

Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und
Wiederherstellungschirurgie
(Chirurgische Klinik II)
der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Rainer H. Meffert

Die ventrale winkelstabile Instrumentierung von Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule – Verlauf und Ergebnisse

Inaugural - Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von
Susanne Höfer
aus Erlenbach am Main

Würzburg, August 2009

Referent: Prof. Dr. med. Arnulf Weckbach

Korreferent: Prof. Dr. med. Werner Kenn

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 10.12.2009

Die Promovendin ist Ärztin.

Für Johannes und meine Eltern

Abkürzungsverzeichnis

AG-WS DGU	Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie
ap	anterior-posterior
AU	Arbeitsunfähigkeit
BWK	Brustwirbelkörper
BWS	Brustwirbelsäule
CT	Computertomographie
FBA	Finger-Boden-Abstand
GDW	Grund-Deckplatten-Winkel
GDW1	monosegmentaler Grund-Deckplatten-Winkel
GDW2	bisegmentaler Grund-Deckplatten-Winkel
KG	Krankengymnastik
LWK	Lendenwirbelkörper
LWS	Lendenwirbelsäule
Nu	Nachuntersuchung
prä	präoperativ
post	postoperativ
REHA	Rehabilitation
Rö	Röntgen
SW	Skoliosewinkel
TLÜ	thorakolumbaler Übergang
U	Untersucher
VAS	visuelle Analogskala

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Material und Methoden	5
2.1	Ziel und Einschlusskriterien	5
2.2	Studiendesign	5
2.3	Daten bei Aufnahme	6
2.3.1	<i>Diagnosen</i>	6
2.3.2	<i>Klassifikation und Lokalisation</i>	6
2.3.3	<i>Neurologischer Status</i>	7
2.4	Operation	7
2.4.1	<i>Ventrale Implantate</i>	7
2.4.2	<i>Dorsale Stabilisierung</i>	9
2.4.3	<i>OP-Dokumentation</i>	9
2.5	Nachuntersuchung	10
2.5.1	<i>Röntgen-Messdaten</i>	10
2.5.2	<i>Patientendaten</i>	12
2.5.3	<i>Komplikationen im Verlauf</i>	13
2.6	Auswertung der Daten	13
3	Ergebnisse	14
3.1	Patientendaten	14
3.2	Daten bei Aufnahme	15
3.2.1	<i>Indikation zur Operation – Alter und Versorgungszeitpunkt der Wirbelkörperverletzungen</i>	15
3.2.2	<i>Unfallursachen und Begleitverletzungen</i>	17
3.2.3	<i>Klassifikation und Lokalisation</i>	18
3.2.4	<i>Neurologischer Status</i>	19
3.3	Daten zur Operation	21
3.3.1	<i>Art der Behandlung</i>	21
3.3.2	<i>Ventrale Rekonstruktion</i>	22
3.3.3	<i>Zusätzliche Maßnahmen</i>	24
3.3.4	<i>Dauer der Operation</i>	24
3.3.5	<i>Stationärer Aufenthalt</i>	25
3.4	Ergebnisse der dritten Nachuntersuchung	26
3.4.1	<i>Nachuntersuchungszeitraum</i>	26
3.4.2	<i>Grund-Deckplatten-Winkel (GDW) der Nachuntersuchung</i>	26
3.4.3	<i>Grund-Deckplatten-Winkel (GDW) im zeitlichen Verlauf</i>	28
3.4.4	<i>Reliabilität der Winkelmessung</i>	33
3.4.5	<i>Weitere radiologische Messwerte</i>	34
3.4.6	<i>VAS-Wirbelsäulenscore (VAS)</i>	37
3.4.7	<i>Neurologischer Status</i>	39
3.4.8	<i>Finger-Boden-Abstand</i>	40
3.4.9	<i>Rückenfunktion</i>	41
3.4.10	<i>Berufliche Reintegration</i>	41
3.4.11	<i>Komplikationen und Revision</i>	43

3.5	Zusammenhänge	44
3.5.1	<i>GDW und VAS</i>	44
3.5.2	<i>VAS, Rückenfunktion und FBA</i>	45
3.5.3	<i>Beruf, Reintegration und VAS</i>	47
4	Diskussion	50
4.1	Messgrößen	50
4.2	Patientenkollektiv	50
4.3	Wirbelsäulenverletzungen	51
4.4	Lokalisation	51
4.5	Klassifikation	52
4.6	Telefix-Platte – Komplikationen und Lösungsansatz	53
4.7	Neurologie	53
4.8	Radiologische Ergebnisse	57
4.9	Subjektives Befinden und funktionelle Ergebnisse	64
5	Zusammenfassung	68
6	Literaturverzeichnis	70
7	Anhang	78
7.1	VAS-Fragebogen	78
7.2	Dokumentationsbogen OP BLWS der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule (AG-WS)	79
7.3	Aufnahmebogen A BLWS der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule (AG-WS)	80
7.4	Nachuntersuchungsbogen N BLWS der AG-WS	81

Danksagung

Lebenslauf

1 Einleitung

Die Behandlungsoptionen bei Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule sind weit gefächert und reichen von konservativen Ansätzen bis zur aufwändigen endoskopischen Rekonstruktion der ventralen Säule. Das gemeinsame Ziel der unterschiedlichen Therapiemethoden ist die Sicherung bzw. Wiederherstellung der statischen, dynamischen und protektiven Funktion der Wirbelsäule [43]. In Bezug auf einige Verletzungen besteht allerdings trotz intensiver Forschung kein Konsens über die optimale Therapiemethode. Im Folgenden wird daher ein kurzer Überblick über die heutzutage akzeptierten Behandlungsoptionen und deren Entwicklung gegeben.

Konservative Therapieansätze:

Bis in die späten 1970er-Jahre galt die konservative Therapie weltweit als Standard für Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule [24] und auch heute werden konservative Verfahren noch in einigen Fällen bei Patienten mit stabilen Verletzungen ohne größere Fehlstellung [89] und mit völlig intaktem neurologischen Status [43] angewandt. Dabei haben sich hauptsächlich zwei Therapieprinzipien durchgesetzt: Die funktionelle, belastungsfreie Therapie nach Magnus [76] und die Methode nach Böhler [17]. Ein wesentlicher Vorteil der konservativen Therapie ist sicherlich die Vermeidung einer Operation und einer damit eventuell einhergehenden Morbidität [98, 116]. Einige Studien berichten über gute klinische Langzeitergebnisse [89, 90, 116], allerdings wird auch auf die Gefahren einer zunehmenden Deformierung des Wirbelkörpers mit einer eventuellen Verschlechterung der neurologischen Funktionen hingewiesen. Im Vergleich mit operativen Verfahren zeigt sich im Langzeitverlauf tatsächlich eine deutliche Zunahme der kyphotischen Deformierung nach konservativer Therapie, die jedoch in zahlreichen Studien keinen Zusammenhang mit dem funktionellen und subjektiven Befinden der Patienten hatte [7, 14, 21, 61, 66, 85, 98].

Dorsale Stabilisierung:

Die mangelnde Korrektur der Wirbelsäulenfehlstellung in der sagittalen Ebene, die mit spät auftretenden Rückenschmerzen in Verbindung gebracht wurde [48, 101], und die mangelnde Stabilisierung diskoligamentärer Verletzungen verlangten nach neuen Behandlungsstrategien. Erste operative Versuche bei Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule wurden mit den von Harrington 1962 ursprünglich für die Skoliosebehandlung entwickelten Instrumenten gemacht [34, 101]. Nachteilig waren hier und auch bei den modifizierten Versionen nach Luque und Jacobs [73] v. a. die langstreckige Überbrückung über mindestens vier Bewegungssegmente und der im postoperativen Verlauf eintretende große Korrekturverlust [78, 80]. In Anlehnung

an die transpedikuläre Verankerung der Schrauben durch Roy-Camille [91] entwickelte Magerl [75] den Fixateur externe. Dieser bot zwar eine erhöhte Stabilität, eine effiziente Möglichkeit zur Reduktion kyphotischer Deformierung und zur indirekten Dekompression des Spinalkanals bei nun kurzstreckiger Überbrückung über zwei Segmente, forderte aber durch seine äußere Lage einen erheblichen pflegerischen Aufwand. Erst durch die Entwicklung des Fixateurs interne durch Dick [39] war ein Instrument geschaffen, das die Vorteile des Fixateurs externe mit der Möglichkeit einer raschen Mobilisation und Rehabilitation des Patienten vereinigte. Bis heute findet der Fixateur interne, der mittlerweile in zahlreichen Varianten auf dem Markt verfügbar ist [34], seine Anwendung in der rein dorsalen Stabilisierung [7, 60] und in der Kombination mit Rekonstruktions- bzw. Stabilisierungsverfahren der ventralen Säule (s. u.).

Allerdings zeigten die ersten Erfolge der indirekten Dekompression des Spinalkanals und der Wiederaufrichtung des frakturierten Wirbelkörpers mit Herstellung des ursprünglichen Profils in der sagittalen Ebene [1, 25] in der Langzeitbeobachtung keine Dauerhaftigkeit [60]. Der Korrekturverlust des sagittalen Profils wird auf das Sintern des zerborstenen Wirbelkörpers und der angrenzenden Bandscheiben v. a. nach Metallentfernung zurückgeführt. Zur Vermeidung dieses Phänomens entwickelte Daniaux [32] das Verfahren der transpedikulären Spongiosaplastik, das zu einer verbesserten ventralen knöchernen Fusion beitragen sollte. Allerdings konnte diese Methode nicht die erhofften Ergebnisse liefern [15, 61, 62, 99].

Zusammengefasst kann man feststellen, dass die dorsale Stabilisierung mittlerweile ein standardisiertes und effektives Verfahren zur primären Versorgung von instabilen Frakturen der Wirbelsäule ist, sich allerdings als insuffizient in Bezug auf die dauerhafte Rekonstruktion der vorderen Säule erwiesen hat.

Ventrale Plattensysteme:

Mit der Weiterentwicklung diagnostischer Mittel, insbesondere der Darstellung knöcherner Verletzungen mittels CT, erkannte man, dass eine indirekte Dekompression durch dorsale Instrumente (Ligamentotaxis) nicht in jedem Fall zu einer kompletten Entfernung von Frakturfragmenten aus dem Spinalkanal führte [80]. Die direkte Dekompression durch ein ventrales Verfahren schien vielversprechend, zumal die Einengung des Spinalkanals bei Berstungsfrakturen regelhaft von ventral ausgeht [52, 79]. Dass eine komplette Enttrümmerung tatsächlich besser durch einen ventralen als durch einen dorsalen Zugang gewährleistet werden kann, wurde in späteren Jahren bestätigt [45].

Der erste antero-laterale Zugang zur thorakolumbalen Wirbelsäule wird Hodgson und Stock (1956) zur Drainage von Abszessen bei Tuberkulose-Patienten zugeschrieben. Erste ventrale

Instrumentierungen zur Reduzierung skoliotischer Verformungen werden von Wenger in den 50er-Jahren sowie von Dwyer, Newton, Hall und Zielke beschrieben [49].

Bei der Behandlung von Frakturen war das primäre Ziel des ventralen Eingriffs zunächst die Dekompression des Spinalkanals, wobei der entstandene Defekt nach partieller Korporektomie mit Knochenmaterial ausgefüllt wurde. Allerdings sah man, vor allem bei Frakturen mit Beteiligung der hinteren Säule, dass in vielen Fällen eine knöcherne Durchbauung des Defektes und ein Erhalt der Korrektur auf diese Weise nicht zu erzielen waren [119]. Um die Patienten bei geeigneten Verletzungen nicht einem doppelten Operationsrisiko auszusetzen – Stabilisierung mit dorsalem Implantat und Dekompression von ventral – wurde an der Entwicklung eines von ventral einsetzbaren, stabilisierenden Systems gearbeitet. Das von Dunn 1984 entwickelte Stab-System zeigte erste klinische Erfolge, wurde allerdings aufgrund von Gefäßkomplikationen wieder verlassen [41, 67]. Im selben Jahr veröffentlichte Kostuik einen Bericht über die rein ventrale Stabilisierung nach Dekompression mit einem modifizierten Harrington-Stab-System. Durch einen zusätzlichen Hall-Stab und Dwyer-Schrauben sollte das Konstrukt so stabil sein, dass eine dorsale Instrumentierung überflüssig werden würde [67, 68]. Die Erfolge in Bezug auf die Verbesserung des neurologischen Status und das Erzielen einer suffizienten Spondylodese (96%) waren hervorragend, allerdings stellte Kostuik in einer zweiten Studie einen erheblichen Anteil (16%) an Implantatversagen fest [67]. Erst mit dem Stabsystem des Japaners Kaneda kam ein Instrument auf den Markt, das die Möglichkeit der Reposition durch Distraction, eine ausreichende Stabilität, gute klinische Ergebnisse und eine sichere Handhabung lieferte [57, 58]. All diese Systeme führten zu einer Versteifung von zwei Bewegungssegmenten.

Aus der Erfahrung mit den ersten Implantaten ließen sich neue Ziele für die Entwicklung neuer Instrumente formulieren: Niedriges Profil zur Schonung benachbarter Gefäße, verbesserte Stabilität zur Verhinderung von Implantatversagen und Suche nach neuen Materialien, die diagnostische Verfahren wie die Computer- und Kernspintomographie nicht behindern [49]. Neben Stabsystemen kamen nun Platten auf den Markt, erste biomechanische Studien verglichen die Stabilität von Stab- und Plattensystemen [47, 69], und Titan setzte sich gegenüber Edelstahl als Material immer mehr durch.

Eine der ersten Platten waren die AO DC-Platte (dynamische Kompression) und die Syracuse I-Platte, die 1985 entwickelt wurde. Die I-Platte wird als einfach platzierbare Platte mit niedrigem Profil beschrieben, deren Anwendung jedoch für hoch instabile Frakturen mit Beteiligung der hinteren Säule sowie für osteoporotische Knochen ungeeignet ist [6, 52, 119]. Die

Instrumentierung erfolgt hier ebenfalls über zwei Segmente, als Material wurde weiterhin Edelstahl verwendet.

Ein nicht zu verachtendes Problem bei allen ventralen Stabilisierungsverfahren ist allerdings der Zugang zur Wirbelsäule. Er ist technisch aufwändiger als bei dorsaler Stabilisierung, birgt ein größeres Potential für schwere intraoperative Komplikationen (v. a. vaskulärer Genese), kann in der postoperativen Phase zu erheblichen Schmerzen mit vermehrtem Analgetikabedarf und verlängerter Hospitalisation führen und zieht in einigen Fällen (7-55%) chronische Schmerzen im Bereich des Zugangs nach sich [4, 11, 22, 31, 86]. Zur Vermeidung dieser Probleme wurden endoskopische und minimal-invasive Verfahren entwickelt. Neue Platten sowie Implantate für den Wirbelkörperersatz werden daher nun auch unter dem Aspekt der endoskopischen Anwendbarkeit entwickelt. Autologe Transplantate – v. a. aus dem Beckenkamm – galten lange Zeit als Standard für den Wirbelkörperersatz. Allerdings wurde in einigen Fällen von erheblichen Schmerzen von Seiten der Implantatentnahmestelle berichtet [94]. Zunehmend werden daher synthetische Implantate aus Karbon, Keramik oder Titan verwendet.

Thorakoskopische Verfahren waren in der Diagnostik und Therapie pleuraler Adhäsionen bei Tuberkulose bereits seit 1910 bekannt. Allerdings wurden sie erst in den späten 1970er-Jahren in der Thoraxchirurgie angewandt. Neue Verfahren der video-assistierten thorakoskopischen Chirurgie wurden unter der Abkürzung VATC bzw. VATS in den 90er-Jahren zunehmend bekannt. Als eine der frühesten Beschreibungen des Zugangs zur BWS wird der Bericht von Mack et al. aus dem Jahr 1933 angesehen [23, 71].

Moderne Platten-Systeme bieten bezüglich der ventralen Stabilisierung, wie auch der Anwendung zahlreiche Vorteile. So wird durch die in der vorliegenden Studie verwendete Telefix-Platte (Synthes, Germany) die Stabilität zwischen Knochen und Implantat durch die winkelstabile Verankerung der Schrauben in der Platte erhöht. Die minimal-invasive oder endoskopische Platzierung der Platte ermöglicht die Vermeidung von Komplikationen, die bei offenen Verfahren auftreten können. Zudem werden durch das geringe Profil der Platte bei guter Stabilität Verletzungen von Gefäßen oder Weichteilen minimiert [104].

Es stellt sich nun die Frage, inwieweit die ventrale Rekonstruktion und Stabilisierung der vorderen Säule durch eine moderne winkelstabile Platte unter Vermeidung eines traumatischen Zugangs durch minimal-invasive Technik zu einer Verbesserung des Befindens der Patienten und einem Erhalt der Wirbelsäulenfunktionen beitragen kann.

2 Material und Methoden

2.1 Ziel und Einschlusskriterien

Inhalt der vorliegenden prospektiven Studie ist die Erfassung von klinischen und radiologischen Ergebnissen nach minimal-invasiver ventraler oder dorso-ventraler Versorgung von Verletzungen, Osteolysen oder pathologischen Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule mit einer winkelstabilen ventralen Platte (Telefix, Synthes, Germany).

Ausgeschlossen wurden kindliche Frakturen (Alter bei Aufnahme < 16 Jahre).

2.2 Studiendesign

Im Zeitraum von April 2003 bis Dezember 2006 wurden 63 Patienten mit einer Telefix-Platte operativ versorgt. Das Studienprotokoll sah neben der perioperativen Datenerhebung drei Nachuntersuchungstermine vor.

Die erste Nachuntersuchung fand drei bis sechs Monate postoperativ statt. Etwa neun Monate nach dem Eingriff wurden die Patienten ein weiteres Mal einbestellt, um Daten zu erheben und mit den Patienten die Möglichkeit einer Materialentfernung in Bezug auf den von dorsal eingebrachten Fixateur interne zu besprechen. Die Metallentfernung erfolgte meist zeitnah zur zweiten Nachuntersuchung. Für die Erfassung der Spätergebnisse wurde ein Mindestabstand von 12 Monaten für rein ventral versorgte Wirbelsäulen und ein Mindestabstand von 18 Monaten bzw. 6 Monaten nach Metallentfernung bei kombiniertem Vorgehen festgelegt.

Zu allen drei Nachuntersuchungsterminen wurden Röntgenaufnahmen ausgewertet, das Auftreten von Komplikationen und der VAS-Wirbelsäulenscore dokumentiert, siehe Kapitel 2.5 (Seite 10). Bei der ersten Nachuntersuchung wurde zusätzlich die Dauer des Aufenthaltes in einer Rehabilitationsklinik erfragt. Bei der dritten Nachuntersuchung wurde zusätzlich der Finger-Boden-Abstand vermessen, der neurologische Status erhoben und soziale Aspekte erfragt.

Die Dokumentation der Daten erfolgte anhand von Nachuntersuchungsbögen der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (AG WS) (s. Anhang), die Anwendung in einer multizentrischen Studie [61-63] fanden.

2.3 Daten bei Aufnahme

Zum Zeitpunkt der Aufnahme wurden Daten zu Alter, Geschlecht, Diagnosen, Frakturtyp und neurologischem Status erhoben.

2.3.1 Diagnosen

Die Ursachen für die operative Stabilisierung wurden in fünf Kategorien unterteilt:

- Unfallereignis, frische Verletzung (≤ 3 Wochen) (1)
- Unfallereignis, veraltete Verletzung (> 3 Wochen) (2)
- Tumor oder Metastase (3)
- Infektion (4)
- Postoperative Instabilität oder Fehlstellung (5)

Die meisten Patienten unseres Kollektivs hatten einen Unfall erlitten. Hier wurde zusätzlich die Unfallart in neun Kategorien unterteilt:

- Banaler Sturz
- Sturz aus großer Höhe
- suizidal beabsichtigter Sprung
- Aufprall eines Gegenstandes
- Unfall mit einem Kraftfahrzeug
- Motorradunfall
- Verletzung als Fußgänger
- Verletzung als Fahrradfahrer
- sonstige Gründe

Bei einem Unfall zusätzlich erlittene Verletzungen wurden einzeln dokumentiert sowie in folgende Kategorien unterteilt: Polytrauma, Mehrfach- und Monoverletzungen.

Nicht alle Frakturen wurden zeitnah zum Unfallereignis von ventral stabilisiert, siehe Kapitel 3.2.1, Seite 15. Der zeitliche Abstand zwischen OP-Ursache und Operation wurde in Tagen angegeben.

2.3.2 Klassifikation und Lokalisation

In dieser Studie wurden die Frakturen nach der Klassifikation von Magerl et al. [74] eingeteilt. Anhand konventioneller Röntgen- und CT-Aufnahmen wurden die Frakturen klassifiziert (Typ, Gruppe, Subgruppe und weitere Spezifizierung der Subgruppen) und die Frakturlokalisierung vermerkt.

Zusätzliche Frakturen an der thorakolumbalen Wirbelsäule wurden nach ihrer Anzahl, nicht jedoch nach ihrer Lokalisation oder Klassifikation erfasst.

2.3.3 Neurologischer Status

Die Erfassung des neurologischen Status nach dem Frankel-/ASIA-Score [46, 77] erfolgte vor und nach der Operation, sowie zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung. Erfasst wurden neurologische Ausfälle im Sinne eines kompletten (A) bzw. inkompletten Querschnittes mit erhaltener Sensibilität (B) oder reduzierter Muskelkraft (C, D).

2.4 Operation

Unter Berücksichtigung von Frakturmorphologie, Instabilität der Verletzung, neurologischem Status und Allgemeinzustand des Patienten wurde das therapeutische Vorgehen festgelegt. In dieser Studie können folgende Verfahren unterschieden werden:

- isoliert ventral
- kombiniert dorso-ventral einzeitig
- kombiniert dorso-ventral zweizeitig

Der ventrale Zugang zu den Frakturen erfolgte minimal-invasiv und in Abhängigkeit von der jeweiligen Lokalisation thorakoskopisch (Th9 bis L1) oder über eine Mini-Lumbotomie (L3 bis L4). Wirbelkörper auf Höhe von L2 wurden entweder von thorakal oder von lumbal angegangen. Die Frakturen wurden in Rechtsseitenlage versorgt.

2.4.1 Ventrale Implantate

Zur Rekonstruktion der vorderen Säule wurde als Wirbelkörperersatz in 49 Fällen ein Titan-Cage (Synmesh oder Synex, Synthes, Germany) und in einem Fall ein autologes Knochen-
transplantat (trikortikaler Beckenkammspan) verwendet. Das Implantat Synmesh ist ein nicht
extendierbarer, Synex hingegen ein extendierbarer Cage.



Abb. 1: Synex: expandierbarer Titan-Cage [102]



Abb. 2: Synmesh:
nicht expandierbarer Titan-Cage [103]

Die Stabilisierung des verletzten Segmentes erfolgte mittels einer links lateral eingebrachten, winkelstabilen Platte (Telefix, Synthes, Germany).

Die Telefix-Platte ist ein Doppelstabimplantat aus einer Titanlegierung. Sie wird in Kombination mit einem Knochentransplantat oder einem Wirbelkörperimplantat zur mono-, bi- oder trisegmentalen Stabilisierung von Verletzungen im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule (Th8 bis L5) nach partieller oder vollständiger Korporektomie und Bandscheibenresektion genutzt. Neben der Verwendung für den offenen Zugang ist die Telefix-Platte auch für endoskopisch assistierte oder minimal-invasive Verfahren geeignet [104].

Operationstechnik:

Zunächst wird die spätere Position der dorsalen Schrauben unter Bildwandlerkontrolle bestimmt und mittels Kirschner-Drähten markiert. Eine Telefix-Platte geeigneter Länge wird nun probeweise über die Kirschnerdrähte gesetzt und die Lage der Platte unter Bildwandler kontrolliert. Die Telefix-Platte sollte so auf den Wirbelkörpern liegen, dass die beiden ventralen Schrauben der Platte sicher in den jeweiligen Wirbelkörpern platziert werden könnten. Dann wird die Platte wieder entfernt und die dorsalen Schrauben über die Kirschnerdrähte platziert.

Jetzt kann die partielle oder vollständige Korporektomie, Bandscheibenresektion und Rekonstruktion mittels Span oder Cage erfolgen. Abbildung 3 zeigt den momentanen Stand der Operation mit den zwei dorsalen Schrauben und einem Cage.

Anschließend wird die Telefix-Platte über die bereits platzierten dorsalen Schrauben („screw-first principle“) gesetzt (s. Abbildung 4). Dabei liegen die dorsalen Schrauben in polyaxialen Kugelbacken, so dass hier die Richtung der hinteren Schrauben bis zu 15° variieren kann.

Die winkelstabile Fixierung der dorsalen Schrauben gegenüber der Platte wird durch Verriegelungsschrauben gewährleistet (s. Abbildung 5).

Anschließend werden die selbstverriegelnden ventralen Schrauben eingebracht (s. Abbildung 6). Abschließend erfolgt eine Kompression bzw. Distraction der Platte, bis die gewünschte Position erreicht ist (s. Abbildung 7).



Abb. 3: Telefix, dorsale Schrauben; Synthes, Operativstechnik [104]



Abb. 4: Telefix, Platzierung der Platte auf den dorsalen Schrauben



Abb. 5: Telefix, Einbringen der Verriegelungsschrauben



Abb. 6: Telefix, ventrale Schrauben



Abb. 7: Telefix, Kompression der Platte



Abb. 8: Telefix, montierte Platte mit Synex-Cage

2.4.2 Dorsale Stabilisierung

Wenn es die Frakturmorphologie (v. a. Typ B- und Typ C-Frakturen nach Magerl) oder die Situation (z. B. primäre Stabilisierung bei Polytraumen) erforderten, wurde zunächst eine Stabilisierung von dorsal bzw. von vornherein ein kombiniertes Vorgehen festgelegt.

Als Implantat wurde in dieser Studie ein transpedikulär verankerter, winkelstabiler Fixateur interne verwendet. Falls nötig (Stabilität in Bezug auf Rotation) wurde ein zusätzlicher Querstabilisator eingebracht. Dies war bei fünf Frakturen der Fall: Je eine A3.2.2-, C1.3.1-, C1.3.2-, C1.3.3- und eine C2.1.6-Fraktur.

2.4.3 OP-Dokumentation

Aufgrund eigener Dokumentation und Datenerhebung anhand des Dokumentationsbogens der AG WS [63] (s. Anhang) können folgende Angaben zur Operation gemacht werden: Verwendung eines Knochenspans, zusätzliche Stabilisierung mittels Fixateur interne, Zugang für

ventrales Verfahren, Art des ventralen Implantats, Instrumentierung ventral (Anzahl der überbrückten Segmente), Art der Dekompression, Spongiosa-Anlagerung sowie Operations- und Durchleuchtungszeit. Intra- und postoperativ auftretende Komplikationen und eine gegebenenfalls daraus resultierende Revision und die Dauer des stationären Aufenthaltes wurden ebenfalls berücksichtigt.

2.5 Nachuntersuchung

2.5.1 Röntgen-Messdaten

Die Auswertung der Röntgendaten erfolgte mit einem digitalen System (PACS).

Zu den Nachuntersuchungsterminen wurden konventionelle Röntgen-Bilder in zwei Ebenen im Stehen angefertigt. Dabei sollte der Zentralstrahl durch den versorgten Wirbelkörper gehen. Im Falle der geplanten Implantatentfernung und zur Beurteilung der Spondylodese wurde eine zusätzliche CT-Diagnostik durchgeführt (zweite und/oder dritte Nachuntersuchung). Der Grad der knöchernen Durchbauung wurde in drei Stufen eingeteilt:

- 0 („nicht durchbaut“): Keine Zeichen für eine knöchernen Durchbauung.
- 1 („durchbaut“): Durchgehende knöchernen Durchbauung.
- 2 („unklar“): Zeichen für knöchernen Durchbauung, jedoch nicht vollständig durchbaut.

Bei den Nachuntersuchungen sowie prä- als auch postoperativ wurden vier Messwerte erhoben:

- Grund-Deckplatten-Winkel bisegmental („GDW2“, Winkel β): Winkel zwischen Grundplatte des kaudal und Deckplatte des kranial gelegenen Wirbelkörpers bezogen auf den verletzten Wirbelkörper in seitlicher Projektion, siehe Abb. 10.
- Grund-Deckplatten-Winkel monosegmental („GDW1“, Winkel α ; nur bei monosegmental versorgten Wirbelkörperdefekten): Winkel zwischen Grundplatte des frakturierten Wirbelkörpers und Deckplatte des kranial davon liegenden Wirbelkörpers in seitlicher Projektion, siehe Abb. 9.
- Skoliosewinkel (SW): Winkel zwischen
 - Grundplatte des frakturierten (bei monosegmental versorgten Frakturen) bzw. des kaudal davon liegenden Wirbelkörpers (bei bisegmental versorgten Frakturen) und
 - Deckplatte des kranial davon liegenden Wirbelkörpers in anterior-posteriorer (ap) Projektion, siehe Abb. 11.

- Seitverschiebung: Verhältnis zwischen Länge des versetzten Wirbelkörperabschnittes zur Breite des gesamten Wirbelkörpers in ap-Projektion, Angabe in Prozent, siehe Abbildung 12.

Anhand der Röntgen-Aufnahmen in ap-Projektion wurden SW und Seitverschiebung, in seitlicher Projektion hingegen die GDWs als Maß der Kyphosierung vermessen.

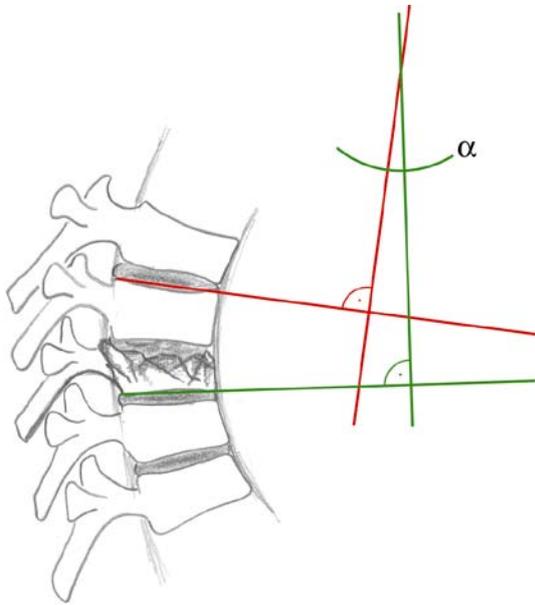


Abb. 9: GDW1, monosegmental Winkel zwischen Grundplatte des frakturierten Wirbelkörpers und Deckplatte des kranial davon liegenden Wirbelkörpers

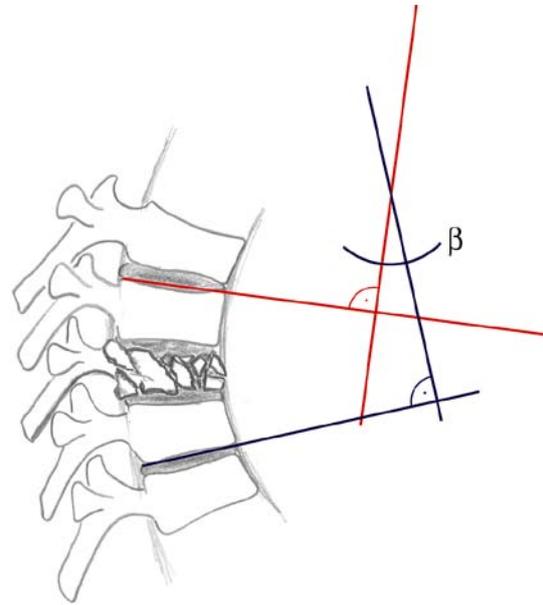


Abb. 10: GDW2, bisegmental Winkel zwischen Grundplatte des kaudal und Deckplatte des kranial gelegenen Wirbelkörpers bezogen auf den verletzten Wirbelkörper

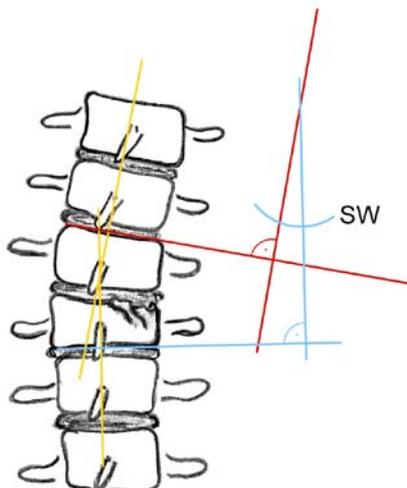


Abb. 11: Skoliosewinkel (SW) für monosegmental versorgte Frakturen: Winkel wie GDW1 in ap-Projektion

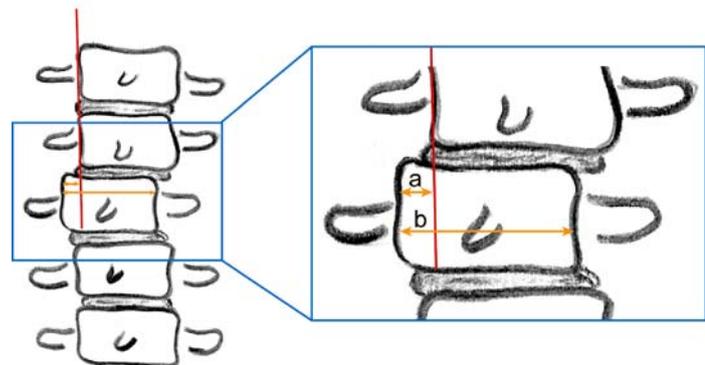


Abb. 12: Seitverschiebung: Verhältnis zwischen Länge a zu Länge b

2.5.2 Patientendaten

Zur Erfassung des subjektiven Befindens der Patienten nach der Operation sowie zu allen Nachuntersuchungen verwendeten wir den VAS-Wirbelsäulenscore nach Knop et al. [65] bzw. die in der Multicenterstudie [61] modifizierte Form mit 19 Fragen zur subjektiven Einschätzung des Ausmaßes körperlicher Beschwerden und der Einschränkungen im Alltag und in der Freizeit, die sich auf die Verletzung der Wirbelsäule zurückführen lassen (s. Anhang).

VAS (visuelle Analogskala):

Der Patient markiert hierbei zu jeder Frage einen Punkt auf der darunter aufgetragenen 100 mm langen, nicht bezifferten Linie, deren Endpunkte eine extrem positive bzw. eine extrem negative Aussagemöglichkeit repräsentieren. Dadurch ergibt sich für die jeweilige Frage ein Wert zwischen 0 (extrem negativ) und 100 (extrem positiv).

Der Wert des VAS-Wirbelsäulenscores ist der Mittelwert der Einzelwerte der bearbeiteten Fragen.

Bsp.: Wie stark sind Ihre Schmerzen in Ruhe?



Abb. 13: Ein Beispiel für das Prinzip der visuellen Analogskala (VAS).

Mit Hilfe des Nachuntersuchungsbogens (s. Anhang) wurden Daten zu verändertem Freizeitverhalten, Rückenfunktion, Beschwerden im Bereich der Operationsnarben und der beruflichen Reintegration erfasst. Ebenso wurden hier von den Patienten die Dauer des Aufenthalts in einer Rehabilitationsklinik in Wochen sowie die Dauer der Arbeitsunfähigkeit und der Physiotherapie in Monaten erfragt.

2.5.3 Komplikationen im Verlauf

Komplikationen, die bis zur dritten Nachuntersuchung auftraten, wurden erfasst und in folgende Kategorien eingeteilt:

- nicht revisionsbedürftige Schraubenfehllage (1)
- Dislokation des ventralen Implantates (2)
- Schraubenlockerung (3)
- Schraubenbruch (4)
- Implantatversagen/-lockerung (5)
- sonstige Komplikationen (6)

Revisionen aufgrund von Komplikationen, die unmittelbar mit der ventralen Operation oder den ventral eingebrachten Implantaten in Zusammenhang gebracht werden konnten, wurden nach ihrer Anzahl dokumentiert.

2.6 Auswertung der Daten

Alle Daten wurden in eine Excel-Tabelle (Microsoft Office) übertragen. Die statistische Auswertung und Grafiken wurden mit dem Programm Statistica gemacht.

Mittelwert, Standardabweichung sowie Minima und Maxima wurden für alle relevanten Werte berechnet.

Signifikanzberechnungen wurden nach Prüfung der Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test ($p > 0,1$) mit dem T-Test bzw. Wilcoxon-Test und dem Logit-Modell durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde hier auf $p < 0,05$ festgelegt.

Zusammenhänge zweier Messgrößen wurden mit dem Korrelationskoeffizienten nach Spearman berechnet.

3 Ergebnisse

3.1 Patientendaten

Insgesamt wurden 63 Patienten behandelt, davon konnten 49 Patienten (77,8%) bis zur dritten Nachuntersuchung entsprechend dem Studienprotokoll verfolgt werden.

- Drei Patienten verstarben innerhalb des Nachuntersuchungszeitraumes. In diesen Fällen konnten nur perioperativ Daten erhoben werden. Die Todesursache war unabhängig von der Wirbelsäulenverletzung bzw. dem damit verbundenen operativen Eingriff.
- Neun Patienten verzichteten aufgrund von Umzug oder anderen privaten Gründen auf eine weitere Nachuntersuchung. Auch die Datenerhebung auf dem Postweg (VAS), per Telefon (Nachuntersuchungsbogen) und Anforderung von Röntgenbildern von anderen Kliniken war in diesen Fällen nicht möglich.
- Aufgrund einer zunehmenden Kyphosierung und erheblichen Beschwerden im Bereich der Fraktur zum Zeitpunkt der ersten Nachuntersuchung wurde bei zwei Patienten zu einer Korrekturoperation geraten. Diese Operation wurde in beiden Fällen in einer auswärtigen Klinik durchgeführt.

Die epidemiologischen und die perioperativ erfassten Daten wurden von allen 63 Patienten ausgewertet.

Das Durchschnittsalter unseres Kollektivs betrug zum Zeitpunkt der Operation 41,1 Jahre. Der jüngste Patient war 17 Jahre, der älteste 69 Jahre alt. Die Mittelwerte für die Gruppe der Tumor-Patienten und für die Gruppe derjenigen, die aufgrund eines Unfallgeschehens operiert wurden, unterscheiden sich deutlich (46,2 und 39,9 Jahre).

Das Kollektiv besteht aus 36 Männern (57,1%) und 27 Frauen (42,9%). Der Anteil an Männern ist in der Gruppe der Patienten, die zusätzliche Verletzungen bei ihrem Unfall erlitten hatten, 70% und damit höher als im Gesamtkollektiv.

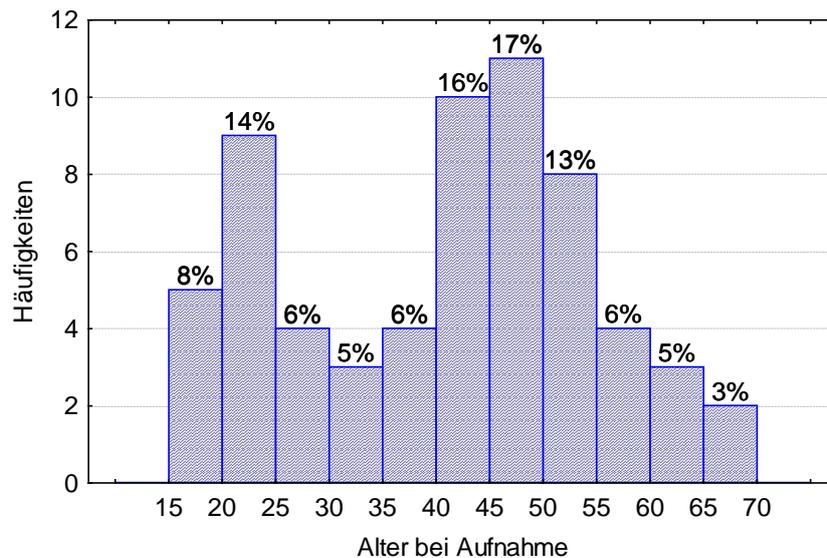


Abb. 14: Verteilung des Alters der Patienten zum Zeitpunkt der Aufnahme.

3.2 Daten bei Aufnahme

3.2.1 Indikation zur Operation – Alter und Versorgungszeitpunkt der Wirbelkörperverletzungen

In der Mehrzahl der Fälle (85,7%) handelt es sich bei unserem Kollektiv um Verletzungen der Wirbelsäule, die innerhalb der ersten drei Wochen („frische Verletzung“, siehe Abb. 15) nach dem Unfallereignis operativ von ventral stabilisiert wurden.

Vier Frakturen (6,3%; Diagnose „2“ und „5“) wurden mit einer zeitlichen Verzögerung von über drei Wochen versorgt. Zwei dieser Patienten wurden primär konservativ behandelt. Im Verlauf gaben diese Patienten zunehmend Schmerzen von Seiten der Fraktur an und es zeigte sich eine progrediente Höhenminderung mit Zunahme der kyphotischen Deformierung in den Röntgen-Verlaufskontrollen. In einem Fall stellte sich der Patient erst zwei Monate nach einem Sturz zur Abklärung persistierender Rückenschmerzen vor. Der vierte Patient wurde primär isoliert dorsal operiert, was im Verlauf jedoch zu einer zunehmenden Kyphosierung geführt hat.

Fünf Patienten (7,9%) wurden aufgrund einer tumorbedingten Läsion operiert.

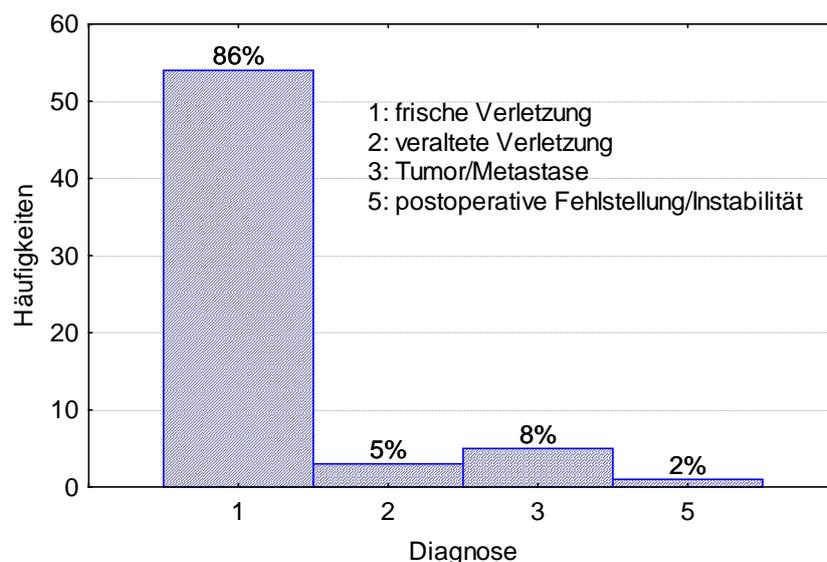


Abb. 15: Verteilung der Art der Verletzung („Diagnose“) (N = 63).

Der durchschnittliche zeitliche Abstand zwischen Unfall und operativer Versorgung betrug 10,4 Tage, siehe Tabelle 1. Betrachtet man allerdings die Zeiten für „frische“ und „veraltete“ Frakturen getrennt, erkennt man, dass frische Frakturen im Mittel nach 3,2 Tagen und spätestens nach 14 Tagen versorgt wurden, die zeitliche Spanne der „veralteten“ Frakturen hingegen von 32 bis zu 250 Tagen reicht.

Für eine zeitliche Verzögerung (> 4 Tage) zwischen Aufnahme des Patienten und operativer Versorgung der Wirbelsäulenverletzung waren in zwei Fällen eine vital bedrohliche Begleitverletzung und in zwei Fällen ein zunächst konservativer Therapieversuch verantwortlich. Abgesehen von den beiden Fällen, bei denen eine frühe operative Stabilisierung nicht möglich war, wurden Patienten mit einem neurologischen Defizit deutlich früher als das Gesamtkollektiv versorgt (Mittelwert: 1,13 Tage).

	Gültige Fälle	Mittelwert	Min.	Max.	Standardabw.
Differenz Unfall/OP in Tagen	58	10,40	0,00	250,00	34,88
„frische Verletzung“ ≤ 3 Wochen	54	3,24	0,00	14,00	3,20
„veraltete Verletzung“ > 3 Wochen	4	107,00	32,00	250,00	97,85

Tabelle 1: Zeitliche Differenz zwischen Unfalltag und Operation in Tagen. Aufteilung in „frische“ und „veraltete“ Verletzungen.

In sieben Fällen wurde eine, in einem Fall wurden zwei, in einem Fall drei und in einem weiteren Fall vier zusätzliche Wirbelkörperfrakturen dokumentiert. Somit traten insgesamt bei 11 Patienten (17,5%) zusätzliche Wirbelkörperfrakturen auf.

3.2.2 Unfallursachen und Begleitverletzungen

In 58 Fällen (92,1%) war ein Unfallereignis Ursache für die Zerstörung eines oder mehrerer Wirbelkörper. Besonders häufig waren hier Stürze aus großer Höhe (50,0%), Verkehrsunfälle mit dem Auto (25,6%) und banale Stürze (10,3%), (s. Abb. 16). Andere Ursachen wie suizidal beabsichtigter Sprung, Verletzung durch einen Gegenstand, Motorradunfall und Unfall als Fußgänger oder mit dem Fahrrad waren hingegen relativ selten (je < 10%). Unter „Sonstiges“ wurden ein Reitunfall und ein Schlittenunfall erfasst.

Betrachtet man die drei häufigsten Unfallursachen in Bezug auf die dadurch verursachten Wirbelkörperverletzungen, erkennt man, dass bei der Gruppe der Kfz-Unfälle der Anteil der Typ B- und Typ C-Frakturen am höchsten ist (46,7% im Gegensatz zu 27,6% und 16,6% bei „Sturz aus der Höhe“ bzw. „banaler Sturz“). Insgesamt wurden allerdings Typ B- und Typ C-Frakturen zu gleichen Teilen durch Kfz-Unfälle und durch Stürze aus der Höhe verursacht (Typ B v. a. durch Stürze, Typ C v. a. durch Kfz-Unfälle).

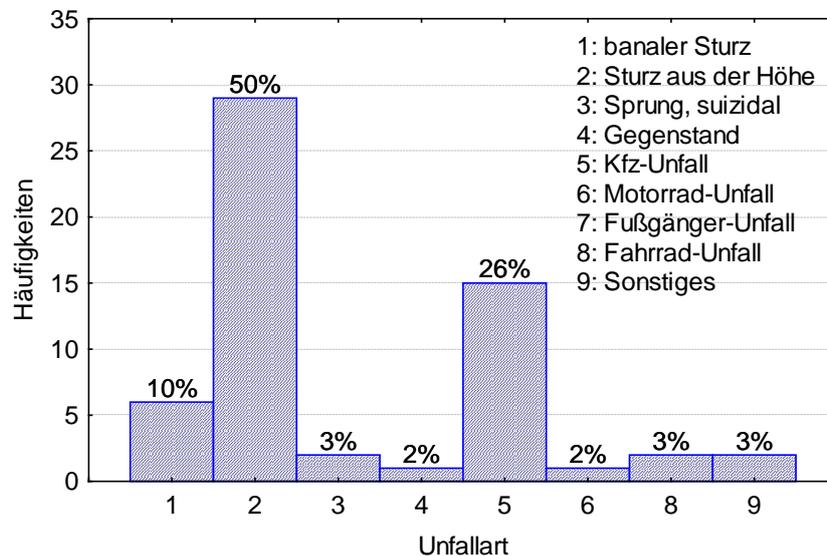


Abb. 16: Verteilung der Unfallarten

Begleitverletzungen, die nicht die Wirbelsäule betrafen, traten bei insgesamt 12 Patienten (19%) auf. Dabei handelte es sich in fünf Fällen (7,9%) um polytraumatisierte, in sechs Fällen um mehrfach verletzte Patienten und in einem Fall trat lediglich eine zusätzliche Verletzung auf. Besonders häufig waren hierbei Schädel (sechsmal), Thorax und die untere Extremität (je

fünfmal) betroffen. Verletzungen des Beckens, Abdomens und der oberen Extremität traten ebenfalls auf.

Alle Patienten mit Thoraxtrauma hatten mindestens eine Wirbelkörperverletzung im Bereich der BWS oder des thorakolumbalen Übergangs; bei Patienten mit Verletzungen der unteren Extremität lagen die Wirbelkörperfrakturen hingegen zwischen LWK1 und LWK4.

Der Anteil der Typ C-Frakturen lag bei den Patienten mit Begleitverletzungen mit 41,7% deutlich über dem des Gesamtkollektivs (15,5%). Im Rahmen von Polytraumen traten in 60%, bei Mono- und Mehrfachverletzungen in 28,6% der Fälle Typ C-Frakturen auf.

3.2.3 Klassifikation und Lokalisation

In unserem Kollektiv sind Frakturen aller drei Typen vertreten (s. Tabelle 2). Am häufigsten kommen hier Typ A-Frakturen (69,0%) vor, deren Hauptvertreter wiederum die A3.2.1-Fraktur ist (29,3% aller Verletzungen; siehe Abb. 17 und Abb. 18).

Typen	Gruppen	Subgruppen mit Spezifikation
A (40)	A1 (2)	A1.2.1 (2)
	A2 (1)	A2.3 (1)
	A3 (37)	A3.1.1 (12); A3.1.3 (1); A3.2.1 (17); A3.2.2 (1); A3.3.1 (2); A3.3.3 (4)
B (9)	B1 (4)	B1.1 (1); B1.2.1 (3)
	B2 (5)	B2.3.1 (1); B2.3.2 (4)
C (9)	C1 (4)	C1.3.1 (1); C1.3.2 (1); C1.3.3 (2)
	C2 (4)	C2.1.6 (1); C2.2.3 (3)
	C3 (1)	C3.1 (1)

Tabelle 2: Frakturgruppen unseres Kollektivs; in Klammern Angabe der Anzahl (n)

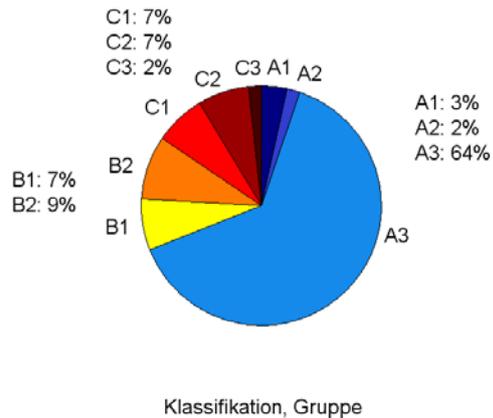


Abb. 17: Klassifikation
Aufteilung nach Gruppen

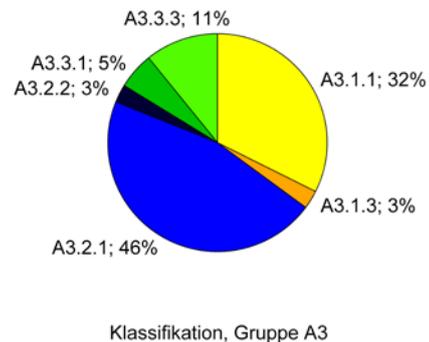


Abb. 18: Klassifikation 2
Unterteilung der Gruppe A3

Deutlich erkennt man bei der Verteilung der Verletzungen eine Häufung im Bereich des thorakolumbalen Überganges (BWK 11 bis LWK 2; 82,5%) und insbesondere auf Höhe von BWK 12 (33,3%) und LWK1 (33,3%). Abbildung 19 illustriert die Verteilung nach anatomischen Gesichtspunkten von kranial nach kaudal. Insgesamt wurden Frakturen von Th 9 bis L 4 versorgt.

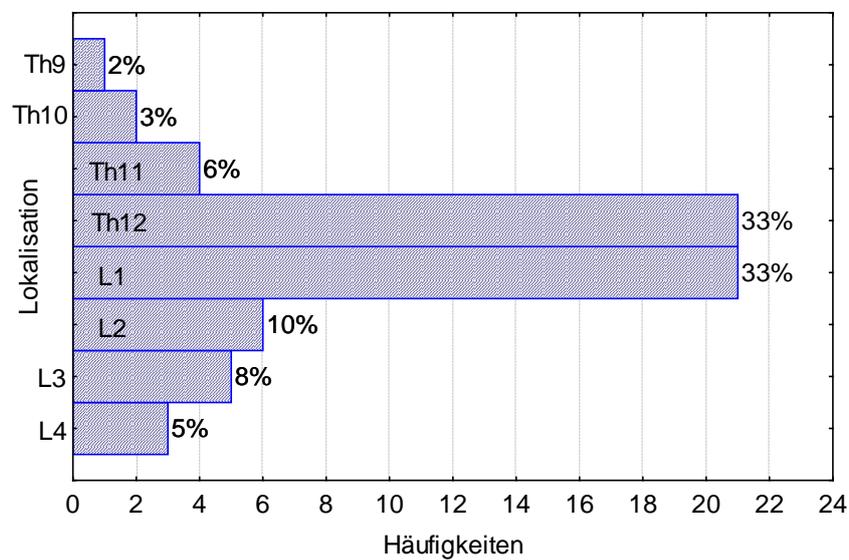


Abb. 19: Verteilung der Lokalisation der Frakturen von kranial nach kaudal.

3.2.4 Neurologischer Status

Bei Aufnahme hatten 53 Patienten (84,1%) keinerlei neurologische Ausfälle. Bei den verbleibenden 10 Patienten (15,9%) wurde der neurologische Status nach dem Frankel-/ASIA-Score

3 Ergebnisse

in drei Fällen mit A, in zwei Fällen mit B und in fünf Fällen mit D klassifiziert. Die zugrunde liegenden Verletzungen waren im Falle der kompletten Querschnitte (A) eine C1.3.3-, eine C2.2.3- und eine C3.1-Fraktur und im Falle der inkompletten Querschnitte (B und D) vier A3-Frakturen, eine B2.3.1-, eine C1.3.3- und eine C2.1.6-Fraktur. Bei den fünf polytraumatisierten Patienten war der Anteil an neurologischen Begleitverletzungen mit 40% (zweimal kompletter Querschnitt) deutlich höher als beim Gesamtkollektiv.

Zum Zeitpunkt der Entlassung aus der stationären Behandlung hatten sich sechs von 10 Patienten (60%) in Bezug auf ihre neurologischen Ausfälle gebessert (einmal von A nach C, einmal von B nach D und viermal von D nach E, siehe Tabelle 3), so dass bei Entlassung 57 Patienten (90,5%) kein neurologisches Defizit („E“) hatten. Die Besserungsrate bei komplettem Querschnitt betrug 33,3%, bei inkomplettem Querschnitt 71,4%.

Alle Patienten mit einem posttraumatischen ASIA-Score von „A“ (kompletter Querschnitt) hatten eine Typ C-Fraktur. Der Anteil der Patienten mit einem neurologischen Defizit war bei Typ C-Frakturen mit 55,6% deutlich höher als bei Typ A-Verletzungen (10%).

In keinem Fall trat im Verlauf eine Verschlechterung des neurologischen Status auf.

	Aufnahme Anzahl	Entlassung Anzahl
A	3	2
B	2	1
C	–	1
D	5	2
E	53	57

Tabelle 3: Neurologischer Status nach dem Frankel-/ASIA-Score bei Aufnahme und bei Entlassung

Alle Patienten (100%), die sich in Bezug auf ihren neurologischen Status verbessern konnten, hatten eine Fraktur im Bereich der LWS, wobei nur bei einem Fall mit einer LWK 1-Fraktur der neurologische Status postoperativ unverändert als Frankel „D“ klassifiziert wurde (14,7% aller LWS-Verletzungen mit neurologischem Defizit). Dementsprechend zeigte keine (0%) der vier Frakturen im Bereich der BWS eine Erholung der neurologischen Funktion.

Die Art der Fraktur hatte ebenfalls Einfluss auf die Chance einer neurologischen Regeneration: Während sich 75% aller A3-Frakturen um mindestens eine Stufe verbessern konnten, war dies nur in 40% aller C-Frakturen der Fall.

Ein günstiger Einfluss einer raschen operativen Stabilisierung (< 24 Stunden) konnte nicht beobachtet werden (Verbesserung der Neurologie bei operativer Stabilisierung innerhalb von 24 Stunden bei 1/3 der inkompletten und 0/1 der kompletten Querschnitte gegenüber 4/4 der

inkompletten und 1/2 der kompletten Querschnitte bei operativer Stabilisierung nach 24 Stunden).

3.3 Daten zur Operation

3.3.1 Art der Behandlung

Bei unserem Kollektiv können drei Arten der Behandlung unterschieden werden: Isoliert ventral („2“), kombiniert dorso-ventral einzeitig („3“) und kombiniert dorso-ventral zweizeitig („4“). Die meisten Patienten unseres Kollektivs wurden kombiniert zweizeitig behandelt (42 Patienten, 66,7%), bei knapp einem Drittel der Patienten (19 Patienten, 30,2%) konnte auf eine dorsale Stabilisierung mittels Fixateur interne verzichtet werden und in zwei Fällen (3,2%) wurde die Wirbelsäule während einer Operation sowohl von dorsal als auch von ventral stabilisiert, siehe Abbildung 20.

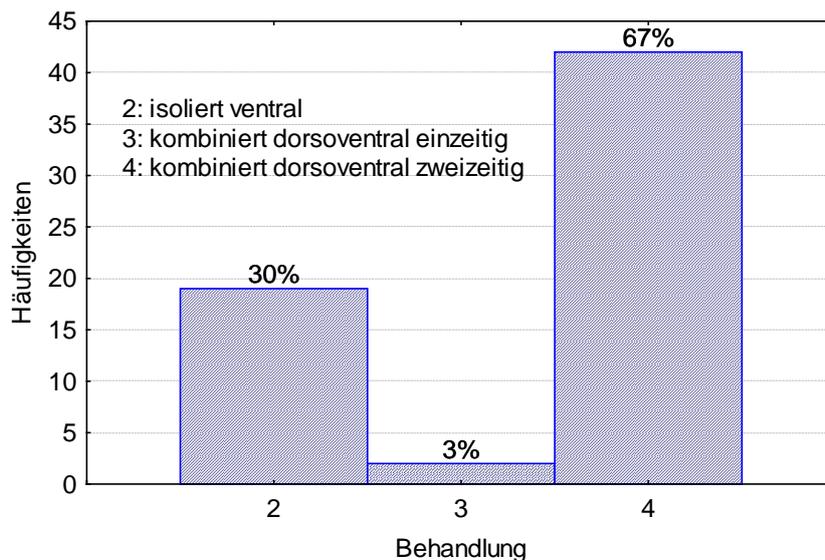


Abb. 20: Häufigkeiten der unterschiedlichen Behandlungsarten.

Das zweizeitig kombinierte Vorgehen wurde unabhängig von den Fraktur-Typen am häufigsten gewählt. Allerdings kann man beobachten, dass Typ C-Frakturen ausschließlich, Typ B-Frakturen zu 77,8% (7 Frakturen) und Typ A-Frakturen lediglich in 65,0% der Fälle (26 Frakturen) zweizeitig dorso-ventral behandelt wurden, siehe Abbildung 21.

Bei einem Drittel (13 Frakturen, 32,5%) der Typ A-Frakturen entschieden sich die Operateure für ein rein ventrales Vorgehen. Die hier behandelten Frakturen gehören meist zu der Gruppe der A3-Frakturen, nur eine A2.3-Fraktur und eine A1.2.1-Fraktur wurden ebenfalls isoliert

3 Ergebnisse

ventral versorgt. Die einzige Typ B-Fraktur, die isoliert ventral behandelt wurde, war eine B2.3.2-Fraktur. Die tumorbedingten Wirbelkörperläsionen (fünf Fälle) wurden ebenfalls isoliert ventral versorgt.

Das einzeitig kombinierte Vorgehen war bei unserem Kollektiv auf eine Typ A- und eine Typ B-Fraktur begrenzt. Bei diesen zwei Patienten handelt es sich um junge Menschen (Alter bei Aufnahme 27 und 31 Jahre) ohne Begleitverletzungen.

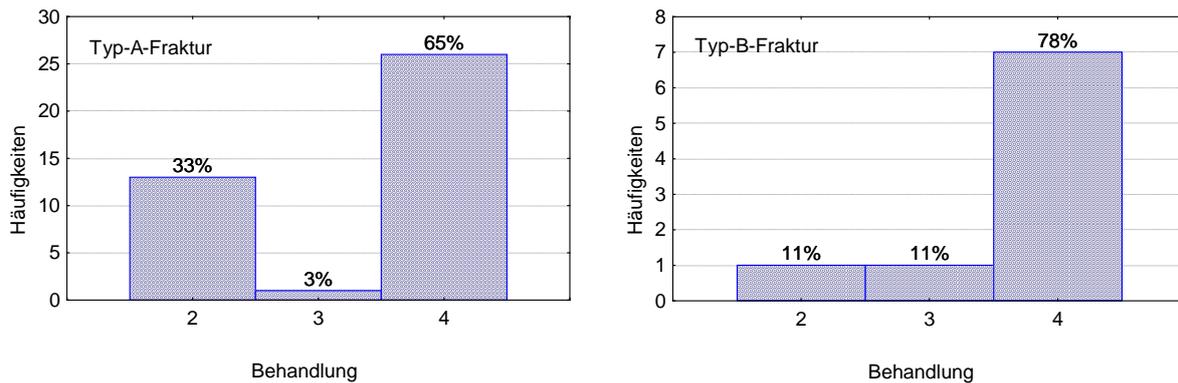


Abb. 21: Behandlungsarten;
Einteilung in die Typen (A, B) der hier verwendeten Fraktur-Klassifikation.
Behandlung:
2: isoliert ventral
3: kombiniert, einzeitig
4: kombiniert, zweizeitig

3.3.2 Ventrale Rekonstruktion

Für die ventrale Rekonstruktion wurde in 61 Fällen (96,8%) ein Titan-Cage und in zwei Fällen (3,2%) ein trikortikaler Span aus dem hinteren Beckenkamm verwendet. Abbildung 22 illustriert die Häufigkeitsverteilung der verwendeten Materialien: Beckenkammspan sowie Synmesh-, Synex- und Deltalift-Cage.

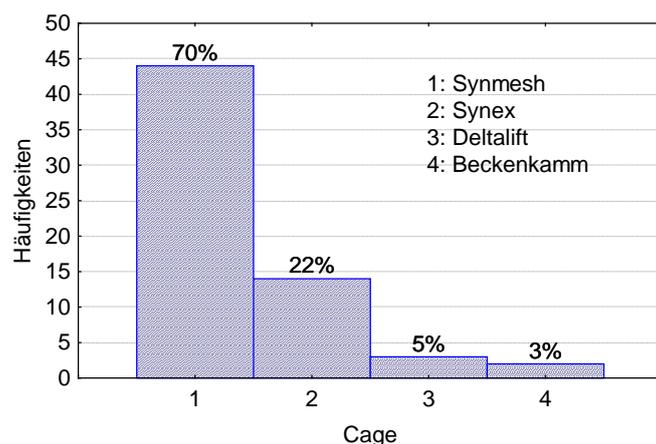


Abb. 22: Häufigkeiten der verwendeten Cages bzw. des Beckenkamms für die ventrale Rekonstruktion.

Zusätzlich zu Cage und Platte wurden die Defekte mit verschiedenen Knochenersatzmaterialien überbrückt [95]. Angaben hierzu sind in 42 Fällen (66,7%) möglich. In der Mehrzahl der Fälle (21 Frakturen, 33,3%) wurde Ostim, ein vollsynthetisches Hydroxylapatit verwendet. Auch Spongiosa wurde hierfür häufig (16 Frakturen, 25,4%) verwendet und in zwei Fällen mit PRP (platelet rich plasma) angereichert. Als Knochenaufbaumaterial wurde weiterhin in zwei Fällen Cerasorb (beta-Tricalciumphosphat) und in einem Fall Calcibon (synthetisches Material auf der Basis von Kalziumphosphat) verwendet, siehe Abbildung 23.

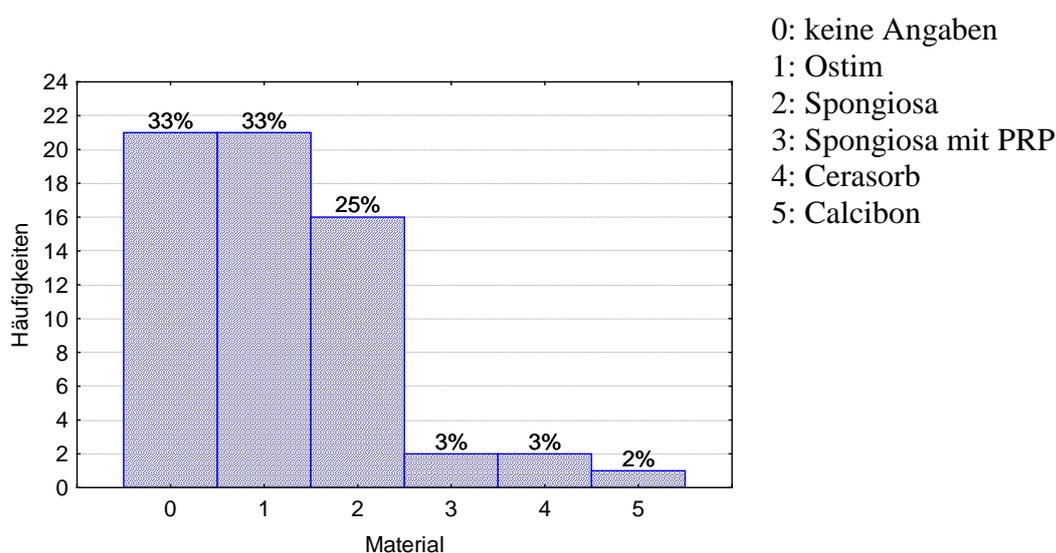


Abb. 23: Häufigkeiten der verwendeten Knochenersatzmaterialien.

Je nach Frakturmorphologie führte die ventrale Überbrückung zu einer Versteifung von einem bzw. zwei Bewegungssegmenten („Instrumentierung“, vgl. mono- bzw. bisegmentale Versor-

gung). In 44 Fällen (69,8%) erfolgte eine monosegmentale und in 19 Fällen (30,2%) eine bisegmentale Überbrückung des Defektes.

3.3.3 Zusätzliche Maßnahmen

Bei 44 Fällen (69,8%) war eine zusätzliche Stabilisierung mittels Fixateur interne nötig, wobei 36 Patienten ohne und acht Patienten mit Querstabilisator versorgt wurden. Bei einem Patienten wurden vorübergehend intraoperativ vier Schanz-Schrauben von dorsal eingebracht und nach Stabilisierung mittels Cage und winkelstabiler Platte wieder entfernt. Dieses Verfahren wurde als rein ventrale Behandlung dokumentiert.

In neun Fällen wurde ein Span aus dem hinteren Beckenkamm entnommen und zur Überbrückung des Defektes bzw. Anlagerung an den Cage genutzt. Spongiosa wurde in zwei Fällen intravertebral, in acht Fällen intervertebral und in weiteren sieben Fällen dorsal angelagert.

Eine Dekompression fand elfmal von dorsal und zweimal von ventral statt.

3.3.4 Dauer der Operation

Die ventrale Intervention wurde durch vier erfahrene Operateure durchgeführt.

Tabelle 4 zeigt die statistischen Maßzahlen für die Dauer der ventralen Intervention und der Gesamtzeit aus dorsaler und ventraler Stabilisierung in Minuten sowie die dazugehörigen Zeiten für die Durchleuchtung in Sekunden. Für das ventrale Vorgehen ergibt sich ein Mittelwert von 146 Minuten (2h 26min) mit einem Minimum von 72 (1h 12min) und einem Maximum von 336 Minuten (5h 36min). Der Mittelwert für die Durchleuchtungszeit für die ventrale Intervention betrug 155 Sekunden (2min 35sec), mit einem Minimum von 19 und einem Maximum von 396 (6min 36sec) Sekunden.

Bei den 11 Wirbelkörperverletzungen, die über eine Lumbotomie erreicht wurden, dauerte die ventrale Operation im Mittel 202,3 Minuten (Extremwerte 88 und 336 Minuten). Bei den restlichen 52 Verletzungen, die thorakoskopisch versorgt wurden, lag der Mittelwert der Dauer der ventralen Operation hingegen bei 134,7 Minuten (Minimum 72 und Maximum 241 Minuten).

	Gültige Fälle	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
OP-Zeit ventrale Intervention in Minuten	63	146,46	72,00	336,00	53,31
OP-Zeit gesamt in Minuten	63	210,21	94,00	523,00	80,80
Rö-Zeit ventrale Intervention in Sekunden	62	155,39	19,00	396,00	89,16
Rö-Zeit gesamt in Sekunden	62	262,55	40,00	681,00	149,72

Tabelle 4: Operationszeit und Durchleuchtungszeit jeweils für das ventrale Vorgehen und für die dorsale und ventrale Intervention zusammengefasst.

3.3.5 Stationärer Aufenthalt

Im Durchschnitt betrug die Dauer des stationären Aufenthalts 18,24 Tage. Ein Patient konnte bereits nach sechs Tagen (Minimum) entlassen werden. Vier Patienten mit Begleitverletzungen hatten eine deutlich längere Aufenthaltsdauer mit 29, 35, 51 und 83 Tagen (Maximum). Die Standardabweichung betrug 10,75 Tage.

Folgende Grafik zeigt die Verteilung der Dauer des stationären Aufenthalts.

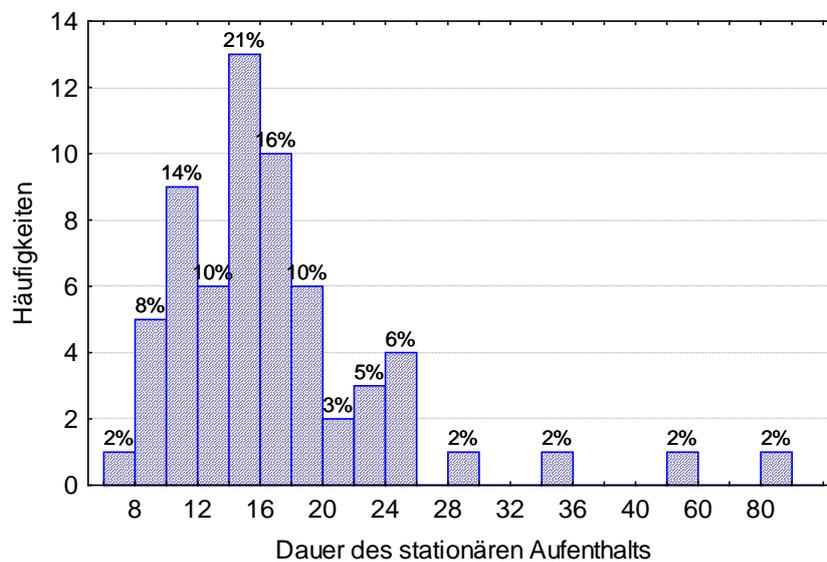


Abb. 24: Häufigkeitsverteilung der Dauer des stationären Aufenthalts in Tagen.

Vergleicht man die Gruppe der Patienten ohne und mit Begleitverletzungen, erkennt man deutliche Unterschiede (Mittelwert 15,64 bzw. 32,00 Tage). Der Einfluss von Begleitverletzungen auf die Dauer des stationären Aufenthalts kann mit dem Mann-Whitney U-Test bewiesen werden ($p = 0,0006$ bei einem Annahmehereich von $p < 0,05$).

3.4 Ergebnisse der dritten Nachuntersuchung

Die Gruppe der Patienten, die bis zur dritten Nachuntersuchung verfolgt werden konnten, unterschied sich bezüglich Alter (Mittelwert 39,9 Jahre), Geschlechterverteilung (31 Männer, 18 Frauen), Frakturlokalisation (88% thorakolumbaler Übergang) und neurologischem Status bei Aufnahme (84% Frankel E) und Entlassung (90% Frankel E) kaum von dem Gesamtkollektiv. Allerdings war der Anteil der Tumorpatienten mit 2% gegenüber 8% im Gesamtkollektiv geringer und auch der Anteil an Typ C-Frakturen lag mit 10% etwas unter dem des Gesamtkollektivs (14%).

3.4.1 Nachuntersuchungszeitraum

Der Mindestabstand zwischen Operation und dritter Nachuntersuchung war für die rein ventrale Rekonstruktion bei 12 Monaten festgelegt worden. In dieser Gruppe betrug der mittlere Abstand zur Operation 19,6 Monate mit einem Minimum von 12 und einem Maximum von 45 Monaten.

Für das dorso-ventrale Verfahren sollte ein Abstand von 18 Monaten bzw. 6 Monate nach Metallentfernung eingehalten werden. In zwei Fällen erfolgte die Nachuntersuchung allerdings bereits fünf Monate nach Metallentfernung. In dieser Gruppe betrug der mittlere Abstand zur Operation 19,9 Monate mit einem Minimum von 13 und einem Maximum von 35 Monaten.

Insgesamt ergab sich für unser Kollektiv ein Mittelwert von 20 Monaten zwischen Operation und dritter Nachuntersuchung.

	Gültige Fälle	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
Zeit postoperativ Nu3	49	19,80	12,00	45,00	7,33
Behandlung „3“ oder „4“	37	19,86	13,00	35,00	5,97
Behandlung „2“	12	19,58	12,00	45,00	10,84

Tabelle 5: Zeitlicher Abstand zwischen Operation und dritter Nachuntersuchung in Monaten.

3.4.2 Grund-Deckplatten-Winkel (GDW) der Nachuntersuchung

Die GDWs wurden zur Erfassung der Höhenminderung und der damit zunehmenden kyphotischen Deformierung des betroffenen Segmentes gemessen. Mit der bisegmentalen Messung (GDW2, siehe Abb. 10, Seite 11) werden Veränderungen im Bereich des beschädigten

3 Ergebnisse

Wirbelkörpers und beider angrenzender Bewegungssegmente erfasst. Die monosegmentale Messung (GDW1, siehe Abb. 9, Seite 11) hingegen berücksichtigt lediglich das Segment zwischen Fraktur und dem kranial davon liegenden Wirbelkörper. Die monosegmentale Messung wurde nur bei monosegmental versorgten Frakturen (37 Patienten, 75,5%) durchgeführt.

Die Mittelwerte von GDW2 ($-12,33^\circ$) und GDW1 ($-14,00^\circ$) aller Patienten unterscheiden sich nicht sehr voneinander und weisen jeweils eine erhebliche Standardabweichung ($10,80^\circ$ und $7,58^\circ$) auf, siehe Tabelle 6. Die Streuung der Daten bezüglich der GDWs im Bereich des thorakolumbalen Übergangs wird durch Abbildung 25 verdeutlicht. Die Standardabweichung unterschied sich für den thorakolumbalen Übergang mit einem Wert von $10,14^\circ$ für die GDW2 und einem Wert von $7,77^\circ$ für die GDW1 nicht deutlich von den Werten des Gesamtkollektivs.

	Gültige Fälle	Mittelwert	Median	Min.	Max.	Standardabweichung
GDW2 Nu3	49	$-12,33^\circ$	$-12,00^\circ$	$-38,00^\circ$	$12,00^\circ$	$10,80^\circ$
GDW1 Nu3	37	$-14,00^\circ$	$-14,00^\circ$	$-33,00^\circ$	$-2,00^\circ$	$7,58^\circ$

Tabelle 6: Röntgen-Messwerte der dritten Nachuntersuchung: GDW2 (bisegmental) und GDW1 (monosegmental) aller Patienten.

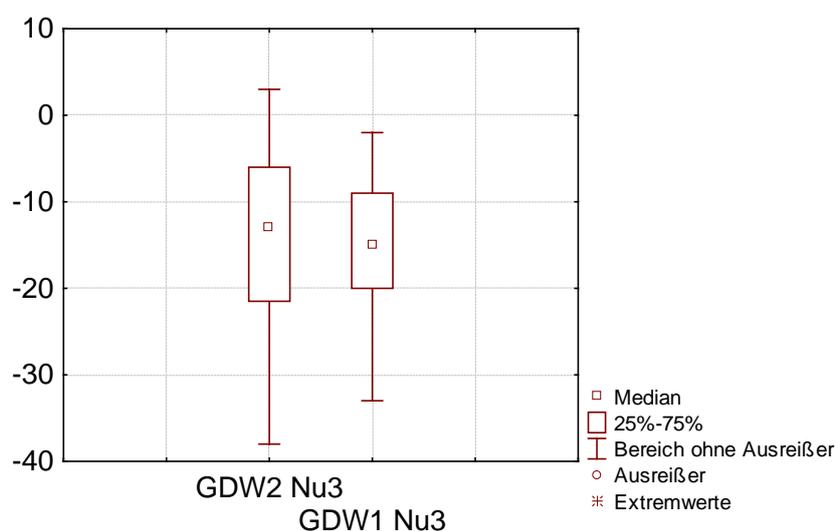


Abb. 25: Zur Veranschaulichung der Streuung: Box-Plot von GDW2 ($n = 44$) und GDW1 ($n = 34$) des thorakolumbalen Übergangs bei der dritten Nachuntersuchung.

3.4.3 Grund-Deckplatten-Winkel (GDW) im zeitlichen Verlauf

Bei allen Patienten wurden die Frakturen mittels GDW2 vermessen. Einige dieser Frakturen wurden bisegmental (12 Fälle, 24,5%) mit den ventralen Implantaten überbrückt, andere wiederum monosegmental (37 Fälle, 75,5%). Die Messung des GDW1 erfolgte nur in letzterem Fall.

Demzufolge können hier vier Gruppen betrachtet werden:

- GDW2 aller Fälle
- GDW1 der monosegmental versorgten Fälle
- GDW2 der monosegmental versorgten Fälle
- GDW2 der bisegmental versorgten Fälle

Zudem wurde eine Aufteilung in den Bereich des thorakolumbalen Übergangs (T11-L2) und der LWS (L3-L5) gemacht. Die Fraktur aus dem Bereich der BWS (T10) wurde unter der Gruppe des thorakolumbalen Übergangs erfasst.

Ein erster Überblick der Mittelwerte der GDW2 aller Fälle zeigt eine kontinuierliche Zunahme der kyphotischen Deformierung im Sinne einer zunehmenden Negativierung der Mittelwerte, wobei die Steilheit der Kurve ihr Maximum im Bereich zwischen Operation und erster Nachuntersuchung hat, siehe Abbildung 26.

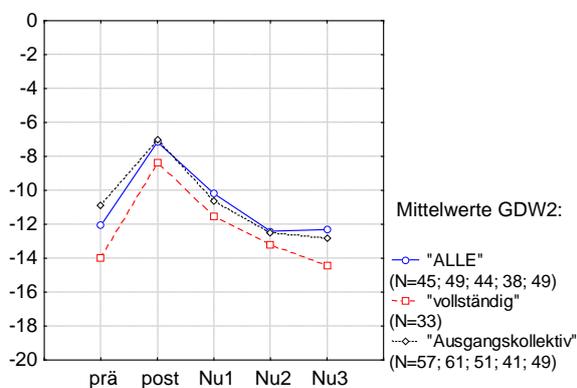


Abb. 26: Zeitlicher Verlauf der GDW2. „Alle“: Mittelwerte aller Fälle, für die Daten der dritten Nu existieren. „vollständig“: Mittelwerte der Fälle, für die zu allen Untersuchungszeitpunkten Daten existieren. „Ausgangskollektiv“: Mittelwerte aller operierten Fälle.

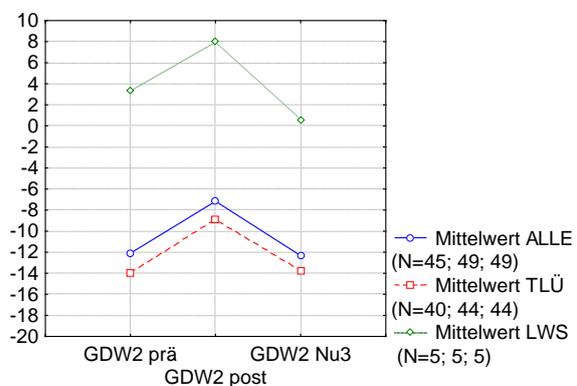


Abb. 27: GDW2 prä-, postoperativ und zur dritten Nachuntersuchung. Mittelwerte aller Fälle und Aufteilung in TLÜ und LWS.

Wenn man daran denkt, dass die Werte für die GDWs eine weite Streuung aufweisen (s. Abb. 25, Seite 27), stellt sich die Frage, ob der hier offensichtliche Unterschied zwischen dem

3 Ergebnisse

Mittelwert nach der Operation und dem Mittelwert zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung auch statistisch signifikant ist (s. Abb. 27). Zur Klärung dieser Frage wurde für die bisegmental vermessenen GDWs aller 49 Fälle insgesamt, sowie für die getrennte Betrachtung des thorakolumbalen Übergangs und der LWS der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben durchgeführt, siehe Tabelle 7. Hier zeigt sich eindeutig, dass sich die Werte unmittelbar nach der Operation und die Werte zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung auch statistisch voneinander unterscheiden. Dagegen zeigt der Vergleich der präoperativen Daten mit den Werten der dritten Nachuntersuchung keinen statistisch signifikanten Unterschied.

	Gültige Fälle postop, Nu3	Wilcoxon-Test $p < 0,05$ postop, Nu3	Gültige Fälle präop, Nu3	Wilcoxon-Test $p < 0,05$ präop, Nu3
GDW2, alle Fälle	49	0,0000	45	0,7766
GDW2, TLÜ	44	0,0000	40	0,9388
GDW2, LWS	5	0,0431	5	0,4652

Tabelle 7: Signifikanz der Differenz der Winkelmesswerte unmittelbar nach der Operation und zur dritten Nachuntersuchung.

Die statistische Auswertung zeigt, dass für alle Winkel ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten nach der Operation und den Werten bei der dritten Nachuntersuchung besteht.

Für den Vergleich der präoperativen Werte mit den Werten zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung wurden nur Fälle ausgewertet, bei denen Daten zu beiden Untersuchungen vorlagen. Einschränkend muss bei diesem Vergleich beachtet werden, dass die Röntgenaufnahmen vor der Operation im Liegen, bei der dritten Nachuntersuchung dagegen im Stehen aufgenommen worden waren. Folgendes Beispiel eines Patienten, bei dem mit einem zeitlichen Abstand von einem Tag eine Aufnahme der Wirbelsäule im Liegen und im Stehen gemacht worden war, zeigt, welcher erheblicher Unterschied (ca. 5°) allein durch den Stellungswechsel auftreten kann.

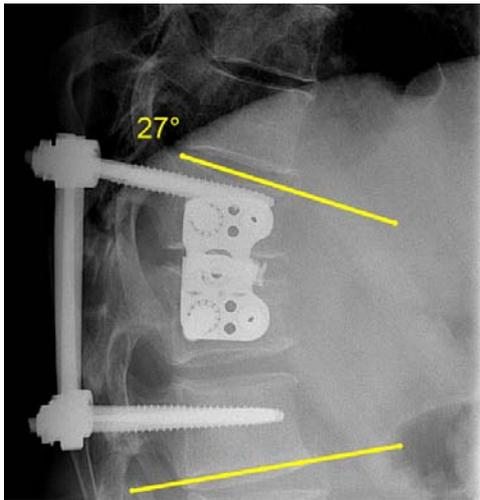


Abb. 28: Postoperative Röntgenaufnahme eines Patienten im Liegen.
Gemessener GDW2 beträgt hier -27°

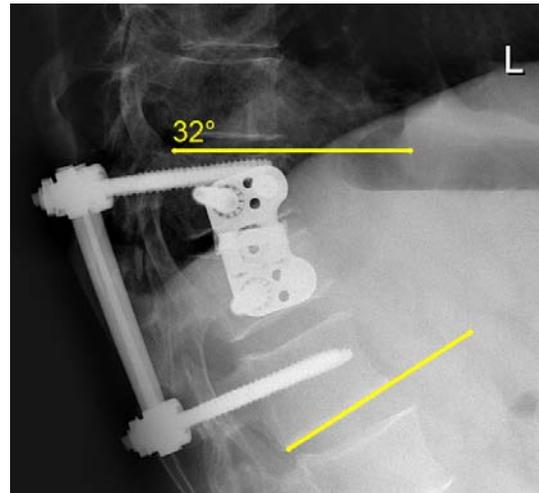


Abb. 29: Postoperative Röntgenaufnahme desselben Patienten im Stehen.
Gemessener GDW2 beträgt hier -32°

Im Mittel wurde nach der Operation bis zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung ein Verlust von ca. 5° beobachtet, siehe folgende Tabelle. Im Bereich des thorakolumbalen Übergangs lagen die GDW2 bei der letzten Nachuntersuchung im Durchschnitt bei $-13,8^\circ$, im Bereich der LWS bei $0,6^\circ$, siehe folgende Tabelle.

	Gültige Fälle postop, Nu3	Mittelwert der Differenz zwischen Nu3 und postop	Mittelwert der Nu3
GDW2, alle Fälle	49	$-5,16^\circ$	$-12,33^\circ$
GDW2, TLÜ	44	$-4,91^\circ$	$-13,80^\circ$
GDW2, LWS	5	$-7,40^\circ$	$0,60^\circ$

Tabelle 8: GDW2-Mittelwerte für Verlust zwischen Operation und dritter Nachuntersuchung und Endergebnisse der Nu3.
Aufteilung in TLÜ und LWS.

Interessant scheint auch der Vergleich des Verlaufs der GDW2 zwischen der Gruppe der monosegmental und der Gruppe der bisegmental versorgten Frakturen, siehe Abb. 30.

Hier erkennt man, dass bei der Gruppe der bisegmental versorgten Patienten der Korrekturverlust hauptsächlich in den ersten sechs Monaten (erste Nachuntersuchung) stattfand. Bei den monosegmental versorgten Patienten beobachtet man hingegen einen kontinuierlichen Verlust bis zur dritten Nachuntersuchung, auch wenn die Steigung der Geraden im letzten Abschnitt etwas abnimmt. Zu beachten ist, dass nur in vier Fällen der bisegmental versorgten Patienten Daten zu allen Untersuchungszeitpunkten zur Auswertung vorlagen.

Insgesamt ergibt sich für die bisegmental versorgten Patienten ein geringerer Korrekturverlust (Unterschied der GDW2-Mittelwerte zwischen postoperativer Aufnahme und dritter Nach-

3 Ergebnisse

untersuchung) als für die monosegmental überbrückten Frakturen (4,2° gegenüber 5,5°, siehe Tabelle 9). Dieser Unterschied ist allerdings statistisch nicht signifikant (Mann-Whitney U-Test; $p = 0,49$ bei einem Annahmebereich von $p < 0,05$).

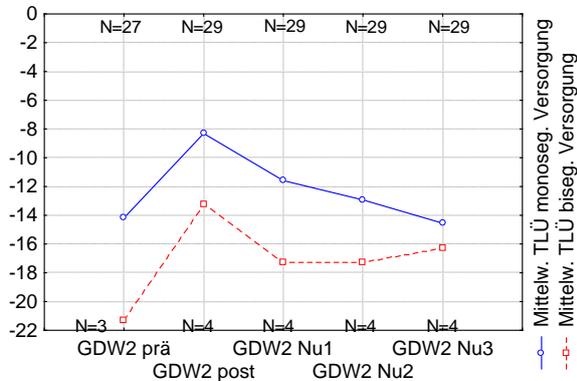


Abb. 30: Zeitlicher Verlauf der Mittelwerte von GDW2 für monosegmental (blau) und für bisegmental (rot) versorgte Patienten.

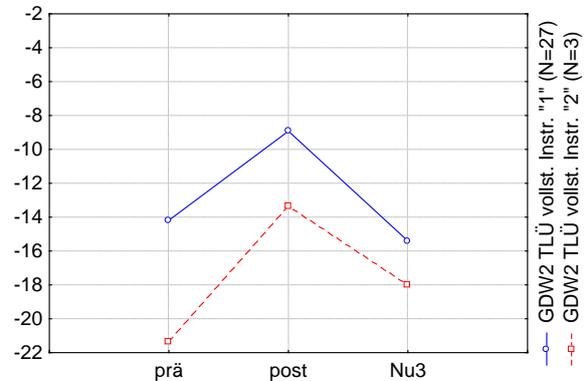


Abb. 31: GDW2-Mittelwerte für monosegmental (blau) und bisegmental (rot) versorgte Patienten. Vollständige Daten (prä-, postoperativ und Nu3)

	Gültige Fälle	Mittelwerte	Min.	Max.	Standardabweichung
GDW2 post mono	37	-6,73°	-32°	23°	11,93°
GDW2 Nu3 mono	37	-12,22°	-38°	12°	11,99°
Differenz Nu3/post	37	-5,49°			
GDW2 post biseg	12	-8,50°	-20°	13°	8,73°
GDW2 Nu3 biseg	12	-12,66°	-24°	-2°	6,18°
Differenz Nu3/post	12	-4,16°			

Tabelle 9: Mittelwerte der GDW2 der postoperativen Kontrolle und der dritten Nachuntersuchung: Vergleich zwischen monosegmental und bisegmental versorgten Patienten.

Der durchschnittliche Korrekturverlust (Differenz zwischen postoperativer Kontrolle und dritter Nachuntersuchung) ist mit 5,5° bei monosegmentaler Überbrückung höher als bei bisegmentaler Versorgung (hier nur 4,2° Verlust).

Betrachtet man nun nur die Gruppe der monosegmental versorgten Patienten und vergleicht hier die Mittelwerte der GDW2 mit denen der GDW1 (s. Abb. 32), so zeigt sich auch hier, dass der Verlust im Hinblick auf die monosegmentalen Winkel sich hauptsächlich in den ersten sechs Monaten abspielt, die bisegmentalen Winkel dagegen bis zur dritten Nachuntersuchung kontinuierlich an Wert verlieren. Die hier beobachteten Unterschiede spielen sich allerdings lediglich im Bereich von ca. zwei Grad ab.

3 Ergebnisse

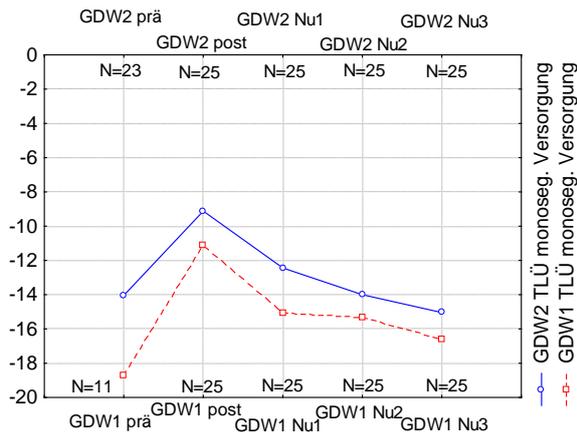


Abb. 32: Zeitlicher Verlauf der Mittelwerte von GDW2 (blau) und GDW1 (rot) bei monosegmental versorgten Patienten.

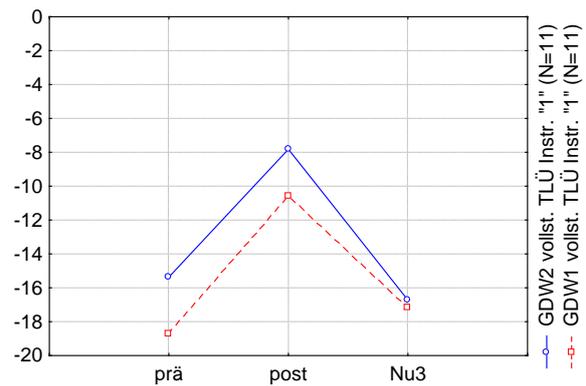


Abb. 33: GDW2- und GDW1-Mittelwerte monosegmental versorgter Patienten. Vollständige Daten (prä-, postoperativ und Nu3)

Ein anderer Aspekt ist die unterschiedliche Behandlung der Frakturen. Es stellt sich die Frage, ob Patienten, die rein ventral operiert wurden, einen Nachteil gegenüber denjenigen haben, die kombiniert dorso-ventral behandelt wurden. Zum Vergleich sollen hierzu Daten von Patienten miteinander verglichen werden, die folgende Kriterien erfüllen: Fraktur im Bereich des thorakolumbalen Übergangs und vollständige Daten (prä-, postoperativ und dritte Nachuntersuchung). Da alle C-Frakturen ausschließlich kombiniert dorso-ventral versorgt wurden, wurde eine Untergruppe der kombiniert behandelten Patienten gebildet, die nur Typ A-Frakturen beinhaltet. Man erkennt an folgender Abbildung deutlich, dass sowohl der mittlere Gewinn durch die Operation, als auch der mittlere Verlust zwischen der postoperativen Kontrolle und der letzten Untersuchung für die rein ventral versorgte Gruppe deutlich geringer als für die kombiniert behandelten Patienten ist. Die Anfangs- und Endwerte ähneln sich allerdings sehr, siehe folgende Tabelle.

	Behandlung „2“	Behandlung „3“ und „4“	Behandlung „3“ und „4“; Typ A-Frakturen
GDW2 prä	-13,22°	-14,26°	-13,65°
GDW2 post	-11,33°	-8,32°	-8,90°
GDW2 Nu3	-14,56°	-14,32°	-13,95°
Gültige Fälle	9	31	20

Tabelle 10: GDW2-Mittelwerte prä-, postoperativ und dritte Nachuntersuchung. Isoliert ventrale („2“) und kombinierte („3“ und „4“) Behandlung.

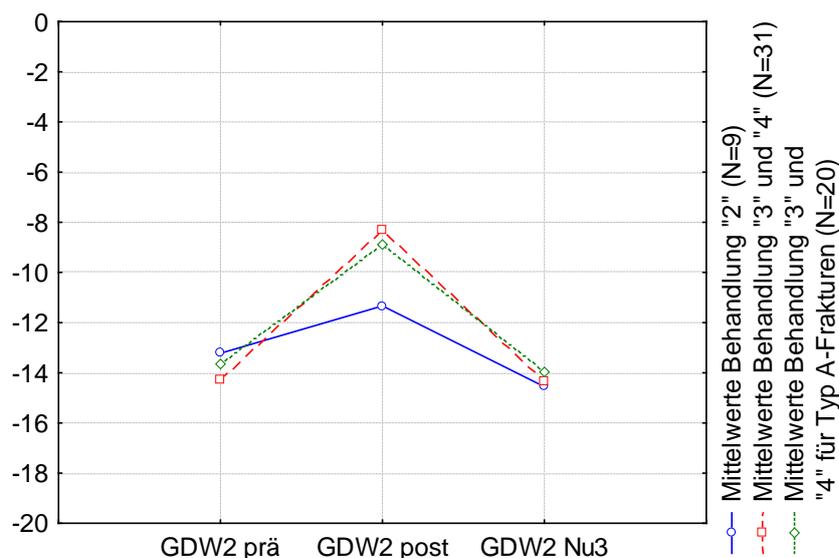


Abb. 34: GDW2 Mittelwerte für prä-, postoperativ und Nu3; TLÜ. Unterschiede der Gruppen Behandlung „2“ (isoliert ventral) und Behandlung „3“ und „4“ (kombiniert dorso-ventral; allgemein und für Typ A-Frakturen).

3.4.4 Reliabilität der Winkelmessung

Um sicher zu gehen, dass die Messergebnisse nicht durch erhebliche Messfehler falsche Ergebnisse vortäuschen, wurde die Inter- und Intraobserver-Reliabilität nach der Methode von Winer [115] berechnet.

Für die Interobserver-Reliabilität wurden 23 zufällig ausgewählte Fälle (GDW2 zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung) von drei Untersuchern nachgemessen. Zwei dieser Untersucher (U1, U2) hatten vor Beginn der Messungen Kriterien für die Messpunkte festgelegt, eine dritte Person (U3) machte die Messungen unabhängig davon. Der Intraklassenkorrelationskoeffizient lag in allen Fällen über 0,95. Allerdings konnte mit dem Friedman-Test gezeigt werden, dass zwischen den Untersuchern signifikante Unterschiede bezüglich der Messergebnisse vorlagen. Auf diesen Ergebnissen aufbauend konnte mittels Einzelvergleichen nach Bortz und Lienert [19] gezeigt werden, dass zwischen U1/U3 und U2/U3 (Unterschied der mittleren Ränge $> 0,7218$), nicht jedoch zwischen U1/U2 signifikante Unterschiede vorlagen. Folgende Tabelle zeigt die Mittelwerte der Differenzen, die Mittelwerte der Beträge der Differenzen und die Korrelationskoeffizienten zwischen den drei Untersuchern.

3 Ergebnisse

	Mittelwerte der Differenzen	Mittelwerte der Beträge der Differenzen	Korrelationskoeffizient
U1/U2	0,1°	1,6°	0,9926
U1/U3	-3,2°	3,2°	0,9711
U2/U3	-3,4°	3,5°	0,9609

Tabelle 11: Mittelwerte der Differenzen, Mittelwerte der Beträge der Differenzen und Korrelationskoeffizienten zwischen den drei Untersuchern. Für alle Fälle kann eine hohe Interobserver-Reliabilität verzeichnet werden.

Die Messergebnisse der Untersucher U1 und U2 unterscheiden sich im Durchschnitt kaum voneinander, sie heben sich in ihrer Aussage (Abweichung Richtung positiv und negativ) praktisch auf (Mittelwert der Differenzen 0,1°). Selbst wenn man den Mittelwert der Beträge der Differenzen bildet, kommt man lediglich auf einen Wert von 1,6°.

Dagegen liegt die mittlere Differenz zwischen U1 und U3 sowie zwischen U2 und U3 bei ca. -3,3°; das heißt, dass sich die Messschwankungen nicht aufheben, so dass hier von einem systematischen Fehler (als Abweichung zu verstehen) ausgegangen werden kann. Das bedeutet, die Messergebnisse des dritten Untersuchers (U3) unterscheiden sich systematisch um ca. 3° von den Ergebnissen der anderen beiden Untersucher (U1, U2). Da jedoch diese Abweichung bei allen Untersuchungen (postoperativ bis Nu3) gleichermaßen auftritt, ergibt sich in Bezug auf den Korrekturverlust (Differenz zwischen Nu3 und postoperativ) kein Unterschied zu den Aussagen der Messwerte von Untersucher U1 und U2.

Zur Überprüfung der Intraobserver-Reliabilität wurden die Messwerte eines Untersuchers (U2) zu zwei unterschiedlichen Zeitpunkten ausgewertet (28 Fälle). Die Reliabilität war hier mit 0,9941 sehr hoch, der Mittelwert der Beträge der Differenzen mit 1,5° vergleichbar mit dem Ergebnis zwischen U1 und U2 und der Mittelwert der Differenzen mit 0,3° vernachlässigbar gering.

Alle postoperativen Messungen sowie die Messungen der Nachuntersuchungen wurden mehrmals nachgeprüft. Die präoperativen Aufnahmen wurden soweit möglich (17 Fälle) nachgemessen.

3.4.5 Weitere radiologische Messwerte

Skoliosewinkel (SW): In 28 Fällen (57,1%) trat keine Abweichung der Wirbelsäule in der Frontalebene auf. Im Mittel ergab sich eine skoliotische Deformierung von 1,8° mit einem Maximum von 10° (Tabelle 12). Die in Abbildung 35 sichtbare Unterscheidung zwischen positiven und negativen Werten bezieht sich auf die Seite der Abweichung: Positive Werte für rechtskonvexe und negative Werte für linkskonvexe Skoliose.

3 Ergebnisse

	Gültige Fälle	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
SW Nu3	49	1,84°	0,00°	10,00°	2,68°

Tabelle 12: Skoliosewinkel (SW) der dritten Nachuntersuchung.
Deskriptive Statistik ohne Berücksichtigung der Vorzeichen.

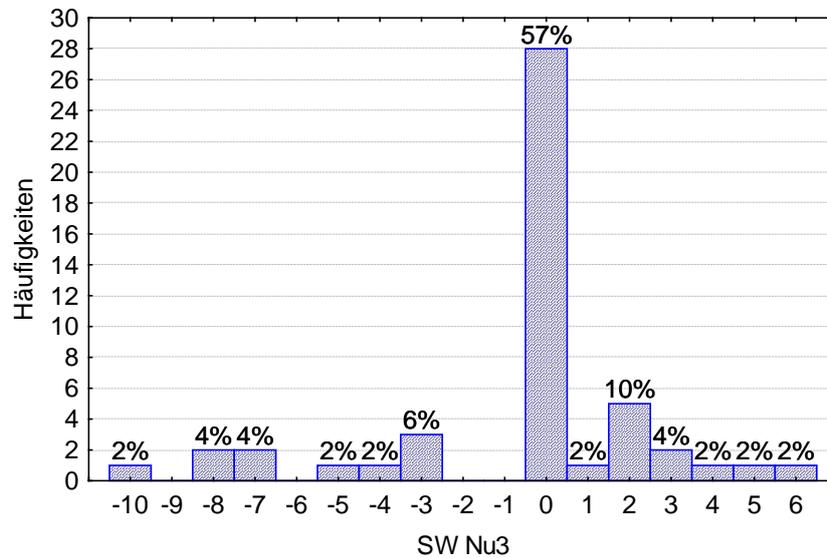


Abb. 35: Verteilung des Skoliosewinkels bei der dritten Nachuntersuchung

Seitverschiebung trat nur bei einem Fall auf. Hier wurde ein Versatz des verletzten gegenüber dem darüber liegenden Wirbelkörper von 10% gemessen.

In 20 Fällen (40,8%) konnte zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung eine knöcherne Durchbauung des Defektes mittels CT-Diagnostik festgestellt werden, in 18 Fällen (36,7%) jedoch nicht. In 11 Fällen (22,4%) war eine knöcherne Durchbauung anhand der durchgeführten Diagnostik bei der dritten Nachuntersuchung nicht sicher festzustellen (s. folgende Abbildung).

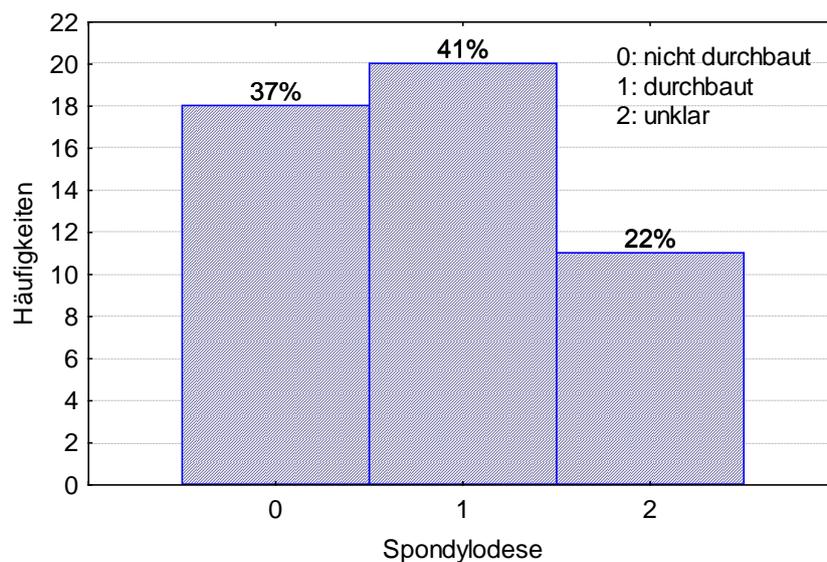


Abb. 36: Häufigkeit der ventralen knöchernen Durchbauung (Spondylodese) bei der dritten Nachuntersuchung (N = 49).

Vergleicht man die beiden Hauptvertreter der Knochenersatzmaterialien in diesem Kollektiv (Ostim und Spongiosa), kann man deutliche Unterschiede bezüglich der knöchernen Durchbauung zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung feststellen (s. Abbildung 37). Mehr als die Hälfte der Fälle (59%), die mit Ostim versorgt wurden, zeigte eine deutlich erkennbare knöcherne Durchbauung, wohingegen dies nur bei 19% der mit Spongiosa versorgten Patienten der Fall war. Analog dazu ist der Anteil der Fälle, bei denen keine Spondylodese festgestellt werden konnte, bei den mit Spongiosa versorgten Defekten um einiges höher als bei den mit Ostim versorgten Frakturen (63% bzw. 12%).

Untersucht man den Einfluss des gewählten Materials (Ostim oder Spongiosa) auf das Ergebnis „durchbaut“ („0“) bzw. „nicht durchbaut“ („1“) mittels Logit-Modell, stellt man fest, dass die hier beobachteten Unterschiede statistisch signifikant sind ($p = 0,0056$ bei einem Annahmehereich von $p < 0,05$).

3 Ergebnisse

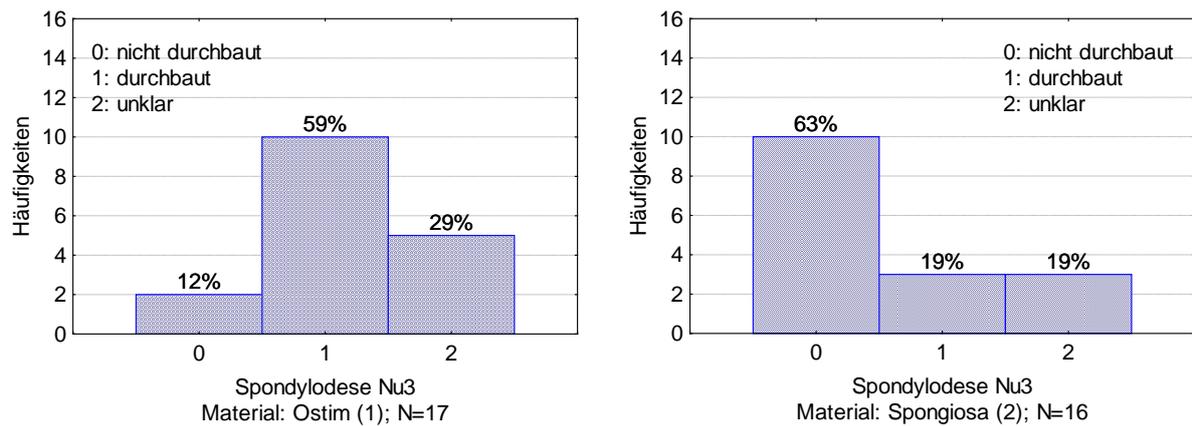


Abb. 37: Häufigkeit der knöchernen Durchbauung (Spondylodese) bei der dritten Nachuntersuchung. Ergebnisse mit zwei verschiedenen Knochenersatzmaterialien Ostim (links) und Spongiosa (rechts). Hier ist ein deutlicher Unterschied der Ergebnisse zu Gunsten von Ostim erkennbar.

3.4.6 VAS-Wirbelsäulenscore (VAS)

Die Auswertung der 49 VAS-Fragebögen zur dritten Nachuntersuchung ergab einen Mittelwert von 71,2 mit einem Minimum von 16 und einem Maximum von 99 (s. Tabelle 13) wobei 16 Patienten (32,7%) Werte zwischen 90 und 100 erreichten, siehe Abb. 39.

	Gültige Fälle	Mittelwert	Median	Minimum	Maximum	Standardabw.
VAS	49	71,20	80,00	16,00	99,00	25,20

Tabelle 13: VAS-Wirbelsäulenscore der dritten Nachuntersuchung.

Zur Veranschaulichung wurde hier die visuelle Analogskala in vier Kategorien unterteilt. Grob ergeben sich durch die gegensätzlichen Aussagen an den Endpunkten zwei Bereiche mit allgemein eher schlechter bzw. guter Tendenz. Eine weitere Unterteilung dieser beiden Gruppen ergibt einen Bereich, der eindeutig, und einen Bereich, der relativ in die negative oder positive Richtung weist, siehe folgende Abbildung.

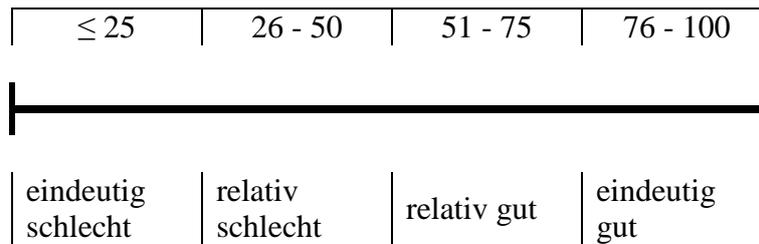


Abb. 38: Einteilung der visuellen Analogskala in vier Kategorien

Abbildung 40 zeigt, dass immerhin 27 Patienten (55,1%) über 75 Punkte in der subjektiven Einschätzung mittels VAS erreichten und somit eindeutig dem positiven Bereich zugeordnet werden können und nur 4 Patienten (8,2%) weniger als 26 Punkte erzielten und somit eindeutig in den negativen Bereich fallen. Insgesamt zeigt sich ein deutliches Übergewicht des positiven Bereiches mit 40 Fällen (81,6%) gegenüber dem negativen Bereich mit 9 Fällen (18,4%).

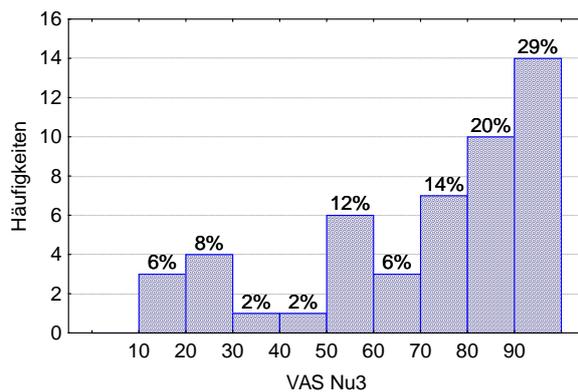


Abb. 39: VAS der dritten Nachuntersuchung in 10er-Schritten.

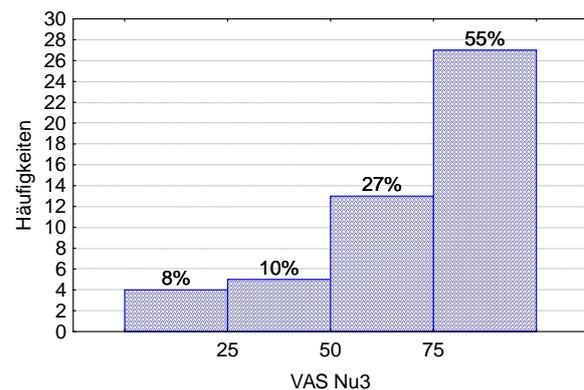


Abb. 40: VAS der dritten Nachuntersuchung in 25er-Schritten.

Im Verlauf zeigen die Mittelwerte des VAS-Wirbelsäulenscores eine Verschlechterung des subjektiven Befindens zwischen dem Zustand vor dem Unfall und dem Zeitpunkt der ersten Nachuntersuchung. Bis zur dritten Nachuntersuchung kann eine geringfügige Verbesserung beobachtet werden (s. Abb. 41). Statistisch besteht ein signifikanter Unterschied zwischen den prätraumatischen Werten und den Werten zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung (Auswertung mittels Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben; $p = 0,0127$ bei einem Annahmebereich von $p < 0,05$). Tabelle 14 zeigt die statistischen Messgrößen der VAS-Werte.

3 Ergebnisse

	Gültige Fälle	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
VAS prä	28	82,96	30,00	100,00	18,91
VAS Nu1	28	70,75	23,00	96,00	20,13
VAS Nu2	28	74,39	19,00	98,00	23,45
VAS Nu3	28	73,68	16,00	99,00	25,69

Tabelle 14: VAS, prätraumatisch und zu den drei Nachuntersuchungen.
Auswertung der Fälle, für die zu allen Untersuchungszeitpunkten VAS-Werte vorlagen.

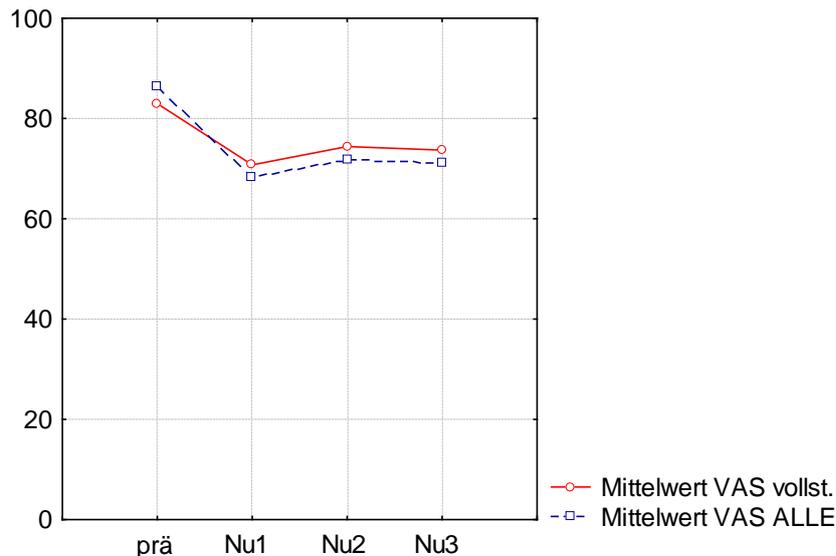


Abb. 41: VAS im Verlauf zwischen dem Zustand vor der Operation und dritter Nachuntersuchung. Vollständige Daten für alle Untersuchungszeitpunkte (N = 28) und Werte aller Patienten (N = 49).

3.4.7 Neurologischer Status

Von den 49 Patienten, die bis zur dritten Nachuntersuchung verfolgt werden konnten, hatten 41 (83,6%) bei Aufnahme kein neurologisches Defizit. Unter den restlichen acht Patienten waren zwei mit einem kompletten (4,1%) und sechs mit einem inkompletten Querschnitt (12,2%). Bei Entlassung hatten sich insgesamt fünf Patienten (62,5%) um mindestens eine Frankel-Stufe verbessert: Einmal von A nach C (50% der kompletten Querschnitte), einmal von B nach D und dreimal von D nach E (66,7% der inkompletten Querschnitte). Bis zur dritten Nachuntersuchung trat bei keinem Patienten eine weitere Verbesserung oder Verschlechterung ein, so dass zu diesem Zeitpunkt 44 Patienten (89,8%) kein neurologisches Defizit, 4 Patienten (8,2%) einen inkompletten und ein Patient (2%) einen kompletten Querschnitt hatten, siehe folgende Abbildung.

Neurologischer Status bei Aufnahme in Zeilen und bei Entlassung
(entspricht dritter Nachuntersuchung) in Spalten

	A	B	C	D	E
A	1	0	1	0	0
B	0	1	0	1	0
C	0	0	0	0	0
D	0	0	0	1	3
E	0	0	0	0	41

Abb. 42: Neurologischer Status nach dem Frankel/ASIA-Score bei Aufnahme und Entlassung bzw. dritter Nachuntersuchung.

3.4.8 Finger-Boden-Abstand

Der Finger-Boden-Abstand (FBA) wurde bei 41 der 49 Patienten gemessen. Der mittlere Abstand betrug hierbei 13,4 cm. Etliche Patienten (34,1%) erreichten mit den Fingern den Boden (0 cm Abstand), 19,5% hatten einen FBA von mehr als 20 cm und in einem Fall betrug der FBA 65 cm (Maximum).

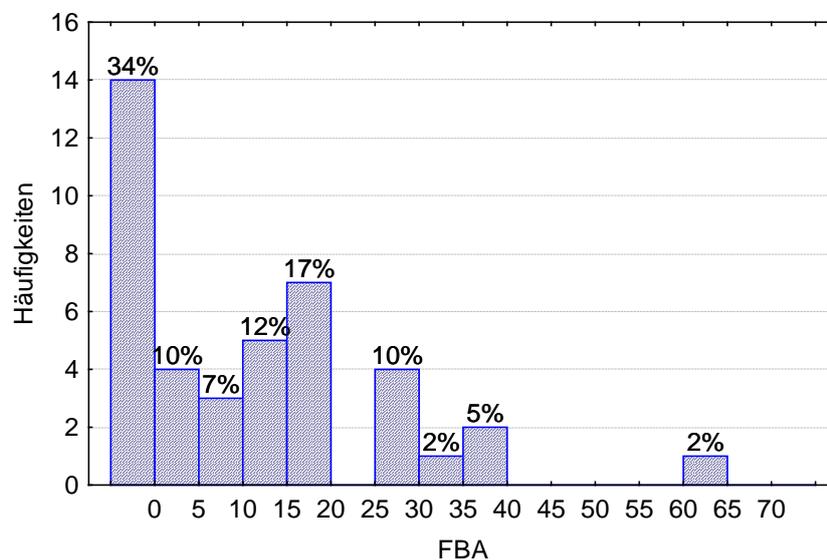


Abb. 43: Verteilung des Finger-Boden-Abstands (in cm) bei der dritten Nachuntersuchung (n = 41)

3.4.9 Rückenfunktion

Anhand einer Einteilung der Antwortmöglichkeiten in fünf Kategorien wurde die Rückenfunktion der Patienten erfasst (s. Anhang). Elf Patienten (22,4%) gaben an, völlig beschwerdefrei zu sein, 21 Patienten (42,9%) hatten gelegentlich leichte Beschwerden, 11 Patienten (22,4%) litten häufig unter Beschwerden und hatten bisweilen leichte Einschränkungen, in 4 Fällen (8,2%) wurden starke Beschwerden und in 2 Fällen (4,1%) ständig stärkste Beschwerden mit deutlichen Einschränkungen angegeben, siehe. Abb. 44.

Aktivität in der Freizeit:

In analoger Weise zur Rückenfunktion wurden die sportlichen bzw. körperlich belastenden Aktivitäten erfasst: 19 Patienten (38,8%) konnten ihre Freizeitaktivitäten wie vor dem Unfall ausführen, 13 Patienten (26,5%) hatten lediglich geringe Einschränkungen, 12 Patienten (24,5%) mussten ihre Aktivitäten in der Freizeit auf andere Bereiche verlagern und in fünf Fällen (10,2%) musste völlig auf körperliche Belastung verzichtet werden, wobei drei Patienten (6,1%) angaben, auch bei alltäglichen Verrichtungen hilfsbedürftig zu sein, siehe Abb. 45.

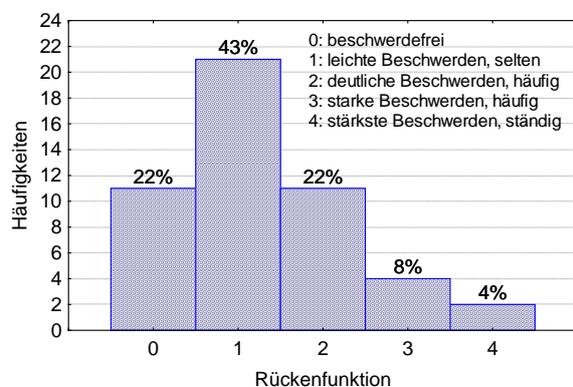


Abb. 44: Häufigkeiten der Kategorien für die Rückenfunktion.

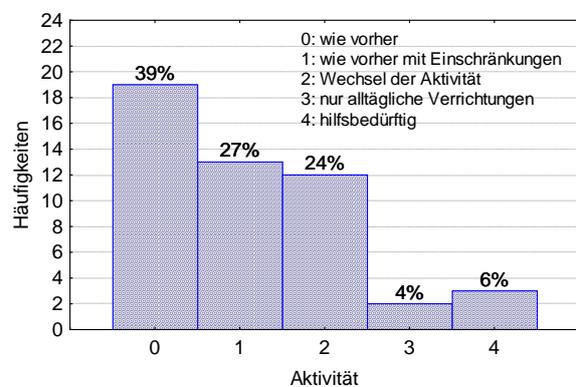


Abb. 45: Häufigkeiten der Kategorien für die Aktivität in der Freizeit.

3.4.10 Berufliche Reintegration

Patienten, die bereits vor dem Unfall berentet oder arbeitsunfähig waren, wurden unter dem Punkt „9“ bzw. „entfällt“ erfasst, siehe Abb. 46. Ein Patient mit guter Rückenfunktion und subjektivem Wohlbefinden war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung arbeitslos. Da hier keine Aussage über das Befinden des Patienten unter beruflicher Belastung möglich war, wurde dieser Fall ebenfalls unter Punkt „9“ erfasst.

3 Ergebnisse

Es konnten 38 der 44 Patienten (86,4%), die ursprünglich berufstätig waren, wieder in das Arbeitsleben eingegliedert werden. In 31 Fällen (70,5%) konnte der ursprüngliche Beruf, in 18 Fällen (40,9%) sogar ohne Einschränkungen, wieder ausgeführt werden. Sechs Patienten (13,6%) mussten einen anderen Beruf ergreifen, wobei zwei Patienten (4,5%) trotz Wechsel starke Einschränkungen hatten. Sechs Patienten (13,6%) blieben nach dem operativen Eingriff arbeitsunfähig; hiervon hatten drei neurologische Begleitverletzungen und zwei zusätzliche Verletzungen, die nicht die Wirbelsäule betrafen. Das Durchschnittsalter (43,2 Jahre) dieser Patienten war mit dem des Gesamtkollektivs (41,1 Jahre) vergleichbar.

Beruf vor dem Unfall:

Ein Großteil unseres Kollektivs (19 Patienten, 38,8%) hatte vor dem Unfall einen Beruf, der leichte körperliche Arbeit beinhaltet. Sechzehn Patienten (32,7%) mussten in ihrem Beruf körperlich arbeiten, neun Patienten (18,4%) hatten eine sitzende Tätigkeit, siehe Abb. 47.

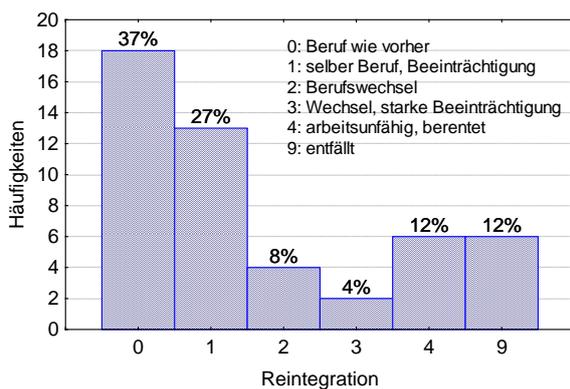


Abb. 46: Verteilung der beruflichen Reintegration.

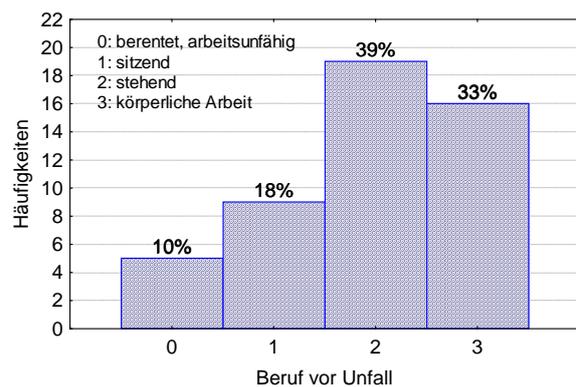


Abb. 47: Verteilung der Berufsgruppen vor dem Unfall.

Arbeitsunfähigkeit:

Die Dauer der Arbeitsunfähigkeit wurde nur in 29 Fällen (59,2%) erfasst, wobei diejenigen, die bereits vor dem Unfall arbeitsunfähig waren, und diejenigen, die nicht mehr in das Berufsleben eintreten konnten, aus der Auswertung ausgeschlossen wurden.

Im Mittel betrug die Arbeitsunfähigkeit nach dem Unfall 6,8 Monate. Das Minimum lag bei einem Monat, das Maximum bei 29 Monaten, siehe folgende Tabelle.

	Gültige Fälle	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
AU	29	6,79	1,00	29,00	7,02

Tabelle 15: Dauer der Arbeitsunfähigkeit (AU) in Monaten

Krankengymnastik und Aufenthalt in einer Rehabilitationsklinik:

In 29 Fällen (59,2%) wurde die Dauer der Krankengymnastik erfasst. Der Mittelwert betrug hierbei 4,86 Monate, wobei das Minimum bei eins und das Maximum bei 18 Monaten lag, siehe Tabelle 16. In vier Fällen wurden die krankengymnastischen Behandlungen auch noch zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung fortgeführt.

Die Dauer des Aufenthaltes in einer Rehabilitationsklinik wurde bei 34 Patienten (69,4%) ermittelt. Der Mittelwert betrug 4,2 Wochen, die maximale Aufenthaltsdauer lag bei 12 Wochen und in einem Fall wurde der Aufenthalt in einer Rehabilitationsklinik verneint.

	Gültige Fälle	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standardabw.
KG	29	4,86	1,00	18,00	4,59
REHA	34	4,15	0,00	12,00	2,28

Tabelle 16: Dauer der Krankengymnastik (KG) und Aufenthalt in einer Rehabilitationsklinik (REHA) in Wochen

3.4.11 Komplikationen und Revision

Insgesamt traten bei fünf Patienten (10,2%) Komplikationen in Bezug auf die ventrale Operation auf. In zwei Fällen (4,1%) führten die Komplikationen (eine Infektion und eine Implantatfehlage) zu einer Revision. Es folgt eine chronologische Aufzählung der beobachteten Komplikationen:

- Intraoperativ gab es keine Komplikationen. In drei Fällen konnte allerdings die ventrale kaudale Schraube der Telefix-Platte nicht platziert werden.
- Postoperativ trat eine revisionsbedürftige Infektion im Sinne eines Pleuraempyems auf, die thorakoskopisch durch einmalige Spülung und Drainage angegangen wurde. In einem Fall kam es zu einer Fehlplatzierung der ventro-kaudalen Schraube der Telefix-Platte, die thorakoskopisch wieder entfernt werden musste. Ein weiterer Fall mit Implantatfehlage (Durchtritt der ventro-kaudalen Telefix-Schraube durch die Grundplatte) musste nicht revidiert werden.
- Bei der ersten Nachuntersuchung wurde keine weitere Komplikation beobachtet.
- In einem Fall sah man bei der zweiten Nachuntersuchung einen Durchtritt der kaudalen Schrauben einer Telefix-Platte in den Intervertebralraum („cut-off“-Phänomen), was jedoch keine Auswirkung auf das Befinden des Patienten hatte.
- Bei der dritten Nachuntersuchung wurde noch eine weitere Schraubenlockerung erkannt: Die ventro-kaudale Schraube der Telefix-Platte hatte sich gelockert und war teilweise aus dem Wirbelkörper herausgerutscht.

Zugangsmorbidität:

In 47 Fällen (95,9%) wurden die Beschwerden von Seiten der Operationszugänge in Bezug auf die ventrale Stabilisierung erfasst. 39 Patienten (79,6%) hatten im Bereich der Narben keinerlei Beschwerden („0“, s. Anhang), vier Patienten hatten gelegentlich leichte Beschwerden („1“) und vier gaben an, häufig Beschwerden im Bereich der Zugänge zu haben ohne jedoch dadurch in ihrer Rückenfunktion eingeschränkt zu sein („2“).

3.5 Zusammenhänge

Im Folgenden sollen Einflussfaktoren auf die Endergebnisse und Zusammenhänge zwischen den einzelnen Messgrößen dargestellt werden.

3.5.1 GDW und VAS

Der Erfolg der dorso-ventralen Stabilisierung wurde in dieser Studie unter anderem durch die Messung der Grund-Deckplatten-Winkel und der Werte des VAS-Wirbelsäulenscores beurteilt. Wie Abbildung 48 zeigt, weisen diese beiden Messgrößen keinerlei Zusammenhang auf. Der Korrelationskoeffizient nach Spearman beträgt $-0,227$. Auch wenn man GDW und VAS für einzelne Lokalisationen getrennt betrachtet, ist kein Zusammenhang zu erkennen (Korrelationskoeffizient für T12 $-0,130$ und für L1 $-0,245$). Diese Beobachtung legt nahe, dass der Grad der kyphotischen Deformierung in dem hier beobachteten Maße keine Auswirkung auf das subjektive Befinden der Patienten hat.

Ebenso kann zwischen Finger-Boden-Abstand und GDW2 sowie zwischen Rückenfunktion und GDW2 kein Zusammenhang gefunden werden (Spearman-Korrelationskoeffizient r von $0,129$ bzw. $0,145$).

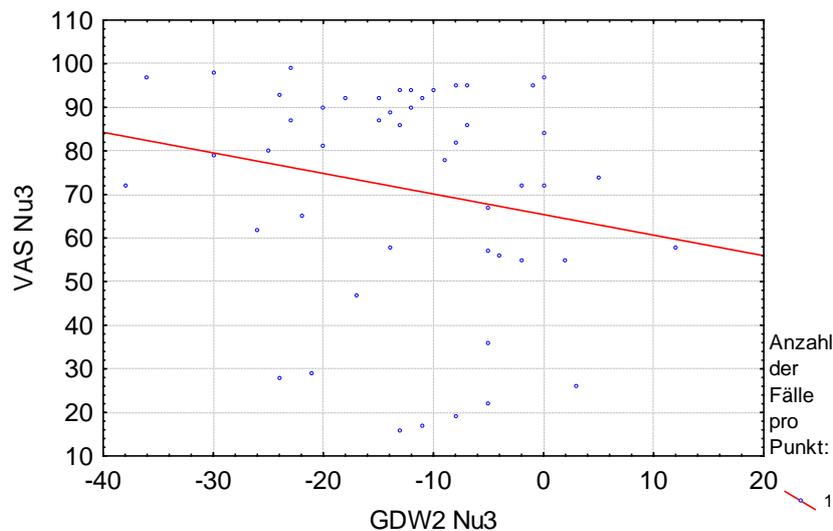


Abb. 48: Zusammenhang zwischen den VAS-Werten mit den GDW2 der dritten Nachuntersuchung: eine Korrelation ist hier nicht erkennbar.
 $r = -0,227$.

3.5.2 VAS, Rückenfunktion und FBA

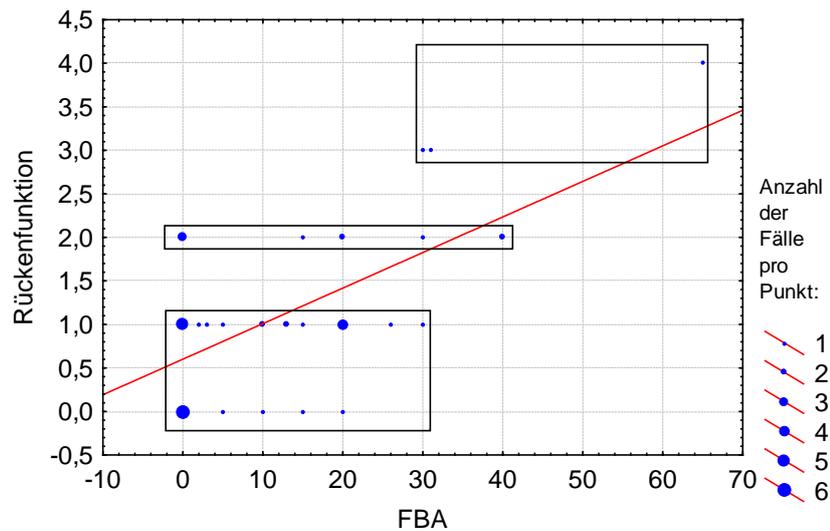
Sicherlich ist der Finger-Boden-Abstand (FBA) kein genaues Maß für die Beweglichkeit der Wirbelsäule. Man kann jedoch erkennen, dass er in etwa mit der Einschätzung der Rückenfunktion übereinstimmt, siehe Abb. 49. Patienten, die angaben, keine oder nur leichte Beschwerden zu haben (Rückenfunktion „1“) hatten maximal einen FBA von 30 cm. Hingegen hatten alle Patienten, die über starke Beschwerden und erhebliche Einschränkungen klagten und somit von dem behandelnden Arzt in Kategorie „Rückenfunktion 3“ oder „4“ eingestuft wurden, mindestens einen FBA von 30 cm. Der Bereich der Patienten mit deutlichen Beschwerden (Rückenfunktion „2“) hat allerdings eine große Streubreite von 0 cm bis 40 cm. Trotzdem lässt sich statistisch ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Größen beweisen (Spearman-Korrelationskoeffizient $r = 0,489$).

3 Ergebnisse

Abb. 49: Zusammenhang zwischen Finger-Boden-Abstand und Rückenfunktion

- 0: beschwerdefrei
- 1: leichte Beschwerden
- 2: deutliche Beschwerden, geringe Einschränkungen
- 3: starke Beschwerden, Einschränkungen
- 4: invalidisierend

$$r = 0,489$$



Bei dem Vergleich der Rückenfunktion mit dem VAS-Wert zeigt sich trotz der großen Streuung der VAS-Werte in Bezug auf Patienten mit einer Rückenfunktion von „2“, „3“ oder „4“ ebenfalls ein Zusammenhang, siehe Abb. 50. Der Spearman-Korrelationskoeffizient beträgt hierfür $-0,652$.

Wie weit die subjektive Einschätzung des Patienten (VAS) und die Einschätzung durch den behandelnden Arzt voneinander entfernt sein können, zeigt ein Extrembeispiel: Ein Patient wird aufgrund seines kompletten Querschnittes in die Gruppe „4“ (invalidisierend) eingeteilt, erreicht jedoch einen VAS-Wert von 95 Punkten.

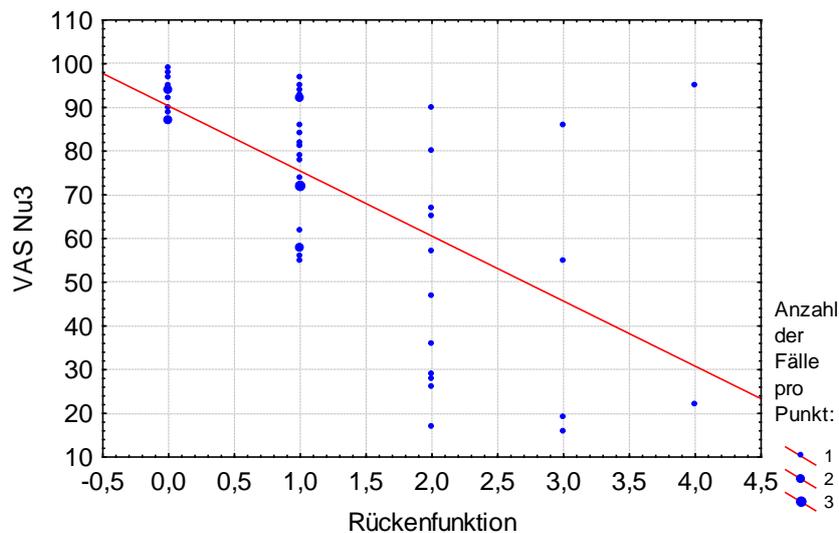


Abb. 50: Zusammenhang zwischen VAS-Wert und Rückenfunktion.
 $r = -0,652$

3.5.3 Beruf, Reintegration und VAS

Eine weitere Überlegung ist, inwieweit die Beanspruchung des Rückens im Sinne der beruflichen Tätigkeit einen Einfluss auf das subjektive Befinden (VAS) und vor allem auf die berufliche Reintegration haben könnte.

Tatsächlich konnten wir bei unserem Kollektiv beobachten, dass der Anteil derer, die ohne Beeinträchtigung den gleichen Beruf wie vor dem Unfall ausführen konnten (Reintegration „0“), mit zunehmender körperlicher Belastung im Beruf sinkt, siehe Abb. 51.

78% der Patienten aus Gruppe 1 (keine körperliche Arbeit, Beruf vor dem Unfall „1“) konnten ohne Einschränkungen denselben Beruf wie vor der Operation ausführen, hingegen nur 47% aus Gruppe 2 (leichte körperliche Arbeit, Beruf vor dem Unfall „2“) und nur 13% aus Gruppe 3 (körperliche Arbeit, Beruf vor dem Unfall „3“).

Um die Frage zu beantworten, ob die Variable „Beruf vor dem Unfall“ einen Einfluss auf das Ergebnis der Reintegration, im Sinne einer Wiedererlangung des Berufes ohne Einschränkungen (Reintegration „0“, Fall 1) oder einer Verschlechterung der beruflichen Situation (Reintegration „1“ bis „4“, Fall 2), hat, wurde eine statistische Auswertung mittels Logit-Modell durchgeführt. Hier konnte die statistische Bedeutsamkeit der Variable „Beruf vor dem Unfall“ für die oben beschriebenen zwei Fälle nachgewiesen werden ($p = 0,0133$ bei einem Annahmehereich von $p < 0,05$).

3 Ergebnisse

Bezieht man jedoch auch die Fälle ein, bei denen der gleiche Beruf, allerdings mit Beeinträchtigungen („0“ und „1“), ausgeführt werden kann, so verschwinden die Unterschiede zwischen den einzelnen Berufsgruppen.

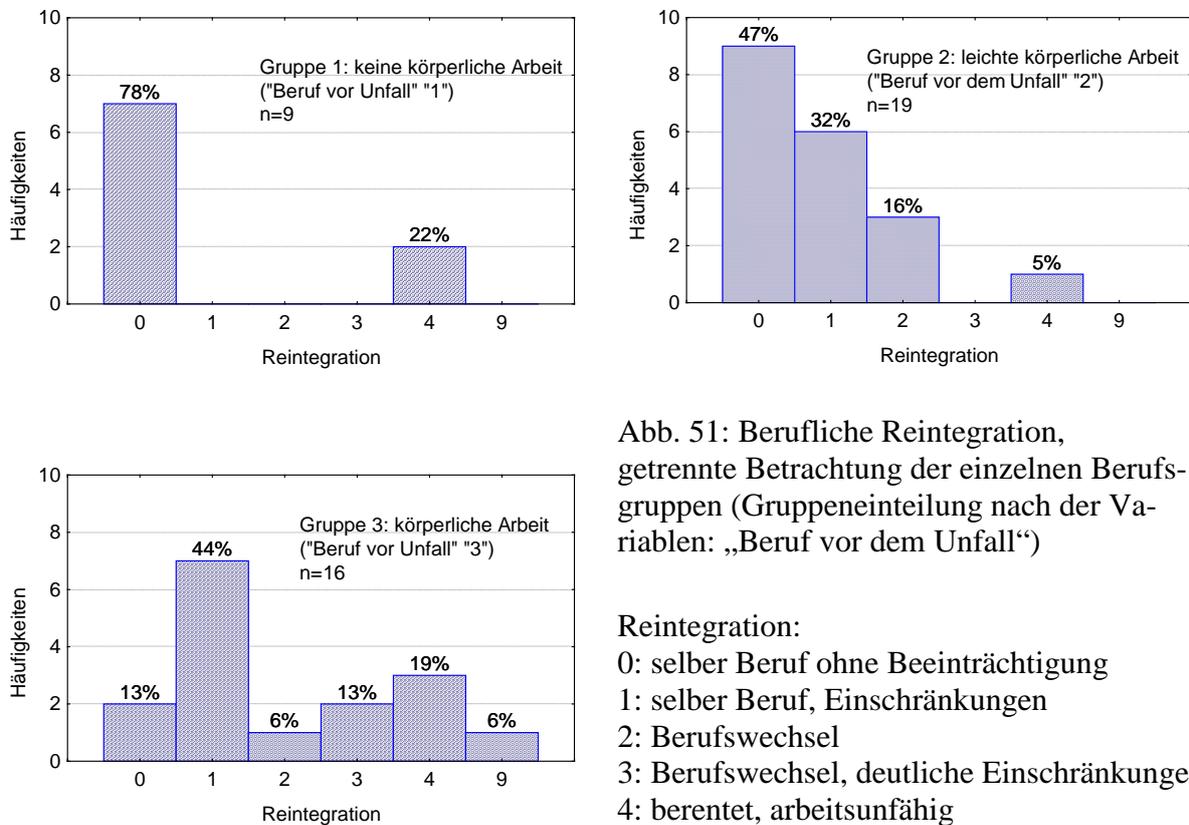


Abb. 51: Berufliche Reintegration, getrennte Betrachtung der einzelnen Berufsgruppen (Gruppeneinteilung nach der Variablen: „Beruf vor dem Unfall“)

Reintegration:

0: selber Beruf ohne Beeinträchtigung

1: selber Beruf, Einschränkungen

2: Berufswechsel

3: Berufswechsel, deutliche Einschränkungen

4: berentet, arbeitsunfähig

9: entfällt

Analog dazu lässt sich beobachten, dass mit zunehmender körperlicher Belastung im Beruf der Anteil derer, die eindeutig dem positiven Bereich der VAS zugeordnet werden können, sinkt und im Gegenzug der Anteil derer, die eindeutig dem negativen Bereich der VAS zugeordnet werden können, steigt, siehe Abb. 52.

3 Ergebnisse

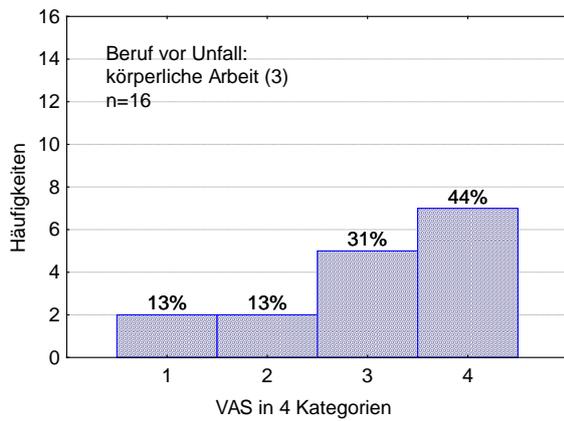
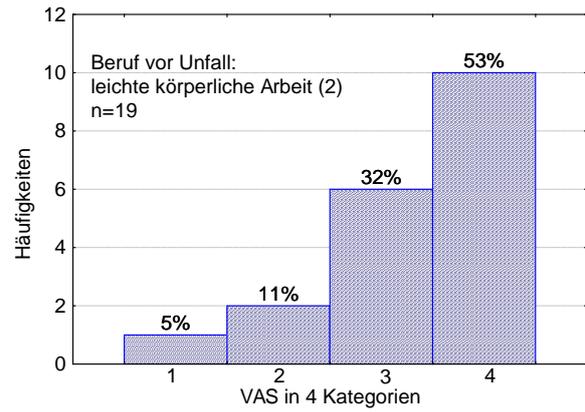
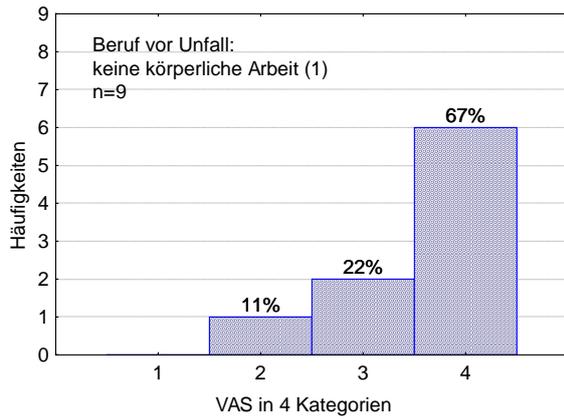


Abb. 52: VAS in 4 Kategorien, getrennte Betrachtung der einzelnen Berufsgruppen (Gruppeneinteilung nach der Variablen: „Beruf vor dem Unfall“)

VAS Kategorien:

- 1: 0-25
- 2: 26-50
- 3: 51-75
- 4: 76-100

4 Diskussion

Trotz intensiver Forschung und stetiger Weiterentwicklung auf dem Gebiet der operativen Verfahren zur Rekonstruktion und Stabilisierung von Wirbelsäulenfrakturen besteht weiterhin kein Konsens über das optimale Therapiekonzept von Verletzungen im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule.

Aktuell scheint das ventrale operative Verfahren über minimal-invasive Zugänge der bestmögliche Weg für eine dauerhafte Rekonstruktion der vorderen Säule und eine optimale Dekompression des Spinalkanals zu sein. Zahlreiche Studien belegen die Machbarkeit der minimal-invasiven und endoskopischen Verfahren und schildern ausführlich die Vorteile, aber auch die Gefahren und Komplikationen dieser Techniken [8, 10, 11, 23, 51, 59, 63, 87]. Der anfänglich hohe zeitliche operative Aufwand von sechs bis sieben Stunden konnte mittlerweile durch Erfahrung und den Einsatz spezieller Implantate deutlich reduziert werden. Die Angaben in aktuellen Studien wie auch unsere Daten liegen im Bereich von zweieinhalb bis vier Stunden. Ebenso konnte das Auftreten von Komplikationen deutlich gesenkt werden.

Die vorliegende Studie soll zeigen, inwieweit der Einsatz eines modernen winkelstabilen ventralen Plattensystems (Telefix, Synthes, Germany) zu einer Verbesserung des funktionellen und subjektiven Befindens der Patienten und zu einer Aufrechterhaltung des postoperativ erzielten Wirbelsäulenprofils beiträgt.

4.1 Messgrößen

Die in dieser Arbeit verwendeten Fragebögen bzw. Messgrößen entsprechen den in der Multi-centerstudie [61-63] der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie verwendeten und können somit als bewährte Parameter angesehen werden, die zudem gut mit den Ergebnissen anderer Arbeiten vergleichbar sind. Die Wertigkeit der wichtigsten Parameter (Röntgen-Messwerte und VAS-Fragebogen für subjektives Befinden) wird in Bezug auf die in dieser Studie erzielten Ergebnisse diskutiert.

4.2 Patientenkollektiv

Das Durchschnittsalter der 63 Patienten betrug zum Zeitpunkt der Operation 41 Jahre. Trotz der fünf Tumor-Patienten mit einem deutlich höheren Durchschnittsalter von 46 Jahren (vergleiche Durchschnitt von 55 Jahren bei Tumorpatienten in [83]) liegt unser Wert damit im Rahmen der bisher beobachteten Kollektive. Erste Studien aus den 90er Jahren zur Unter-

suchung ventraler operativer Verfahren geben Durchschnittswerte von 28-34 Jahre an [45, 52], aktuellere Daten liegen dagegen im Bereich von 39-42 Jahren [58, 85, 93]. Vergleichbar hierzu sind die Angaben der Studien, die allgemein operative (dorsale, ventrale und kombinierte Verfahren) untersuchen: Das Kollektiv von Gertzbein et al. aus dem Jahre 1992 [48] lag mit 32 Jahren deutlich unter den heute üblichen Werten von 34 bis 46 Jahren [62, 70, 90, 98]. Man könnte in dieser Entwicklung die zunehmende Sicherheit und reduzierte Morbidität operativer Verfahren sehen, die mittlerweile auch bei einem älteren Patientengut Anwendung finden.

Wie bei allen oben erwähnten Studien zeigt unser Kollektiv einen höheren Anteil männlicher (57%) Patienten. Die Angaben der Literatur liegen zwischen 58% und 73%.

4.3 Wirbelsäulenverletzungen

Als Unfallursache ist in vielen Studien der Sturz aus großer Höhe mit 50% bis 63% führend [58, 62, 66], als zweithäufigste Ursache werden Verkehrsunfälle angeführt. Umgekehrte Verhältnisse findet man bei Gertzbein et al. und Sasso et al. [48, 93]. Bei ersterem werden allerdings im Gegensatz zu unserer Studie unter „Verkehrsunfall“ neben den Kfz- auch Motorrad- und Fußgängerunfälle subsumiert, so dass auch hier im Grunde der Sturz aus der Höhe den größten Anteil ausmacht. In der zweiten erwähnten Studie werden lediglich Drei-Säulen-Verletzungen (Typ B und Typ C nach Magerl, s. u.) untersucht. Auch in unserer Studie war der Anteil der Kfz-Unfälle erheblich höher, wenn man nur die Gruppe der Typ B- und Typ C- Frakturen betrachtet.

Neben Unfällen wurden in unserer Studie auch Patienten erfasst, die aufgrund eines Tumoreleidens operiert wurden. Somit ist unser Kollektiv hinsichtlich der Art der Wirbelsäulenverletzungen nicht völlig homogen.

4.4 Lokalisation

Die von Magerl et al. beobachteten Häufigkeiten der unterschiedlichen Fraktur-Typen entspricht in etwa unseren Beobachtungen [74]. Da hier allerdings nur operativ versorgte Patienten untersucht wurden, ist der Anteil der A1-Verletzungen deutlich geringer.

Die Verteilung der Frakturen reicht von BWK 9 bis LWK 4. Grundsätzlich können mit der Telefix-Platte Wirbelkörperverletzungen von BWK 8 bis LWK 5 versorgt werden [104]. Am häufigsten war der Bereich des thorakolumbalen Übergangs betroffen. Dies wurde bereits in

zahlreichen Studien beschrieben, wobei der Anteil der Frakturen im Bereich von T11 bis L2 zwischen 60% und 88% angegeben wird [59, 62, 109].

Insgesamt ist unser Kollektiv in Bezug auf Alters- und Geschlechtsverteilung sowie Unfallmechanismus und Verletzungsmuster mit den Daten der Literatur vergleichbar.

4.5 Klassifikation

Die Frakturen der Unfallopfer wurden nach der von Magerl et al. 1994 veröffentlichten Klassifikation eingeteilt [74]. Diese liefert neben einer Beschreibung der Morphologie einer Fraktur auch Angaben zur funktionellen Stabilität und Wahrscheinlichkeit der neurologischen Integrität. Typ B- und C-Frakturen gelten als instabil, A1-Frakturen hingegen als stabil. Uneinigkeit über das Maß der Stabilität herrscht vor allem in Bezug auf die A2.3- (Kneifzangenbruch) und einige A3-Verletzungen.

Die Klassifikation hat sich in aktuellen Studien weitgehend durchgesetzt [59, 62, 66, 70, 93] und erlaubt somit scheinbar einen guten Vergleich der untersuchten Kollektive. Allerdings konnte mit der AO-Klassifikation bereits auf der Ebene der Fraktur-Typen nur eine moderate Reliabilität und Wiederholbarkeit gezeigt werden, und insbesondere die Frage nach der empfohlenen Therapie-Strategie wies deutliche Unterschiede auf [16]. Ein weiteres Manko ist der große Umfang, der zwar der möglichst vollständigen Aufführung aller Fraktur-Arten gerecht wird, für den klinischen Alltag allerdings recht unpraktikabel erscheint.

Andere Arbeiten verwenden bzw. beschreiben daher alternative Klassifikationssysteme.

McCormack et al. [81] konnten mit einer neuen Klassifikation („load-sharing classification“, LSC) Frakturen identifizieren, die bei kurzstreckiger Fusion vermehrt zu Implantatversagen führten und somit wahrscheinlich von einer Rekonstruktion der vorderen Säule profitiert hätten. Dieses Punktesystem berücksichtigt den Anteil des zerborstenen Wirbelkörpers, den Grad der Dislokation von Fragmenten bzw. den Anteil der Spinalkanaleinengung und die kyphotische Deformierung, also das Ausmaß der Zerstörung der vorderen Säule. In späteren Arbeiten konnte der Zusammenhang zwischen dem Score nach der LSC und der Instabilität von Wirbelkörperfrakturen sowie der guten Reliabilität dieser Methode nachgewiesen werden [29, 111]. Somit könnte diese einfach anwendbare Klassifikation ein hilfreiches Kriterium für oder gegen eine ventrale Rekonstruktion darstellen [3, 66, 98]. Mit neuen Klassifikationen, wie etwa dem TLISS und TLICS (Thoracolumbar Injury Severity Score bzw. Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score) [107, 108], wird anhand von relevanten Parametern

(Mechanismus bzw. Morphologie, neurologischer Status und Zustand des hinteren Bandapparates) ein Punktwert errechnet, der die Beurteilung der Fraktur und der damit zusammenhängenden Therapiewahl ermöglichen soll. Beide Klassifikationen wurden bereits auf Validität und Reliabilität geprüft. Inwieweit sie sich im klinischen Alltag als nützlich erweisen werden, bleibt abzuwarten [112].

Erste Studien zu ventralen Verfahren und auch noch aktuelle Arbeiten [7, 28], die sich mit der Frage der optimalen Therapiewahl bei Berstungsfrakturen beschäftigen, definieren ihre Kollektive häufig nach den Klassifikations- und Stabilitätskriterien von Holdsworth, Whitesides und Denis [37, 54, 113], so dass man bereits heute mit zahlreichen Klassifikationssystemen konfrontiert wird, was einen Vergleich verschiedener Studienergebnisse erschwert.

4.6 Telefix-Platte – Komplikationen und Lösungsansatz

In drei Fällen war die Platzierung der ventro-kaudalen Schraube der Telefix-Platte nicht möglich und in einem Fall musste eine Schraube aufgrund einer Fehlplatzierung wieder entfernt werden. Als Grund erkannte man Folgendes:

Vor der endgültigen Bestimmung der Plattenposition durch das Einsetzen der dorsalen Schrauben (s. Kapitel 2.4.1, Seite 7 ff.) wurde die Telefix-Platte zur Probe über die Kirschner-Drähte auf die Wirbelkörper aufgesetzt und die Lage der ventralen Schraubenlöcher unter Durchleuchtung kontrolliert. Dabei hatte allerdings die Platte mit ihren für die Kirschner-Drähte zu großen Schraubenlöchern zu viel Spiel, so dass in einigen Fällen eine von der endgültigen Lage der Platte (nach Platzierung der dorsalen Schrauben) abweichende Position simuliert wurde.

Nachdem dieses Problem erkannt worden war, wurde ein Einsatz für die dorsalen Schraubenlöcher entwickelt, dessen Öffnung gerade so groß ist, dass ein Kirschner-Draht hindurchpasst. Mit dieser Technik trat keine weitere derartige Komplikation mehr auf.

Ein Manko der Telefix-Platte ist zudem, dass die Reposition der Wirbelkörperverletzung sehr eingeschränkt ist. Der Vergleich der kombinierten gegenüber der rein ventralen Stabilisierung konnte allerdings in Bezug auf das radiologische Ergebnis der dritten Nachuntersuchung keinen Vorteil für das kombinierte Verfahren zeigen (s. Kapitel 4.8, Seite 57).

4.7 Neurologie

Die Ergebnisse vergleichbarer Studien in Bezug auf die neurologischen Erholungsraten entsprechen in etwa den hier vorgestellten Zahlen. Hier konnte in 60% aller Fälle mit neurologi-

schen Defiziten eine Verbesserung um mindestens eine Frankel-Stufe ermittelt werden, wobei sich 33% der kompletten und 71% der inkompletten Querschnitte verbessern konnten.

In der von Beisse vorgestellten Studie lagen die Erholungsraten mit 25% für komplette und 65% für inkomplette Querschnitte geringfügig unter unseren Ergebnissen, die Rate an neurologischen Begleitverletzungen und die damit evtl. verbundene Schwere der Verletzungen war in diesem Kollektiv allerdings deutlich höher [9]. Eine frühere Arbeit erreichte mit ventraler Stabilisierung eine Verbesserung in 33% der Fälle [11].

Der Zusammenhang zwischen Schwere der Wirbelsäulenverletzung und Häufigkeit neurologischer Defizite sowie das Vorliegen besserer Erholungsraten bei inkompletten gegenüber kompletten Querschnitten konnten bereits in zahlreichen Studien belegt werden [62, 70, 75, 85, 109]. Beides wird auch durch die vorliegende Studie eindrücklich gezeigt. Zudem geben unsere Ergebnisse einen Hinweis auf den Einfluss der Schwere der Wirbelsäulenverletzung und dem hier zugrundeliegenden Fraktur-Mechanismus in Bezug auf das Potential einer neurologischen Erholung. Eine Nervenverletzung durch Scherkräfte hat demnach eine geringere Chance auf Verbesserung als dies bei reiner Kompression der Fall ist. Dementsprechend konnten mit kombinierter bzw. rein ventraler Stabilisierung und ventraler Dekompression bei Kollektiven, bei denen vorwiegend Berstungsfrakturen vorlagen, deutlich bessere Ergebnisse (Verbesserung bei 91%, 95% und 100%) beobachtet werden [58, 82, 87]. Sasso et al. [93] konnten allerdings auch bei einem Kollektiv mit Typ B- und C-Frakturen und rein ventraler Rekonstruktion hervorragende Erholungsraten erzielen (91% der inkompletten und 75% der kompletten Querschnitte).

Ein weiterer Faktor für die neurologische Regeneration scheint nach unseren Ergebnissen die Lokalisation der Fraktur zu sein [75, 89]. Kostuik konnte zeigen, dass im Bereich der Cauda equina eine Einengung des Spinalkanals von bis zu 85% toleriert werden konnte, im Bereich des Rückenmarks dagegen schon eine Stenose von 20% zu neurologischen Ausfällen führen kann [67].

Einige Studien zeigen, dass sich die Neurologie nicht nur unmittelbar nach der Operation, sondern auch im zeitlichen Verlauf verbessern kann [62, 70]. Dies konnte mit unseren Daten nicht bestätigt werden. Auf die Ergebnisse der ersten Multicenter-Studie [61-63] (dorsale, ventrale und kombinierte Operationstechniken) soll im Folgenden kurz eingegangen werden: Die Betrachtung des neurologischen Zustands zwischen Aufnahme und Entlassung aus der stationären Behandlung bzw. zwischen Aufnahme und dritter Nachuntersuchung zeigt unterschiedliche Ergebnisse. Im ersten Fall wurde von Besserungsraten von 12% für komplette und von 32% für inkomplette Querschnitte berichtet, im zweiten Fall lagen die Zahlen dagegen im

Bereich von 43% bzw. 69%. Die hier scheinbar stattfindende Verbesserung im Zeitraum zwischen Entlassung aus der stationären Behandlung und der dritten Nachuntersuchung ist allerdings durch den großen Unterschied der Kollektivgröße (675 Patienten bei Entlassung und 371 Patienten bei der Nachuntersuchung, 55% des ersten Kollektivs) und dem ungleichen Anteil an kompletten Querschnitten (5% und 1,9%) in Frage zu stellen.

Interessanterweise konnten auch in Studien mit rein konservativer Therapie gute Ergebnisse in Bezug auf das neurologische Endergebnis erzielt werden. In einer sehr frühen Studie konnte Magnus [76] in 36% aller Fälle (27% bei komplettem und 38% bei inkomplettem Querschnitt) eine Verbesserung der neurologischen Defizite vermerken, allerdings erfolgte hier die Einteilung nicht nach dem Frankel-Score und somit ist auch der Grad der Verbesserung nicht vergleichbar. Im Gegensatz zu späteren Studien wurde hier nicht nur ein ausgewähltes Klientel (beispielsweise stabile Frakturen ohne Neurologie), sondern alle auftretenden Wirbelsäulenverletzungen erfasst. In einer aktuelleren Arbeit [89] zur konservativen Therapie wurden ebenfalls Patienten mit neurologischen Defiziten erfasst – Patienten mit einem Frankel A-Score oder einer Typ C-Fraktur traten jedoch nicht auf – bei denen sich im Verlauf 100% der inkompletten Querschnitte um mindestens eine Frankel-Stufe erholen konnten. In keinem Fall wurde in diesen Studien von einer Verschlimmerung oder von einem Neuauftreten einer Neurologie berichtet. Dagegen zeigte eine Arbeit von Denis (Vergleich operative vs. konservative Therapie bei Berstungsfrakturen) bei einem erheblichen Anteil (17%) der konservativ versorgten Patienten eine Verschlechterung des neurologischen Status [38]. Der Anteil an Frauen und das Durchschnittsalter lagen bei diesen Fällen über denen des Gesamtkollektivs. Zahlreiche Studien zum Thema Berstungsfraktur sprechen jedoch gegen diese Befürchtung [2, 3, 24, 116]. Zudem sind auch Einzelfälle der neurologischen Verschlechterung nach operativer Stabilisierung bekannt [62]. Für konservative Therapieansätze bei Berstungsfrakturen sprechen zudem Arbeiten über Umbauvorgänge („remodelling“) innerhalb des Spinalkanals nach partieller Obstruktion durch Frakturfragmente. Hier konnte gezeigt werden, dass sich der Grad der Stenose innerhalb von etwa 12 Monaten unabhängig von dem gewählten Therapieverfahren signifikant verbessert. Es traten weder eine fortschreitende Stenosierung, noch eine Zunahme der neurologischen Symptome auf. Die Abnahme der Spinalkanaleinengung korrelierte mit der initialen Einengung, nicht jedoch mit der Lokalisation der Fraktur oder dem initialen neurologischen Status nach Frankel. Ein höheres Alter hatte einen negativen Einfluss auf den Grad des Remodellings [27, 35, 118].

Im Gegensatz zu diesen langsamen Umbauvorgängen ist durch die ventrale Dekompression eine sichere, vollständige und rasche Entfernung von Fragmenten aus dem Spinalkanal gewährleistet.

Nach einer Übersichtsarbeit von Rutgers et al. [92] kann allerdings bisher keine klare Aussage darüber gemacht werden, ob eine frühzeitige Dekompression mit besseren neurologischen Ergebnissen assoziiert ist. Zudem besteht bisher keine Einigkeit darüber, was als „früh“ angesehen werden soll (8, 24 und 72 Stunden). Kostuik et al. [67] konnten zwar tendenziell für frühzeitig (unter sechs Stunden) operierte Patienten bessere Erholungsraten feststellen, die Fallzahlen waren allerdings für eine Prüfung der Signifikanz zu gering. Dagegen erzielte Kaneda [58] mit ventraler Dekompression und Stabilisierung bei einem Kollektiv, das zum Großteil mit einem zeitlichen Abstand von mindestens 48 Stunden operiert wurde, hervorragende Ergebnisse (Erholungsrate von 95% bei Berstungsbrüchen).

Patienten unseres Kollektivs mit neurologischen Ausfällen wurden zwar im Durchschnitt nach einem Tag operativ versorgt. In vielen Fällen erfolgte jedoch primär eine dorsale Stabilisierung (meist zweizeitiges Vorgehen), so dass in unserer Arbeit nicht von einer vollständigen Dekompression des Spinalkanals innerhalb eines Tages ausgegangen werden kann.

Für den Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule konnte Kaneda [58] zudem keinen Zusammenhang zwischen der kyphotischen Deformierung der Wirbelsäule bzw. der Spinalkanaleinengung und dem initialen neurologischen Status sowie der Erholungsrate zeigen. Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass nicht der Zustand nach partieller Reposition von Wirbelsäulentteilen ausschlaggebend ist, sondern vielmehr die einwirkende Energie zum Zeitpunkt des Traumas entscheidend für das Auftreten von neurologischen Schäden ist. Wahrscheinlich ist die Stenose des Spinalkanals zum Zeitpunkt des Traumas deutlich größer als die auf den posttraumatisch angefertigten Röntgenbildern zu sehende Einengung [30]. Im Vergleich zur dorsalen Stabilisierung konnte für die ventralen und kombiniert dorso-ventralen Verfahren bei Berstungsfrakturen zwar eine vollständigere Enttrümmerung des Spinalkanals belegt werden, ein signifikanter Vorteil in Bezug auf das neurologische Ergebnis konnte jedoch nicht bewiesen werden [7, 30, 45, 66].

Insgesamt zeigt sich, dass das neurologische Endergebnis durch zahlreiche Faktoren beeinflusst wird und signifikante Ergebnisse in Bezug auf unterschiedliche Behandlungsstrategien nur mit sehr großen Fallzahlen (nach einer Schätzung von Korovesis etwa 1000 Patienten) zu erlangen sind, die meisten Studien jedoch mit kleinen Fallzahlen und niedrigen Anteilen an neurologischen Begleitverletzungen arbeiten. Insbesondere die Anzahl der kompletten Querschnitte liegt in den meisten Studien unter zehn, so dass eine Aussage generell in Frage zu

stellen ist. Deutlich wird dies an einer Literaturzusammenstellung, die eine Erholungsrate bei kompletten Querschnitten nach operativer Therapie mit 0-100% angibt [62]. Es wäre auch interessant zu wissen, wie hoch der Anteil der Patienten ist, bei denen die Möglichkeit einer neurologischen Regeneration überhaupt gegeben ist, und wie das Ergebnis dieser Untergruppe durch ein operatives Verfahren beeinflusst wird. Methoden der Elektrophysiologie (somatosensible, SSEP und motorisch evozierte Potentiale, MEP) könnten hierbei, wie auch bei der Diagnosestellung, hilfreich sein. Die Diagnosestellung kann nämlich durch Begleitverletzungen (insbesondere mit Störung des Bewusstseins), durch starke Schmerzen oder durch einen spinalen Schock erheblich beeinträchtigt sein [26, 62, 100, 113].

Die Frage nach dem optimalen Therapieverfahren für ein bestmögliches neurologisches Ergebnis bleibt somit offen. Unbestrittene Vorteile einer frühzeitigen Stabilisierung sind allerdings die Möglichkeit der Mobilisation, die Vermeidung von neuen bzw. fortschreitenden neurologischen Schäden und die Minimierung von Komplikationen [84, 92, 96].

Eine Verschlechterung des neurologischen Zustands, etwa durch Komplikationen bei der Implantation der Telefix-Platte oder durch mangelnde Stabilität der Platte, trat in keinem Fall auf. Somit kann die ventrale Stabilisierung von Wirbelsäulenverletzungen mit der Telefix-Platte als sicheres und effektives Verfahren angesehen werden.

4.8 Radiologische Ergebnisse

Neben der Sicherung der neurologischen Strukturen ist die Wiederherstellung und dauerhafte Erhaltung einer stabilen und möglichst physiologischen Wirbelsäulenstruktur Hauptziel der Behandlung von Wirbelsäulenfrakturen. Dieses Ziel konnte mit konservativer Therapie und rein dorsaler Stabilisierung nicht vollständig erreicht werden (s. Einleitung). Es stellt sich nun die Frage, welche Werte als physiologisch bzw. erstrebenswert gelten und was unter einem nicht akzeptablen Korrekturverlust verstanden wird.

Untersuchungen an gesunden Probanden zeigten große interindividuelle Unterschiede bezüglich des sagittalen Wirbelsäulenprofils, so dass es nicht sinnvoll erscheint, hier von Normwerten zu sprechen [13, 55, 117]. Für die thorakale Kyphose wird beispielsweise eine Standardabweichung von ca. 10° angegeben. Trotzdem konnte eine Studie [110] anhand von 300 gesunden Probanden Mittelwerte für die bisegmentalen GDWs (im Stehen gemessen) mit einem 95%-Konfidenzintervall kleiner 2° angeben. Das Konfidenzintervall gibt den Bereich an, in dem mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit (hier 95%) der tatsächliche Mittelwert

der Gesamtpopulation liegt. Daher können zwar keine Einzelwerte, wohl aber Mittelwerte großer Populationen mit den Referenzwerten verglichen werden.

Anhand folgender Grafik zeigt sich, dass die Mittelwerte der bisegmentalen GDWs der dritten Nachuntersuchung unseres Kollektivs, aufgeteilt nach der Lokalisation des Wirbelsäulenbruchs, sich deutlich (im Mittel um 10°) von den Mittelwerten einer gesunden Population im Sinne einer verstärkten kyphotischen Krümmung unterscheiden. Die Ergebnisse von Lange et al. [70] nach kombiniert dorso-ventraler bzw. rein ventraler Stabilisierung (Cage mit Wolter-Plattenfixateur) mit einem expandierbaren Cage und Fixateur interne mit Querstabilisator lagen dagegen bei der Nachuntersuchung im Bereich der hier angegebenen Norm-Mittelwerte. Die gemessenen Verluste nach Reposition lagen hier zwischen 1° und 4° . Ein Nachteil dieser nach Lokalisation aufgeteilten Darstellung sind jedoch die geringen Fallzahlen, so dass sich hierfür im Grunde nur die am häufigsten betroffenen Wirbelkörper (T12 bis L2) eignen.

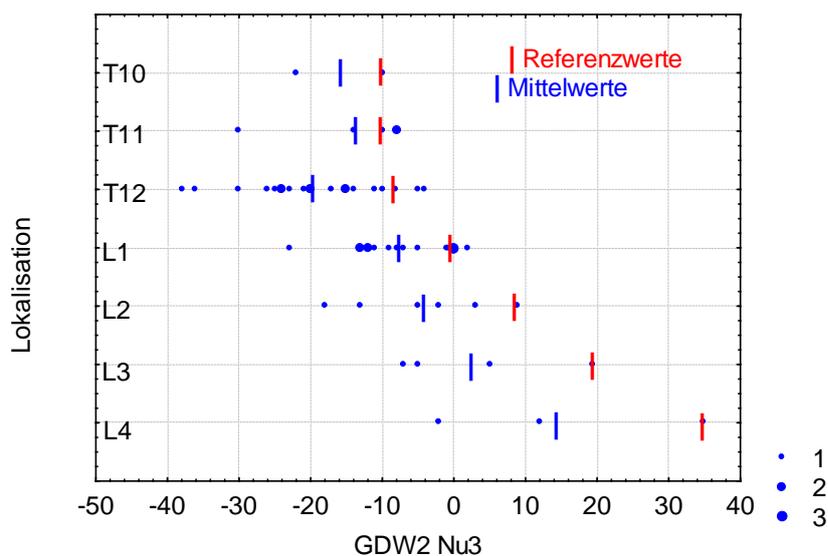


Abb. 53: Darstellung der GDW2-Mittelwerte der dritten Nachuntersuchung aufgeteilt nach Lokalisation im Vergleich mit Referenz-Mittelwerten aus der Literatur [110].

Deutlich erkennt man, dass im Mittel die Wirbelsäulen unseres Kollektivs eine stärkere kyphotische Krümmung als die der Normalbevölkerung aufweisen.

Für die Beurteilung einer Operationstechnik werden häufig nicht die absoluten Endwerte, sondern vielmehr die durch die Operation erzielte Korrektur und der im Verlauf auftretende Korrekturverlust betrachtet.

Spätergebnisse nach dorsaler Instrumentierung mittels Fixateur interne bei vergleichbaren Kollektiven zeigten zwar primär gute Repositionsergebnisse (16° und $18,6^\circ$), konnten diese allerdings im Verlauf nur teilweise aufrecht halten (Verlust von 10° und 12°) [60, 90]. Der erzielte Gewinn lag bei ca. 6° (38% und 29% der ursprünglichen Korrektur). Ein Großteil des hier beobachteten Verlustes wurde auf Sinterung im Bereich der Bandscheiben zurückgeführt. Bertram et al. sahen ebenfalls in der Entfernung und dem Ersatz der Bandscheiben den entscheidenden Vorteil der ventralen Operationstechnik [14]. Arbeiten aus den 90er Jahren konn-

ten allerdings zunächst keinen Vorteil der ventralen bzw. kombinierten Rekonstruktion gegenüber dem dorsalen Verfahren zeigen [7, 33, 45], was eventuell auf die Verwendung noch nicht ausgereifter Stabsysteme zurückzuführen ist (Kostuik-Harrington-System, Slot-Zielke 1-Stab-System, aber auch Kaneda-Stab-System und Z-Platte). Hier konnte zwar gezeigt werden, dass der Verlust nach dorsaler Reposition signifikant größer als nach kombinierter Stabilisierung war, die Endwerte sich hingegen kaum voneinander unterschieden. Als mögliche Ursache hierfür wurde eine Überkorrektur durch die dorsalen Instrumente diskutiert.

Mit neueren Systemen (Kaneda und Ventrofix) konnten Wilke und andere Autoren in biomechanischen Studien die Überlegenheit der kombinierten Stabilisierung mittels verschiedener Implantate gegenüber der rein dorsalen oder rein ventralen Stabilisierung zeigen [12, 88, 114]. Eine zusätzliche Sicherung der Stabilität in Bezug auf Rotation mit einem Querstabilisator konnte ebenfalls belegt werden [5]. Aktuelle Studien zu kombinierten, aber auch zu rein ventralen Verfahren unterstreichen mit extrem niedrigen Korrekturverlusten von 1° bis 2° diese Ergebnisse [21, 50, 66, 82, 93]. In diesen Studien kamen unterschiedliche Kombinationen von Wirbelkörperersatz (Knochenmaterial bzw. Titan-Cage), ventralen Platten- bzw. Stabsystemen und Fixateur interne zur Anwendung. Mit einem mittleren Korrekturverlust von 5° lagen unsere Ergebnisse wider Erwarten deutlich über den hier angegebenen Zahlen (vgl. auch Studie von Kandziora et al. [56]).

Unterschiedliche Konventionen zu den Winkelmessungen können hierfür kein Grund sein, da nur Studien zum Vergleich herangezogen wurden, die auf die gleiche Weise ihre Messergebnisse erhoben haben. (Einige Arbeiten [14, 42, 53] wurden daher vom Vergleich ausgeschlossen.) Zudem konnte anhand einer Studie und anhand eigener Auswertungen eine gute Intra- und Interobserver-Reliabilität der Messmethode nach Cobb nachgewiesen werden [44]. Erhebliche Unterschiede der Messergebnisse (5°) eines Patienten, bei dem innerhalb kurzer Zeit Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule im Liegen und im Stehen gemacht wurden, und Hinweise aus der Literatur [117] deuten darauf hin, dass eventuell die Lage des Patienten bei der postoperativen Röntgenkontrolle einen entscheidenden Einfluss auf das Gesamtergebnis haben könnte.

Bei insgesamt 30 der 49 untersuchten Patienten konnte anhand der Röntgenbilder der postoperativen Kontrolle festgestellt werden, welche Wirbelsäulen hierbei im Liegen ($n = 10$) bzw. im Stehen ($n = 20$) aufgenommen wurden. Vergleicht man diese beiden Gruppen miteinander, erkennt man, dass bei den Patienten, bei denen die postoperative Aufnahme im Stehen gemacht wurde, sowohl der Gewinn durch die Operation, als auch der postoperative

Verlust im Verlauf deutlich geringer ausfällt (je ca. 3° gegenüber ca. 8°) als bei der Gruppe, bei der die Bilder im Liegen aufgenommen wurden (s. Abbildung 54). Vergleicht man dagegen die Gruppen unter der Annahme, dass ein Stellungswechsel mit einer Änderung von ca. 5° einhergeht (Differenz zwischen den Aufnahmen in liegender und stehender Position), zeigen die Verläufe der beiden Gruppen einen annähernd identischen Verlauf (s. Abbildung 55; hier wurden für die Stehend-Aufnahmen 5° addiert, um sie so mit den Liegend-Aufnahmen vergleichbar zu machen). Die Differenz der Mittelwerte zwischen der postoperativen und der dritten Nachuntersuchung dieser 30 Patienten entspricht mit ca. 5° dem Mittelwert des Gesamtkollektivs. Dies unterstützt die Annahme, dass im Gesamtkollektiv die Verteilung der Röntgenaufnahmen bezüglich der Position in etwa der Verteilung der Untergruppe der 30 Patienten entspricht. Man könnte daher davon ausgehen, dass der tatsächliche Korrekturverlust nicht 5°, sondern nur 3° beträgt. Somit könnte man auch von einem deutlichen Gewinn (5°) zwischen den End- und Ausgangswerten sprechen.

In der Literatur werden kaum Angaben über die Position der Patienten bei den einzelnen Röntgenuntersuchungen gemacht. Allerdings ist aufgrund der Verletzung anzunehmen, dass in allen Arbeiten die präoperativen Aufnahmen im Liegen gemacht wurden. Unklarheit herrscht dagegen in Bezug auf die Position bei den Nachuntersuchungen. Sollte sich in zukünftigen Studien dieser eindeutige Unterschied zwischen Liegend- und Stehend-Aufnahmen bei Patienten mit Wirbelsäulenfrakturen bestätigen, wäre neben einer Beschreibung der Messtechnik auch eine genaue Dokumentation der Position des Patienten während der Röntgenaufnahmen zu fordern.

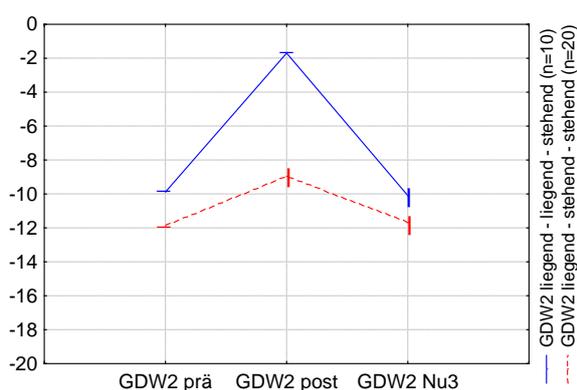


Abb. 54: GDW2-Mittelwerte aufgeteilt nach der Position (liegend/stehend) bei der postoperativen Röntgenkontrolle.

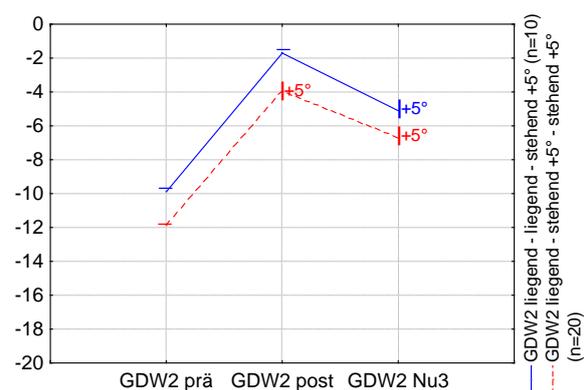


Abb. 55: Theoretischer Verlauf der GDW2-Mittelwerte unter Annahme eines Korrekturverlustes von 5° durch die stehende Position.

Diese Aussage wird allerdings durch den unterschiedlichen Anteil an neurologischen Begleitverletzungen zwischen den Gruppen (5% bei der im Stehen und 20% bei der im Liegen auf-

genommenen Gruppe) sowie dem höheren Anteil an Typ B- und Typ C-Frakturen bei den liegenden Patienten (40% gegenüber 20%) eingeschränkt, da eventuell auch diese Faktoren einen Einfluss auf das Ausmaß von Gewinn und Verlust haben könnten. Die Aussage bezüglich des absoluten Gewinns (nämlich, dass kaum ein Unterschied zwischen den GDW2 präoperativ und den GDW2 zum Zeitpunkt der dritten Nachuntersuchung besteht) ist hier jedoch in beiden Fällen (blaue und rote Kurve in Abbildung 54) mit der Aussage der Untersuchung aller Patienten, die bis zur dritten Nachuntersuchung erfasst werden konnten, vergleichbar.

Ein weiterer Erklärungsversuch für unterschiedlich hohe Korrekturverluste zwischen unterschiedlichen Studien ist der mögliche Zusammenhang zwischen Korrektur und Verlust [50, 61]. Dies konnten wir allerdings weder für unser Gesamtkollektiv, noch für die Untergruppe der Patienten, die bei der postoperativen Röntgenkontrolle standen, nachweisen (Korrelationskoeffizient $-0,194$ und $-0,157$).

Die Ergebnisse der Multicenter-Studie der AG-WS [61-63] wie auch Literaturübersichtsarbeiten verzeichneten auch bei kombinierten Verfahren deutlich mehr Korrekturverlust, als es bei den oben erwähnten Arbeiten der Fall war [28, 61, 109]. So konnte zwar mit der Multicenter-Studie gezeigt werden, dass nur mit dem kombinierten Verfahren ein signifikanter Korrekturgewinn, gemessen an dem bisegmentalen GDW, erzielt werden konnte; der Korrekturverlust lag allerdings für dieses Verfahren mit 8° sogar über unseren 5° und unterschied sich nicht deutlich von dem Korrekturverlust von 10° , der bei der dorsalen Gruppe gemessen wurde. Insgesamt wurde mit allen drei Verfahren – rein dorsal, rein ventral und kombiniert – eine deutliche Korrektur erreicht, die aber von keinem Verfahren vollständig aufrecht gehalten werden konnte. Auch Verlaan et al. [109] konnten mittels Literaturrecherche Unterschiede im mittleren Verlust von $3,1^\circ$ bis $8,6^\circ$ der einzelnen Operationstechniken sehen. Die Endwerte zur dritten Nachuntersuchung zeigten dagegen kaum noch Unterschiede (Werte zwischen $8,7^\circ$ und $10,8^\circ$ Kyphose). Auch die Werte der bisegmental gemessenen GDWs (Kyphose) unseres Kollektivs liegen mit -12° bei der dritten Nachuntersuchung etwa in diesem Bereich. Für Berstungsfrakturen empfiehlt Dai angesichts des größeren operativen Aufwands daher eher eine rein dorsale Stabilisierung [28]. Evidenzbasierte Daten bezüglich der optimalen Therapie der Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule liegen allerdings derzeit nicht vor.

Neben den Endwerten und den Angaben zu Korrektur und Korrekturverlust wurden in der vorliegenden Studie auch die Verläufe der Winkel betrachtet. Im Vergleich der monosegmental mit den bisegmental versorgten Patienten zeigte sich tendenziell ein geringerer Verlust bei den bisegmental überbrückten Frakturen. Eine statistische Auswertung war aufgrund der geringen Anzahl an vollständigen Daten der monosegmental versorgten Patienten jedoch

nicht möglich. Lange et al. [70] konnten zwar einen signifikant geringeren Verlust der bisegmental gegenüber den monosegmental versorgten Frakturen nachweisen, der Unterschied war jedoch minimal (1° gegenüber $1,8^\circ$). Mögliche Erklärungen könnten zum einen sein, dass degenerative Umbauvorgänge, wie sie für beschädigte Bandscheiben beschrieben wurden [106], nicht nur in direkt betroffenen, sondern in beiden dem Wirbelkörper angrenzenden Bandscheiben ablaufen [72]. Der Vergleich der mono- mit den bisegmentalen Winkeln bei monosegmental versorgten Frakturen scheint dies zu bestätigen: Während die monosegmentalen Winkel nach der ersten Nachuntersuchung (drei bis sechs Monate) relativ konstant bleiben, ist bei den bisegmentalen Winkeln bis zur dritten Nachuntersuchung kontinuierlich ein Verlust zu beobachten. Das bedeutet, dass die kaudale, unverletzte Bandscheibe und der darunter liegende Wirbelkörper auch zu dem anhand der bisegmentalen GDWs gemessenen Korrekturverlust beitragen.

Eventuell spielen auch unterschiedliche Implantate (nicht expandierbarer Synmesh-Cage für monosegmentale und expandierbarer Synex-Cage für bisegmentale Überbrückung) durch unterschiedliche mechanische Eigenschaften hier eine Rolle. Die Arbeiten von Knop und Dvorak konnten zeigen, dass es bei Verwendung von Maschen-Zylindern (vgl. Synmesh-Cage) zu einem erheblichen Einsinken des Cages in die angrenzenden Wirbelkörperendplatten kommen kann [42, 64]. Hinsichtlich der biomechanischen Stabilität konnten allerdings keine Unterschiede zwischen expandierbaren und nicht expandierbaren Cages festgestellt werden [56, 88].

Vielleicht haben auch die Abstützung des Cages und die Verankerung der Platte im beschädigten Wirbelkörper einen Einfluss auf die Stabilität des überbrückten Wirbelsäulenabschnitts. Alle Komplikationen hinsichtlich der Telefix-Platte (Fehlplatzierung, Dislokation oder Durchschneiden einer Schraube) wurden bei monosegmentaler Überbrückung im Bereich des geschädigten Wirbelkörpers gesehen. Das Problem des Durchschneidens („cut-off“) der Telefix-Schrauben durch die Deckplatte könnte aber auch auf die winkelstabile Fixierung der Platte zurückzuführen sein [40]. Nachteil einer bisegmentalen Überbrückung ist die Versteifung von zwei gegenüber einem Bewegungssegment.

In unserem Kollektiv konnte mit kombinierter Stabilisierung bei Berstungsfrakturen kein besseres Ergebnis als mit rein ventraler Operation erzielt werden, auch wenn die Korrektur der Fehlstellung zunächst durch das kombinierte Verfahren ausgeprägter war. Eine rein ventrale Stabilisierung mit Titan-Cage und winkelstabiler Patte ist somit nach unseren Ergebnissen bei Berstungsfrakturen mit erhaltener Rotationsstabilität durchaus möglich [82]. In der Literatur

werden sogar gute Ergebnisse nach rein ventraler Rekonstruktion und Stabilisierung bei Drei-Säulen-Verletzungen beschrieben [93].

Die große Bedeutung, die den GDW-Werten beigemessen wird, kann auf die Beobachtung früherer Studien zurückgeführt werden, die einen Zusammenhang zwischen Kyphose und Rückenschmerzen sahen [48, 113]. Aktuelle Studien wie auch unsere Arbeit konnten diesen Zusammenhang jedoch nicht bestätigen [7, 14, 20, 21, 61, 66, 85, 89, 97, 98]. Diese Tatsache stellt die propagierte bessere Korrektur der kyphotischen Fehlstellung durch kombinierte Verfahren in Frage. Über Langzeitfolgen und eventuell erst später auftretende Komplikationen [100] kann aufgrund mangelnder Daten bisher keine Aussage über die Überlegenheit der dorso-ventralen Stabilisierung gemacht werden.

Angaben zu Fehlstellungen in der Frontalebene (Skoliosewinkel und Seitverschiebung) fehlen größtenteils in der Literatur. Knop et al. [61] sahen bei den rein ventral behandelten Patienten eine größere Neigung zu skoliotischen Fehlstellungen als dies bei dorsal stabilisierten Patienten der Fall war. Dies wurde auf die asymmetrische Form des Knochentransplantates und die einseitig laterale Position der ventralen Platte zurückgeführt. Als erwähnenswert wurde hier eine Abweichung in der Frontalebene von mehr als 5° angesehen (10% für dorsale, 20% für kombinierte und 38% für rein ventrale Stabilisierung). Obwohl bei unserem Kollektiv in allen Fällen der Wirbelkörperdefekt mit einem Titan-Cage überbrückt wurde, hatten auch hier 16% der Patienten eine skoliotische Fehlstellung von über 5°, wobei die linkskonvexe Skoliose häufiger vorkam (sechsmal gegenüber zweimal rechtskonvexe Skoliose). Dies könnte – zumindest bei rein ventraler Versorgung – auf die linksseitige Lage der ventralen Platte zurückzuführen sein.

Ein weiterer wichtiger Parameter zur Beurteilung des Operations-Erfolges ist die knöchernen Fusion zwischen den Wirbelkörpern im Bereich der Fraktur. Allerdings gibt es bisher keine allgemein gültigen Kriterien zur Beurteilung einer knöchernen Fusion, so dass auch in dieser Arbeit der Grad der knöchernen Durchbauung von der Einschätzung des jeweiligen Untersuchers abhing. Görler [50] beschreibt in seiner Dissertation die knöchernen Fusionsrate nach kombinierter dorso-ventraler Stabilisierung (Titan-Cage, Fixateur interne und Spongiosa) mittels vier selbst definierter Kategorien. Im Vergleich mit den in der Literatur angegebenen Fusionsraten von 77%-100% [50] nach kombinierten Operationsverfahren fiel die bei Görler angegebene Fusionsrate mit 57% (ca. 44 Monate postoperativ) deutlich geringer aus. Als negative Einflussfaktoren konnten die Schwere der Wirbelsäulenverletzung und das Alter der Patienten identifiziert werden. Bei Patienten, die zusätzlich mittels ventraler Platte stabilisiert wurden, konnte eine höhere Rate der knöchernen Fusion festgestellt werden, als bei Patienten,

die nur mittels Cage und Fixateur interne versorgt worden waren [50]. Unser Kollektiv zeigt nur in 44% der Fälle eine „sichere“ knöcherne Durchbauung. Dies könnte eventuell durch die unterschiedlichen Untersuchungszeiträume begründet sein (20 Monate bei uns gegenüber 44 Monaten bei Görler). Zudem wurden 22% der Fälle als „unklar“ eingestuft.

Der Vergleich der in dieser Arbeit am häufigsten verwendeten Knochenersatzmaterialien zeigt eine höhere Fusionsrate bei Patienten, die mit Ostim versorgt wurden, als bei den Fällen, bei denen Spongiosa verwendet wurde. Inwieweit dieses Ergebnis von anderen Faktoren beeinflusst wurde und von der Beurteilung des jeweiligen Untersuchers abhängt, wurde allerdings nicht untersucht.

4.9 Subjektives Befinden und funktionelle Ergebnisse

Dem subjektiven Befinden der Patienten wurde lange Zeit wenig Beachtung geschenkt. Das „outcome“ wurde häufig nur durch die Neurologie, das Ausmaß postoperativer Schmerzen oder die berufliche Reintegration beschrieben. Danisa und Kollegen konnten in Bezug auf diese Parameter für Berstungsfrakturen keine signifikanten Unterschiede zwischen kombinierter, rein ventraler und rein dorsaler Operation finden [7, 33]. Bombardier et al. [18] forderten dagegen, dass zur Erfassung des funktionellen Ergebnisses mindestens fünf Faktoren erfasst würden: Rückenfunktion, allgemeiner Gesundheitsstatus, Schmerzen, Einschränkung der Arbeitsfähigkeit und Zufriedenheit des Patienten.

Aktuelle Studien verwenden standardisierte Fragebögen, z. B. den SF-36 [20, 21, 66], den Hannover-Wirbelsäulenscore [60, 61, 90] und den VAS-Wirbelsäulen-Fragebogen [65, 70, 98]. Für den in unserer Studie verwendeten VAS-Wirbelsäulenscore wurde eine gute Reliabilität und Validität belegt [65]. Hiermit wird das subjektive Befinden der Patienten bezüglich der Rückenfunktion und der Rückenschmerzen (Ausmaß und Häufigkeit) erfasst. In einigen Fällen hatten Patienten unseres Kollektivs erhebliche Schwierigkeiten mit der abstrakten Beantwortung der Fragen, so dass in einem Fall statt einer eindeutigen Markierung ein größerer Bereich der Skala gekennzeichnet wurde und ein anderer Patient die Fragen mit Text beantwortete. Auch schien in manchen Fällen eine genaue Differenzierung zwischen unfallbedingten Rückenschmerzen und anderen Ursachen für eine eingeschränkte Beweglichkeit oder für Schmerzen schwer zu fallen. Fragen, die sich auf eine Tätigkeit bezogen, die nicht mehr ausgeführt werden konnte (beispielsweise Stehen bei komplettem Querschnitt), wurden bei der Auswertung nicht berücksichtigt. Dies führte bei einem Patienten mit einem kompletten Querschnitt zu einem erstaunlich hohen VAS-Wert von 95. Hier wird deutlich, dass in

Fällen mit neurologischen Ausfällen der VAS-Wert nur noch eine Antwort auf die Frage des Schmerzniveaus, nicht jedoch auf die Rückenfunktion liefern kann. Die Einschätzung der Rückenfunktion („4“, invalidisierend) und der VAS-Wert waren dementsprechend in diesem Fall extrem gegensätzlich. Insgesamt konnte aber ein signifikanter Zusammenhang für die VAS-Werte und die Einschätzung der Rückenfunktion gezeigt werden.

Für einen direkten Vergleich unserer Werte konnten zwei Arbeiten gefunden werden [65, 70]. Beide Studien untersuchten das subjektive Befinden nach kombinierter dorso-ventraler Stabilisierung (Fixateur interne mit Knochentransplantat bzw. Titan-Cage). Ausgangswerte (90 und 87) und Endwerte (66 und 65) des VAS-Wirbelsäulenscores entsprechen in etwa unseren Ergebnissen (VAS-Wert bei der Nachuntersuchung: 71). Dementsprechend konnte hier ebenfalls gezeigt werden, dass nach einem Beobachtungszeitraum von ca. 20 Monaten gegenüber dem Zustand vor der Wirbelkörperschädigung ein signifikant schlechteres Ergebnis verzeichnet werden musste. Eine deutliche Verbesserung im Verlauf konnte mit unseren Werten nicht bestätigt werden. Allerdings lag der Anteil derjenigen, die sich eindeutig dem negativen Bereich zugeordnet hatten, mit 8% deutlich unter dem Anteil derjenigen, die ihre Situation positiv bewerteten (55%).

Auch mit anderen Fragebögen konnte eine deutliche Einschränkung des subjektiven Befindens nach kombinierter Stabilisierung festgestellt werden [21, 61]. Die Autoren der Multicenterstudie der AG-WS [61-63] vermuteten, dass Schmerzen an der Entnahmestelle für das Knochentransplantat (Beckenkamm) erheblich zum subjektiven Allgemeinbefinden beitragen könnten. Die Bedeutung der Morbidität am Beckenkamm konnte bereits in zahlreichen Studien belegt werden [94]. Die Verwendung von Titan-Cages bei unserem Kollektiv, durch die größtenteils auf die Entnahme größerer Beckenkammspäne verzichtet werden konnte, konnte jedoch eine deutliche Reduktion des subjektiven Befindens nicht verhindern.

Eine interessante Untersuchung zu diesem Thema stammt von Delawi et al. [36]: Hier konnte gezeigt werden, dass Patienten, die Frakturen im unteren Bereich der LWS aufwiesen, signifikant häufiger Schmerzen im Bereich des Beckenkamms nach Knochenentnahme angaben als Patienten, deren Frakturen im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule lagen. Die Autoren zogen aus dieser Studie den Schluss, dass Patienten mit Frakturen im unteren Bereich der LWS nicht klar zwischen Schmerzen von Seiten der Fraktur und Schmerzen von Seiten des Beckenkamms differenzieren können.

Unter Berücksichtigung der Unterschiede zwischen den Kollektiven konnten für die Multicenterstudie der AG-WS [61-63] keine signifikanten Unterschiede zwischen Beschwerden und Rückenfunktion in den Behandlungsgruppen gezeigt werden [61]. Zudem konnten Stu-

dien mit rein dorsaler Stabilisierung und vergleichbaren Kollektiven ähnliche Ergebnisse liefern [60, 90]. In Bezug auf Berstungsfrakturen gibt es derzeit sogar Studien, die hinsichtlich des subjektiven Befindens keinen klaren Vorteil einer Operation gegenüber konservativen Methoden belegen konnten [97, 105, 116]. Dagegen konnten Siebenga et al. [98] in einer prospektiven, randomisierten Studie für komplette Berstungsfrakturen (A3.3-Frakturen nach Magerl) signifikante Vorteile der dorsalen Stabilisierung gegenüber der konservativen Therapie hinsichtlich des funktionellen Ergebnisses und des subjektiven Befindens belegen (VAS-Werte von 81 für operierte Gruppe gegenüber 61 für konservativ behandelte Patienten). Diese Ergebnisse werden durch die Arbeit von Reinhold und Kollegen unterstrichen (VAS-Wert von 58 nach konservativer Therapie) [89]. Ein Vorteil der kombinierten Operationsmethode gegenüber der rein dorsalen Stabilisierung konnte allerdings auch für Berstungsfrakturen (A3-Frakturen nach Magerl) nicht gefunden werden [20].

Auf die Frage nach Faktoren, die das subjektive Befinden deutlich beeinflussen, konnte bisher nur die psychische Verfassung der Patienten identifiziert werden [21, 89]. Hier stellt sich jedoch die Frage, inwiefern Rückenschmerzen und Einschränkungen in der Rückenbeweglichkeit nicht auch die Psyche beeinflussen.

Unsere Arbeit konnte zudem zeigen, dass die körperliche Belastung im Beruf eine deutliche Auswirkung auf das subjektive Allgemeinbefinden der Patienten hat. Die Art des Berufes (körperliche Arbeit oder sitzende Tätigkeit) hatte auch einen entscheidenden Einfluss, ob Patienten ihren ursprünglichen Beruf ohne Einschränkungen ausführen konnten oder Probleme mit ihrer ursprünglichen Tätigkeit hatten. Eine Auswirkung auf die Reintegration ins Berufsleben konnte jedoch nicht bewiesen werden.

In anderen Studien konnte bereits beobachtet werden, dass der Anteil der körperlich Arbeitenden nach dem Unfall im Vergleich zu vorher deutlich abnimmt [60, 61, 70, 97]. Wahrscheinlich ist allerdings, dass neurologische Begleitverletzungen einen erheblichen Einfluss auf die berufliche Reintegration haben. In unserem Kollektiv hatten 50% der Berenteten oder Arbeitsunfähigen ein neurologisches Defizit. Der scheinbar hohe Anteil an wieder arbeitenden Patienten (86%) sollte nicht darüber hinwegtäuschen, dass gut ein Viertel der Patienten erhebliche Probleme im Beruf haben oder nicht mehr arbeitsfähig sind. Die Ergebnisse bezüglich der beruflichen Reintegration (71%-87%), wie auch in Bezug auf Rückenfunktion, Freizeitverhalten (1/3 mit deutlichen Einschränkungen) und Finger-Boden-Abstand (FBA; 11 cm - 17 cm) unterstreichen dies. Andere Autoren konnten hierzu ähnliche Ergebnisse liefern [21, 60, 61, 70].

Im Gegensatz zu anderen Arbeiten wurde hier auf die Verwendung der Maße der Neutral-0-Methode aufgrund deutlicher untersucherabhängiger Streuung verzichtet [61]. Trotz großer Streuung der FBA-Werte und fehlender Referenzwerte konnte eine signifikante Korrelation mit der subjektiven Einschätzung der Rückenfunktion gezeigt werden. Der FBA kann daher zwar als grober, aber einfach durchführbarer Parameter zur Einschätzung und Vergleichbarkeit der Rückenbeweglichkeit dienen.

5 Zusammenfassung

Inhalt der vorliegenden prospektiven Studie ist die Erfassung und Bewertung klinischer wie radiologischer Ergebnisse bei Patienten mit Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule nach Versorgung mit einer winkelstabilen ventralen Platte (Telefix, Synthes, Germany). Von ursprünglich 63 Patienten konnten 49 nach durchschnittlich 20 Monaten nachuntersucht werden.

Die perioperativen Daten wurden anhand von Fragebögen der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (s. Anhang) erfasst und dokumentiert. Hier wurden die Verletzungsart, die Unfallursache, die Lokalisation der Frakturen, die Klassifikation nach Magerl und der neurologische Status nach dem Frankel-/ASIA-Score ausgewertet. Die Art der Behandlung sowie intra- oder postoperativ aufgetretene Komplikationen wurden ebenfalls dokumentiert.

Die Aufrechterhaltung des sagittalen Profils (Grund-Deckplatten-Winkel mono- und bisegmental) wurde mittels Röntgenaufnahmen bewertet.

Für die Beurteilung des klinischen Ergebnisses wurden das subjektive Befinden der Patienten durch den VAS-Fragebogen und soziale Faktoren wie beispielsweise die berufliche Reintegration erfragt. Die Messung des Finger-Boden-Abstands diente zur Abschätzung der Rückenfunktion. Zudem fand bei den Nachuntersuchungen die erneute Beurteilung des neurologischen Status statt.

Bei den hier behandelten Verletzungen handelt es sich hauptsächlich um Frakturen des thorakolumbalen Übergangs, die vor allem durch einen Sturz aus der Höhe oder einen Kfz-Unfall verursacht wurden. Daneben wurden auch Patienten mit Tumorerkrankungen und postoperativer Instabilität mittels Telefix-Platte versorgt. Die Platte wurde bei Verletzungen von Th9 bis L4 eingesetzt. Bei den Wirbelkörperfrakturen handelt es sich in 64% der Fälle um Typ A3-Frakturen nach Magerl. Der Anteil der Typ B- und Typ C-Frakturen ist mit je 16% deutlich geringer. Bei Aufnahme hatten 16% unseres Kollektivs ein neurologisches Defizit, darunter zwei Patienten mit komplettem Querschnitt. Insgesamt trat postoperativ in 60% der Fälle eine Verbesserung des neurologischen Status um mindestens eine Stufe nach dem Frankel-/ASIA-Score ein, eine Verschlechterung trat in keinem Fall auf.

Neben der zweizeitigen dorso-ventral kombinierten Operation (primäre Stabilisierung mittels Fixateur interne) kam in 21 Fällen ein rein ventrales oder einzeitig kombiniertes Vorgehen zum Einsatz. Die Stabilisierung der Verletzungen mittels Telefix-Platte wurde durch einen Wirbelkörperersatz (Synex- oder Synmesh-Cage) ergänzt. Komplikationen in Bezug auf die

Telefix-Platte betrafen meist die ventro-kaudale Schraube. In drei Fällen konnte die ventro-kaudale Schraube wegen Interferenz mit dem Cage nicht platziert werden.

Die Auswertung der bisegmentalen Grund-Deckplatten-Winkel ergab einen durchschnittlichen postoperativen Korrekturverlust des Repositionsergebnisses von 5° mit einer mittleren kyphotischen Fehlstellung von 12° . Bisegmental versorgte Verletzungen zeigten tendenziell einen geringeren Korrekturverlust als dies bei monosegmentaler Überbrückung der Fall war. Für die Messung der Winkel konnte eine gute Inter- und Intraobserver-Reliabilität festgestellt werden. Zudem konnten wir feststellen, dass eine Stellungsänderung (liegend oder stehend) bei den Röntgenaufnahmen zu einer erheblichen Veränderung des Grund-Deckplatten-Winkels führt.

Das subjektive Befinden (VAS-Fragebogen) ergab im Mittel für die Nachuntersuchung einen Wert von 71. Unsere Ergebnisse bestätigen bisherige Beobachtungen, dass ein gewisser Anteil (hier etwa 20%) trotz Operation deutliche Beschwerden durch die Wirbelsäulenverletzung beibehalten. Das Ausmaß der körperlichen Belastung im Beruf zeigte einen negativen Einfluss auf das subjektive Befinden und auf die berufliche Reintegration. Ein Zusammenhang zwischen den radiologischen Parametern (GDWs) und dem subjektiven Befinden (VAS) bestand nicht.

Die Rückenfunktion wurde in 65% der Fälle positiv bewertet, der mittlere FBA betrug 13 cm. Zwischen Rückenfunktion und FBA bestand ein Zusammenhang. Bis zur dritten Nachuntersuchung trat bei keinem Patienten eine Veränderung des neurologischen Status im Vergleich zur Untersuchung, die direkt nach der Operation stattfand, auf.

Unsere Studie zeigt, dass die Stabilisierung von Wirbelkörperverletzungen mittels Telefix-Platte ein sicheres und effektives Verfahren darstellt. Unsere Ergebnisse in Bezug auf die radiologischen Messgrößen, das subjektive Befinden und soziale Faktoren sind mit den Angaben der in dieser Arbeit verwendeten Literatur zu anderen modernen ventralen Verfahren vergleichbar.

6 Literaturverzeichnis

1. Aebi M., Etter C., Kehl T., Thalgott J., *Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal fixation system. Indications, techniques, and first results of treatment.* Spine, 1987. **12**(6): 544-551.
2. Agus H., Kayali C., Arslantas M., *Nonoperative treatment of burst-type thoracolumbar vertebra fractures: clinical and radiological results of 29 patients.* Eur Spine J, 2005. **14**(6): 536-540.
3. Aligizakis A., Katonis P., Stergiopoulos K., Galanakis I., Karabekios S., Hadjipavlou A., *Functional outcome of burst fractures of the thoracolumbar spine managed non-operatively, with early ambulation, evaluated using the load sharing classification.* Acta Orthop Belg, 2002. **68**(3): 279-287.
4. Amini A., Beisse R., Schmidt M.H., *Thoracoscopic spine surgery for decompression and stabilization of the anterolateral thoracolumbar spine.* Neurosurg Focus, 2005. **19**(6): E4.
5. Bastian L., Knop C., Lange U., Blauth M., *Effect of a cerclage or a crosslink on internal fixator mechanical stability.* Der Orthopäde, 1999. **28**(8): 714-722.
6. Bayley J.C., Yuan H.A., Fredrickson B.E., *The Syracuse I-plate.* Spine, 1991. **16**(3 Suppl): S120-124.
7. Been H.D., Bouma G.J., *Comparison of two types of surgery for thoraco-lumbar burst fractures: combined anterior and posterior stabilisation vs. posterior instrumentation only.* Acta Neurochir (Wien), 1999. **141**(4): 349-357.
8. Beisse R., *Endoscopic surgery on the thoracolumbar junction of the spine.* Eur Spine J, 2006. **15**(6): 687-704.
9. Beisse R., Muckley T., Schmidt M.H., Hauschild M., Bühren V., *Surgical technique and results of endoscopic anterior spinal canal decompression.* J Neurosurg Spine, 2005. **2**(2): 128-136.
10. Beisse R., Potulski M., Beger J., Bühren V., *Entwicklung und klinischer Einsatz einer thorakoskopisch implantierbaren Rahmenplatte zur Behandlung thorakolumbalen Frakturen und Instabilitäten.* Orthopade, 2002. **31**(4): 413-22.
11. Beisse R., Potulski M., Bühren V., *Thorakoskopisch gesteuerte ventrale Plattenspondylodese bei Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule.* Operative Orthopädie und Traumatologie, 1999. **11**(1): 54-69.
12. Bence T., Schreiber U., Grupp T., Steinhauser E., Mittelmeier W., *Two column lesions in the thoracolumbar junction: anterior, posterior or combined approach? A comparative biomechanical in vitro investigation.* Eur Spine J, 2007. **16**(6): 813-820.
13. Bernhardt M., Bridwell K.H., *Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction.* Spine, 1989. **14**(7): 717-721.
14. Bertram R., Bessem H., Diedrich O., Wagner U., Schmitt O., *Vergleich von dorsolateralen mit dorsoventralen Stabilisierungsverfahren in der Behandlung von Wirbelsäulenfrakturen.* Z Orthop Ihre Grenzgeb, 2003(5): 573-577.
15. Blatter T.R., Dellling G., Weckbach A., *Pedikuloskopisch assistierte transpedikuläre Spongiosaplastik zur interkorporellen Fusion an der lumbalen Wirbelsäule Eine tierexperimentelle Untersuchung am Schafmodell.* Der Unfallchirurg, 2002. **105**(8): 680-687.
16. Blauth M., Bastian L., Knop C., Lange U., Tusch G., Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für U., *Classification of thoracic and lumbar*

- injuries: An analysis of interobserver reliability.* Der Orthopäde, 1999. **28**(8): 662-681.
17. Böhler J., *Konservative Behandlung der Wirbelverletzungen gestern und heute.* Conservative Treatment of Spine Fractures, 1992(6): 445-446.
 18. Bombardier C., *Outcome assessments in the evaluation of treatment of spinal disorders: summary and general recommendations.* Spine, 2000. **25**(24): 3100-3103.
 19. Bortz, Lienert, *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung.* 3. Auflage. 2008: Springer Heidelberg.
 20. Briem D., Lehmann W., Ruecker A.H., Windolf J., Rueger J.M., Linhart W., *Factors influencing the quality of life after burst fractures of the thoracolumbar transition.* Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 2004. **124**(7): 461-468.
 21. Briem D., Linhart W., Lehmann W., Bullinger M., Schoder V., Meenen N.M., Windolf J., Rueger J.M., *Untersuchung der Lebensqualität nach dorsoventraler Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Übergangs.* Der Unfallchirurg, 2003. **106**(8): 625-632.
 22. Bühren V., *Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule.* Der Chirurg, 2001. **72**(7): 865-879.
 23. Bühren V., Beisse R., Potulski M., *Minimal-invasive ventrale Spondylodesen bei Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule.* Der Chirurg, 1997. **68**(11): 1076-1084.
 24. Cantor J.B., Lebowitz N.H., Garvey T., Eismont F.J., *Nonoperative management of stable thoracolumbar burst fractures with early ambulation and bracing.* Spine, 1993. **18**(8): 971-976.
 25. Chang K.W., *A reduction-fixation system for unstable thoracolumbar burst fractures.* Spine, 1992. **17**(8): 879-886.
 26. Curt A., *Neurologische Diagnostik und Prognose: Bedeutung neurophysiologischer Untersuchungsbefunde bei traumatischen Rückenmarkläsionen.* Schweiz Med Wochenschr, 2000. **130**(22): 801-810.
 27. Dai L.Y., *Remodeling of the spinal canal after thoracolumbar burst fractures.* Clin Orthop Relat Res, 2001(382): 119-123.
 28. Dai L.Y., Jiang S.D., Wang X.Y., Jiang L.S., *A review of the management of thoracolumbar burst fractures.* Surg Neurol, 2007. **67**(3): 221-231; discussion 231.
 29. Dai L.Y., Jin W.J., *Interobserver and intraobserver reliability in the load sharing classification of the assessment of thoracolumbar burst fractures.* Spine, 2005. **30**(3): 354-358.
 30. Dai L.Y., Wang X.Y., Jiang L.S., *Neurologic recovery from thoracolumbar burst fractures: is it predicted by the amount of initial canal encroachment and kyphotic deformity?* Surg Neurol, 2007. **67**(3): 232-237; discussion 238.
 31. Dajczman E., Gordon A., Kreisman H., Wolkove N., *Long-term postthoracotomy pain.* Chest, 1991. **99**(2): 270-274.
 32. Daniaux H., *Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule.* Unfallchirurg, 1986. **89**(5): 197-213.
 33. Danisa O.A., Shaffrey C.I., Jane J.A., Whitehill R., Wang G.J., Szabo T.A., Hansen C.A., Shaffrey M.E., Chan D.P., *Surgical approaches for the correction of unstable thoracolumbar burst fractures: a retrospective analysis of treatment outcomes.* J Neurosurg, 1995. **83**(6): 977-983.
 34. Darwisch N., *Fixateur interne bei Frakturen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. Analyse und Bewertung. (Dissertation).* Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 2002.

35. de Klerk L.W., Fontijne W.P., Stijnen T., Braakman R., Tanghe H.L., van Linge B., *Spontaneous remodeling of the spinal canal after conservative management of thoracolumbar burst fractures*. Spine, 1998. **23**(9): 1057-1060.
36. Delawi D., Dhert W.J., Castelein R.M., Verbout A.J., Oner F.C., *The incidence of donor site pain after bone graft harvesting from the posterior iliac crest may be overestimated: a study on spine fracture patients*. Spine, 2007. **32**(17): 1865-1868.
37. Denis F., *The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries*. Spine, 1983. **8**(8): 817-831.
38. Denis F., Armstrong G.W., Searls K., Matta L., *Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurologic deficit. A comparison between operative and nonoperative treatment*. Clin Orthop Relat Res, 1984(189): 142-149.
39. Dick W., *The "fixateur interne" as a versatile implant for spine surgery*. Spine, 1987. **12**(9): 882-900.
40. Disch A.C., Knop C., Schaser K.D., Blauth M., Schmoelz W., *Angular stable anterior plating following thoracolumbar corpectomy reveals superior segmental stability compared to conventional polyaxial plate fixation*. Spine, 2008. **33**(13): 1429-1437.
41. Dunn H.K., *Anterior stabilization of thoracolumbar injuries*. Clin Orthop Relat Res, 1984(189): 116-124.
42. Dvorak M.F., Kwon B.K., Fisher C.G., Eiserloh H.L., 3rd, Boyd M., Wing P.C., *Effectiveness of titanium mesh cylindrical cages in anterior column reconstruction after thoracic and lumbar vertebral body resection*. Spine, 2003. **28**(9): 902-908.
43. Eggers C., Stahlenbrecher A., *Verletzungen der BWS und LWS*. Der Unfallchirurg, 1998. **101**(10): 779-790.
44. Enad J.G., Slakey J.B., McNulty P.S., *Measurement of thoracolumbar kyphosis after burst fracture: evaluation of intraobserver, interobserver, and variability of 4 measurement methods*. Am J Orthop, 2008. **37**(4): E60-E63.
45. Esses S.I., Botsford D.J., Kostuik J.P., *Evaluation of surgical treatment for burst fractures*. Spine, 1990. **15**(7): 667-673.
46. Frankel H.L., Hancock D.O., Hyslop G., Melzak J., Michaelis L.S., Ungar G.H., Vernon J.D., Walsh J.J., *The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia*. Paraplegia, 1969. **7**(3): 179-192.
47. Gaines R.W., Jr., Carson W.L., Satterlee C.C., Groh G.I., *Experimental evaluation of seven different spinal fracture internal fixation devices using nonfailure stability testing. The load-sharing and unstable-mechanism concepts*. Spine, 1991. **16**(8): 902-909.
48. Gertzbein S.D., *Scoliosis Research Society. Multicenter spine fracture study*. Spine, 1992. **17**(5): 528-540.
49. Ghanayem A.J., Zdeblick T.A., *Anterior instrumentation in the management of thoracolumbar burst fractures*. Clin Orthop Relat Res, 1997(335): 89-100.
50. Görler T., *Radiologische 1-Jahres-Ergebnisse der ventralen Spondylodese bei Frakturen der BWS/LWS mit expandierbarem Cage. (Dissertation)*. Charite-Universitätsmedizin Berlin, 2008.
51. Gradl G., *Combined Stabilization of Thoracolumbar Spine Fractures*. European Journal of Trauma, 2006. **32**(3): 249-252.
52. Haas N., Blauth M., Tscherne H., *Anterior plating in thoracolumbar spine injuries. Indication, technique, and results*. Spine, 1991. **16**(3 Suppl): S100-111.
53. Hitchon P.W., Torner J., Eichholz K.M., Beeler S.N., *Comparison of anterolateral and posterior approaches in the management of thoracolumbar burst fractures*. J Neurosurg Spine, 2006. **5**(2): 117-125.

54. Holdsworth F.W., *Fractures, dislocations, and fracture-dislocations of the spine*. J Bone Joint Surg 1963. **45 B**(1): 6-20.
55. Jackson R.P., McManus A.C., *Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study*. Spine, 1994. **19**(14): 1611-1618.
56. Kandziora F., Schnake K.J., Klostermann C.K., Haas N.P., *Wirbelkörperersatz in der Wirbelsäulen Chirurgie*. Der Unfallchirurg, 2004. **107**(5): 354-371.
57. Kaneda K., Abumi K., Fujiya M., *Burst fractures with neurologic deficits of the thoracolumbar-lumbar spine. Results of anterior decompression and stabilization with anterior instrumentation*. Spine, 1984. **9**(8): 788-795.
58. Kaneda K., Taneichi H., Abumi K., Hashimoto T., Satoh S., Fujiya M., *Anterior decompression and stabilization with the Kaneda device for thoracolumbar burst fractures associated with neurological deficits*. J Bone Joint Surg Am, 1997. **79**(1): 69-83.
59. Khoo L.T., Beisse R., Potulski M., *Thoracoscopic-assisted treatment of thoracic and lumbar fractures: a series of 371 consecutive cases*. Neurosurgery, 2002. **51**(5 Suppl): S104-117.
60. Knop C., Blauth M., Bastian L., Lange U., Kesting J., Tscherne H., *Fractures of the thoracolumbar spine Late results and consequences of dorsal instrumentation*. Der Unfallchirurg, 1997. **100**(8): 630-639.
61. Knop C., Blauth M., Bühren V., Arand M., Egbers H.J., Hax P.M., Nothwang J., Oestern H.J., Pizanis A., Roth R., Weckbach A., Wentzensen A., Arbeitsgemeinschaft "Wirbelsäule" der Deutschen Gesellschaft für U., *Operative Behandlung von Verletzungen des thorako-lumbalen Übergangs Teil 3: Nachuntersuchung Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft "Wirbelsäule" der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie*. Der Unfallchirurg, 2001. **104**(7): 583-600.
62. Knop C., Blauth M., Bühren V., Hax P.M., Kinzl L., Mutschler W., Pommer A., Ulrich C., Wagner S., Weckbach A., Wentzensen A., Wörsdörfer O., *Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs Teil 1: Epidemiologie*. Der Unfallchirurg, 1999. **102**(12): 924-935.
63. Knop C., Blauth M., Bühren V., Hax P.M., Kinzl L., Mutschler W., Pommer A., Ulrich C., Wagner S., Weckbach A., Wentzensen A., Wörsdörfer O., *Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs Teil 2: Operation und röntgenologische Befunde*. Der Unfallchirurg, 2000. **103**(12): 1032-1047.
64. Knop C., Lange U., Bastian L., Oeser M., Blauth M., *Vergleichende biomechanische Kompressionsversuche mit einem neuen Wirbelkörperersatzimplantat*. Der Unfallchirurg, 2001. **104**(1): 25-33.
65. Knop C., Oeser M., Bastian L., Lange U., Zdichavsky M., Blauth M., *Entwicklung und Validierung des VAS-Wirbelsäulenscores*. Der Unfallchirurg, 2001. **104**(6): 488-497.
66. Korovessis P., Baikousis A., Zacharatos S., Petsinis G., Koureas G., Iliopoulos P., *Combined anterior plus posterior stabilization versus posterior short-segment instrumentation and fusion for mid-lumbar (L2-L4) burst fractures*. Spine, 2006. **31**(8): 859-868.
67. Kostuik J.P., *Anterior fixation for burst fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurological involvement*. Spine, 1988. **13**(3): 286-293.
68. Kostuik J.P., *Anterior fixation for fractures of the thoracic and lumbar spine with or without neurologic involvement*. Clin Orthop Relat Res, 1984(189): 103-115.

69. Kotani Y., Cunningham B.W., Parker L.M., Kanayama M., McAfee P.C., *Static and fatigue biomechanical properties of anterior thoracolumbar instrumentation systems. A synthetic testing model.* Spine, 1999. **24**(14): 1406-1413.
70. Lange U., Edeling S., Knop C., Bastian L., Krettek C., Blauth M., *Wirbelkörperersatz mit höhenvariablem Titanimplantat.* Der Unfallchirurg, 2006. **109**(9): 733-742.
71. Liljenqvist U., Steinbeck J., Halm H., Schröder M., Jerosch J., *Thorakoskopischer Zugang zur Brustwirbelsäule.* Arthroskopie, 1996. **9**: 267-273.
72. Lin R.M.M.D., Panjabi M.M.P., Oxland T.R.P., *Functional Radiographs of Acute Thoracolumbar Burst Fractures: A Biomechanical Study.* Spine, 1993. **18**(16): 2431-2437.
73. Ludwig P., *Retrospektive Evaluation von operativ versorgten Brust- und Lendenwirbelsäulenfrakturen. (Dissertation).* Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br., 2006.
74. Magerl F., Aebi M., Gertzbein S.D., Harms J., Nazarian S., *A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries.* Eur Spine J, 1994. **3**(4): 184-201.
75. Magerl F.P., *Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation.* Clin Orthop Relat Res, 1984(189): 125-141.
76. Magnus G., *Die Behandlung und Begutachtung des Wirbelbruches.* Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, 1931. **29**(1): 277-283.
77. Maynard F.M., Jr., Bracken M.B., Creasey G., Ditunno J.F., Jr., Donovan W.H., Ducker T.B., Garber S.L., Marino R.J., Stover S.L., Tator C.H., Waters R.L., Wilberger J.E., Young W., *International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury.* American Spinal Injury Association. Spinal Cord, 1997. **35**(5): 266-274.
78. McAfee P.C., Bohlman H.H., *Complications following Harrington instrumentation for fractures of the thoracolumbar spine.* J Bone Joint Surg Am, 1985. **67**(5): 672-686.
79. McAfee P.C., Bohlman H.H., Yuan H.A., *Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using a retroperitoneal approach.* J Bone Joint Surg Am, 1985. **67**(1): 89-104.
80. McAfee P.C., Yuan H.A., Lasda N.A., *The unstable burst fracture.* Spine, 1982. **7**(4): 365-373.
81. McCormack T., Karaikovic E., Gaines R.W., *The load sharing classification of spine fractures.* Spine, 1994. **19**(15): 1741-1744.
82. McDonough P.W., Davis R., Tribus C., Zdeblick T.A., *The management of acute thoracolumbar burst fractures with anterior corpectomy and Z-plate fixation.* Spine, 2004. **29**(17): 1901-1908; discussion 1909.
83. Merk H., Koch H., Liebau C., Baltzer A., Dragendorf L., Graßhoff H., *Der Einsatz des Harms-Titannetz-zylinders zum Wirbelkörperersatz bei Wirbelsäulenmetastasen.* Z Orthop Ihre Grenzgeb 2000. **138**(2): 169-173.
84. Niedeggen A., *Akutbehandlung der Paraplegie bei Verletzungen der BWS/LWS.* Trauma und Berufskrankheit, 2003. **5**(3): 329-335.
85. Oskouian R.J., Jr., Shaffrey C.I., Whitehill R., Sansur C.A., Pouratian N., Kanter A.S., Asthagiri A.R., Dumont A.S., Sheehan J.P., Elias W.J., Shaffrey M.E., *Anterior stabilization of three-column thoracolumbar spinal trauma.* J Neurosurg Spine, 2006. **5**(1): 18-25.
86. Passlick B., Born C., Mandelkow H., Siemel W., Thetter O., *Langzeitbeschwerden nach minimal-invasiven thoraxchirurgischen Operationen und nach Thoracotomie.* Der Chirurg, 2001. **72**(8): 934-938.
87. Payer M., Sottas C., *Mini-open anterior approach for corpectomy in the thoracolumbar spine.* Surg Neurol, 2008. **69**(1): 25-31; discussion 31-2.

88. Pflugmacher R., Schleicher P., Schaefer J., Scholz M., Ludwig K., Khodadadyan-Klostermann C., Haas N.P., Kandziora F., *Biomechanical comparison of expandable cages for vertebral body replacement in the thoracolumbar spine*. Spine, 2004. **29**(13): 1413-1419.
89. Reinhold M., Knop C., Lange U., Bastian L., Blauth M., *Nichtoperative Behandlung von Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule*. Der Unfallchirurg, 2003. **106**(7): 566-576.
90. Resch H., Rabl M., Klampfer H., Ritter E., Povacz P., *Operative vs. konservative Behandlung von Frakturen des thorakolumbalen Übergangs*. Der Unfallchirurg, 2000. **103**(4): 281-288.
91. Roy-Camille R., Saillant G., Mazel C., *Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating*. Clin Orthop Relat Res, 1986(203): 7-17.
92. Rutges J.P., Oner F.C., Leenen L.P., *Timing of thoracic and lumbar fracture fixation in spinal injuries: a systematic review of neurological and clinical outcome*. Eur Spine J, 2007. **16**(5): 579-587.
93. Sasso R.C., Best N.M., Reilly T.M., McGuire R.A., Jr., *Anterior-only stabilization of three-column thoracolumbar injuries*. J Spinal Disord Tech, 2005. **18 Suppl**: S7-14.
94. Sasso R.C., LeHuec J.C., Shaffrey C., *Iliac crest bone graft donor site pain after anterior lumbar interbody fusion: a prospective patient satisfaction outcome assessment*. J Spinal Disord Tech, 2005. **18 Suppl**: S77-81.
95. Schieker M., Heiss C., Mutschler W., *Knochenersatzmaterialien*. Der Unfallchirurg, 2008. **111**(8): 613-620.
96. Schwerdtfeger K., Steudel W.I., Pitzen T., Mautes A.E.M., *Spinales Trauma*. Intensivmedizin und Notfallmedizin, 2004. **41**(2): 71-80.
97. Shen W.J., Liu T.J., Shen Y.S., *Nonoperative treatment versus posterior fixation for thoracolumbar junction burst fractures without neurologic deficit*. Spine, 2001. **26**(9): 1038-1045.
98. Siebenga J., Leferink V.J., Segers M.J., Elzinga M.J., Bakker F.C., Haarman H.J., Rommens P.M., ten Duis H.J., Patka P., *Treatment of traumatic thoracolumbar spine fractures: a multicenter prospective randomized study of operative versus nonsurgical treatment*. Spine, 2006. **31**(25): 2881-2890.
99. Speth M.J., Oner F.C., Kadic M.A., de Klerk L.W., Verbout A.J., *Recurrent kyphosis after posterior stabilization of thoracolumbar fractures. 24 cases treated with a Dick internal fixator followed for 1.5-4 years*. Acta Orthop Scand, 1995. **66**(5): 406-410.
100. Stoltze D., Harms J., Boyaci B., *Korrektur posttraumatischer und kongenitaler Kyphosen*. Der Orthopäde, 2008. **37**(4): 321-338.
101. Swank S.M., Mauri T.M., Brown J.C., *The lumbar lordosis below Harrington instrumentation for scoliosis*. Spine, 1990. **15**(3): 181-186.
102. Synthes. *Synex, Operationstechnik*. [06.02.2009]; Internetadresse: http://www.synthes.com/html/fileadmin/Shared/shop/Printed_Materials/Spine/016.000_076.pdf.
103. Synthes. *SynMesh, Operationstechnik*. [06.02.2009]; Internetadresse: http://www.synthes.com/html/fileadmin/Shared/shop/Printed_Materials/Spine/016.000_318.pdf.
104. Synthes. *TeleFix, Operationstechnik*. [06.02.2009]; Internetadresse: http://www.synthes.com/html/fileadmin/Shared/shop/Printed_Materials/Spine/016.000_369.pdf.
105. Thomas K.C., Bailey C.S., Dvorak M.F., Kwon B., Fisher C., *Comparison of operative and nonoperative treatment for thoracolumbar burst fractures in patients*

- without neurological deficit: a systematic review.* J Neurosurg Spine, 2006. **4**(5): 351-358.
106. Tschoeke S.K., Hellmuth M., Hostmann A., Robinson Y., Ertel W., Oberholzer A., Heyde C., *Apoptosis of human intervertebral discs after trauma compares to degenerated discs involving both receptor-mediated and mitochondrial-dependent pathways.* Journal of Orthopaedic Research, 2008. **26**(7): 999-1006.
107. Vaccaro A.R., Lehman R.A., Jr., Hurlbert R.J., Anderson P.A., Harris M., Hedlund R., Harrop J., Dvorak M., Wood K., Fehlings M.G., Fisher C., Zeiller S.C., Anderson D.G., Bono C.M., Stock G.H., Brown A.K., Kuklo T., Oner F.C., *A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status.* Spine, 2005. **30**(20): 2325-2333.
108. Vaccaro A.R., Zeiller S.C., Hurlbert R.J., Anderson P.A., Harris M., Hedlund R., Harrop J., Dvorak M., Wood K., Fehlings M.G., Fisher C., Lehman R.A., Jr., Anderson D.G., Bono C.M., Kuklo T., Oner F.C., *The thoracolumbar injury severity score: a proposed treatment algorithm.* J Spinal Disord Tech, 2005. **18**(3): 209-215.
109. Verlaan J.J., Diekerhof C.H., Buskens E., van der Tweel I., Verbout A.J., Dhert W.J., Oner F.C., *Surgical treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spine: a systematic review of the literature on techniques, complications, and outcome.* Spine, 2004. **29**(7): 803-814.
110. Vialle R., Levassor N., Rillardon L., Templier A., Skalli W., Guigui P., *Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects.* J Bone Joint Surg Am, 2005. **87**(2): 260-267.
111. Wang X.Y., Dai L.Y., Xu H.Z., Chi Y.L., *The load-sharing classification of thoracolumbar fractures: an in vitro biomechanical validation.* Spine, 2007. **32**(11): 1214-1219.
112. Whang P.G., Vaccaro A.R., Poelstra K.A., Patel A.A., Anderson D.G., Albert T.J., Hilibrand A.S., Harrop J.S., Sharan A.D., Ratliff J.K., Hurlbert R.J., Anderson P., Aarabi B., Sekhon L.H., Gahr R., Carrino J.A., *The influence of fracture mechanism and morphology on the reliability and validity of two novel thoracolumbar injury classification systems.* Spine, 2007. **32**(7): 791-795.
113. Whitesides T.E., Jr., *Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine.* Clin Orthop Relat Res, 1977(128): 78-92.
114. Wilke H.J., Kemmerich V., Claes L.E., Arand M., *Combined anteroposterior spinal fixation provides superior stabilisation to a single anterior or posterior procedure.* J Bone Joint Surg Br, 2001. **83**(4): 609-617.
115. Winer B., *Statistical Principles in Experimental Design.* 2. Auflage. 1971: NY: McGraw-Hill.
116. Wood K., Buttermann G., Mehbod A., Garvey T., Jhanjee R., Sechriest V., Butterman G., *Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study.* J Bone Joint Surg Am, 2003. **85-A**(5): 773-781.
117. Wood K.B., Kos P., Schendel M., Persson K., *Effect of patient position on the sagittal-plane profile of the thoracolumbar spine.* J Spinal Disord, 1996. **9**(2): 165-169.
118. Yazici M., Atilla B., Tepe S., Calisir A., *Spinal Canal Remodeling in Burst Fractures of the Thoracolumbar Spine: A Computerized Tomographic Comparison Between Operative and Nonoperative Treatment.* Journal of Spinal Disorders, 1996. **9**(5): 409-413.

119. Yuan H.A., Mann K.A., Found E.M., Helbig T.E., Fredrickson B.E., Lubicky J.P., Albanese S.A., Winfield J.A., Hodge C.J., *Early clinical experience with the Syracuse I-Plate: an anterior spinal fixation device*. Spine, 1988. **13**(3): 278-285.

7 Anhang

7.1 VAS-Fragebogen

Quellen: [61, 65]

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

7.2 Dokumentationsbogen OP BLWS der Arbeitsgemeinschaft Wirbelsäule (AG-WS)

Quellen: [61-63]

Verletzungen der BWS und LWS (T1-L5)		Dokumentationsbogen OP BLWS	
Name (Patientenkleber) _____ Geburtsstag <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	OP-Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Operateur <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Assistent <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	OP-Zeit <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Minuten Rö-Zeit <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Sekunden Blutverlust <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Milliliter Erythr.-Konz. <input type="text"/> <input type="text"/> Anzahl	
Diagnose			
Art der Ws-Läsion <input type="checkbox"/>	1 Frische Verletzung; 2 Veraltete Verletzung (>3 Wochen); 3 Tumor/Metastase; 4 Infektion; 5 Postoperative Instabilität/Fehlstellung	Verletzungstyp <input type="checkbox"/>	A Isolierte Verletzung der vord. Säule, hintere Säule intakt; B Distractionsverletzung (dorsal ligamentär od. knöchern); C Rotationsverletzung
Ausdehnung <input type="checkbox"/>	1 1- oder 2-Segment-Läsion; 2 Mehrsegment-Läsion (>2 Segmente); 3 Mehretagen-Läsion (unverletztes Segment dazwischen)	Klassifikation <input type="checkbox"/>	Nur bei Typ B oder C: A <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Typ der Hauptverletzung (AO / Magerl) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Vordere Säule
Lokalisation <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Am schwersten verletzter Wirbelkörper: z. B. T 12 (BWK 12) oder L 01 (LWK 1)		
Operative Behandlung allgemein			
Art der OP <input type="checkbox"/>	1 Isoliert dorsal; 2 Isoliert ventral; 3 Kombin. einzeitig; 4 Kombiniert zweizeitig - dorsal; 5 Kombiniert zweizeitig - ventral	Zugang ventral <input type="checkbox"/>	1 Thorakotomie; 2 Thorakophrenolumbotomie; 3 Lumbotomie; 4 Thorakoskopie; 5 Laparoskopie; 6 Endoskop. extraperitoneal; 7 Sonstiger; 0 Keiner
Cell Saver <input type="checkbox"/>	0 Nicht verwendet; 1 Verwendet	Instrumentierung ventral <input type="checkbox"/>	Anzahl der mit dem Implantat ventral überbrückten Segmente 0 Keine ventrale Instrumentierung
Instrumentierung dorsal <input type="checkbox"/>	Anzahl der mit dem Implantat dorsal überbrückten Segmente 0 Keine dorsale Instrumentierung	Implantat ventral <input type="checkbox"/>	1 Winkelstabiles Stabsystem; 2 Winkelstabile Platten; 3 Winkelinstabile Platten; 4 Sonstiges; 0 Keines
Implantat dorsal <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 Winkelstabiles Fixateursystem; 2 Plattenfixateur; 3 Winkelinstabiles System (Platten); 4 Sonstiges; 00 Keines; Zus. Querstabilisator: — 1 Ja; — 0 Nein	Spondylo-dese ventral <input type="checkbox"/>	Anzahl der spondylo-desierten Segmente ventral (Span od. Spongiosa); 0 Keine ventrale Spondylo-dese (z. B. nur intrakorporelle oder keine Spongiosa/Span)
Spondylo-dese dorsal <input type="checkbox"/>	Anzahl der spondylo-desierten Segmente dorsal (Span oder Spongiosa); 0 Keine dorsale Spondylo-dese (z. B. nur ventrale oder keine Spongiosa/Span)	Knochen-Tx ventral <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 Vorderer Beckenkamm; 2 Hinterer Beckenkamm; 3 Rippe; 4 Fibula; 5 Allogen; 6 Keramik; 7 Sonstige; 00 Keine; —1 Spong.; —2 Span; —3 Span+Spong.
Knochen-Tx dorsal <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1 Vorderer Beckenkamm; 2 Hinterer Beckenkamm; 3 Rippe; 4 Fibula; 5 Allogen; 6 Keramik; 7 Sonstige; 00 Keine; —1 Spong.; —2 Span; —3 Span+Spong.	Titan-Wirbelkörperersatz <input type="checkbox"/>	1 Synex; 2 MOSS (Harmskorb); 3 Sonstiger (Klartext); 0 Keiner
Titan-Wirbelkörperersatz <input type="checkbox"/>	1 Synex; 2 MOSS (Harmskorb); 3 Sonstiger (Klartext); 0 Keiner	Höhe min./max. <input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> mm	Winkel <input type="text"/> <input type="text"/> ° Typ/Größe <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Einzelheiten der operativen Behandlung (Bitte zutreffendes ankreuzen!)			
Dekompression dorsal <input type="checkbox"/>	Intrakorporelle Spongiosa <input type="checkbox"/>	Wirbelkörper-Ersatz (sonst.) <input type="checkbox"/>	Spongiosa dorsal (Wirbelgelenk Lamina) <input type="checkbox"/>
Dekompression ventral <input type="checkbox"/>	Interkorporelle Spongiosa <input type="checkbox"/>	Ventraler Knochenspan <input type="checkbox"/>	Intraoperative Myelografie <input type="checkbox"/>
			Intraoperative Sonografie <input type="checkbox"/>
			Duraverletzg. nicht behand. <input type="checkbox"/>
			Duraverletzg. op. behandelt <input type="checkbox"/>
Endoskopische / Minimal-invasive OP-Technik (Nur bei endoskopischer / minimal-invasiver OP-Technik auszufüllen!)			
OP-Technik <input type="checkbox"/>	1 Endoskopisch; 2 Video-assistiert, offen; 3 Mini-ALIF; 4 Sonstiges	Anzahl der Zugänge <input type="text"/>	Anzahl der ventralen Zugänge (Anzahl aller Trokare und/oder Mini-Zugänge) <input type="text"/>
Pedikelschraubenimplantation / Navigation			
Bildverstärker <input type="checkbox"/>	1 BV seitlich; 2 BV ap; 3 BV ap + seitlich; 4 Kein BV verwendet	Navigation <input type="checkbox"/>	0 Keine Navigation; 1 CT-basiert; 2 BV-basiert; 3 CT- + BV-basiert
Vertebroplastie / Kyphoplastie			
Technik <input type="checkbox"/>	1 Vertebroplastie; 2 Kyphoplastie	Anzahl der Wirbelkörper <input type="text"/>	Anzahl der behandelten Wirbelkörper <input type="text"/>
Anzahl der Pedikel <input type="checkbox"/>	Anzahl der eröffneten Pedikel insgesamt <input type="text"/>	Füllmaterial <input type="text"/>	Klartext <input type="text"/>
Komplikationen			
Komplikation intraoperativ <input type="checkbox"/>	0 Keine; 1 Blutg.; 2 latr. Duraverletzg.; 3 Nerv./RMverletzg.; 4 Verletzung innerer Organe; 5 Schraubenfehlplatzierung; 6 Konversion Endoskopie - Offen; 7 Sonstige (Klartext)	Komplikation postoperativ <input type="checkbox"/>	0 Keine; 1 Tod; 2 Neurologische Verschlechterg.; 3 Infektion; 4 Wundheilungsstörg.; 5 Thrombose/Embolie; 6 Implantatfehl.; 7 Korrekturverf./Fehlstellung.; 8 Beckenkamm; 9 Sonst. (Klartext)
1. Revision <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> Datum		Revisionen <input type="checkbox"/>	Anzahl der operativen Revisionen insgesamt (Klartext!) <input type="text"/>
Ergänzungen / Besonderheiten / Klartext			

7.4 Nachuntersuchungsbogen N BLWS der AG-WS

Quellen: [61-63]

Verletzungen der BWS und LWS (T1-L5)		Nachuntersuchungsbogen N BLWS	
Name _____		Klinik-Lfd.Nr. <input type="text"/> <input type="text"/> - <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Todesdatum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Datum IE <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		Zeit OP - IE <input type="text"/> <input type="text"/> Monate	
Datum NU <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		Zeit OP - NU <input type="text"/> <input type="text"/> Monate	
Geburtsstag <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		Alkoholabus. <input type="checkbox"/> 1 Ja; 0 Nein	
		Nikotinabus. <input type="checkbox"/> 1 Ja; 0 Nein	
Postoperativer Verlauf			
Stationäre Behandlung <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Dauer der stationären Behandlung (Erstversorgung) insgesamt in Tagen XXX Patient weiterhin stationär	Rehaklinik <input type="text"/> <input type="text"/>	Dauer des stationären Aufenthaltes in einer Reha-Klinik in Wochen XX Patient weiterhin stationär in einer Reha-Klinik
Status Nachuntersuchung <input type="checkbox"/>	0 Patient lebt, weitere NU geplant; 1 Tod, perioperativ; 2 Tod, unfallbedingt im Verlauf; 3 Tod, unfallunabhängig; 4 Patient lebt, NU unmöglich; 5 NU abgeschlossen	Physiotherapie <input type="text"/> <input type="text"/>	Dauer der ambulanten Physiotherapie in Monaten; XX Physiotherapie wird weiterhin durchgeführt
Finger-Boden-Abstand <input type="text"/> <input type="text"/> cm		Arbeitsunfähigkeit <input type="text"/> <input type="text"/>	Dauer der Arbeitsunfähigkeit in Monaten XX Arbeitsunfähigkeit dauert noch an oder Patient ist berentet
Nachuntersuchungsergebnis			
Aktivitäten in der Freizeit <input type="checkbox"/>	0 Wie vorher (100%); 1 Selbe Aktivitäten m. Einschr. (75%); 2 Deutliche Einschränkung, Wechsel der Aktivitäten (50%); 3 Alltägliche Verrichtungen, keine Extrakktivität (25%); 4 Pflege- oder hilfsbedürftig (0%)	Rückenfunktion <input type="checkbox"/>	0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutliche Beschwerden od. leichte Einschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschw. oder deutl. Einschränkung (25%); 4 Ständige/stärkste Beschwerden oder invalidisierend (0%)
Berufliche Reintegration <input type="checkbox"/>	0 Wie vorher (100%); 1 Selber Beruf, leichte Beeintr. (75%); 2 Berufswechsel (50%); 3 Berufswechsel, deutliche Beeinträchtigung (25%); 4 Arbeitsunfähig oder berentet (0%); 9 Entfall	Zugangsmorbidität dorsal <input type="checkbox"/>	0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutl. Beschwerd. ohne Funktionseinschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschwerden mit Funktionseinschr. (25%); 4 Invalidisierend (0%)
Beruf vor dem Unfall <input type="checkbox"/>	0 Berentet, arbeitsunfähig oder arbeitslos; 1 Keine körperliche Arbeit / Sitzend; 2 Leichte körperliche Arbeit / Stehend; 3 Körperliche Arbeit	Zugangsmorbidität ventral <input type="checkbox"/>	0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutl. Beschwerd. ohne Funktionseinschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschwerden mit Funktionseinschr. (25%); 4 Invalidisierend (0%)
Neurologie aktuell <input type="checkbox"/>	A Kompletter QS; B Inkompl. QS; Restsensibil., keine Kraft; C Inkompletter QS; Kraft <3; D Inkompletter QS; Kraft ≥3; E Keine neurologischen Ausfälle	Knochenentnahme <input type="checkbox"/>	0 Beschwerdefrei (100%); 1 Gelegentl./leichte Beschw. (75%); 2 Häufige/deutl. Beschwerd. ohne Funktionseinschr. (50%); 3 Häufige/starke Beschwerden mit Funktionseinschr. (25%); 4 Invalidisierend (0%)
VAS Score <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	VAS Score <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Röntgenuntersuchung		Röntgenuntersuchung	
Rö-Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>		Rö-Datum <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Zeitpunkt <input type="checkbox"/>	0 Verlaufskontrolle (>6 Wo. postop.); 1 Vor ME; 2 Postoperativ nach Implantatentfernung; 3 Verlaufskontrolle nach IE / Nachuntersuchung	Zeitpunkt <input type="checkbox"/>	0 Verlaufskontrolle (>6 Wo. postop.); 1 Vor IE; 2 Nach Implantatentfernung; 3 Verlaufskontrolle nach IE / Nachuntersuchung
Zeit postoperativ <input type="text"/> <input type="text"/>	Zeit postoperativ in Monaten	Zeit postoperativ <input type="text"/> <input type="text"/>	Zeit postoperativ in Monaten
Grund-Deckplattenwinkel <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Messung in Winkelgrad um den o.g. Wirbelkörper +/- monosegm. +/- bisegmental + Lordose; - Kyphose	Grund-Deckplattenwinkel <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Messung in Winkelgrad um den o.g. Wirbelkörper +/- monosegm. +/- bisegmental + Lordose; - Kyphose
Skoliosewinkel <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Bisegmentale Messung in Winkelgrad um den schwerstverletzten Wirbelkörper + Rechtskonvex; - Linkskonvex	Skoliosewinkel <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Bisegmentale Messung in Winkelgrad um den schwerstverletzten Wirbelkörper + Rechtskonvex; - Linkskonvex
Sagittal-/Seitverschiebung <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Verschiebung des Wirbelkörpers in % (bezogen auf Länge/Breite des Wirbelkörpers) (0% = keine Sagittal-/Seitverschiebung)	Sagittal-/Seitverschiebung <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Verschiebung des Wirbelkörpers in % (bezogen auf Länge/Breite des Wirbelkörpers) (0% = keine Sagittal-/Seitverschiebung)
Spinalkanal (CT / MRT) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Einengung des Spinalkanals in % (0% = keine Einengung)	Spinalkanal (CT / MRT) <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Einengung des Spinalkanals in % (0% = keine Einengung)
Spondylodese ventral <input type="checkbox"/>	0 Nicht durchbaut; 1 Durchbaut; 2 Unklar; 3 Spannpseudarthrose; 4 Spanbruch; 5 Osteonekrose; 9 Entfällt	Spondylodese ventral <input type="checkbox"/>	0 Nicht durchbaut; 1 Durchbaut; 2 Unklar; 3 Spannpseudarthrose; 4 Spanbruch; 5 Osteonekrose; 9 Entfällt
Komplikationen im Verlauf			
Komplikation Implantat <input type="checkbox"/>	0 Keine; 1 Nicht revisionsbedürftige Schraubenfehlage; 2 Dislokation; 3 Schraubenlockerung; 4 Schraubenbruch; 5 Implantatversagen/-lockerung; 6 Sonstige (Klartext)	Operative Revision <input type="text"/> <input type="text"/>	Anzahl der Revisionen insgesamt; 00 Keine
Komplikation bei IE <input type="checkbox"/>	0 Keine; 1 Blutung; 2 Iatrogene Duraverletzung; 3 Nerven-/Rückenmarkverletzung; 4 Verletzung innerer Organe; 5 Schraubenausbruch; 6 Sonstige (Klartext)	Datum der 1. Revision <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	
Komplikation im Verlauf <input type="checkbox"/>	0 Keine; 1 Tod, unfall-/OP-bedingt; 2 Neurolog. Verschlg.; 3 Infektion; 4 Narbenhernie; 5 Thrombose/Embolie; 6 Korrekturverlust/Fehlstellung; 7 Sonstige (Klartext)	Implantatentfernung (IE) <input type="checkbox"/>	0 Nicht durchgeführt (Klartext); 1 Wie vorgesehen, elektiv; 2 Komplikationsbedingt vorzeitig
Ergänzungen / Besonderheiten / Klartext			

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Arnulf Weckbach für die Überlassung dieser Arbeit und die hervorragende Betreuung. Durch die vielen kritischen Diskussionen und Verbesserungen hat diese Arbeit erst ihre endgültige Form angenommen.

Ebenfalls möchte ich Herrn Dr. med. Robert Morrison und Herrn Dr. med. Timo Heintel für die Hilfe in allen fachlichen und organisatorischen Fragen sowie der Erhebung der Daten danken. Durch Herrn Dr. med. Richard Wagner hatte ich Gelegenheit, einen Einblick in die Operationstechnik zu bekommen. Einen herzlichen Dank an dieser Stelle auch an ihn. Herrn Prof. Dr. med. Werner Kenn danke für die Übernahme des Korreferats.

Für die statistische Auswertung der Daten hatte ich im Rahmen der studentischen Beratung für Statistik der Julius-Maximilians-Universität Würzburg kompetente Unterstützung durch Sabine Karl. Vielen Dank für die geduldigen Erklärungen der teilweise recht komplizierten Berechnungen!

Johannes Kestler danke ich für die stete Motivation und die ausdauernde Hilfe bei technischen Schwierigkeiten mit Computerprogrammen.

Als treibenden Motor dieser Arbeit möchte ich auch meine Eltern erwähnen, die mich im Studium und bei dieser Arbeit in vielerlei Hinsicht entscheidend unterstützt haben.