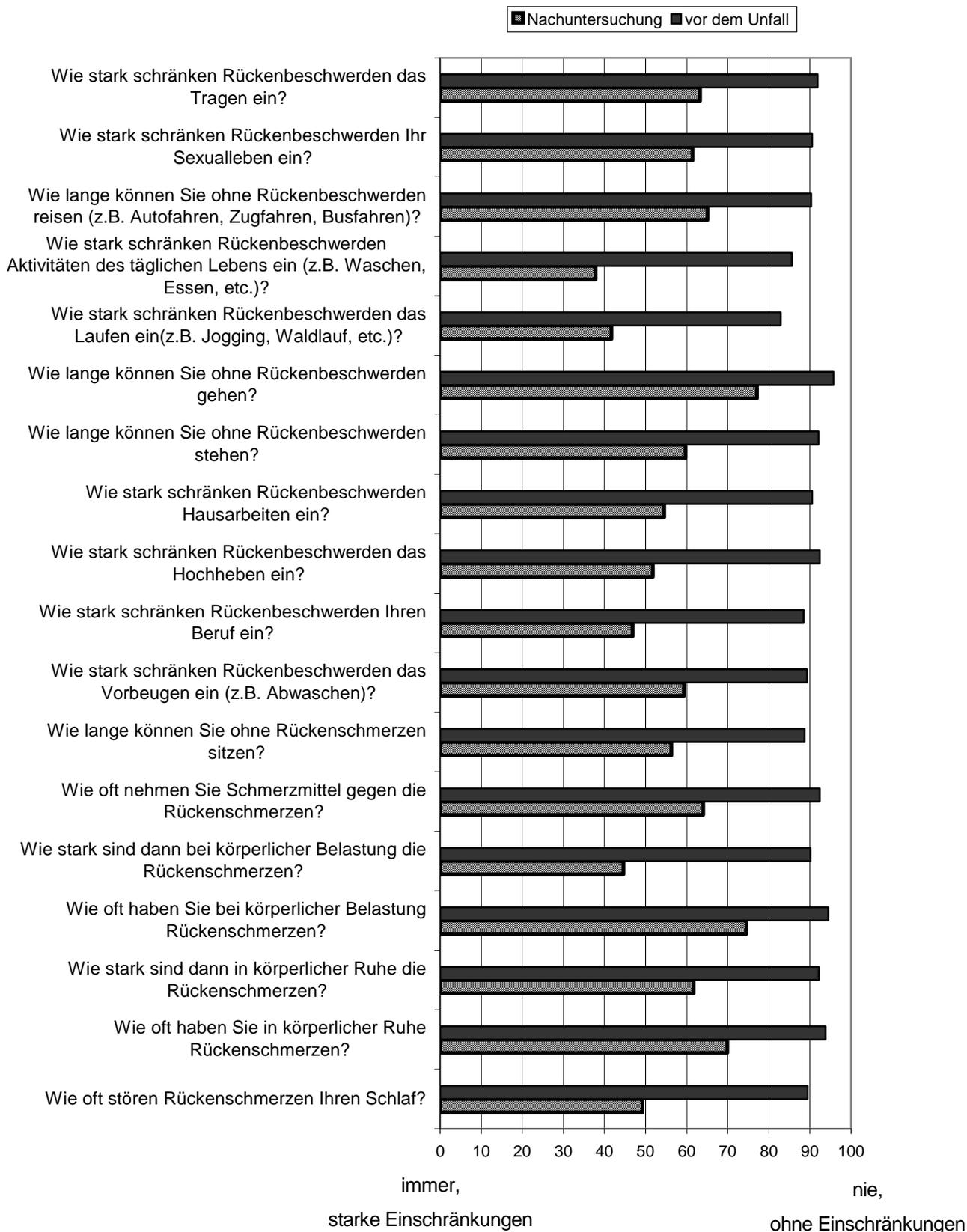


Abbildung 26: Wirbelsäulenskala gegliedert nach verschiedenen Alltagstätigkeiten, vor dem Unfall und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

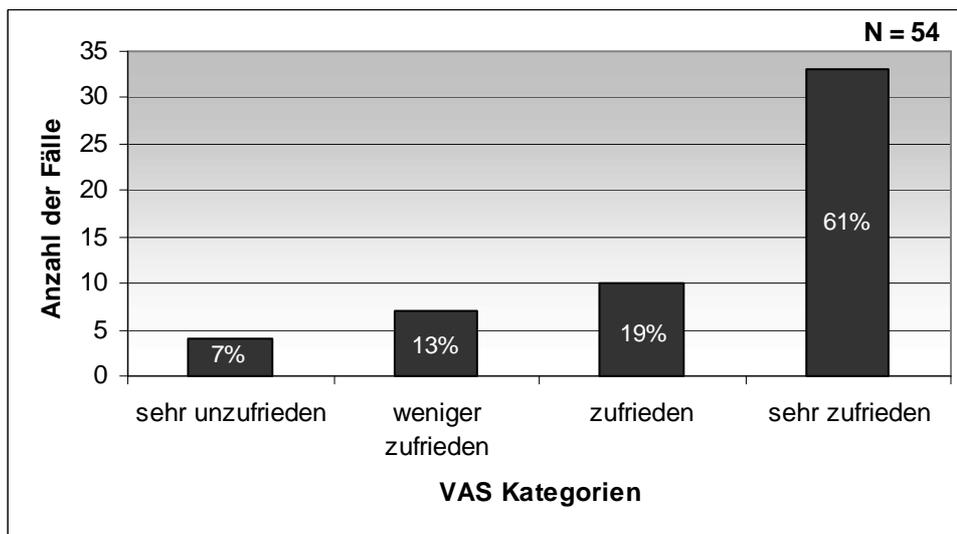


Abbildung 27: Zufriedenheit der Patienten mit dem Operations- und Behandlungsergebnis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

3.1.10 Radiologische Ergebnisse

Komplette radiologische Datenverläufe vom Unfalltag bis mindestens drei Monate nach der Metallentfernung konnten von 28 Patienten erhoben werden; angegeben sind die jeweiligen Mittelwerte und die Standardabweichungen. Durch die operative Korrektur der unfallbedingten Kyphose im Frakturbereich kam es zu einem Repositionsgewinn, der im Verlauf allerdings wieder abnahm und nach der Metallentfernung als Korrekturverlust zu vermerken war.

Der GDW1 betrug zum Unfallzeitpunkt im Durchschnitt $19,2^\circ$ (Staw 7,2); direkt postoperativ, d.h. nach Aufrichtung und Reposition, betrug er im Mittel $10,1^\circ$ (Staw 4,8) (s. Abb. 26). Nach der Metallentfernung lag er im Mittel bei $18,8^\circ$ (Staw 6,7) und mindestens 3 Monate nach der Metallentfernung sinterte der Wirbelkörper auf $19,4^\circ$ (Staw 8,2) ein. Trotz des Korrekturgewinns postoperativ kam es im Laufe der Zeit zur erneuten Zunahme der Kyphosierung und einem Verlust von durchschnittlich $9,1^\circ$ (Staw 6,3).

Zum Unfallzeitpunkt lag der Mittelwert von GDW2 bei $9,3^\circ$ (Staw 6,7). Postoperativ kam es zu einer Verbesserung auf $5,5^\circ$ (Staw 4,1). Nach der Metallentfernung vergrößerte sich der Winkel wieder auf $12,1^\circ$ (Staw 6,1) sowie auf $13,4^\circ$ (Staw 9,1) mindestens 3 Monate nach der Metallentfernung. Folglich trat bei GDW2 ein Korrekturverlust von $7,29^\circ$ (Staw 10,7) auf (s. Abb. 26). Ähnlich verhielt es sich mit dem GDW1 bisegmental und GDW2 bisegmental. GDW1 bisegmental zeigte am Unfalltag einen durchschnittlichen Wert von $15,1^\circ$ (Staw 8,3), postoperativ kam es zur Verringerung des Winkels auf $9,1^\circ$ (Staw 5,0). Nach der Metallentfernung erfolgte erneut eine Zunahme auf $16,7^\circ$ (Staw 8,2) und mindestens 3 Monate nach

der Metallentfernung auf 18° (Staw 10,0). Hier ergab sich eine Sinterung bzw. Rekyphosierung von durchschnittlich 7,7° (Staw 10,9) (s. Abb. 26).

GDW2 bisegmental hatte zum Zeitpunkt des Unfalltages einen Mittelwert von 9° (Staw 6,6), postoperativ von 7,8° (Staw 7,9). Der Winkel vergrößerte sich auf 10° (Staw 7,4) nach der Metallentfernung und mindestens 3 Monaten nach der Metallentfernung auf 11° (Staw 6,5). Hier war der Korrekturverlust mit 1,3° (Staw 11,5) am geringsten. Allerdings war auch der Repositionsgewinn bei GDW2 bisegmental am geringsten (s. Abb. 28). GDW1 bisegmental zeigte den größten Korrekturverlust bzw. die größte Sinterungstendenz.

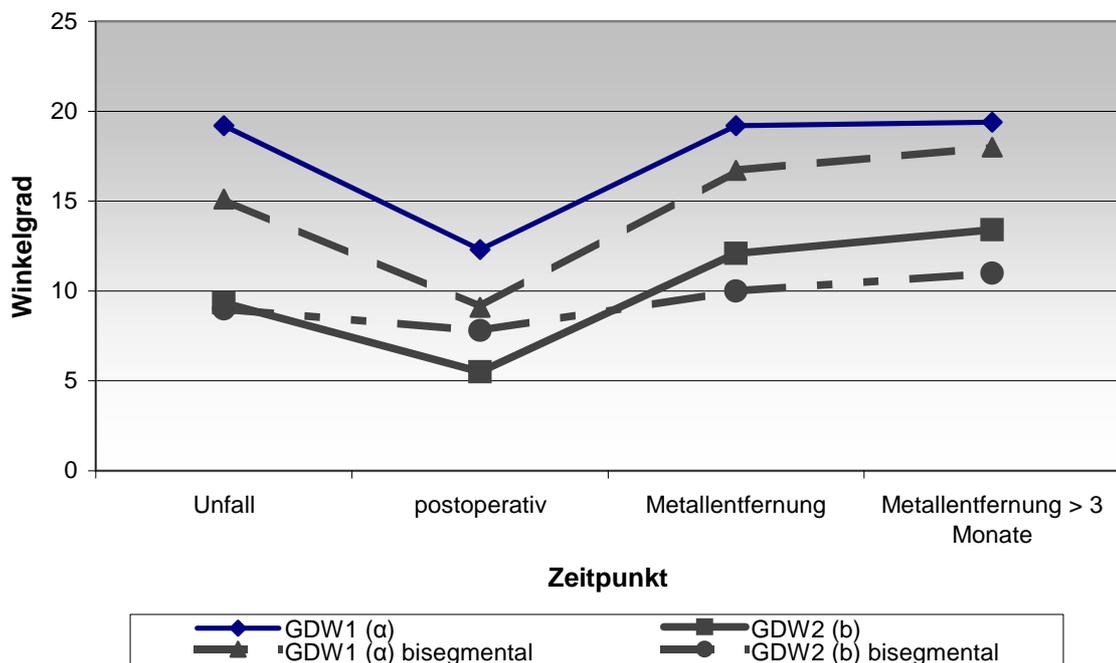


Abbildung 28: Zeitlicher Verlauf der Grunddeckplattenwinkel (GDW1, GDW2, GDW1 bisegmental und GDW2 bisegmental)

Die Winkelmaße des GDW1 ($p=0,005$) sowie GDW1 bisegmental ($p=0,04$) waren im Vergleich prä- zu postoperativer Versorgung signifikant voneinander verschieden, d.h. es lag ein signifikanter Repositionsgewinn vor. Bei den übrigen Winkelmaßen GDW2 ($p=0,065$) und GDW2 bisegmental ($p=0,508$) trat kein signifikanter Repositionsgewinn auf.

Die Korrekturverluste ($N=20$) waren bei GDW1 ($p<0,05$) und GDW2 ($p<0,05$) statistisch signifikant. Beim GDW1 bisegmental ($p=0,13$) und GDW2 bisegmental ($p=0,20$) war kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen dem Zustand nach der operativen Versorgung sowie nach der Metallentfernung nachweisbar. Der Mittelwert des Korrekturverlusts aller Grunddeckplatten-Winkel betrug 6,34° (Staw 3,45), das heißt die unfallbedingte Kyphosierung konnte im Mittel nur auf 6,34° vermindert werden.

Der Sagittale Index (SI) ergab am Unfalltag einen Mittelwert von 0,62 (Staw 1,8) und konnte durch operative Reposition auf 0,75 (Staw 1,1) postoperativ korrigiert werden. Der Repositionsgewinn beim SI war statistisch signifikant ($p < 0,05$). Nach der Metallentfernung blieb der Wert konstant. Erst mindestens drei Monaten nach der Metallentfernung sah man eine minimale Verringerung auf 0,73 (Staw 1,3). Beim SI (N=19) war kein signifikanter Korrekturverlust ($p = 0,47$) nach der operativen Versorgung und zum Zeitpunkt nach der Metallentfernung zu ermitteln.

Die Bandscheibenzwischenräume wurden kranial und kaudal des frakturierten Wirbelkörpers ausgemessen (Angaben in mm). Im Folgenden werden die Mittelwerte zu den vier verschiedenen Zeitpunkten in tabellarischer Form dargestellt.

Zeitpunkt	Bandscheibenraumhöhe ventral (mm)(STAW)	Bandscheibenraumhöhe medial (mm) (STAW)	Bandscheibenraumhöhe dorsal (mm) (STAW)
Unfall	11,05 (3,5)	9,9 (2,7)	5,4 (2,5)
Postoperativ	11,6 (2,2)	15,4 (23,3)	6,4 (2,2)
Metallentfernung	8,3 (2,3)	9,8 (2,5)	4,4 (1,3)
Metallentfernung >3 Monate	8,0 (2,4)	8,6 (2,6)	4,4 (1,1)

Tabelle 1: Zeitlicher Verlauf der Bandscheibenraumhöhe kaudal der Fraktur

Zeitpunkt	Bandscheibenraumhöhe ventral (mm)	Bandscheibenraumhöhe medial (mm)	Bandscheibenraumhöhe dorsal (mm)
Unfall	7,3 (3,2)	8,7 (2,3)	4,2 (2,0)
Postoperativ	10,0 (3,0)	10,8 (2,2)	4,9 (1,7)
Metallentfernung	3,2 (2,4)	7,0 (2,9)	3,1 (1,3)
Metallentfernung >3 Monate	3,3 (2,6)	5,8 (2,4)	2,5 (1,3)

Tabelle 2: Zeitlicher Verlauf der Bandscheibenraumhöhe kranial der Fraktur

Durch die intraoperative Reposition und Korrektur kam es zu einer Vergrößerung der Bandscheibenzwischenraumhöhe postoperativ. Alle drei Meßpunkte in den Bandscheiben- bzw. Zwischenwirbelräumen kaudal der Fraktur zeigten keinen statistisch signifikanten Repositionsgewinn (ventral $p = 0,65$, medial $p = 0,07$, dorsal mit $p = 0,70$) postoperativ. Der Repositionsgewinn der Zwischenwirbelräume kranial der Fraktur war weder beim kranialen ventralen Bandscheibenzwischenraum $p = 0,39$, noch beim dorsalen Bandscheibenzwischenraum mit

$p=0,08$ signifikant. Lediglich der kraniale mediale Bandscheibenzwischenraum war mit $p<0,05$ signifikant verschieden und zeigte einen signifikanten Repositionsgewinn nach der operativen Versorgung.

Im weiteren Behandlungsverlauf erfolgte dann ein Korrekturverlust mit Abnahme der Bandscheibenraumhöhe sowohl kaudal als auch kranial der Fraktur (s. Tab. 3). Der Korrekturverlust ($N=19$) war bei allen Intervertebrälräumen signifikant, dies bedeutet, dass nach der operativen Versorgung der Wirbelfraktur bis zum Zeitpunkt nach der Metallentfernung sowohl kaudal als auch kranial der Fraktur in den Intervertebrälräumen ein signifikanter Höhenverlust nachzuweisen war.

Position zur Frakturzone	Bandscheibenraumhöhe ventral (p-Wert)	Bandscheibenraumhöhe medial (p-Wert)	Bandscheibenraumhöhe dorsal (p-Wert)
kaudal	0,000	0,004	0,001
kranial	0,000	0,000	0,000

Tabelle 3: Korrekturverlust der Bandscheibenzwischenräume (Differenz operative Versorgung z. Z. nach der Metallentfernung)

Postoperativ war es bei sechs Patienten (21 %) zu einer Stufenbildung in der Grundplatte gekommen, die sich aber im Laufe der Zeit minimierte, sodass mindestens drei Monate nach der Metallentfernung nur noch bei zwei Patienten (7 %) eine deutliche Stufenbildung vorhanden war.

Nach der Metallentfernung zeigte sich eine knöcherne Fusion des betroffenen Segments bei einem Patient (3,5 %) und nach mindestens drei Monaten bei zwei weiteren Patienten (10 %). Dies bedeutet, dass die spontane Spondylodeserate nach der Metallentfernung unter 5 % lag.

Bei sechs Patienten (21 %) konnten keine genauen Aussagen über die knöcherne Fusion gemacht werden.

Eine knöcherne Durchbauung des frakturierten Bereiches war zum Zeitpunkt der Metallentfernung bei 14 Patienten (48 %) eingetreten, nach weiteren drei Monaten bereits bei 16 von 29 Patienten (55 %).

3.2 Einflüsse radiologischer Parameter auf das operative Ergebnis

3.2.1 Einfluss der Frakturlokalisierung auf die Grund-Deckplatten-Winkel und den Sagittalen Index

Es ergab sich ein statistischer Zusammenhang zwischen GDW1 ($p=0,03$) und GDW1 bisegmental ($p=0,02$) (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) und der Frakturlokalisierung. Patienten ($N=19$) mit einer Frakturlokalisierung im Bereich LWK-1 ($N=9$) hatten einen signifikant größeren GDW1 und GDW1 bisegmental als BWK-12 und LWK-2 (mindestens 3 Monate nach der Metallentfernung) (s. Abb. 29).

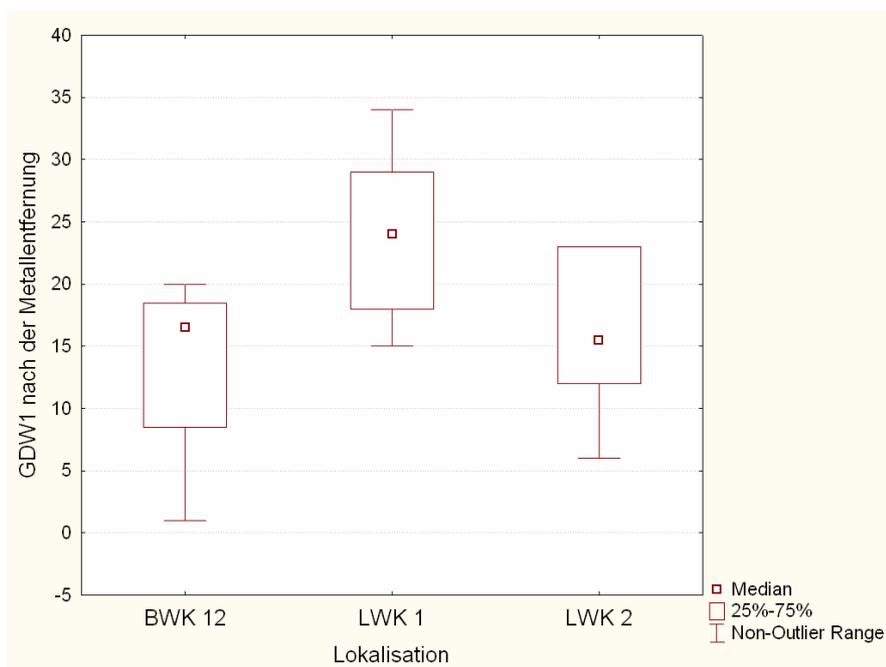


Abbildung 29: Abhängigkeit des GDW1 von der Frakturlokalisierung

Der signifikant größere GDW1 bisegmental (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) wirkte sich auch auf den SI aus. Wie aus der Formel des SI (Quotient aus der Höhe der Wirbelkörpervorderwand und der -hinterwand) nachvollzogen werden kann, lag ein signifikant niedriger SI ($p=0,02$) beim LWK-1 im Vergleich zu den anderen Wirbelkörpern vor (s. Abb. 30).

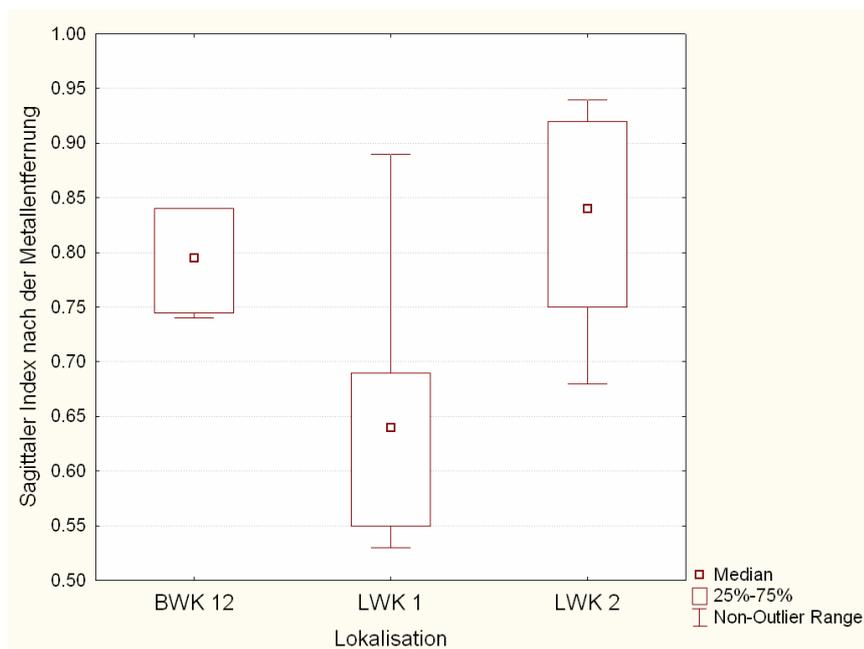


Abbildung 30: Abhängigkeit des SI von der Frakturlokalisierung

Nicht signifikant waren der Einfluss der Basisdaten, der unfallbezogenen Daten und der Frakturklassifikation nach Magerl (1994) auf den GDW1.

3.2.2 Einfluss der Operationsmethode auf die radiologischen Parameter

Der Vergleich verschiedener Operationsmethoden ergab, dass Patienten mit einer Laminektomie (N=4) einen signifikant größeren GDW1 (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) hatten als Patienten ohne Laminektomie (N=24) (s. Abb. 31).

Auch beim GDW2 (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) zeigten laminektomierte Patienten einen signifikant größeren GDW2 (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) mit $p < 0,05$. Beim Vergleich der verschiedenen intraoperativ angewendeten Verfahren hatten laminektomierte Patienten (N=4) signifikant größere Werte beim GDW2 ($p = 0,02$) (mindestens 3 Monate nach der Metallentfernung).

Wie aus Abbildung 32 hervorgeht, wiesen Patienten (N=8) mit einer zusätzlichen Querstabilisation geringere Mittelwerte beim GDW2 und damit ein geringeres Zusammensintern der Frakturzone auf. Ähnliches war bei Patienten zu beobachten, die keine zusätzlichen Maßnahmen (wie z.B. Querstabilisation) erhalten hatten.

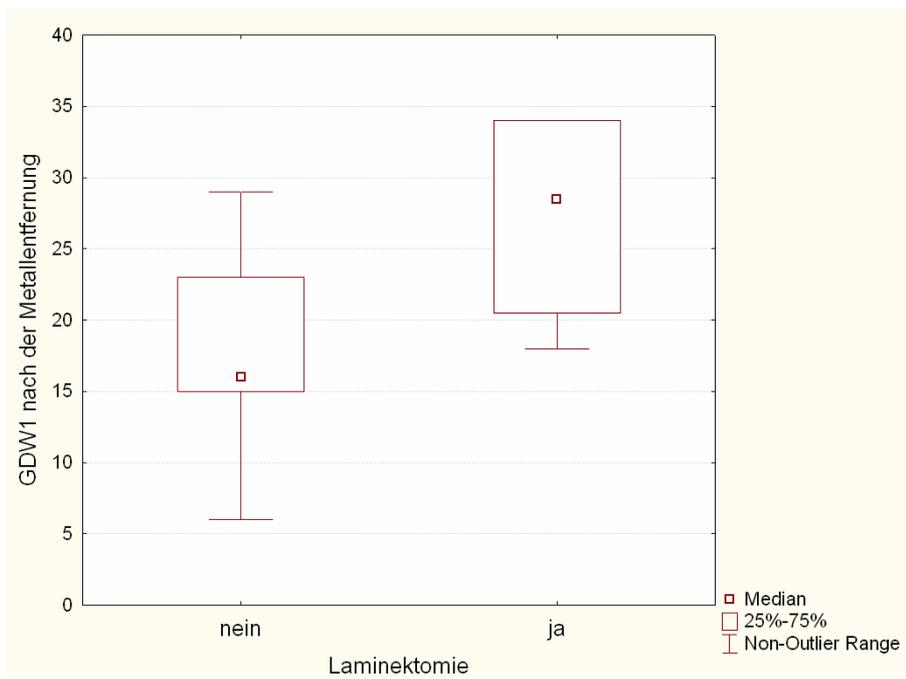


Abbildung 31: Abhängigkeit des sekundären Korrekturverlustes am Bsp. von GDW1 bei der Laminektomie

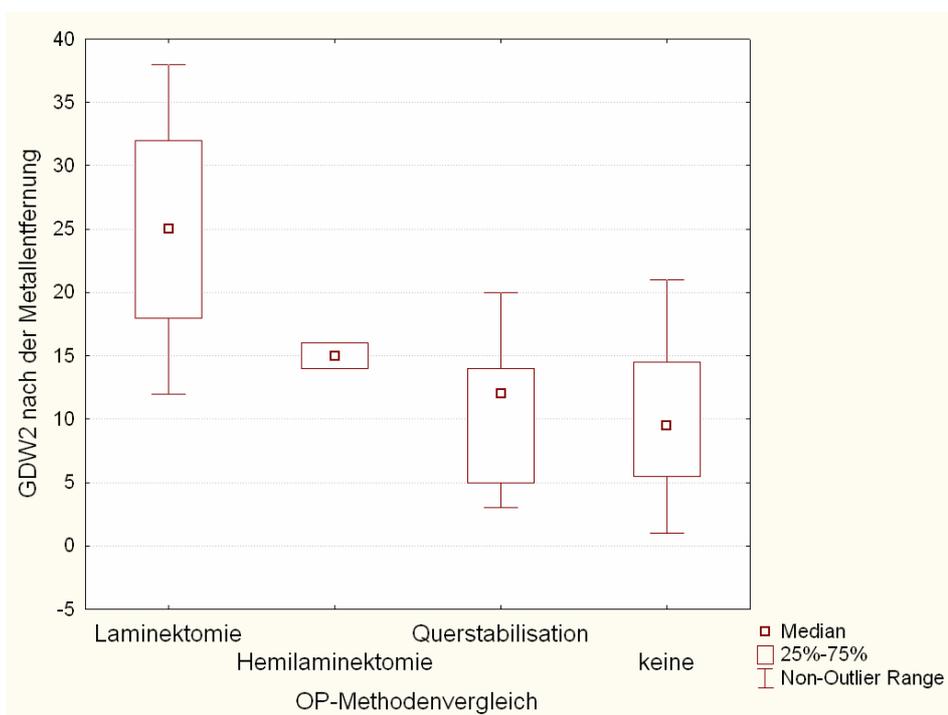


Abbildung 32: Abhängigkeit des sekundären Korrekturverlustes von den verschiedenen Operationsmethoden am Bsp. von GDW2

Insgesamt zeigte sich die Tendenz, dass Patienten mit zusätzlicher Querstabilisation (N=8) eine geringere Sinterungstendenz der Wirbelkörperfraktur beim GDW1, GDW2, GDW1 bi-

segmental und GDW2 bisegmental (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) präsentierten (s. Abb. 33).

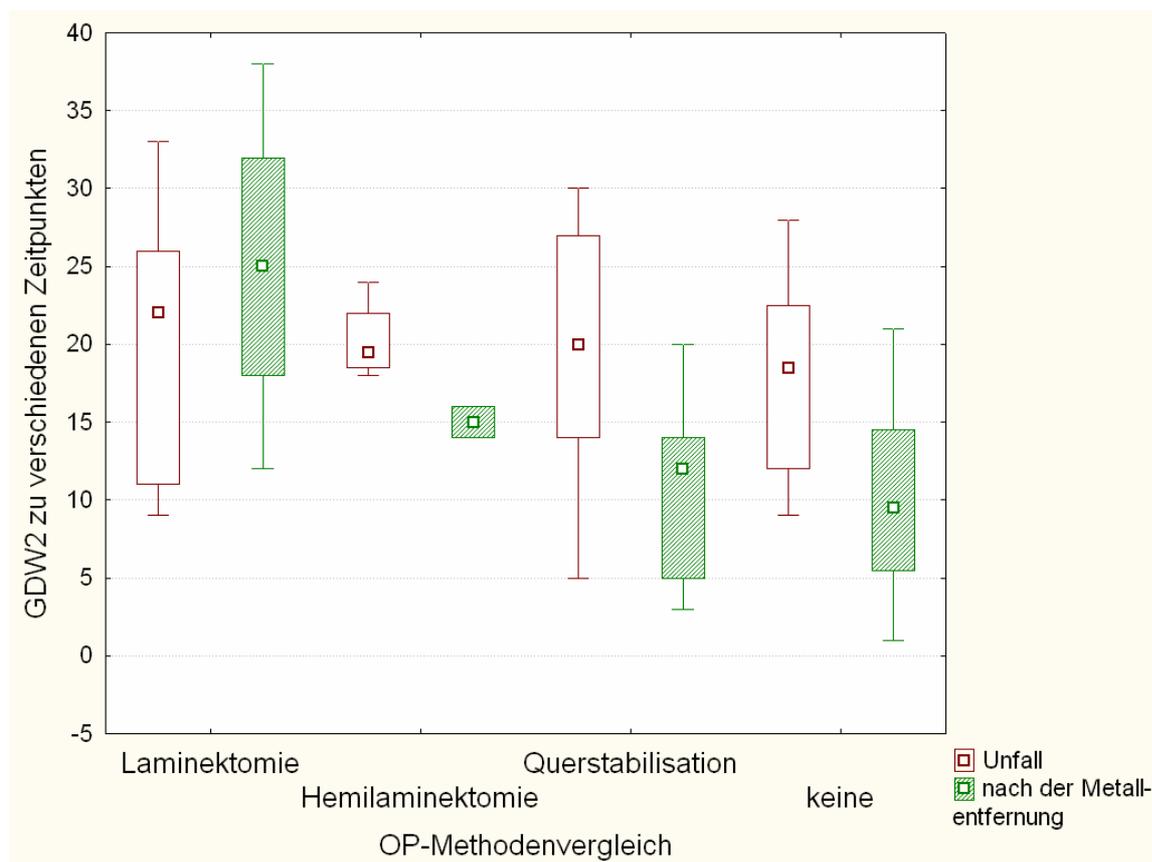


Abbildung 33: Zeitlicher Verlauf des sekundären Korrekturverlustes der verschiedenen Operationsmethoden anhand von GDW2

Interessanterweise wiesen hemi- und laminektomierte Patienten im Vergleich zum restlichen Patientenpool am Unfalltag keine signifikant ($p < 0,05$) größeren Werte bei den Grunddeckplatten-Winkel, beim Sagittalen Index (SI) oder den Bandscheibenzwischenräumen auf.

Keine statistisch signifikanten Unterschiede waren zwischen radiologischen Parametern und hemilaminektomierten Patienten oder Patienten, die eine zusätzliche Querstabilisation erhalten hatten, nachzuweisen. Der Vergleich radiologischer Daten mit Angaben zur operativen Versorgung und operativen/postoperativen Komplikationen erbrachte ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Die Mittelwerte der Winkeldifferenzen wichen bei den intraoperativ angewendeten Methoden nicht signifikant voneinander ab. Beim SI und der spontanen knöchernen Fusion der Wirbelkörper konnten ebenfalls keine weiteren statistisch signifikanten Zusammenhänge mit anderen Parametern nachgewiesen werden.

Laminektomierte Patienten (N=4) hatten außerdem signifikant niedrigere Bandscheibenzwischenräume kranial der Fraktur (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) ($p=0,04$) als Patienten ohne Laminektomie (s. Abb. 34).

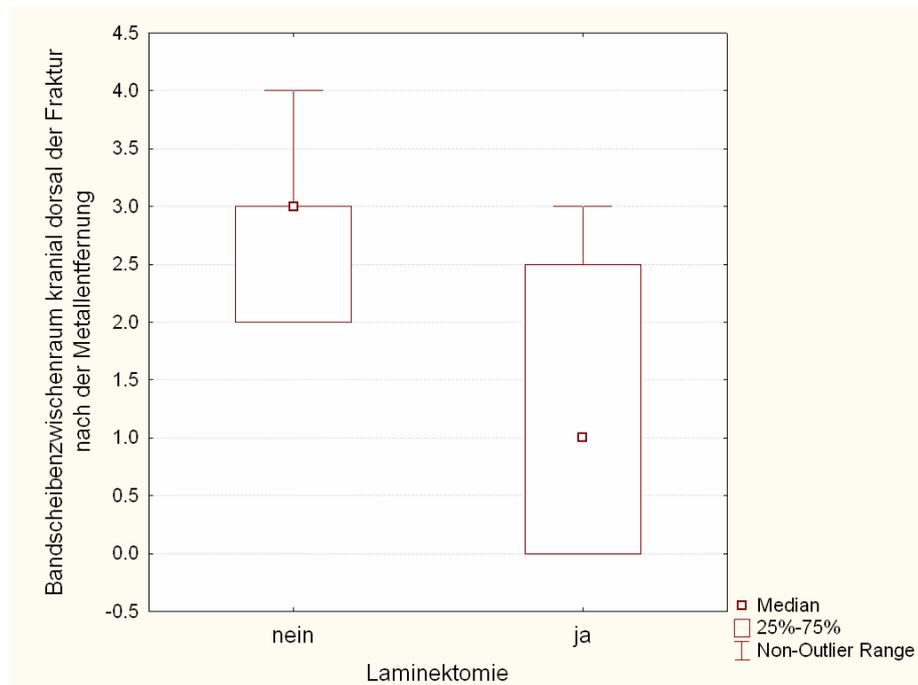


Abbildung 34: Abhängigkeit der Bandscheibenzwischenraumhöhe von der Laminektomie

Andere Parameter wie der klinische Untersuchungsbefund, Angaben zur Freizeitaktivität, Rückenfunktion, beruflichen Situation, des VAS oder der Zufriedenheit wiesen keinen statistisch signifikanten Differenzen auf, weder beim GDW1 noch beim GDW2 (mindestens 3 Monate nach der Metallentfernung).

3.2.3 Einflüsse radiologischer Parameter auf subjektive Angaben

Es konnte nachgewiesen werden, dass Patienten (N=12) mit einem GDW1 und GDW2 bisegmental (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) von mehr als 20° eine signifikant ($p=0,03$) schlechtere Rückenfunktion hatten als Patienten (N=16) mit einem GDW1 und 2 bisegmental von weniger als 10° (s. Abb. 35).

Sowohl für GDW1 bisegmental als auch für GDW2 bisegmental (mindestens drei Monate nach der Metallentfernung) ergaben sich ansonsten keine weiteren statistisch nachweisbaren Zusammenhänge mit anderen Parametern.

Zudem war eine Tendenz ohne statistische Signifikanz zwischen den Werten des kranialen Bandscheibenzwischenraumes und den Freizeitaktivitäten der Betroffenen zu erkennen ($p=0,054$). So hatten Patienten, die pflege- und hilfsbedürftig geworden waren, einen kleine-

ren Mittelwert bei ihren kranialen Bandscheibenzwischenräumen als Patienten, die den gleichen Freizeitaktivitäten wie vor dem Unfall nachgehen konnten.

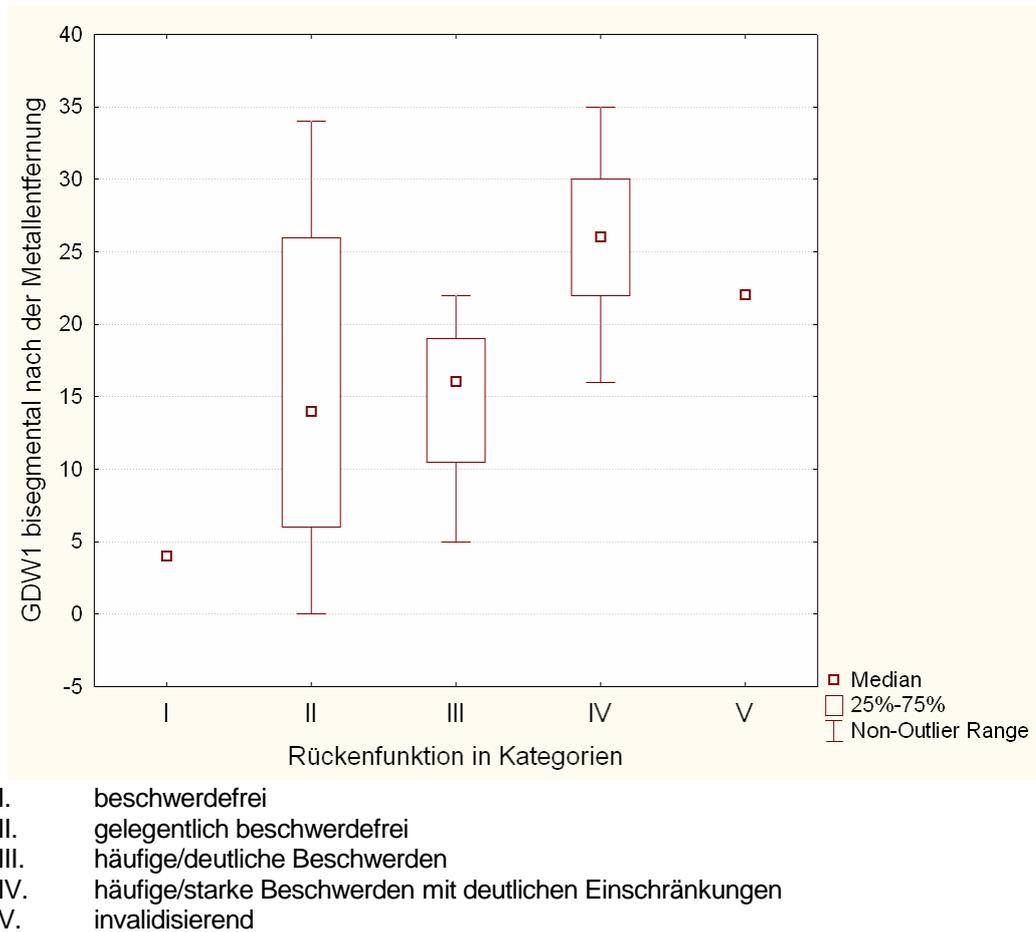


Abbildung 35: Abhängigkeit der Rückenfunktion vom GDW1 bisegmental

3.3 Einflüsse der Frakturklassifikation

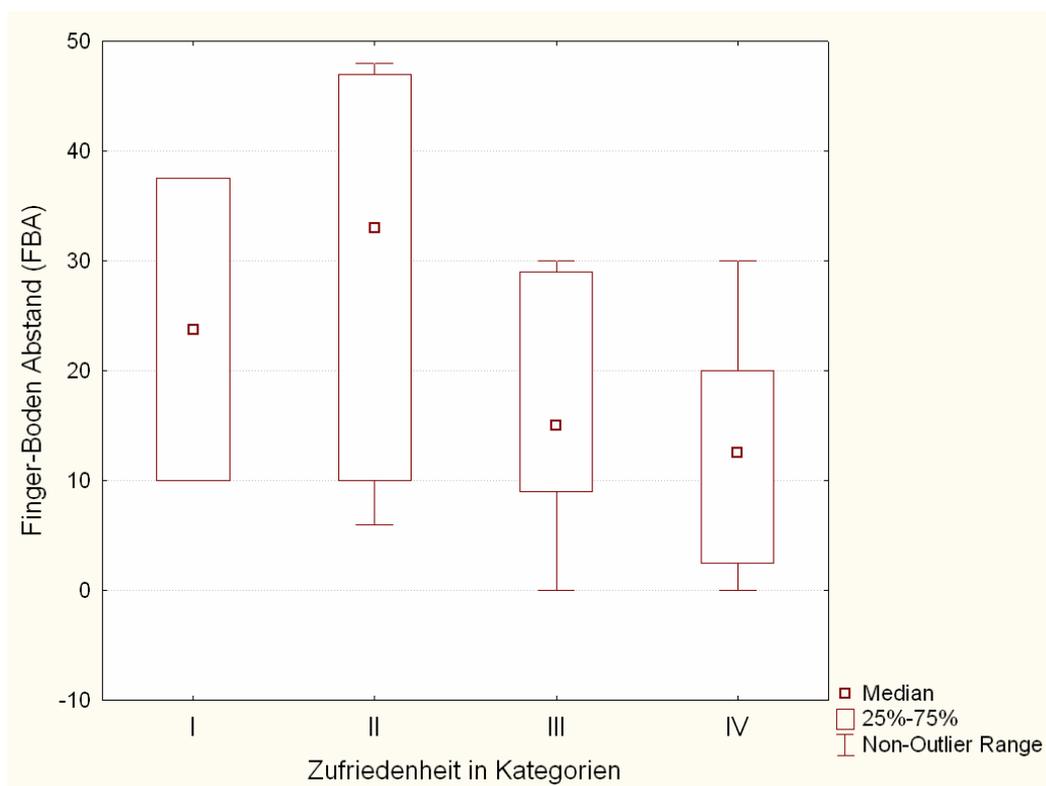
Sowohl die Basisdaten, die operative Vorgehensweise, als auch die subjektiven Patientendaten und die klinischen Untersuchungsergebnisse zeigten keinen signifikanten Zusammenhang zur Frakturklassifikation nach Magerl (1994).

3.4 Einflüsse auf die Zufriedenheit der Patienten

Folgende Parameter hatten einen statistisch signifikanten Einfluss auf die Zufriedenheit der Patienten:

- der Finger-Bodenabstand
- die Seitneigung
- die Oberkörperrotation
- die Rückenfunktion
- die Freizeitaktivitäten der Patienten
- die VAS-Differenz (Präoperativer Wert minus postoperativer Wert).

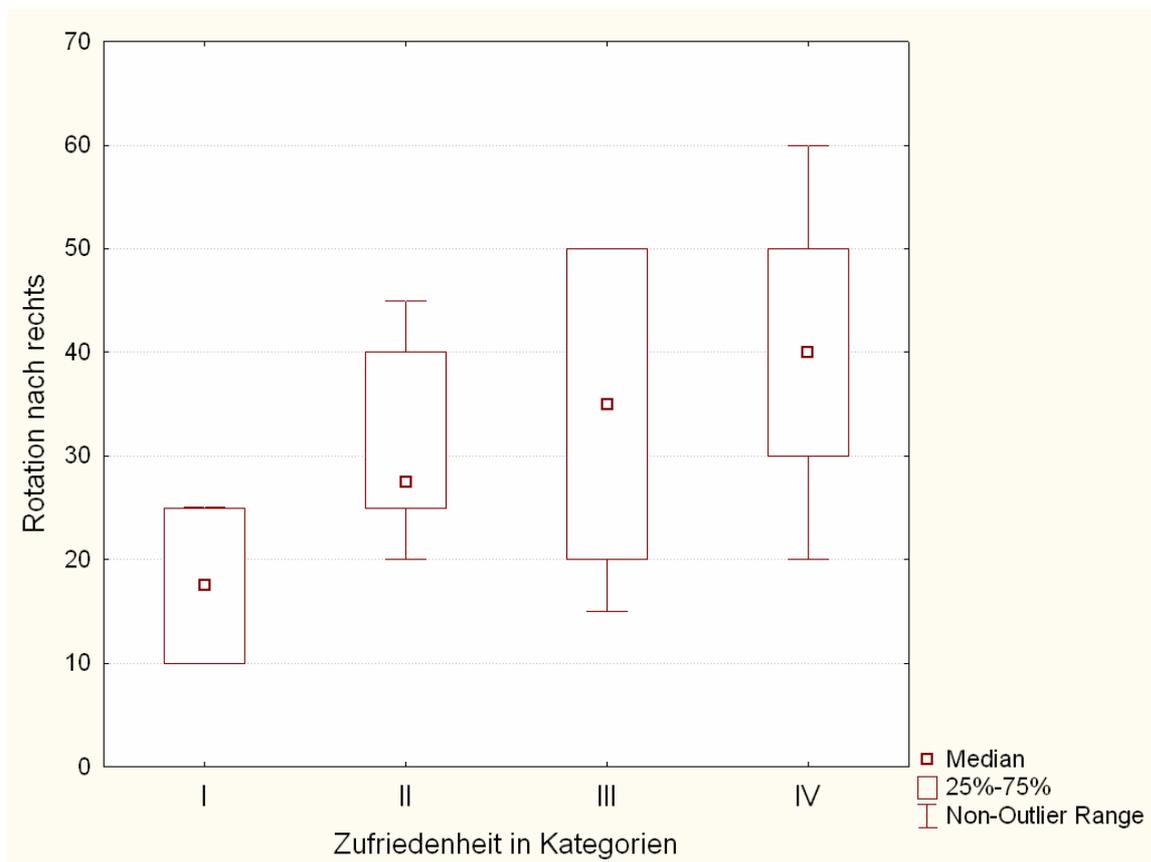
Wie Abbildung 36 zeigt, hatten Patienten in der Zufriedenheitskategorie IV den geringsten FBA. Dies bedeutet, dass Patienten mit einer guten Wirbelsäulenbeweglichkeit, gemessen am Beispiel des geringeren FBA, signifikant ($p=0,02$) zufriedener mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis waren als die restlichen Betroffenen.



- I. sehr unzufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis
- II. unzufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis
- III. zufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis
- IV. sehr zufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis

Abbildung 36: Zusammenhang zwischen dem FBA und der Zufriedenheit

Signifikante Unterschiede ($p=0,03$) zwischen Bewegungsausmaß und Zufriedenheit ergaben sich auch bei der Rechtsrotation und Seitneigung (nach links). Hier zeigten Patienten, die mit ihrem Behandlungsergebnis sehr zufrieden waren die größten Bewegungsausmaße (s. Abb. 37).



- I. sehr unzufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis
- II. unzufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis
- III. zufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis
- IV. sehr zufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis

Abbildung 37: Zusammenhang des Rotationsausmaßes mit der Zufriedenheit

Bei anderen klinischen Tests (Test nach Schober, Test nach Ott) sowie klinischen Untersuchungsergebnissen an der Wirbelsäule ergaben sich keine statistisch nachweisbaren Zusammenhänge.

Des Weiteren zeigte sich ein signifikanter Einfluss ($p<0,05$) der Rückenfunktion auf die Zufriedenheit der Betroffenen. Patienten, die hinsichtlich der Rückenfunktion invalidisierend waren, machten signifikant kleinere Zahlenwertangaben in der Zufriedenheit und fielen damit in die Zufriedenheitskategorie I (sehr unzufrieden mit dem Behandlungs- und Operationsergebnis).

Auch Einschränkungen in der Freizeitaktivität hatten einen signifikanten Einfluss ($p < 0,05$) auf die Zufriedenheit der Patienten. Betroffene, die nach ihrem Unfall ihren gewohnten Freizeitaktivitäten nachgehen konnten und die gleiche Rückenfunktion wie vor dem Unfall aufwiesen, waren mit dem Behandlungsergebnis sehr zufrieden (Zufriedenheitskategorie IV).

Dagegen hatten Patienten, die nach dem Unfall pflege-/hilfsbedürftig geworden waren einen niedrigeren Zahlenwert und damit eine niedrigere Zufriedenheitskategorie angegeben.

Bei der Betrachtung der Differenzwerte der VAS bezogen auf die Funktion zeigte sich ebenfalls ein signifikanter Zusammenhang ($p < 0,05$) mit der Zufriedenheit der Betroffenen. Patienten, die nur geringfügige Einschränkungen bei der Ausübung ihrer alltäglichen Verrichtungen im Vergleich zum Zustand vor der thorakolumbalen Fraktur empfanden, hatten eine höhere Zufriedenheitskategorie (Kategorie III-IV) und eine niedrigere Differenz im VAS (s. Abb. 38).

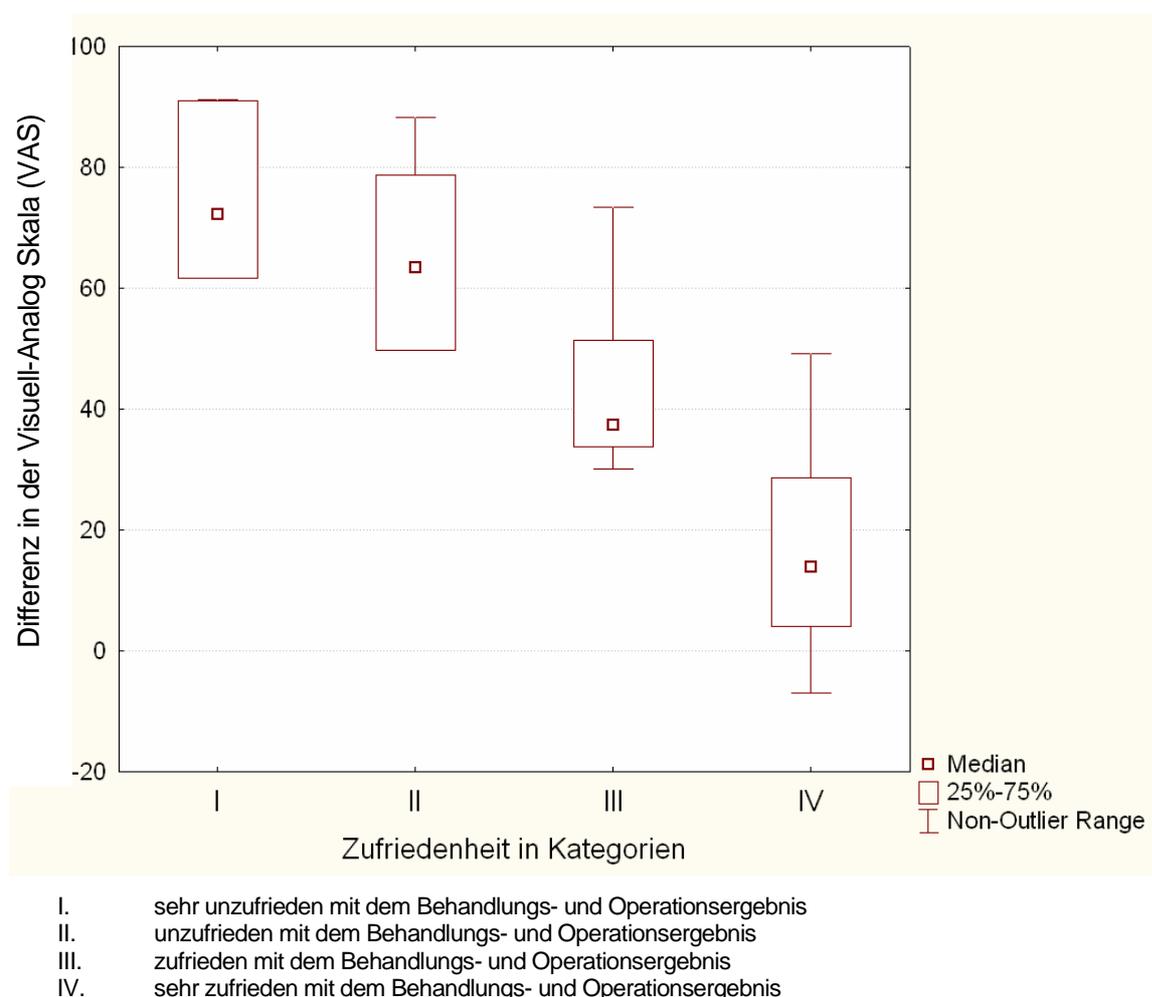


Abbildung 38: Zusammenhang zwischen den Differenzen aus der VAS und der Zufriedenheit

Keine statistischen Zusammenhänge sah man zwischen der Zufriedenheit und den Basisdaten, der Frakturklassifikation sowie der operativen Vorgehensweise.

4 Diskussion

4.1 Ziel der Studie

Das Ziel der Behandlung thorakolumbalen A-3-Frakturen ist die Wiederherstellung der anatomischen und physiologischen Wirbelsäulenform, um eine beschwerdefreie Wirbelsäulenbeweglichkeit zu ermöglichen. Bis dato wird immer noch kontrovers diskutiert, ob ein rein dorsales oder ein kombiniert dorso-ventrales operatives Vorgehen das spätere Outcome der Patienten positiv beeinflusst. In dieser retrospektiven Studie wurde ein homogenes Patientenkollektiv aus 55 Patienten mit A-3-Wirbelfrakturen erfasst, die sich von 1993 bis 2003 operativ in der Unfallchirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums der Georg-August-Universität Göttingen behandeln ließen. Die Wirksamkeit der rein dorsalen Versorgung mittels Fixateur interne wurde zum einen objektiv durch radiologische Parameter und klinische Untersuchungsparameter, zum anderen subjektiv durch den VAS ermittelt. Die retrospektive Studie zielte darauf ab, das therapeutische Outcome eines rein dorsalen Operationsmanagements zu hinterfragen.

Um einen Einfluss der unfallunabhängigen Parameter wie bspw. Alter, Geschlecht oder Vorerkrankungen auf die Ergebnisse der radiologischen Untersuchung, der klinischen Tests sowie auf die Zufriedenheit der Patienten auszuschließen, wurden diese auf statistisch abgesicherte Zusammenhänge untersucht. Dabei konnte kein statistisch signifikanter Einfluss der unfallunabhängigen Parameter auf das Outcome festgestellt werden. Folglich konnten diese unfallunabhängigen Parameter das Outcome nicht verfälschen und haben keinen Einfluss auf das therapeutische Vorgehen.

4.2 Laminektomie

Bei der operativen Versorgung von Wirbelfrakturen im thorakolumbalen Übergang ist es von großem Interesse, ein optimales Outcome und damit einhergehend Beschwerdefreiheit, die Vermeidung von Fehlstellungen und Pseudarthrosen sowie eine gute Beweglichkeit für die Patienten gewährleisten zu können. Folglich wurde versucht, den Einfluss bestimmter intraoperativer Strategien wie Laminektomie, Hemilaminektomie und Querstabilisation auf den Korrekturverlust nachzuweisen.

Die Laminektomie wurde bei Patienten durchgeführt, die eine Spinalkanaleinengung >50% hatten und unter neurologischen Beschwerden litten. Durch eine Dekompression des Spinalkanals mittels Laminektomie sollte eine Reduktion des neurologischen Defizits erzielt werden. In der Gruppe der laminektomierten Patienten (N=4) zeigte sich, dass diese Patienten einen signifikant größeren GDW1 ($p=0,03$) und signifikant kleinere Bandscheibenzwischen-

räume ($p=0,04$) kranial der Fraktur aufwiesen. Der signifikant größere GDW1 sowie das geringe Ausmaß der Bandscheibenzwischenräume weisen auf eine größere Instabilität in diesem Bereich hin. Beim Vergleich der subjektiven Daten laminektomierter Patienten konnte aber nicht bewiesen werden, dass diese Patienten mit ihrem Outcome bzw. mit dem Operationsergebnis unzufriedener waren, noch besaßen sie bei der klinischen Untersuchung signifikante Bewegungseinschränkungen. Studienteilnehmer ($N=8$), die intraoperativ eine zusätzliche Querstabilisation erhalten hatten, wiesen geringere Mittelwerte beim GDW2 und folglich einen kleineren Korrekturverlust auf.

Außerdem wurde untersucht, ob Patienten, die eine Laminektomie erhalten hatten, am Unfalltag signifikant größere Werte bei den Grunddeckplatten-Winkeln, beim Sagittalen Index (SI) oder den Bandscheibenzwischenräumen aufwiesen. Die Unterschiede zwischen laminektomierten und nicht laminektomierten Patienten waren nicht signifikant. Letztlich hatten alle Patienten, trotz unterschiedlicher Verletzungsschwere und neurologischer Beteiligung nicht signifikante abweichende GDWs.

Anderen Studien beschreiben ähnliche Ergebnisse. Guttman (1949) war einer der ersten, der Mitte des letzten Jahrhunderts erkannte, dass eine alleinige Laminektomie zur Behandlung von Wirbelsäulenfrakturen mit neurologischen Beschwerden nicht ausreicht, sondern eine weitere Destabilisierungszone schafft. Auch Dick (1984) schilderte die Gefahr einer weiteren Destabilisierung durch eine Laminektomie. Lindsey und Dick (1991) versuchte bei Patienten mit thorakolumbalen Frakturen und einem neurologischen Defizit eine Laminektomie zu vermeiden, um keine weitere Instabilität zu schaffen. Eine weitere Untersuchung von Plaue (1988) hinterfragte die Effektivität einer Laminektomie bei Wirbelkörperfrakturen mit neurologischem Defizit und er konnte beweisen, dass eine Laminektomie häufig nicht den gewünschten Effekt einer Symptomreduktion brachte. Auch Hax und Kortmann (2000) wiesen in ihrer Studie auf die Problematik einer zusätzlichen Destabilisierung durch die Laminektomie hin. Andere Untersuchungen zeigten, dass die Dekompression des Spinalkanals mittels interlaminärer Fensterung oder Teilhemilaminektomie den gleichen Effekt hatte. Der Vorteil dieser schonenderen Verfahren ist keine weitere Gefährdung knöcherner Strukturen und die Dekompression wird entweder direkt mit einem Stößel oder durch Ligamentotaxis ohne Eröffnung des Spinalkanals nach Distraction und Relordosierung erreicht (Crawford und Askin 1994; Esses et al. 1990; Willen et al. 1984). Esses et al. (1991) konnten in einer weiteren Untersuchung beweisen, dass sich der Spinalkanal bei einer dorsalen Reposition und anschließenden Fixateur interne Implantation automatisch um ca. 32% erweitert.

Es sollte folglich kritisch hinterfragt werden, ob eine Laminektomie wirklich den gewünschten Effekt erzielt oder stattdessen besser zu oben genannten alternativen Maßnahmen gegriffen werden sollte, die ähnliche Ergebnisse bringen.

4.3 Lokalisation LWK-1

Die alleinige dorsale Stabilisierung galt bis Mitte der 90er Jahre als ausreichendes Standardverfahren (Eggers und Stahlenbrecher 1998). Kortmann (1995) und Tasdemiroglu und Tibbs (1995) sahen in der dorsalen Instrumentierung ein etabliertes Behandlungsverfahren, mit dem die Mehrzahl der thorakolumbalen Frakturen versorgt werden konnte. Mit diesem operativen Verfahren lassen sich primär gute Repositionsergebnisse dislozierter Hinterkantenfragmente erreichen (Könings und Böhmer 2000). Been und Bouma (1999) konnten in ihrer Untersuchung keinen Unterschied zwischen kombiniert dorsoventral versorgten und rein dorsal versorgten Patienten hinsichtlich des klinischen Outcomes feststellen. Die indirekte Dekompression mittels posteriorer Distraction und anschließender Stabilisation mit einem Fixateur interne war ein ausreichendes Behandlungsverfahren für die Mehrzahl der instabilen Berstungsfrakturen. Nur in Fällen, in denen der Spinalkanal komprimiert wird, erachten die Autoren ein kombiniert dorsoventrales Stabilisierungsverfahren als notwendig und der rein dorsalen operativen Vorgehensweise vorzuziehen (Been und Bouma 1999). Ein wesentlicher Vorteil dieser rein dorsalen operativen Versorgungsstrategie ist das für den Patienten schonendere und komplikationsärmere Verfahren gegenüber dorsoventral kombinierten Eingriffen (Weidenbaum und Farcy 1997; Kossmann et al. 1995). Insbesondere ein minimal-invasives Vorgehen bei der rein dorsalen Stabilisation mit geringerem Blutverlust und der Schonung der paravertebralen Muskulatur war mit guten Resultaten verbunden (Wild et al. 2007).

In unserer Studie wiesen neun Patienten nach dorsaler Stabilisierung, deren Fraktur in Höhe des LWK-1 lag, ein signifikant größeren GDW1 ($p=0,037$) und GDW1 bisegmental ($p=0,019$) (mindestens 3 Monate nach der Metallentfernung) auf. Außerdem hatten diese Patienten einen signifikant kleineren Sagittalen Index ($p=0,02$). Da somit in Höhe des LWK-1 eine stärkere Sinterungstendenz zu erkennen war, stellt sich die Frage, ob man in dieser Höhe ein kombiniert dorso-ventrales Stabilisierungsverfahren in Erwägung ziehen sollte. Kommt es nach der operativen Versorgung zur Spondylodese im Frakturbereich, so kann man von einer besseren Stabilität und einem geringerem sekundären Korrekturverlust ausgehen. Jedoch konnte eine spontane Spondylodese nur bei 11% der Patienten (drei Patienten) in unserer Studie nachgewiesen werden.

Katscher et al. (2003) ermittelten in ihrer Studie die Abhängigkeit des Korrekturverlustes von der Lokalisation. In der mittleren und oberen Brustwirbelsäule war die Sinterung und somit die Tendenz zur Kyphosierung am größten. In diesem Bereich befindet sich eine physiologische Kyphose, die eine weitere Kyphosierung der Frakturzone begünstigt. Der thorakolumbale Übergang nimmt eine Intermediärstellung ein, da je nach Schwingung entweder die Kyphose begünstigt oder verhindert wird. Der LWK 1 befindet sich in dieser Intermediärzone, er zeigt weder eine ausgeprägt lordotische noch kyphotische Stellung (Katscher et al. 2003).

Verheyden et al. (2007) vertreten eine ähnliche These und konnten feststellen, dass in ihrer Untersuchung der Lendenwirbelsäulenbereich aufgrund seiner lordotischen Schwingung insgesamt weniger zu sekundären Korrekturverlusten neigt als andere Wirbelsäulenabschnitte.

Der erste Lendenwirbelkörper spielt bei thorakolumbalen Frakturen eine entscheidende Rolle. Laut Bühren (2001) und Josten et al. (2005) betreffen mehr als die Hälfte der Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Übergangs den LWK-1. Verschiedene veröffentlichte Untersuchungen bewiesen ebenso, dass der thorakolumbale Übergang eine besonders gefährdete Frakturzone ist, insbesondere der LWK-1 war in allen Untersuchungen am häufigsten betroffen (Eysel et al. 1991; Lindsey und Dick 1991; Knop et al. 1997; Liljenqvist und Mommensen, 1995; Knop et al. 1999b; Liu et al. 1999; Müller et al. 1999; Sanderson et al. 1999; Knop et al. 2001b; Wälchli et al. 2001; Leferink et al. 2003). Diese Vulnerabilität ist laut Glazier et al. (1984) auf die Kräftekonzentration im thorakolumbalen Übergang bei Hochrasanz-Traumen zurückzuführen.

Im thorakolumbalen Übergang trägt die ventrale Säule laut Josten et al. (2005) 80% der Belastung. Biomechanische Untersuchungen zeigten eine Zuggurtungsfunktion auf der dorsalen Seite und eine lasttragende Funktion von ca. 80% auf der ventralen Säule unter physiologischen Bedingungen. Eine Rekonstruktion dieser ventralen Säule mittels kombiniert dorso-ventralem Vorgehen wäre daher notwendig (Josten et al. 2005). Katscher et al. (2003) plädierten ebenfalls bei A-3-Frakturen für eine ventrale Fusionierung und kurzstreckige Stabilisierung mittels winkelstabilen Implantats.

Vorherige Studien von Eysel et al. (1991), Feil und Wörsdörfer (1992), Knop et al. (2000), Resch et al. (2000) und Katscher et al. (2003) konnten belegen, dass eine isolierte dorsale Stabilisierung selbst bei optimaler Reposition zu einem sekundären Korrekturverlust führt. Ein isoliertes dorsales Stabilisierungsverfahren ist deshalb nur speziellen Frakturformen bzw. Indikationen vorbehalten wie bspw. der Chance-Fraktur (Josten et al. 2005). Knop et al. (2001b) hatten in der großen Multicenterstudie der AG Wirbelsäule zeigen können, dass es bei der rein dorsalen Stabilisierung und der anschließenden Entfernung des Fixateurs zu erheblichen sekundären Korrekturverlusten kam. Ein sicherer Repositionsgewinn konnte mit dem rein dorsalen Vorgehen nicht erzielt werden (Knop et al. 2001b). Da die ventrale Säule grundsätzlich stärker biomechanisch belastet wird, kommt es aufgrund der fehlenden ventralen Abstützung zu einer späten Rekyphosierung. Die besten Ergebnisse in der Multicenterstudie bzgl. des sekundären Korrekturverlustes erreichten Patienten, die kombiniert dorso-ventral versorgt worden waren (Knop et al. 2001b). Es besteht weiterhin ein Zusammenhang zwischen dem Frakturtyp, dem Ausmaß der Instabilität und dem Ausmaß des Korrekturverlustes (Winkler et al. 1999). Winkler (2005) plädiert ebenfalls für ein kombiniert dorso-ventrales Verfahren unter Verwendung stabiler Knochenblöcke oder Wirbelkörperersatz. Bei

seinen Patienten, die eine rein dorsale operative Stabilisierung sowie eine zusätzliche Spongiosaplastik der vorderen Säule erhalten hatten, kam es dennoch zu einem sekundären Korrekturverlust (Winkler 2005).

Hingegen zeigte eine aktuelle Studie von Wild et al. (2007), dass der sekundäre Korrekturverlust nach dorsaler Stabilisierung selbstlimitierend war und etwa innerhalb eines Jahres nach der Metallentfernung aufhörte. Alle Patienten mit A3-Frakturen (ausgeschlossen waren A3.3-Frakturen nach Magerl 1994) hatten gute Resultate.

Zu beachten ist jedoch, dass mit der Implantation eines Fixateur interne durch die dorsale Stabilisierung ein vorhandener ventraler Defekt verstärkt werden kann. Die Rekonstruktion der ventralen Säule sollte deshalb nicht außer Acht gelassen werden (Weidenbaum und Farcy 1997).

Auch Beck und Mittlmeier (2008) sind Befürworter der kombinierten Vorgehensweise bei instabilen thorakolumbalen Frakturen unter Berücksichtigung der bereits oben beschriebenen biomechanischen Lastenverteilung. Die Autoren betonen, dass die Morbidität beim kombinierten Vorgehen durch thorakoskopisch assistierte minimalinvasive Operationsverfahren reduziert werden konnte (Khoo et al. 2002), insbesondere pulmonologische Komplikationen und der Krankenhausaufenthalt konnten dank dieser neuen Verfahren verkürzt werden. Sogar die ventrale Säule kann bei instabilen thorakolumbalen Frakturen mittlerweile durch minimal-invasive Verfahren und Pedikelschrauben-Fixation rekonstruiert werden und eine langfristige Korrekturstabilisation garantieren (Ringel et al. 2008).

Obwohl bis dato noch kein direkter signifikanter Zusammenhang zwischen radiologischem Korrekturverlust und der Zufriedenheit der Patienten hergestellt werden konnte (Briem et al. 2004), wird dennoch auch in dieser Studie der sekundäre Korrekturverlust nach Fixateur-interne Explantation deutlich. In Kapitel 4.5 wird näher auf den Zusammenhang zwischen Zufriedenheit und Korrekturverlust eingegangen. Insbesondere im Bereich des LWK-1 gilt es ein kombiniert dorso-ventrales Stabilisierungsverfahren abzuwägen, um in diesem wichtigen, aber nach Fraktur oft instabilen Bereich den sekundären Korrekturverlust zu minimieren.

4.4 Rolle der Intervertebrälräume

Der Sagittale Index (SI) ist, wie bereits beschrieben, ein Maß für die Stabilität des frakturierten Wirbelkörpers. Durch die operative Versorgung erfolgte ein statistisch signifikanter Repositionsgewinn ($p < 0,05$). Nach der Metallentfernung war kein statistisch signifikanter Korrekturverlust ($p = 0,47$) in der knöchernen Struktur des Wirbelkörpers nachzuweisen, da der SI nahezu konstant blieb. Allerdings kam es nach der operativen Versorgung im Bereich der In-

tervertebrälräume kaudal und kranial der Frakturzone zu einem signifikanten sekundären Korrekturverlust ($p < 0,05$). Dies zeigt, dass nicht wie bisher angenommen der Korrekturverlust auf die knöcherne Instabilität des frakturierten Wirbelkörpers, sondern auf eine Sinterungsproblematik im Bereich der Intervertebrälräume zurückzuführen ist. Frühere Untersuchungen bei der konservativen Behandlung von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs gingen nur von einem sekundären Zusammensintern der knöchernen Frakturzone aus und berücksichtigten nicht den Defekt des Discus intervertebralis.

Daniaux beschrieb bereits 1986, dass 70% der Korrekturverluste durch die Höhenminderung der Intervertebrälräume und nicht auf eine massive Sinterung des Wirbelkörpers, die folglich ca. 30% des Korrekturverlustes ausmachte, zurückzuführen waren. Eysel et al. (1994) sowie Lindsey und Dick (1991) kamen zu vergleichbaren Ergebnissen und bestätigten in ihren Studien den hauptsächlichen Korrekturverlust im Bereich der Intervertebrälräume und nicht direkt im frakturierten Wirbelkörper. Auch Resch et al. (2000) konnten beweisen, dass sogar 75% des Korrekturverlustes durch die Bandscheibe und nur 25% durch den Wirbelkörper verursacht werden. Die biomechanische Stabilität basiert nicht nur auf der Funktion von Wirbel und Bandapparat, sondern hängt auch von der „Vitalität“ des Discus intervertebralis ab (Josten et al. 2005). Sie hoben hervor, dass sowohl die Wiederherstellung der Wirbelkörper als auch die Integrität des Discus intervertebralis zur Stabilität, Funktionalität und Mobilität der Wirbelsäule entscheidend beitragen (Josten et al. 2005).

Nach Wälchli et al. (2001) bestimme der Grad der Verletzung des kranialen Intervertebrälräume das Ausmaß des Korrekturverlustes. Dies sei auf die traumabedingte Destruktion der Bandscheibe im kranialen Intervertebrälräume zurückzuführen. Eine zusätzliche transpedikuläre Ausräumung der kranialen Bandscheibe, wie es bei der transpedikulären Spongiosaplastik praktiziert wird, verstärke den Korrekturverlust zusätzlich (Wälchli et al. 2001). Eine weitere Untersuchung von Josten et al. (2005) betonte, dass der Discus intervertebralis durch den Maximaldruck im Moment des Traumas sowie durch scharfkantige Wirbelkörperfragmente destruiert wird. In der Folge drückt dann die geschädigte Bandscheibe auf den frakturierten Wirbelkörper. Dieser irreversible Weichteilschaden würde die Prognose sowie den Heilungsverlauf maßgeblich bestimmen (Josten et al. 2005).

Eysel et al. (1991), Feil und Wörsdörfer (1992) und Josten et al. (2005) sind Befürworter einer Diskusresektion. Sie begründen die Resektion der oberen Bandscheibe bei der Behandlung von thorakolumbalen Wirbelfrakturen mit dem Höhenverlust sowie der Impaktierung von Diskusgewebe in den frakturierten Wirbelkörper.

Wie Wälchli et al. (2001) ausführten, stabilisiert ein kombiniertes Vorgehen die vordere Säule besser, da die kraniale Bandscheibe ins Therapiekonzept miteinbezogen wird. Dennoch be-

zogen sie eine eher kritische Position gegenüber diesem operativen Verfahren aufgrund der höheren Morbiditätsrate und favorisieren ein kombiniertes Vorgehen nur bei massiven Zerstörungen des Wirbelkörpers und des dazugehörigen kranialen Discus intervertebralis. Josten et al. (2005) und Blattert et al. (2008) berichten über eine vollständige Diskektomie, da die Bandscheibe irreversibel geschädigt sei. Nur die vollständige Diskektomie und ein daraus resultierender Ersatz sowie die zusätzliche ventrale Stabilisierung könnten den sekundären Korrekturverlust verhindern (Josten et al. 2005). Katscher et al. (2003) beschrieben in ihrer Studie einen Korrekturverlust der angrenzenden Intervertebralräume von 73% im thorakalen Übergang. Durch das Trauma kommt es zur Ausbildung eines Hämatoms im Nucleus pulposus der oberen und unteren Bandscheibe. Dies führt zu einer irreversiblen primären Schädigung. Eine sekundäre Schädigung des Intervertebralraumes stehe in kausalem Zusammenhang mit der „temporären Ruhigstellung“ durch den Fixateur interne (Katscher et al. 2003). Verheyden et al. (2007) raten zu einer schnellstmöglichen Entfernung des Fixateur interne bereits nach drei Monaten. Dies minimiere die sekundäre Bandscheibenschädigung. Außerdem regen die Autoren als Zukunftsvision eine osteosynthetische Versorgung des frakturierten Bereiches in Kombination mit einer Bandscheibenprothese an, um so sekundären Korrekturverlusten vorbeugen zu können (Verheyden et al. 2007).

MRT-Untersuchungen von Rudig et al. (1997) nach dorsaler Stabilisierung ergaben, dass trotz der beträchtlichen Schädigung des Discus intervertebralis ein biomechanisch intakter Nucleus pulposus sowie ein „strukturell unversehrter“ Anulus fibrosus vorhanden waren. Der Anulus fibrosus ist die stabilisierende Struktur, die jedoch nicht immer Schaden bei einer thorakolumbalen Fraktur nimmt. Die Autoren (Rudig et al. 1997) plädieren für den Erhalt des Discus intervertebralis, um so den Korrekturverlust, der von den Intervertebralräumen ausgeht, minimieren zu können.

Moller et al. (2007) konnten in ihrem Patientenkollektiv, das 23-41 Jahre nach der konservativen Behandlung einer thorakolumbalen Fraktur untersucht worden war, keinen Höhenverlust in den angrenzenden Bandscheibenzwischenräumen finden. Durch die konservative Behandlung war eine Diskektomie unterblieben.

Inwieweit die Höhe der Intervertebralräume eine Rolle für das klinische Ergebnis spielt, kann durch die vorliegende Studie nicht abschließend geklärt werden, da hier zu höhere Patientenzahlen notwendig sind. Es war eine Tendenz ohne statistische Signifikanz ($p=0,054$) zu erkennen, dass Studienteilnehmer mit geringerem Ausmaß ihrer kranialen Intervertebralräume deutlicher in ihrer Freizeit und damit in ihrer Lebensqualität eingeschränkt waren. Patienten, die durch das Unfallgeschehen pflege- und hilfsbedürftig geworden waren, hatten einen kleineren Mittelwert bei den kranialen Bandscheibenzwischenräumen als Patienten, die den gleichen Freizeitaktivitäten wie vor dem Unfall nachgehen konnten.

4.5 Zufriedenheit der Patienten mit dem Behandlungsergebnis

Die dorsale Instrumentation ist nach wie vor Standard bei der Versorgung instabiler Wirbelfrakturen (Prokop et al. 2009). Von den im Universitätsklinikum Göttingen behandelten Patienten mit A3-Frakturen nach Magerl (1994), waren 80% (44 Patienten) mit dem Operationsergebnis bzw. ihrem Outcome nach dorsaler Stabilisierung zufrieden. Auch Aebi et al. (1987), Benson et al. (1992), Crawford und Askin (1994), Knop et al. (1999b) und Wälchli et al. (2001) konnten bei einer rein dorsalen operativen Versorgung thorakolumbalen Berstungsfrakturen gute bis sehr gute Ergebnisse bezüglich der Funktion, des Schmerzbildes und der sozialen Reintegration bestätigen.

Jedoch konnte zwischen den radiologischen Parametern und der Zufriedenheit der Patienten mit dem Outcome kein direkter statistischer Zusammenhang hergestellt werden. Somit ließ sich auch kein Einfluss des Korrekturverlustes auf das Wohlbefinden der Patienten nachweisen.

Es ist ein bekannter Sachverhalt, dass bei thorakolumbalen Frakturen, die isoliert dorsal versorgt wurden, ein sekundärer Korrekturverlust auftritt (vgl. Knop et al. 1997; Knop et al. 2001b). Bei der Nachuntersuchung, die mindestens drei Monate nach der Metallentfernung erfolgte, zeigte sich in unserer Studie ein durchschnittlicher Korrekturverlust von ca. 6,34° des Grund-Deckplatten-Winkels. Dieser Wert deckt sich mit anderen Studien. Resch et al. (2000) beschrieben in ihrer Untersuchung einen durchschnittlichen Korrekturverlust von 6,1° beim Grund-Deckplatten-Winkel. Bei Wälchli et al. (2001) betrug der durchschnittliche Korrekturverlust ca. 8°. Kortmann (1995), Liljenqvist und Mommsen (1995), Knop et al. (1997, 2000) beobachteten einen Korrekturverlust bei einer rein dorsalen Stabilisierung von ca. 66 % bei A-3-Frakturen. In einer aktuellen Studie beschrieben Merkel et al. (2008) einen geringeren Korrekturverlust von 4,5° nach rein dorsaler Versorgung. Dieser geringe Korrekturverlust in ihrer Studiengruppe war auf eine regelrechte Indikationsstellung der operativen Versorgungsstrategie zurückzuführen. So wurden A-3 Frakturen je nach Indikationsstellung isoliert dorsal, isoliert ventral und kombiniert dorsoventral versorgt. Merkel et al. (2008) betonten, dass Dank einer regelrechten Indikationsstellung und der sich daran orientierenden operativen Versorgung alle Studienteilnehmer gute Ergebnisse hinsichtlich ihrer Rückenfunktion, in der VAS und in ihrer Sportfähigkeit erreichen konnten.

Die von Merkel et al. (2008) beschriebenen Sachverhalte entfachten erneut die Diskussion, ob nicht doch das Ausmaß des sekundären Korrekturverlustes, dass durch eine regelrechte Indikationsstellung der operativen Vorgehensweise minimiert werden konnte, maßgeblich das Outcome der Patienten beeinflusst. Gegner dieser Theorie sind Briem et al. (2003, 2004). Sie untersuchten in ihren Studien, ob ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwi-

schen radiologischen und subjektiven Parametern (Lebensqualität) besteht. Die Lebensqualität wurde mit Hilfe des SF-36, einem krankheitsübergreifenden Messinstrument zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, ermittelt und in den beiden Behandlungsgruppen, rein dorsales operatives Stabilisierungsverfahren und kombiniert dorso-ventrale Operationsverfahren, verglichen. Die Patienten, die mit einem rein dorsalen Operationsverfahren versorgt worden waren, zeigten einen deutlichen sekundären Korrekturverlust im Sagittalen Index und hatten folglich schlechtere radiologische Langzeitergebnisse. Obwohl die unterschiedlich versorgten Patientengruppen einen deutlichen Unterschied im sekundären Korrekturverlust aufwiesen, konnten Briem et al. (2003, 2004) keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich ihrer Lebensqualität zwischen den beiden Gruppen herstellen. Der SF-36 war im Bereich des körperlichen Wohlbefindens in beiden Gruppen gegenüber der gesunden Normpopulation reduziert. Beide Gruppen hatten zwei Jahre nach der operativen Versorgung eine reduzierte Lebensqualität, unabhängig von der Art der operativen Versorgung sowie den klinischen und radiologischen Parametern. Wild et al. (2007) konnten ebenfalls in seiner Untersuchung keine Korrelation zwischen dem Korrekturverlust und dem klinischen Outcome der Patienten herstellen. Auch in unserer Studiengruppe konnten ähnliche Resultate zwischen Laminektomierten und nicht laminektomierten Patienten hinsichtlich ihres Outcomes beobachtet werden (s. Kapitel 4.2). Laut Briem et al. (2004) kann man davon ausgehen, dass die Schwere der Verletzung die Hauptursache für die reduzierte Lebensqualität ist und nicht, wie bisher angenommen, von anderen Parametern abhängt.

Danisa et al. (1995) fanden bei ihrem Vergleich der verschiedenen operativen Versorgungsstrategien (dorsal, ventral und kombiniert dorso-ventral) ebenfalls keinen Unterschied bei den Punkten Schmerzen, Funktion und Arbeitsfähigkeit. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Katscher et al. (2003), die die konservative versus operative Therapie bei thorakolumbalen Wirbelfrakturen verglichen. Man konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Kyphosegrad und der klinischen Symptomatik herstellen. Trotzdem betonen die Autoren, dass konservativ behandelte Patienten mit einem Kyphosewinkel $>23^\circ$ häufiger über Rückenschmerzen klagten.

In der eigenen Studie wiesen Patienten mit einem GDW1 und GDW2 bisegmental (mindestens 3 Monate nach der Metallentfernung) von mehr als 20° eine signifikant ($p=0,03$) schlechtere Rückenfunktion auf als Patienten mit einem GDW1 und GDW2 bisegmental von weniger als 10° . Dies zeigte sich auch bei der Wirbelsäulenbeweglichkeit, die anhand des FBA gemessen wurde. Beweglichere Patienten hatten einen kleineren Differenzwert beim FBA und gaben einen größeren Zahlenwert in der Zufriedenheitskategorie an. Die von Knop et al. (1999a) festgestellte statistisch signifikante Korrelation zwischen dem FBA als objektiven Parameter und der Wirbelsäulenbeweglichkeit als subjektiven Parameter konnte in die-

ser Arbeit bestätigt werden. Sämtliche Einschränkungen, wie beispielsweise in der Freizeitaktivität oder bei alltäglichen Verrichtungen, hatten signifikante Auswirkungen auf die Zufriedenheit der Betroffenen. Studienteilnehmer, die nach dem Unfall nur unter geringfügigen Einschränkungen bei der Ausübung ihrer alltäglichen Verrichtungen litten, hatten eine höhere Zufriedenheit (Kategorie III-IV) und eine niedrigere Differenz bei der VAS ($p < 0,05$). Ähnliche signifikante ($p < 0,01$) Zusammenhänge hatten Reinhold et al. (2003) zwischen der Freizeitaktivität, der Rückenfunktion, dem FBA und der VAS, jedoch nicht zwischen röntgenologischen und funktionellen Parametern festgestellt. Lewis und McKibbin (1974) beschrieben in ihrer Untersuchung nach der konservativen Behandlung von Wirbelsäulenfrakturen eine stärkere Fehlstellung und damit einhergehend vermehrte Schmerzen. Trojan (1972) berichtete, dass ab einer Kyphose von 20° eine verstärkte Beschwerdesymptomatik und eine verminderte Arbeitsfähigkeit vorliegen. Einen ähnlichen Kyphosierungsgrad von 30° , einhergehend mit signifikant stärkeren Rückenschmerzen, hatte Gertzbein (1992) in einer großen Multicenterstudie beobachtet. Ursachen dieser Beschwerden sind eine anhaltende Instabilität im Frakturbereich, eine veränderte Biomechanik und Beweglichkeit der Wirbelkörpersegmente und eine daraus resultierende Spondylarthrose (Gertzbein 1992 und Katscher et al. 2003). Eine Wirbelkörperkompression $>50\%$ geht laut Day und Kokan (1977) mit einer schlechten Prognose einher.

Die Zufriedenheit der Patienten verändere sich laut Blauth et al. (1997) und sei im zeitlichen Zusammenhang mit dem Unfallgeschehen zu sehen. So berichteten James et al. (1994) nach kurzem Zeitintervall nach der Operation von guten funktionellen und subjektiven Ergebnissen bei den untersuchten Patienten, trotz massiver radiologischer Fehlstellungen. Nach einigen Jahren nehme aber die Patientenzahl mit Beschwerden zu (Weinstein et al. 1988). Allerdings konnten sie keine Korrelation zwischen dem Ausmaß der Kyphose und der Schmerzsymptomatik finden. Dies könnte in Verbindung mit der von Gertzbein (1992) und Katscher et al. (2003) beschriebenen progredienten Spondylarthrose gesehen werden. Eine aktuelle Studie von Moller et al. (2007), in der im Langzeitverlauf nach 23-41 Jahren konservativ behandelte Berstungsfrakturen des thorakolumbalen Übergangs nachuntersucht worden waren, präsentierte ein überwiegend erfolgreiches Langzeit-Outcome. Auch nach diesem langen Zeitraum gaben 21 von insgesamt 27 Patienten minimale oder keine Rückenschmerzen und Funktionseinschränkungen an (Moller et al. 2007).

Trotz eines relativ homogenen Patientenkollektivs und der gleichen operativen Versorgungsstrategie kam es zu keinen einheitlichen Ergebnissen bei der Zufriedenheit. Dies weist auf die Problematik hin, die bereits von Briem et al. (2003, 2004) beschrieben worden war. Nicht der Korrekturverlust oder der Grad der Wiederherstellung der Wirbelsäulenform, sondern das Trauma an sich bedingt das weitere Outcome und damit die Zufriedenheit der Patienten. Bei

der Ermittlung der VAS-Werte können die Patienten schwer zwischen den Beschwerden differenzieren, die durch das thorakolumbale Trauma verursacht worden waren. Es fließen parallel bei ihren Angaben die anderen Beschwerden, Vorerkrankungen, physische Stabilität sowie die Zugangsmorbidität mit ein. So konnte eine aktuelle Studie von Prokop et al. (2009) zeigen, dass ein minimal-invasive perkutane dorsale Instrumentation, die postoperativen Schmerzen reduziert und die Zugangsmorbidität senkt. Prokop et al. (2009) untersuchten die Unterschiede zwischen dem standardisierten dorsalen Vorgehen und der minimal-invasiven perkutanen Instrumentation bei instabilen Wirbelfrakturen. Es zeigte sich, dass Patienten, mit perkutaner Instrumentation deutlich weniger postoperative Schmerzen in der VAS angaben. Vermutlich waren die geringeren postoperativen Beschwerden auf die intraoperative Schonung der paravertebralen Muskulatur zurückzuführen. Die intraoperative Retraktion verschlechterte die postoperative Muskelfunktion (Prokop et al. 2009). Zu ähnlichen Ergebnissen waren bereits Sihvonen et al. (1993) gekommen, sie hatten, durch den operativen Zugang bei der dorsalen Vorgehensweise, schmerzhaft Funktionseinschränkungen, Innervationsstörungen und Substanzdefekten der Muskulatur beobachtet. Sicherlich spielt auch die Zugangsmorbidität eine nicht unbeachtliche Rolle, da durch die herkömmlichen Verfahren große Narbenareale nach der Metallentfernung (Prokop et al. 2009) entstehen können. Man kann von einem multifaktoriellen Geschehen ausgehen, das auf das spätere Outcome der Patienten Auswirkungen hat. Die achsengerechte Wiederherstellung der Wirbelsäulenstatik sollte trotzdem ein primäres Ziel bei der Versorgung von thorakolumbalen Frakturen bleiben und der sekundäre Korrekturverlust möglichst gering gehalten werden.

5 Fazit

Von den im Universitätsklinikum Göttingen behandelten Patienten mit A3-Frakturen nach Magerl (1994) waren 80% (44 Patienten) mit dem Operationsergebnis bzw. ihrem Outcome nach dorsaler Stabilisierung zufrieden. Anhand der präoperativen radiologischen Parameter kann weder die operative Vorgehensweise festgelegt werden, noch kann eine Aussage über das spätere Outcome der Patienten getroffen werden. Patienten mit einem Kyphosewinkel ab 20° sowie laminektomierte Patienten waren mit dem operativen Ergebnis signifikant unzufriedener, so dass in diesen Fällen primär ein dorsoventrales Vorgehen diskutiert werden sollte. Letztlich zeigten Patienten mit einer LWK-1-Fraktur den größten sekundären Korrekturverlust. Auch bei dieser Patientengruppe sollte eine kombiniert ventral-dorsale Vorgehensweise in Erwägung gezogen werden. Nach wie vor sollte die dorsale Instrumentation Standard bei der Versorgung von Wirbelfrakturen bleiben, um die Zugangsmorbidität und die daraus resultierenden Folgen so gering wie möglich zu halten.

6 Zusammenfassung

Ziel dieser retrospektiven Studie war es, neue Erkenntnisse in der Behandlungsstrategie von thorakolumbalen Frakturen zu gewinnen. Die etablierten Richtlinien der unfallchirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Göttingen wurden dabei kritisch daraufhin evaluiert, ob eine rein dorsale Vorgehensweise bei thorakolumbalen Wirbelsäulenfrakturen den heutigen Standards entspricht.

Der Fokus der Untersuchung lag auf der Identifikation von Zusammenhängen zwischen radiologischen Langzeitergebnissen von A3-Frakturen und den erhobenen objektiven sowie subjektiven Daten. Dabei wurde ein homogenes Patientenkollektiv gewählt, um Störeinflüsse minimieren zu können.

Das Studienkollektiv setzte sich aus insgesamt 156 Patienten mit thorakolumbalen Frakturen zusammen. Von 55 Patienten konnten vollständige radiologische Verläufe evaluiert sowie eine klinische Nachuntersuchung durchgeführt werden. In diesem Studienkollektiv befanden sich 20 Frauen und 35 Männer, mit einem durchschnittlichen Alter zum Unfallzeitpunkt von 39 (12-66) Jahren. Alle Teilnehmer wurden im Zeitraum vom Juli 1993 bis Januar 2003 mit A3-Frakturen im thorakolumbalen Übergang in der unfallchirurgischen Abteilung des Universitätsklinikums Göttingen operativ mittels isolierter dorsaler Stabilisierung versorgt. Nach der AO-Klassifikation von Magerl (1994) handelt es sich dabei um A3-Berstungsfrakturen, darunter waren 16 A3.1-, 17 A3.2- und 22 A3.3-Frakturen.

Die radiologischen Daten konnten anhand von Röntgen- und CT-Bildern vom Unfallzeitpunkt, postoperativ, nach der Metallentfernung und mindestens drei Monate nach der Metallentfernung erhoben werden. Dabei wurden folgende Parameter bestimmt. Die Grund-Deckplattenwinkel (GDW1, GDW2, GDW1 bisegmental, GDW2 bisegmental), der Sagittale Index (SI), die Höhe der Bandscheibenzwischenräume kranial und kaudal der Fraktur, die knöcherne Durchbauung, die Stufenbildung in der Grund- und Deckplatte des frakturierten Wirbelkörpers sowie die spontane Spondylodeserate.

Die subjektiven Angaben der Patienten wurden mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens ermittelt, der von der AG Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie konzipiert worden war. Alle Studienteilnehmer mussten in einem VAS den Grad ihre Zufriedenheit mit dem Operations- und Behandlungsergebnis angeben.

Anschließend wurden die Daten aus der radiologischen Auswertung mit subjektiven Daten (Freizeitaktivität, berufliche Integration, Rückenfunktion, Zufriedenheit und der VAS-Differenz prä- zu postoperativ), objektiven Daten (Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Lokalisation, AO-Klassifikation, operative Versorgung, Laminektomie, Hemilaminektomie, zusätzliche Quer-

stabilisation, Spinalkanaleinengung, etc.) sowie mit den Ergebnissen aus der klinischen Untersuchung (Schober, Ott, FBA, Seitneigung, Rotation, Flex-Extension) verglichen, um signifikante Zusammenhänge nachzuweisen.

Bei Patienten mit zusätzlicher Laminektomie zeigte sich, dass diese Patienten einen signifikant größeren GDW1 ($p=0,03$), GDW2 ($p<0,05$) und signifikant kleinere kraniale Bandscheibenzwischenräume ($p=0,04$) mindestens drei Monate nach der Metallentfernung besaßen. Beide Parameter deuten auf eine Instabilitätszone und einen sekundären Korrekturverlust hin. Studienteilnehmer ($N=8$), die intraoperativ eine zusätzliche Querstabilisation erhalten hatten, wiesen geringere Mittelwerte beim GDW2 und folglich einen kleineren Korrekturverlust auf. Allerdings konnte beim Vergleich der subjektiven und objektiven Parameter laminektomierter Patienten kein signifikanter Unterschied zum restlichen Patientenpool hergestellt werden.

Patienten mit einer zusätzlichen Querstabilisation oder Patienten, die keine zusätzlichen Maßnahmen neben der dorsalen Stabilisierung erhalten hatten, besaßen signifikante Vorteile gegenüber laminektomierten Patienten. Der GDW2 von laminektomierten Patienten war mit $p=0,02$ signifikant größer als bei den anderen Versorgungsstrategien. Wenn es der Befund ermöglicht, sollte man daher auf eine Laminektomie verzichten, da es sonst zum stärkeren Zusammensintern der Wirbelkörperfraktur kommt.

Der LWK-1 zeigte anhand des GDW1 ($p=0,04$), GDW1 bisegmental ($p<0,05$) und SI ($p=0,02$) mindestens drei Monate nach der Metallentfernung eine signifikant größere Sinterungstendenz bzw. einen signifikant größeren sekundären Korrekturverlust als die anderen betroffenen thorakolumbalen Wirbelkörper. Aufgrund der größeren Sinterungstendenz des LWK-1 sollte hier die Indikation zu einer zusätzlichen ventralen Stabilisierung großzügiger gestellt werden als bei BWK-11, 12 und LWK-2.

Durch die rein dorsale operative Versorgung erfolgte ein signifikanter Repositionsgewinn beim SI ($p<0,05$). Bei den Bandscheibenzwischenräumen war kein statistisch signifikanter Repositionsgewinn durch den operativen Eingriff zu analysieren. Nach Metallentfernung kam es im Bereich der Bandscheibenzwischenräume zu einem statistisch signifikanten Korrekturverlust ($p<0,05$) kranial und kaudal der Fraktur. Der SI blieb dagegen nahezu konstant. Dies beweist, dass der Hauptanteil des sekundären Korrekturverlustes auf das Zusammensintern der Disci intervertebrales und nicht wie bisher angenommen nur auf die knöcherne Struktur des frakturierten Wirbelkörpers zurückzuführen ist. Die Berücksichtigung der Intervertebralaräume als Hauptverursacher des sekundären Korrekturverlustes sollte stärker ins Therapiekonzept miteinbezogen werden.

Weiterhin beurteilten Patienten mit einem GDW2 und GDW1 bisegmental $>20^\circ$ ihre Rückenfunktion als signifikant schlechter im Vergleich zu Patienten mit Winkelmaßen $<10^\circ$ beim GDW2 und GDW1 bisegmental. Wenn die Grunddeckplattenwinkel 2 und 1 bisegmental (nach der Metallentfernung) größer 20° sind, ergeben sich funktionell schlechtere Ergebnisse. Auch hier ist eine ventrale Fusion zu diskutieren.

Patienten mit einer guten Beweglichkeit, gemessen am geringeren FBA, waren signifikant ($p=0,02$) zufriedener. Ähnlich signifikante Mittelwerte ($p=0,03$) zwischen Bewegungsausmaß und Zufriedenheit ergaben sich auch bei der Rechtsrotation und Seitneigung (nach links).

Der Frakturtyp, die am Unfalltag gemessenen Grunddeckplattenwinkel sowie die kranial und kaudal der Fraktur gemessenen Bandscheibenzwischenräume erlauben keine Aussage über das funktionelle Ergebnis postoperativ.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie legen nahe, dass bei einem Kyphosewinkel von 20° postoperativ, bei laminektomierten Patienten sowie bei der LWK-1-Lokalisation eine alleinige dorsale Stabilisierung oft zu schlechten Ergebnissen führt. Bei den drei identifizierten Risikofaktoren ist eine zusätzliche ventrale Vorgehensweise zu diskutieren.

7 Literaturverzeichnis

Aebi M (1996): Operative Behandlung von Wirbelfrakturen-dorsale und ventrale Instrumentation. *OP-Journal* 2, 182-187

Aebi M, Etter C, Kehl T, Thalgott J (1987): Stabilisation of the lower thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal fixation system. Indications, techniques and first results of treatment. *Spine* 12, 544-551

Beck E (1970): Röntgenologische Meßmethode bei Wirbelbrüchen. *Hefte Unfallheilkd* 108, 36

Beck M, Mittlmeier T (2008): Thorakolumbale Frakturen-Operative Versorgung. *Trauma Berufskr* 10, 182-186

Been HD, Bouma GJ (1999): Comparison of two types of surgery for thoraco-lumbar burst fractures: Combined anterior and posterior stabilisation vs. posterior instrumentation only. *Acta Neurochir* 141, 349-357

Benson D, Burkus J, Montesano P, Sutherland T, McLain R (1992): Unstable thoracolumbar and lumbar burst fractures treated with the AO Fixateur interne. *J Spine Disord* 5, 335-343

Blattert TR, Springwald J, Glasmacher S, Siekmann H, Josten C (2008): Navigationsgestützte Rekonstruktion der vorderen Säule bei Verletzungen im Brustwirbel- und thorakolumbalen Übergangsbereich. *Unfallchirurg* 111, 878-885

Blauth M: Grundlagen der Wirbelsäulentraumatologie, in: *Unfallchirurgie*, Band Wirbelsäule, 1.Auflage, hrsg.v. Tscherne H, Blauth M; Springer, Berlin 1998, 1-24, 36-59

Blauth M, Tscherne H, Gotzen L, Haas N (1987): Ergebnisse verschiedener Operationsverfahren zur Behandlung frischer Brust und Lendenwirbelsäulenverletzungen. *Unfallchirurg* 90, 260-273

Blauth M, Knop C, Bastian L, Lobenhoffer P (1997): Neue Entwicklung in der Chirurgie der verletzten Wirbelsäule. *Orthopäde* 26, 437-449

Breschinski W, Helm M, Lampl L, Felleiter P (1994): Rettung und Transport von Wirbelsäulenverletzten-notärztliche Aspekte. *Notfallmedizin* 20; 352-354

Briem D, Linhart W, Lehmann W, Bullinger M, Schoder V, Meenen N.M., Windolf J, Rueger JM (2003): Untersuchung der Lebensqualität nach dorsoventraler Stabilisierung von Wirbelfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. *Unfallchirurg* 106, 625-632

Briem D, Lehmann W, Ruecker AH, Windolf J, Rueger JM, Linhart W (2004): Factors influencing the quality of life after burst fractures of the thoracolumbar transition. *Arch Orthop Trauma Surg* 124, 461-468

Buckup K: Wirbelsäule, in: *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln*. 3. Auflage, hrsg.v. Buckup K; Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2005, 1-59

Bühren V (2001): Injuries of the thoracic and lumbar spine. *Chirurg* 72, 865–878

Buitrago-Tellez CH, Ferstl FJ, Langer M: Spine, in: *Radiology of Trauma*, hrsg.v. Heller M, Fink A; Springer Berlin, Heidelberg, New York 1996, 59-94

Coenen W: Gesetzliche Unfallversicherung, in: *Arbeitsmedizin-Handbuch für Theorie und Praxis*. 1. Auflage, hrsg.v. Triebig G, Kentner M, Schiele R; Gentner Verlag, Stuttgart 2003, 64-74

Crawford RJ, Askin GN (1994): Fixation of thoracolumbar fractures with the Dick Fixator, the influence of transpedicular bone grafting. *Eur Spine J* 3, 45-51

Daniaux H (1982): Technik und erste Ergebnisse der transpedikulären Spongiosaplastik bei Kompressionsbrüchen im Lendenwirbelsäulenbereich. *Acta Chir Austr* 43, 79

Daniaux H (1983): Technik und Ergebnisse der transpedikulären Spongiosaplastik bei Brüchen im thorakolumbalen Übergangs- und Lendenwirbelsäulenbereich. *Hefte Unfallheilkd* 165, 182-184

Daniaux H (1986): Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg* 89, 197-213

Danisa OA, Shaffrey CI, Jane JA, Whitehill R, Wang GJ, Szabo TA, Hansen CA, Shaffrey ME, Chan DPK (1995): Surgical approaches for the correction of unstable thoracolumbar burst fractures: a retrospective analysis of treatment outcomes. *J Neurosurg* 83, 977-983

Darwish N: Fixateur interne bei Frakturen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. Analyse und Bewertung. *Med. Diss. Greifswald* 2003

Day B, Kokan P (1977): Compression fractures of the thoracic and lumbar spine from compensable injuries. Clin Orthop 124, 173-176

Denis F (1983): The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries, Spine 8, 817-831

Dick W: Innere Fixation von Brust- und Lendenwirbelfrakturen, in: Aktuelle Probleme in Chirurgie und Orthopädie, 28. Band, hrsg.v. Burri C, Harder F, Jäger M; Huber Verlag, Bern, Stuttgart, Toronto 1984, 1-125

Dick W, Kluger P, Magerl F, Woersdorfer O, Zach G (1985): A new device for internal fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the 'fixateur interne'. Paraplegia 23, 225-232

Eggers C, Stahlenbrecher A: Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule, in: Traumatologische Praxis, Standards in Diagnostik und Therapie für alle Fachgebiete, 1. Auflage, hrsg.v. Durst J; Schattauer Verlag, Stuttgart 1997, 263-283

Eggers C, Stahlenbrecher A (1998): Verletzungen der BWS und LWS. Unfallchirurg 101, 779-790

Esses SI, Botsford DJ, Kostuik JP (1990): Evaluation of surgical treatment for burst fractures. Spine 15, 667-673

Esses SI, Botsford DJ, Kostuik JP (1991): Operative treatment of spinal fractures with the AO internal fixator. Spine 16, 146-150

Eysel P; Fürderer S: Orthopädie und Orthopädische Chirurgie, in: Band Wirbelsäule, Thorax, hrsg.v. Wirth CJ; Zichner L; Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2004, 420-454

Eysel P, Meinig G, Sanner F (1991): Vergleichende Untersuchung unterschiedlicher dorsaler Stabilisierungsverfahren bei frischen Frakturen der Rumpfwirbelsäule. Unfallchirurg 17, 264-273

Eysel P, Rompe JD, Hopf C, Meinig G (1994): Die Bedeutung der Bandscheibe für den Repositionsverlust operativ stabilisierter Frakturen der Rumpfwirbelsäule. Unfallchirurg 97, 451-457

Eysel P, Hopf C, Fürderer S (2001): Kyphotische Deformierungen bei Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Orthopäde 30, 955-964

Feil J, Wörsdörfer O (1992): Ventrale Stabilisierung im Bereich der Brust- und Lendenwirbelsäule. Chirurg 63, 856-865

Freidel K, Petermann F, Reichel D, Steiner A, Warschburger P, Weiss HR (2002): Quality of life in women with idiopathic scoliosis. Spine 27, 87-91

Gertzbein SD (1992): Scoliosis Research Society. Multicenter spine fracture study. Spine 17, 257-540

Glazier KL, Holbrook TL; Kelsey JL, Devivo MJ: The frequency of occurrence, impact and cost of muskuloskeletal conditions in the United States, hrsg.v. American Academy of Orthopaedic Surge, Chicago 1984, 14

Gonschorek O, Bühren V (2006): Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule. Orthop Unfallchir up2date 1, 195-222

Gotzen L, Junge A, Koppelberg T, Stiletto R (1995): Fortschritte in der Fixateur-interne Stabilisierung von thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen. Unfallchirurg 98, 79-86

Guttmann L (1949): Surgical aspects of the treatment of traumatic paraplegia. J Bone Joint Surg Br 31-B, 399-403

Hadra BE (1891): Wiring of the spinous process im Potts disease. Trans Am Orthop Assoc 4, 206

Hamilton A, Webb JK (1994): The role of anterior surgery for vertebral fractures with and without cord impression. Clin Orthop 300, 79-89

Hanakita J, Suwa H, Ihara K (1992): Clinical experience with recently produced devices for use in spinal surgery. Neurol Surg 20, 243-280

Hax PM, Kortmann HR (2000): Indikationen zum kombinierten dorsoventralen Vorgehen bei instabilen Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Trauma Berufskrankh 2, 167-173

Humberg HJ, Strube HD (1996): Die Erstversorgung von Wirbelsäulenverletzten für den Transport in die Klinik und bis zur endgültigen Versorgung. OP-Journal 2, 143-149

James KS, Wenger KH, Schlegel JD, Dunn HK (1994): Biomechanical evaluation of the stability of thoracolumbar burst fractures. Spine 19, 1731-1740

Josten C, Katscher S, Gonschorek O (2005): Therapiekonzepte bei Frakturen des thorakolumbalen Überganges und der Lendenwirbelsäule. *Orthopäde* 34, 1021-1032

Kaltenböck F (2004): Das Wirbelsäulentrauma 2004. Medikamentöse Zusatztherapie bei schweren Trauma der Wirbelsäule, Zusammenfassung des AGN Jour-fixe 8/04, (www.agn.at/html1.php?hid=184 (Stand: 10.März 2009))

Kaneda K: Anterior approach and Kaneda instrumentations for lesions of the thoracic and lumbar spine, in: *The textbook of spinal surgery*, hrsg.v. Bridewell KH, Dewald RL, eds. JP Lippincott Company; Philadelphia, New York, London–Hagerstown 1991, 959-990

Katscher S, Verheyden P, Gonschorek O, Glasmacher S, Josten C (2003): Thorakolumbale Wirbelfrakturen nach konservativer und operativer Behandlung. *Unfallchirurg* 106, 20-27

Kesting J: Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule, Spätergebnisse nach dorsaler Instrumentierung und ihre Konsequenzen. Med. Diss. Hannover 1998

Khoo LT, Beisse R, Potulski M (2002): Thoracoscopic-assisted treatment of thoracic and lumbar fractures: a series of 371 consecutive cases. *Neurosurgery* 51, 104-117

Kinzl L, Fleischmann W, Arand M: Frakturen und Luxationen des thorakalen und lumbalen Wirbelsäulenabschnittes, in: *Wirbelsäule, Becken, Infektionen des Knochens und der Gelenke, Pseudarthrosen, Knochentumoren, Traumatologie*, Band 2, 2. Auflage, hrsg.v. Kinzl L; Urban & Schwarzenberg, München 1993, 28-36

Klawunde P: Der Langzeitverlauf des Korrekturergebnisses nach Implantation eines Fixateur interne bei Frakturen des thorakolumbalen Überganges und der Lendenwirbelsäule in Abhängigkeit von der Frakturform. Med. Diss. Magdeburg 2007

Kluger P, Gerner HJ (1986): Mechanical principle of external fixation for dorsal stabilization of thoracic and lumbar vertebrae. *Unfallchirurg* 12, 68-79

Kluger P, Gerner HJ: Klinische Erfahrungen mit dem Fixateur interne und seine Weiterentwicklung, in: *Die Wirbelsäule in Forschung und Praxis*, Band 107, hrsg.v. Schulitz KP, Winkelmann W; Hippokrates, Stuttgart 1988

Knop C, Blauth M, Bastian L, Lange U, Kestin J, Tscherne H (1997): Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule-Spätergebnisse nach dorsaler Instrumentierung und ihre Konsequenzen. *Unfallchirurg* 100, 630-639

Knop C, Bastian L, Lange U, Blauth M (1999a): Transpedikuläre Spongiosaplastik am thorakolumbalen Übergang. Klinische, radiologische und computertomographische Ergebnisse. Orthopäde 28, 703-713

Knop C, Blauth M, Bühren M (1999b): Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs-Erste Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Teil 1: Epidemiologie. Unfallchirurg 102, 924-935

Knop C, Blauth M, Bühren V, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C, Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O (2000): Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs, Teil 2: Operation und röntgenologische Befunde. Unfallchirurg 103, 1032-1047

Knop C, Oeser M, Bastian L, Lange U, Zdichavsky M, Blauth M (2001a): Entwicklung und Validierung der VAS-Wirbelsäulen-Scores. Unfallchirurg 104, 488-497

Knop C, Blauth M, Bühren V, Arand M, Egbers HJ, Hax P-M, Nothwang J, Oestern HJ, Pizanis A, Weckbach A, Wentzensen A (2001b): Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs, Teil 3: Nachuntersuchung. Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. Unfallchirurg 104, 583-600

Könings P, Böhmer G (2000): Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs. Trauma Berufskrankh 2, 162-166

Kortmann HR: Die dorsale Spondylodese bei thorakolumbalen Wirbelfrakturen, in: Hefte Unfallchirurg, Heft 246, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1995, 1-110

Kortmann HR, Schofer M (2003): Spätrekonstruktion im Wirbelsäulenbereich. Trauma Berufskrankh 1, 77-85

Kortmann HR, Wolter D, Reckert L, Jürgens C: Die Rotationsstabilität der LWS nach verschiedenen transpediculären Osteosynthesen, in: Chirurgisches Forum 1987 für experimentelle und klinische Forschung, hrsg.v. Peiper HJ; Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1987

Kossmann T, Ertel W, Platz A, Trentz O (1995): Combined surgery for fractures of the thoracolumbar junction using the inlay-span method. Orthopäde 28, 432-440

Kraemer WJ, Schemitsch EH, Lever J, McBroom RJ, McKee MD, Waddell JP (1996): Functional outcome of thoracolumbar burst fractures without neurological deficit. *J Orthop Trauma* 10, 541-544

Leferink VJM, Keizer HJE, Oosterhuis JK, van der Sluis CK, ten Duis HJ (2003): Functional outcome in patients with thorakolumbar burst fractures treated with dorsal instrumentation and transpedikular cancellous bone grafting. *Eur Spine J* 12, 261-270

Lewis J, McKibbin B (1974): The treatment of unstable fracture-dislocations of the thoracolumbar spine accompanied by paraplegia. *J Bone Surg Br* 56, 603-612

Liljenqvist U, Mommsen U (1995): Die operative Behandlung thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen mit dem Fixateur interne und transdepikulärer Spongiosaplastik. *Unfallchirurgie* 21, 30-39

Lindsey RW, Dick W (1991): The fixateur interne in the reduction and stabilization of thoracolumbar spine fractures in patients with neurologic deficit. *Spine* 16, 140-145

Liu CL, Wang ST, Lin HJ, Kao HC, Yu WK, Lo WH (1999): Fixateur interne in treating burst fractures of the thoracolumbar spine. *Chin Med Taipei* 62, 619-625

Magerl F (1984): Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop* 189, 125-141

Magerl F (1994): A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 3, 184-201

Maier B, Marzi I: Versorgungsstrategien bei Verletzungen des thorako-lumbalen Übergangs der Wirbelsäule, in: HVBG Bericht über die Unfallmedizinische Tagung in Mainz am 13./14. November 2004, hrsg.v. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e. V.; Mainz 2005, 59–71

Maier B, Marzi I (2008): Versorgungsstrategien bei Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs der Wirbelsäule, *Hess Ärztebl* Z, 439-448

MedizInfo Rücken (2008): Körperliche Untersuchung bei Beschwerden der Wirbelsäule, (www.medizinfo.de/ruecken/diagnostik/untersuchung.shtml) (Stand: 29 Oktober 2008))

Merkel P, Hauck S, Zentz F, Bühren V, Beisse R (2008): Wirbelsäulenverletzungen im Sport. *Unfallchirurg*, (www.han.sub.uni-goettingen.de/han/832/springerlink.metapress.com/)

content/f0x0x7l2x5682761/?p=079fc314e19f437c870ebeb895af73db&pi=7
(Stand: 20. August 2008))

Moller A, Anders A, Hasserius R, Redlund-Johnell I, Ohlin A, Magnus K (2007):
Nonoperatively treated burst fractures of the thoracic and lumbar spine in adults: a 23- to
41 year follow-up. *Spine J* 7, 701–707

Müller U, Berlemann U, Sledge J, Schwarzenbach O (1999): Treatment of thoracolumbar
burst fractures with neurologic deficit by indirect reduction and posterior instrumentation:
bisegmental stabilization with monosegmental fusion. *Eur Spine J* 8, 284-290

Müller CW, Hüfner T, Gössling T, Krettek C (2008): Traumatologie der Wirbelsäule. *Chirurg*
79, 918-926

Murphey MD, Batnitzky S, Bramble JM (1989): Diagnostic imaging of spinal trauma. *Radiol
Clin North Am* 27, 855-872.

Niedhard FU, Pfeil J: Wirbelsäule, in: Duale Reihe Orthopädie, 4.Auflage, hrsg.v. Bob A, Bob
K, Georg Thieme, Stuttgart 2003, 324-383

Plaue R (1988): Trends und Ergebnisse der Wirbelbruchbehandlung. *Z Orthop* 126, 345-352

Prokop A, Löhlein F, Chmielnicki M, Volbracht J (2009): Minimal-invasive perkutane In-
strumentation bei Wirbelsäulenfrakturen. *Unfallchirurg* 112, 621-628

Reinhold M, Knop C, Lange U, Bastian L, Blauth M (2003): Nichtoperative Behandlung von
Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg* 106, 566-576

Reinhold M, Knop C, Beisse R, Audige L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E,
Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M (2009): Operative Behandlung traumati-
scher Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg* 112, 149-167

Resch H, Rabl M, Klampfer H, Ritter E, Povacz P (2000): Operative vs. Konservative Behand-
lung von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs. *Unfallchirurg* 103, 281-288

Rieger M, Mallouhi A, ElAttal R, Kathrein A, Blauth M, Jaschke W (2006): Akutdiagnostik des
Wirbelsäulentraumas. *Radiologe* 46, 527-544

Ringel F, Stoffel M, Stür C, Totzek S, Meyer B (2008): Endoscopy-assisted approaches for
anterior column reconstruction after pedicle screw fixation of acute traumatic thoracic and
lumbar fractures. *Neurosurgie* 62; 455-452

Rudig L, Runkel M, Kreitner KF, Seidel T, Degreif J (1997): Kernspintomographische Untersuchung thorakolumbaler Wirbelfrakturen nach Fixateur-interne-Stabilisierung. Unfallchirurg 100, 524-530

Rusu C, Herold L, Voigt C, Lill H (2007): Thorakolumbaler Übergang der Wirbelsäule. Trauma Berufskr 9, 249–256

Sanderson PL, Fraser RD, Hall DJ, Cain CJM, Osti OL, Potter GR (1999): Short segment fixation of thoracolumbar burst fractures without fusion. Eur Spine J 8, 495-500

Scheiderer WD, Gruber HP (2008): Indikationen und Techniken der konservativen Therapie, Verletzungen der Wirbelsäule. Trauma Berufskr; (www.springerlink.com/content/w36242430852rq540 (Stand: 22.Februar 2008))

Schevtsov WI, Chudajev AT (1999): Äußere transpedikuläre Fixation bei der Behandlung von Verletzungen der Wirbelsäule und des Rückenmarks. Orthopäde 28, 1078–1085

Schittig P (2000): Neue Gesichtspunkte in der Begutachtung der Wirbelsäulenfrakturen. Trauma Berufskrankh 2, 264-267

Schmid J: Thorakolumbale Wirbelfrakturen-Ein Vergleich zwischen isoliert dorsaler und kombiniert dorsoventraler Operation. Med. Diss. Ulm 2000

Schober P (1937): Lendenwirbelsäule und Kreuzschmerzen. München Med Wochenschau 84, 336- 338

Sihvonen T, Herno A, Paljarvi L (1993): Local denervation atrophy of paraspinal muscles in postoperative failed back syndrome. Spine 18, 575–581

Stancic MF, Gregorovic E, Nozica E, Penezic L (2001): Anterior decompression and fixation versus posterior and semirigid fixation in the treatment of unstable burst fracture: prospective clinical trial. Croat Med J 42, 49-53

Statistisches Bundesamt (2006): Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (www.gbe-bund.de/gbe10/owards.prc_show_pdf?p_id=9965&p_sprache=D&p_uid=gast&p_aid=99022658&p_lfd_nr=1(Stand: 10. März 2009))

Stolze D, Harms J (1998): Kombinierte Stabilisationsverfahren an der thorakolumbalen Wirbelsäule. Osteosyn Intern 6, 157-248

- Tasdemiroglu E, Tibbs PA (1995): Long-term follow-up results of thoracolumbar fractures after posterior instrumentation. *Spine* 20, 1704-1708
- Trojan E (1972): Langfristige Ergebnisse von 200 Wirbelbrüchen der Brust/ Lendenwirbelsäule ohne Lähmung. *Unfallmed Berufskrankh* 66, 122-134
- Uhlemann C, Schreiber TU, Sarafowa A (2001): Reliabilität klinischer Wirbelsäulenbewegungsmaße bei Probanden. *Phys Med Rehab Kuror* 11, 165-170
- Verheyden AP, Koch N, Katscher S, Hölzl A (2007): Versorgungsstrategien bei Verletzungen der Lendenwirbelsäule. *Trauma Berufskr* 9, 245-248
- Wälchli B, Heini P, Berlemann U (2001): Korrekturverlust nach dorsaler Stabilisierung von Berstungsfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. *Unfallchirurg* 104, 742-747
- Weckbach A., Blattert TR (2000): Aktuelle operative Verfahren bei Wirbelsäulenverletzungen, ihre Indikation und Alternativen. *Trauma Berufskr* 2, 243-248
- Weidenbaum M, Farcy JPC: Surgical management of thoarcic and lumbar burst fractures, in: *The Textbook of Spinal Surgery, Second Edition*, hrsg.v. Bridwell K, Dewald RL; Lippincott, Philadelphia 1997, 1839-1880
- Weinstein JN, Collato P, Lehmann TR (1988): Thoracolumbar „burst“ fractures treated conservatively: a long-term follow up. *Spine* 13, 33-38
- Whitesides TE (1977): Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. *Clin Orthop* 128, 78-92
- Wild MH, Glees M, Plieschnegger C, Wenda K (2007): Five-year follow-up examination after purely minimally invasive posterior stabilization of thoracolumbar fractures: a comparison of minimally invasive percutaneously and conventionally open treated patients. *Arch Orthop Trauma Surg* 127, 355-343
- Willen J, Lindahl S, Irstam L, Nordwall A (1984): Unstable thoracolumbar fractures. A study by CT and conventional reontgenology of the reduction effect of Harrington Instrumentation. *Spine* 9, 214-219
- Winkler H (2005): Fehlschläge der dorsalen Spongiosaplastik der vorderen Säule. *Trauma Berufskr* 7, 307-310

Winkler H, Fischer M, Kessler T, Frenandez F, Köpke J (1999): Korrekturverlust und Einheilungsverhalten transpedikulärer Spongiosaplastiken bei der Behandlung thorakolumbaler Wirbelfrakturen, Trauma Berufskr 1, 294-301

Wolter D, Kortmann HR (1992): Transpedikuläre Spondylodese der Brust- und Lendenwirbelsäulenverletzung. Chirurg 63, 866-874

Anhang: Formulare, Fragebogen

I. Nachuntersuchungsbogen nach Verletzungen im thorakolumbalen Übergang

Studie der Georg-August-Universität Göttingen

1. Basisdaten

Name:	
Patienten Nr.:	
Geburtsdatum:	
Alter (Jahre):	
Geschlecht (m/w):	
Größe (m):	
Gewicht (kg):	
Vorerkrankungen, insbesondere degenerative Wirbelsäulenerkrankungen:	

2. Unfallbezogene Daten

Unfalldatum:	
Unfallart:	
Begleitverletzungen:	
Polytrauma (ja/nein):	
Lokalisation der Fraktur:	
AO-Klassifikation der Wirbelkörperfraktur nach MAGERL et al. 1994:	

3. Erhebung des neurologischen Status zu verschiedenen Zeitpunkten

	Unfalltag	nach der Metallentfernung	Nachuntersuchung
Neurologie (ja/nein)			
Spinalkanaleinengung (%)			
Blasen/ Mastdarmsstörungen (ja/nein)			
Konus/ Kauda-syndrom (ja/nein)			
Sensibilitätsstörungen (ja/nein)			
Motorische Ausfälle (ja/nein)			

4. Angaben zur Operation bzw. zum operativen Vorgehen

OP- Datum:	
Dauer vom Unfall bis zur operativen Versorgung:	
OP-Dauer (min):	
Blutverlust (ml):	
Instrumentierung:	
Hemi-/ Laminektomie (ja/nein):	
Querstabilisation (ja/nein):	
Spongiosaplastik (ja/nein):	
Operative Komplikationen:	
Postoperative Komplikationen:	
Revisionsursachen:	

5. Zeitlicher Ablauf und Therapie

Dauer des stationärer Aufenthalt (Tage):	
Dauer der physiotherapeutischen Behandlung (Monate):	
Versorgung mit einem Korsett (ja/nein):	
Aufenthalt in einer Rehaklinik (Monate):	
Dauer der Arbeitsunfähigkeit (Monate):	

6. Daten der Metallentfernung

Datum der Metallentfernung:	
Art der Metallentfernung:	

7. körperlichen Nachuntersuchung

Inspektion des Gangbildes (physiologisch, unphysiologisch):	
Inspektion der Haltung (physiologisch, thorakale Hyperkyphose, lumbale Hyperlordose, Kypholordose, Totalkyphose, Flachrücken, Sonstiges):	
Inspektion der Wirbelsäulenform, Verlauf der Dornfortsätze (physiologische oder skoliotische Haltung):	
Inspektion des Muskelprofils:	
Palpation der Dornfortsätze auf Druckschmerzhaftigkeit:	

Palpation der paravertebralen Muskulatur (muskulärer Hartspann, Myogelosen):	
Überprüfung auf Beckenschiefstand (cm):	
Überprüfung der Sensibilität:	
Kraftgrade an der unteren Extremität (I-V):	

8. Messung der Wirbelsäulenbeweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode

Wirbelsäulenrotation im Sitzen bei fixiertem Beckengürtel (Grad):	
Seitneigung re/li. (Grad):	
Dorsalextension (Grad):	
Ventralflexion (Grad):	
Finger-Boden-Abstand (FBA) (cm):	
Ott (cm):	
Schobersches Maß (cm):	

Bemerkungen:

II Radiologische Untersuchung der Wirbelsäule

Studie der Georg-August-Universität Göttingen

Name:

Patienten Nr.:

Geburtsdatum:

Frakturlokalisation:

	präoperativ	postoperativ	nach der Metall- entfernung	mind. drei Mona- te nach der Me- tallentfernung
GDW1 (α)				
GDW2 (β)				
GDW1 (α) bisegmental				
GDW2 (β) bisegmental				
Sagittaler Index (SI)				
Spinalkanaleinengung (in mm)				
Bandscheibenzwischen- räume kranial ventral (mm)				
Bandscheibenzwischen- räume kranial medial (mm)				
Bandscheibenzwischen- räume kranial dorsal (mm)				
Bandscheibenzwischen- räume kaudal ventral (mm)				

Bandscheibenzwischenräume kaudal medial (mm)				
Bandscheibenzwischenräume kaudal dorsal (mm)				
Stufenbildung in der Grundplatte				
knöcherne Fusion des operierten Wirbelsäulensegments				
knöchernen Durchbauung der Fraktur				

III Radiologische Untersuchung der Wirbelsäule

Klinik für Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie
Direktor: Prof. Dr. med. K.M. Stürmer
Universitätsklinikum - Zentrum Chirurgie - Georg-August-Universität Göttingen



Göttingen, 10.07.03

Patientenadresse

Sehr geehrte Patientin,
sehr geehrter Patient,

Sie wurden aufgrund einer Verletzung der Wirbelsäule in der Abteilung Unfall, Plastische und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Göttingen behandelt. Wir hoffen, dass Sie die Erkrankung gut überstanden haben und so wenig wie möglich Folgeschäden davongetragen haben.

Aufgrund des medizinischen Fortschritts und der stetigen Verbesserung der Behandlungsmöglichkeiten heilen die meisten Frakturen der Wirbelsäule mittlerweile mit keinen oder nur geringen Restbeschwerden aus. Ungeachtet dessen dauert es nach Brüchen der Wirbelsäule oft Monate bis die Patienten wieder in den Arbeitsprozess und ihr soziales Umfeld integriert werden können. Teilweise können auch Dauerschäden zurückbleiben. Zur Überprüfung der Qualität der eigenen Behandlung, aber auch um weitere Verbesserungen der Behandlungsmethoden für eine schnellere und zuverlässigere Heilung zu finden und zu erkennen, wollen wir eine *klinische* Studie über Brüche der Wirbelsäule durchführen.

In der von uns geplanten Studie sollen sämtliche Patienten mit Verletzungen der Wirbelsäule, die seit 1995 in der Klinik für Unfall, Plastische und Wiederherstellungschirurgie des Universitätsklinikums Göttingen behandelt wurden, nachuntersucht werden. Aus dem Vergleich des Behandlungskonzepts der eigenen Klinik mit Ergebnissen in der Literatur sollen Operationsverfahren kritisch beleuchtet, sowie Vor- und Nachteile des einen oder anderen Behandlungsverfahrens dargestellt werden. Ziel ist es dabei Patienten mit Verletzungen der Wirbelsäule schnell und sicher ohne bleibende Beschwerden zu heilen. Zusätzlich haben Sie die Möglichkeit bei der Nachuntersuchung nochmals Fragen zu stellen und den Gesundheitszustand ihrer Wirbelsäule noch einmal überprüfen zu lassen.

Bei der Nachuntersuchung erfolgt eine ausführliche Befragung Ihres derzeitigen Gesundheitszustandes, Ihrer Beschwerden und wie diese ggf. Ihre Lebensgewohnheiten beeinträchtigen. Es erfolgt dabei auch eine Untersuchung Ihrer Wirbelsäule mit einem vorsichtigen Aufsuchen von Schmerzpunkten, Prüfung der Beweglichkeit und Körperhaltung. Sollten Sie deutliche Beschwerden in dem ehemals verletzten Wirbelbereich haben, würden wir, Ihr freundliches Einverständnis vorausgesetzt, zusätzlich Röntgenaufnahmen des ehemals verletzten Wirbelkörpers in 2 Ebenen anfertigen.

Wenn Sie damit einverstanden sind, würden wir Sie gerne zu einem Nachuntersuchungstermin einladen. Persönliche Daten werden selbstverständlich nicht an dritte Personen weitergegeben, sondern unterliegen dem Datenschutz!

Wir bitten Sie, an dieser wissenschaftlichen Untersuchung teilzunehmen. Die Teilnahme ist freiwillig. Sollten Sie einverstanden sein, bitten wir Sie sich zu einer Terminabsprache unter der Telefonnummer 0551-396105 an uns zu wenden.

Mit freundlichen Grüßen

Dr. med. K.-H. Frosch

Einverständniserklärung

Retrospektive Analyse und klinische Qualitätskontrolle der Behandlungsergebnisse nach Verletzungen der Wirbelsäule

Patientenaufkleber

Ich,, wurde von meinem Arzt vollständig über Wesen, Bedeutung und Tragweite der klinischen Prüfung mit dem o.g. Titel aufgeklärt. Ich habe den Aufklärungstext gelesen und verstanden. Ich hatte die Möglichkeit Fragen zu stellen, und habe die Antworten verstanden und akzeptiere sie. Mein Arzt hat mich über die mit der Teilnahme an der Studie verbundenen Risiken und den möglichen Nutzen informiert.

Ich hatte ausreichend Zeit, mich zur Teilnahme an dieser Studie zu entscheiden und weiß, dass die Teilnahme an dieser klinischen Prüfung freiwillig ist. Ich weiß, dass ich jederzeit und ohne Angaben von Gründen diese Zustimmung widerrufen kann, ohne dass sich dieser Entschluß nachteilig auf die spätere Behandlung durch meinen Arzt auswirken wird.

Mir ist bekannt, dass meine persönlichen Daten in verschlüsselter Form gespeichert werden. Eine Weitergabe dieser Daten an Dritte wird nicht erfolgen. Die Grundsätze der ärztlichen Schweigepflicht bleiben gewahrt.

Ich habe eine Kopie der Patienteninformation und dieser Einwilligungserklärung erhalten. Ich erkläre hiermit meine freiwillige Teilnahme an dieser klinischen Studie.

Göttingen, den

.....
Unterschrift des Patienten

.....
Unterschrift des Arztes

Fragebogen zum Verlauf der Therapie im Anschluss an die stationäre Behandlung im Universitätsklinikum Göttingen

Lfd.-Nr.: 39

Geburtsdatum:

1. Wie viele stationäre **Reha-Aufenthalte** hatten Sie seit der operativen Versorgung ihrer Wirbelfraktur? (bitte mit Angabe der jeweiligen Dauer in Wochen!)

2. Wie lang dauerte die **erweiterte ambulante Physiotherapie (EAP) / krankengymnastische Therapie**? (bitte mit Angabe der jeweiligen Dauer in Monaten!)

3. Wie lang waren Sie durch Ihre Wirbelfraktur **arbeitsunfähig**?
..... Monate, danach
 selber Beruf wie vorher
 selber Beruf mit Einschränkungen
 Berufswechsel
 Berufswechsel, deutliche Einschränkungen
 bereits vor dem Unfall berentet
 durch den Unfall berentet

4. Wie haben sich Ihre **Freizeitaktivitäten** seit dem Unfall geändert?
 wie vor dem Unfall
 wie vorher mit Einschränkungen
 deutliche Einschränkungen, Wechsel der Aktivitäten
 nur alltägliche Verrichtungen, keine zusätzlichen Aktivitäten
 pflege- oder hilfsbedürftig

5. Die **Metallentfernung** hat am(bitte Datum angeben)
 im Universitätsklinikum Göttingen stattgefunden.
 auswärts, im Klinikum/Krankenhaus:
.....(bitte Haus und Ort angeben) stattgefunden.
 eine Metallentfernung hat (noch) nicht stattgefunden.

6. Wurden im Anschluss an die Behandlung im Universitätsklinikum Göttingen noch einmal **Röntgenaufnahmen** Ihrer Wirbelsäule gemacht ?
- nein
- ja, zuletzt im (Monat/Jahr)
im Klinikum/Krankenhaus
7. Bestanden bereits **vor dem Unfall Beschwerden/Fehlhaltungen** der Wirbelsäule ?
- nein
- ja
wenn ja, dann welche ? :
8. Wie beurteilen Sie Ihre **heutige Rückenfunktion** zusammenfassend ?
- beschwerdefrei
- gelegentlich beschwerdefrei
- häufige/deutliche Beschwerden
- häufige/ starke Beschwerden mit deutlichen Einschränkungen
- invalidisierend
9. Ich bin an einer **Nachuntersuchung** meiner Wirbelsäule
- nicht interessiert
- interessiert, bitte setzen Sie sich mit mir zwecks einer Terminabsprache in Verbindung.
Ich bin unter folgender Telefonnummer zu erreichen :

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit !

VAS-Bogen zu Verletzungen der Wirbelsäule

Auf den folgenden 2 Seiten befindet sich ein Fragebogen zum Thema „Rückenprobleme“.

Zur Beantwortung der Fragen steht Ihnen eine Skala in Form von 2 Pfeilen zur Verfügung. Markieren Sie bitte auf dem **oberen Pfeil** die Stelle mit einem Kreuz (X), die ihre **Situation vor dem Unfall** am besten wiedergibt.

Auf dem **unteren Pfeil** markieren Sie bitte die Stelle mit einem Kreuz (X), die ihre **Situation heute**, d.h. nach dem Unfall am besten wiedergibt.

Für jede Frage gilt, je weiter **links** Sie das Kreuz setzen, desto **stärker** sind Ihre Beschwerden und umgekehrt, je weiter **rechts** sie das Kreuz setzen, desto **geringer** sind Ihre Beschwerden.

Schreiben Sie bitte **keine Antworten als Text**, wie z. B. „sehr lange“ oder „über 2 Stunden“.

Beispiel:

Haben Sie Rückenprobleme ?

Die Antwort durch die Kreuze bedeutet, dass sie vor dem Unfall (oberer Pfeil) fast nie Rückenprobleme hatten, heute nach der OP (unterer Pfeil) nicht ständig, jedoch öfters als zuvor unter Rückenproblemen leiden.

Beantworten Sie die Fragen bitte nur negativ, wenn Rückenprobleme auch wirklich verantwortlich für die Einschränkung einer bestimmten Tätigkeit sind.

Beispiel: Die Frage nach Rückenproblemen beim Laufen würden Sie vielleicht mit „Laufen unmöglich“ beantworten, weil Sie ggf. die „Puste“ zum Laufen nicht mehr haben. Gemeint ist aber, ob Sie prinzipiell ohne Rückenprobleme laufen können oder ob starke Rückenschmerzen das Laufen unmöglich machen.

Erklärung einiger Begriffe:

Körperliche Ruhe: z.B. Zeitung lesen, auf dem Sofa/im Bett liegen, Fernsehen, sich entspannen usw.

Körperliche Belastung: z.B. schwere Gartenarbeit, schwere berufsbedingte Arbeiten, anstrengender Sport usw.

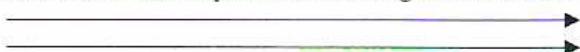
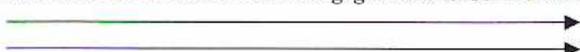
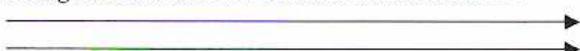
Hausarbeiten: z.B. Fenster putzen, Bügeln, Staubsaugen, Abwaschen, Kochen, den Boden wischen usw.

Auf der 3. Seite befindet sich ein Fragebogen mit Fragen zum weiteren Verlauf der Therapie im Anschluss an Ihren stationären Aufenthalt im Universitätsklinikum Göttingen.

Wirbelsäulen VAS-Score**Datum:**

Lfd.-Nr. : 34

Frakturlokalisierung/-klassifikation:

1. **Wie oft stören Rückenschmerzen Ihren Schlaf ?**
 Ständig, immer  Nie, sehr selten
2. **Wie oft haben Sie in körperlicher Ruhe Rückenschmerzen ?**
 Ständig, immer  Nie, sehr selten
3. **Wie stark sind dann in körperlicher Ruhe die Rückenschmerzen ?**
 nicht auszuhalten, unerträglich  Keine Schmerzen
4. **Wie oft haben Sie bei körperlicher Belastung Rückenschmerzen ?**
 Ständig, immer  Nie, sehr selten
5. **Wie stark sind dann bei körperlicher Belastung die Rückenschmerzen ?**
 nicht auszuhalten, unerträglich  Keine Schmerzen
6. **Wie oft nehmen Sie Schmerzmittel gegen Rückenschmerzen ein ?**
 Ständig, immer  Nie, sehr selten
7. **Wie lange können Sie ohne Rückenschmerzen sitzen ?**
 Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln  Stundenlang, ohne Einschränkung
8. **Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Vorbeugen ein (z.B. beim Abwaschen)?**
 Vorbeugen unmöglich  Vorbeugen ohne Einschränkung möglich
9. **Wie stark schränken Rückenbeschwerden Ihren Beruf ein ?**
 alter Beruf kann nicht mehr ausgeübt werden  Keine Einschränkung im Beruf

10. **Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Hochheben ein ?**
 Auch leichtes Heben unmöglich → schweres Heben ohne Einschränkung möglich
11. **Wie stark schränken Rückenbeschwerden Hausarbeiten ein ?**
 Auch leichte Arbeit unmöglich → schwere Arbeit ohne Einschränkung möglich
12. **Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden stehen ?**
 Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln → Stundenlang, ohne Einschränkung
13. **Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden gehen ?**
 Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln → Stundenlang, ohne Einschränkung
14. **Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Laufen ein (z.B. Jogging, Waidlauf etc.)?**
 Auch kurzes Laufen unmöglich → Längeres Laufen ohne Einschränkung möglich
- Wie stark schränken Rückenbeschwerden Aktivitäten des täglichen Lebens ein (z.B. Waschen, Essen etc.)?**
 Allein unmöglich, immer hilfsbedürftig → Keine Einschränkung
16. **Wie lange können Sie ohne Rückenbeschwerden reisen (z.B. Autofahren, Zugfahren, Busfahren) ?**
 Gar nicht, nur kurz oder mit Hilfsmitteln → Stundenlang, ohne Einschränkung
17. **Wie stark schränken Rückenbeschwerden Ihr Sexualleben ein ?**
 Vollständig, wegen der Rückenprobleme → Keine Einschränkung
18. **Wie stark schränken Rückenbeschwerden das Tragen ein ?**
 Auch leichtes Tragen unmöglich → Schweres Tragen ohne Einschränkung möglich
19. **Wie beurteilen Sie das Operations-/Behandlungsergebnis Ihrer Wirbelsäulenverletzung ?**
 Schlecht, unzufrieden → sehr gut, sehr zufrieden

Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei PD Dr. K.H. Frosch für die Überlassung des Themas, die fachliche Supervision und die konstruktiven Anregungen.

Weiterhin möchte ich mich bei den Mitarbeitern der Abteilung Medizinische Statistik von Prof. Dr. Brunner für die Hilfsbereitschaft und Unterstützung bei der statistischen Auswertung bedanken.

Bedanken möchte ich mich bei Dr. S. Hingelbaum für die Hilfe und Zusammenarbeit bei der Erhebung der Daten.

Lebenslauf

Am 19. April 1978 wurde ich als erstes Kind des Versicherungskaufmanns Holger Karl-Heinz Baum und der Großhandelskauffrau Cornelia Ute Baum in Kassel geboren. Von 1984 bis 1988 besuchte ich die Grundschule Kirchditmold und anschließend von 1988 bis 1994 die Heinrich-Schütz Schule in Kassel. Nach dem Wechsel zum Oberstufengymnasium Jakob Grimm in Kassel erwarb ich im Juni 1997 die allgemeine Hochschulreife.

Im Anschluss an ein sechsmonatiges Freiwilliges Soziales Jahr in der Orthopädischen Landesklinik in Kassel absolvierte ich vom April 1998 bis April 2001 meine Ausbildung zur staatlich anerkannten Physiotherapeutin an der Schule für Physiotherapie der Georg-August-Universität in Göttingen. Nach dem erfolgreichen Abschluss meiner Ausbildung nahm ich zum Sommersemester 2001 mein Studium der Humanmedizin an der Georg-August-Universität in Göttingen auf. Die Ärztliche Vorprüfung bestand ich im März 2003 und das 1. Staatsexamen im März 2004. Im August 2004 heiratete ich Torsten Schmidt, unser Sohn Jan Lennart Baum wurde am 31.08.2005 in Göttingen geboren. Mein Praktisches Jahr begann ich im August 2006, von dem ich zwei Tertiale am Universitätsklinikum der Georg-August Universität und ein Tertial am evangelischen Krankenhaus in Weende/Göttingen verbrachte. Den neuen „Zweiten Abschnitt der Ärztlichen Prüfung“ legte ich im Dezember 2007 ab. Am 28.02.2008 kam unsere Tochter Line Charlotte Baum in Göttingen zur Welt, woraufhin eine elf-monatige Elternzeit folgte. Seit Februar 2009 bin ich als Assistenzärztin im Bereich Frauenheilkunde/Geburtshilfe am evangelischen Krankenhaus Neu Bethlehem in Göttingen tätig.