

AUS DER ABTEILUNG  
FÜR UNFALLCHIRURGIE  
PROF. DR. MICHAEL NERLICH  
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN  
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**POSTOPERATIVES OUTCOME OPERATIV STABILISierter  
WIRBELSÄULENFRAKTUREN  
BEI GERIATRISCHEN PATIENTEN**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der  
Fakultät für Medizin  
der Universität Regensburg

vorgelegt von  
Julia Hierl

2012

Dekan:

Prof. Dr. Dr. Torsten E. Reichert

1. Berichterstatter:

Prof. Dr. Michael Nerlich

2. Berichterstatter:

PD Dr. Jürgen Schlaier

Tag der mündlichen Prüfung:

18.06.2012

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	5
2. Fragestellung.....	7
3. Patienten und Methode .....	8
3.1 Studiendesign.....	8
3.1.1 Art der Studie .....	8
3.1.2 Zielgruppe .....	8
3.1.3 Patientenzahl und Zeitplan .....	9
3.1.4 Art der Erhebung.....	9
3.2 Definition der Zielgrößen .....	10
3.2.1 Patientenzufriedenheit.....	10
3.2.2 Fragebogen SF-12 .....	10
3.2.3 Pflegebedürftigkeit .....	11
3.2.4 Schmerzintensität .....	12
3.2.5 Analgetika .....	13
3.2.6 Radiologie .....	14
3.2.7 Neurologie.....	15
3.3 Vorerkrankungen.....	15
3.4 Verletzungstyp.....	16
3.5 Operationsimplantate.....	17
3.5.1 Fixateur interne dorsal.....	17
3.5.2 ventrale Operationsverfahren .....	19
3.5.3 Halswirbelsäule ventral .....	20
3.6 Operationsverfahren .....	21
3.6.1 Beckenspanentnahme .....	21
3.6.2 Zugangswege.....	21
3.6.3 Instrumentation.....	22
3.7 Datenverarbeitung und Statistik .....	24
4. Ergebnisse.....	26
4.1 Empirische Ergebnisse .....	26
4.1.1 Geschlecht und Alter.....	26
4.1.2 Topographische Verteilung der Frakturhöhe .....	26
4.1.3 Verteilung der Frakturtypen .....	27
4.1.4 Verletzungsursache .....	27
4.1.5 Anzahl der instrumentierten Segmente .....	28
4.1.6 Vorerkrankungen.....	29
4.2 Perioperative Daten .....	29
4.2.1 Präoperativer Zeitraum.....	29
4.2.2 Postoperative Überwachung.....	30
4.2.3 Dauer des Krankenhausaufenthalts .....	30
4.2.4 Rehabilitation .....	30
4.2.5 Nachuntersuchung.....	31
4.3 Überlebenszeit .....	31
4.4 Komplikationen .....	32

---

4.5	Neurologisches Outcome.....	34
4.6	Radiologisches Outcome .....	36
4.6.1	Cobb-Winkel .....	36
4.6.2	Vorderkante .....	37
4.6.3	Implantatdislokation und Materialbruch .....	39
4.7	Subjektive Patientenzufriedenheit .....	39
4.8	Visuelle Analog Skala und Analgetikabedarf .....	40
4.9	Pflegebedürftigkeit .....	42
4.10	Lebensqualität mittels Fragebogen SF-12 .....	45
4.11	Visuelle Analog Skala versus postoperativer Korrekturverlust .....	47
4.12	SF-12 versus postoperativer Korrekturverlust.....	47
4.13	augmentierte versus nicht augmentierte Pedikelschrauben .....	48
4.14	cervikale versus thorakale und lumbale Verletzung.....	50
5.	Diskussion.....	53
5.1	Geschlecht und Alter .....	53
5.2	Frakturtyp und Frakturlokalisation.....	53
5.3	Diagnostik und Klassifikation .....	54
5.4	Operationsindikation .....	55
5.5	Operationstechnik.....	56
5.6	Besonderheiten der osteoporotischen Wirbelsäule.....	58
5.7	Spondylodese an der HWS .....	59
5.8	Perioperative Daten .....	60
5.9	Komplikationen .....	60
5.10	Neurologie .....	63
5.11	Visuelle Analog Skala und Analgetikabedarf .....	65
5.12	Lebensqualität mittels Fragebogen SF-12 .....	66
5.13	Radiologische Ergebnisse.....	69
5.14	Klinisches versus radiologisches Outcome .....	70
5.15	Augmentierte versus nicht augmentierte Pedikelschrauben .....	71
5.16	Pflegebedürftigkeit .....	73
5.17	Subjektive Patientenzufriedenheit .....	74
5.18	Schlussfolgerung .....	75
6.	Zusammenfassung.....	76
6.1	Patienten und Methode .....	76
6.2	Ergebnisse.....	76
7.	Literaturverzeichnis .....	78
8.	Anhang.....	89
9.	Lebenslauf.....	93
10.	Danksagung.....	95

### 1. Einleitung

Die steigende Lebenserwartung führt zu einem häufigeren Auftreten von Wirbelsäulenverletzungen bei alten Menschen, was in Zukunft klinische und wirtschaftliche Relevanz haben wird [67]. Die dabei am häufigsten beobachteten Frakturen sind Densfrakturen und Frakturen an der thorakolumbalen Wirbelsäule [11]. Ursache für die erhöhte Frakturneigung ist die Osteoporose [105] als häufigste Knochenerkrankung im höheren Lebensalter [47]. Es kann bereits bei Bagatelltraumen, wie zum Beispiel einem häuslichen Sturz, zu Wirbelsäulenverletzungen kommen [11]. Bei der dann unter Umständen notwendigen, operativen Versorgung muss gerade bei alten Menschen die individuelle Gesamtsituation und die veränderte Knochenstruktur berücksichtigt werden [102; 107]. So wurde bei erniedrigter Knochendichte ein deutlicherer Korrekturverlust auf Grund einer geringeren Stabilität von Pedikelschrauben im Knochen beobachtet [45]. Eine Korrelation zwischen den klinischen Ergebnissen und dem radiologischen Korrekturverlust wurde bisher bei Studien mit jungen Patienten nicht nachgewiesen [15; 50; 66].

Speziell an der osteoporotischen Wirbelsäule wurde in experimentellen, biomechanischen Studien die Stabilität der Schrauben-Knochen-Verbindung bei zementaugmentierten Pedikelschrauben untersucht. Diese zeichnen sich aus durch einen längs im Verlauf der Schrauben liegenden Kanal mit Öffnungen entlang des Schraubengewindes, über die Knochenzement appliziert werden kann, der dann im Kontaktbereich zwischen Knochen und Schraubengewinde austritt [21; 23; 34]. Experimentell konnte eine erhöhte Stabilität gezeigt werden, wobei größere klinische Studien bezüglich der Lebensqualität und dem radiologischen Outcome noch ausstehen [74].

Mehrere Studien untersuchten allgemein die Lebensqualität bei an Osteoporose erkrankten Patienten [8; 90]. Weitere Studien konzentrierten sich auf die Lebensqualität von Patienten nach einer osteoporotischen Fraktur [7; 70]. So konnte gezeigt werden, dass bei beiden Geschlechtern eine erhöhte Mortalität nach osteoporotischen Wirbelsäulenfrakturen vorlag [26]. Zudem konnte nachgewiesen werden, dass soziale Kontakte nach einer Wirbelsäulenfraktur eingeschränkt sind [39] und es bei osteoporotischen Wirbelsäulenveränderungen zum Absinken des allgemeinen Aktivitätsniveaus kommt [88]. Sowohl der SF-36 [18; 19; 20; 110] als auch die Kurzform SF-12 [112; 113] wurden eingesetzt, um die Lebensqualität nach

Wirbelsäulenfrakturen bei alten Patienten zu evaluieren, wobei sich jeweils niedrige Werte vor allem für die körperliche Lebensqualität ergaben [77; 100].

Viele dieser Studien konzentrierten sich dabei auf Frakturen, die spontan oder nach Bagateltraumen auftraten. Hochrasanzverletzungen im Bereich der Wirbelsäule wie zum Beispiel ein Sturz aus der Höhe oder Verkehrsunfälle waren meistens Ausschlusskriterien [63].

Bisher wurde nicht untersucht, wie sich eine Wirbelsäulenfraktur mit der Notwendigkeit einer operativen Stabilisierung bei alten Patienten auf die Pflegebedürftigkeit und die selbständige häusliche Versorgung auswirkt.

Ziel unserer Studie war es, Patienten ab einem Lebensalter  $\geq 65$  Jahren nach stabilisierenden Wirbelsäuleneingriffen zu untersuchen und dabei die Pflegebedürftigkeit und die häusliche Versorgung jeweils vor und nach der Operation anhand der Pflegestufe [73] zu vergleichen. Es wurden auch Wirbelsäulenverletzungen nach Hochrasanztraumen eingeschlossen. Zusätzlich wurde die Lebensqualität anhand des Fragebogens SF-12 [112; 113] und die Visuelle Analog Skala bestimmt. Zur Evaluierung der radiologischen Ergebnisse wurden konventionelle Röntgenaufnahmen durchgeführt.

Letztendlich sollte immer das funktionelle Ergebnis zur Evaluierung eines Therapieerfolgs im Vordergrund stehen, wobei gerade bei geriatrischen Patienten die Pflegebedürftigkeit als entscheidendes Kriterium berücksichtigt werden muss.

### 2. Fragestellung

Anhand der Analyse des Patientengutes des Universitätsklinikums Regensburg wurde untersucht, ob instrumentierte Wirbelsäuleneingriffe den speziellen Ansprüchen älterer Patienten unter dem Gesichtspunkt der Lebensqualität und des radiologischen Outcomes gerecht werden.

Zur Evaluierung wurden folgende Kriterien herangezogen:

- Überlebenszeit
- Komplikationen
- neurologisches Outcome
- radiologisches Outcome
- subjektive Patientenzufriedenheit
- Visuelle Analog Skala und Analgetikabedarf
- Pflegebedürftigkeit
- Lebensqualität mittels Fragebogen SF-12 [112; 113]

Folgende Aspekte wurden statistisch überprüft:

- Visuelle Analog Skala versus postoperativer radiologischer Korrekturverlust
- SF-12 versus postoperativer radiologischer Korrekturverlust
- augmentierte versus nicht augmentierte Pedikelschrauben
- cervikale versus thorakale oder lumbale Verletzung

### 3. Patienten und Methode

#### 3.1 Studiendesign

##### 3.1.1 Art der Studie

Die Studie erfolgte retrospektiv. Es liegt deshalb ein Evidenzlevel Grad IV vor.

##### 3.1.2 Zielgruppe

Als Zielgruppe wurden alle Patienten eingeschlossen, welche von Januar 2004 bis Dezember 2009 (5-Jahreszeitraum) in der Abteilung für Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg mittels Instrumentation an der Wirbelsäule stabilisiert wurden.

Einschlusskriterien:

- Verletzung der Wirbelsäule Typ A3, B oder C nach Magerl [71]
- Frakturhöhe zwischen HWK3 – LWK5
- Alter  $\geq$  65. Lebensjahr zum Zeitpunkt der Operation

Ausschlusskriterien:

- stabile Verletzung der Wirbelsäule Typ A1 und A2 nach Magerl [71]
- Verletzung HWK1-2
- tumoröse Infiltration der Wirbelsäule
- entzündliche Veränderung der Wirbelsäule in Form einer Spondylodiszitis
- Alter  $<$  65. Lebensjahr zum Zeitpunkt der Operation

#### 3.1.3 Patientenzahl und Zeitplan

Insgesamt stand ein Kollektiv von 62 Patienten zur Verfügung, das zwischen März 2009 und Dezember 2009 kontaktiert wurde. 44 von 62 Patienten (71%) konnten im gleichen Zeitraum nachuntersucht werden.

#### 3.1.4 Art der Erhebung

Zunächst wurden die empirischen Daten anhand von Patientenakten erhoben. Anschließend kontaktierten wir alle Patienten oder deren Angehörige telefonisch und informierten sie über die Möglichkeit einer klinisch-radiologischen Verlaufskontrolle. 44 von 62 Patienten (71%) stimmten der Nachuntersuchung zu, so dass wir von diesen lückenlos das Outcome analysieren konnten. Bei der Nachuntersuchung erhielten die Patienten jeweils zwei Fragebögen, die sie selbständig oder mit Hilfe von Angehörigen ausfüllten.

18 von 62 Patienten (29%) konnten nicht einbestellt werden, weil 3 (5%) nicht einverstanden, 6 (10%) immobil und 9 (14%) verstorben waren. Von allen 18 nicht nachuntersuchten Patienten wurden die Parameter Zufriedenheit, Mobilität, häusliche Versorgung, Pflegestufe [73] und Überlebenszeit telefonisch durch Befragung von Angehörigen (Kinder, Ehepartner) eingeholt.

**Tab. 1: Verteilung der nicht nachuntersuchten Patienten (n=18)**

<b>Ohne Nachuntersuchung (18/62 = 29%)</b>	<b>Anzahl (n)</b>
verstorben	9 (14%)
Immobilität	6 (10%)
kein Einverständnis	3 (5%)

## 3.2 Definition der Zielgrößen

### 3.2.1 Patientenzufriedenheit

Die subjektive Patientenzufriedenheit wurde bei 44 von 62 Patienten (71%) klinisch und bei 18 von 62 Patienten (29%) telefonisch anhand der Frage 8 des SSE Spine Tango [5; 95; 96] (siehe Anhang S. 91 und 92) erfragt, wobei bei 9 bereits verstorbenen Patienten (14%) die Fragen durch Angehörige beantwortet wurden.

**8** Wie zufrieden waren Sie bisher mit der Behandlung Ihrer Rückenbeschwerden in unserem Krankenhaus?

- sehr zufrieden
- etwas zufrieden
- weder zufrieden noch unzufrieden
- etwas unzufrieden
- sehr unzufrieden

### 3.2.2 Fragebogen SF-12

Der Fragebogen Short Form-12 Health Survey [112; 113] ist die Kurzform des SF-36 [18; 19; 20; 110], der sich zur Bestimmung der allgemeinen gesundheitsbezogenen Lebensqualität etabliert hat [18; 19] und eine ausreichende Reliabilität und Validität besitzt [112].

Die 36 Fragen des SF-36 [18; 19; 20; 110] wurden auf 12 Fragen des SF-12 [112; 113] reduziert, wobei jeweils mindestens eine Frage zu den insgesamt acht Dimensionen des SF-36 gestellt wird. Anhand eines computerassistierten Programms werden dann die Ergebnisse der 12 Fragen zusammengefasst und ein Punktwert zwischen 0 und 100 ermittelt, jeweils für eine körperliche und eine psychische Summenskala. Ein hoher Punktwert bedeutet eine hohe Lebensqualität, ein niedriger entsprechend eine geringe Lebensqualität. Für die beiden Summenskalen existieren Vergleichswerte für bestimmte Altersgruppen, Krankheitsbilder oder für die einzelnen Geschlechter [113]. In unserer Studie wurden Vergleichswerte für 65 -

- 74 Jährige, sowie für  $\geq 75$  Jährige, die im Handbuch von Ware et al. [113] angegeben sind, zur Evaluierung herangezogen.

#### 3.2.3 Pflegebedürftigkeit

Bei allen 62 Patienten wurden folgende 3 Parameter zur Einstufung der Pflegebedürftigkeit entweder telefonisch erfragt (n = 18) oder mittels Fragebogen (n = 44) erhoben. Es erfolgte jeweils der Vergleich zum präoperativen Gesundheitszustand. (siehe auch Anhang S. 90)

- **Mobilität**

1: Gehen ohne Hilfsmittel	2: Gehen mit Hilfsmittel	3: Rollstuhl/bettlägrig
---------------------------	--------------------------	-------------------------

- **Pflegestufe [73]**

**0:** keine Pflegestufe

**1:** Pflegestufe I – Erhebliche Pflegebedürftigkeit

Pflegebedürftige der Pflegestufe I sind Personen, die bei der Körperpflege, der Ernährung oder der Mobilität für wenigstens zwei Verrichtungen aus einem oder mehreren Bereichen mindestens einmal täglich der Hilfe bedürfen und zusätzlich mehrfach in der Woche Hilfen bei der hauswirtschaftlichen Versorgung benötigen. Der Zeitaufwand, den ein Familienangehöriger oder eine andere nicht als Pflegekraft ausgebildete Pflegeperson für die erforderlichen Leistungen benötigt, muss wöchentlich im Tagesdurchschnitt mindestens 90 Minuten betragen; hierbei müssen auf die Grundpflege mehr als 45 Minuten entfallen [73].

**2:** Pflegestufe II – Schwerpflegebedürftigkeit

Pflegebedürftige der Pflegestufe II sind Personen, die bei der Körperpflege, der

Ernährung oder der Mobilität mindestens dreimal täglich zu verschiedenen Tageszeiten der Hilfe bedürfen und zusätzlich mehrfach in der Woche Hilfen bei der hauswirtschaftlichen Versorgung benötigen.

Der Zeitaufwand, den ein Familienangehöriger oder eine andere nicht als Pflegekraft ausgebildete Pflegeperson für die erforderlichen Leistungen benötigt, muss wöchentlich im Tagesdurchschnitt mindestens drei Stunden betragen; hierbei müssen auf die Grundpflege mindestens zwei Stunden entfallen [73].

#### 3: Pflegestufe III – Schwerstpflegebedürftigkeit

Pflegebedürftige der Pflegestufe III sind Personen, die bei der Körperpflege, der Ernährung oder der Mobilität täglich rund um die Uhr, auch nachts, der Hilfe bedürfen und zusätzlich mehrfach in der Woche Hilfen bei der hauswirtschaftlichen Versorgung benötigen.

Der Zeitaufwand, den ein Familienangehöriger oder eine andere nicht als Pflegekraft ausgebildete Pflegeperson für die erforderlichen Leistungen benötigt, muss wöchentlich im Tagesdurchschnitt mindestens fünf Stunden betragen; hierbei müssen auf die Grundpflege mindestens vier Stunden entfallen [73].

- **Häusliche Versorgung**

1: selbständig	2: gepflegt von Angehörigen	3: Pflegeheim
----------------	-----------------------------	---------------

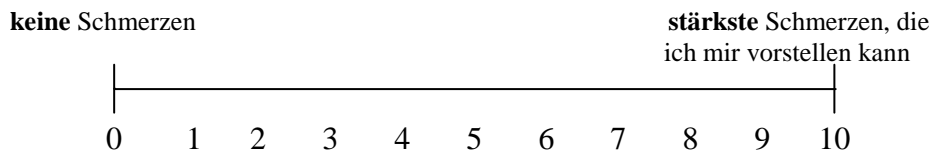
#### 3.2.4 Schmerzintensität

Mittels des Fragebogens SSE Spine Tango (Patienten - Selbsteinschätzung) [5; 95; 96] wurde die Visuelle Analog Skala für Rücken- und Bein/Gesäßschmerzen erhoben. Dazu kreuzten die Patienten in Frage 2a und 2b die entsprechende Zahl auf der Skala an. (siehe auch Anhang S. 91 und 92)

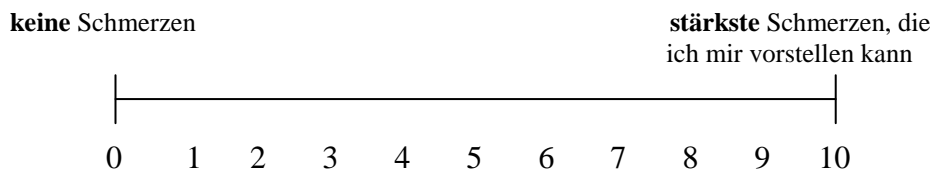
Dieser Fragebogen ist Teil des Wirbelsäulenregisters der Spine Society of Europe in der Schweiz, wo eine standardisierte Datenbank für sämtliche Wirbelsäulenoperationen vorliegt [5; 95; 96]. Wir setzten den Fragebogen ein, um die Visuelle Analog Skala und die Patientenzufriedenheit zu ermitteln und innerhalb unseres Patientenkollektivs zu vergleichen.

**2** Bitte kreuzen Sie in Frage 2a und 2b die Stelle auf der Linie an, die der Intensität Ihrer Schmerzen entspricht, wobei „0“ keine Schmerzen und „10“ stärkste vorstellbare Schmerzen bedeutet. Wir bitten Sie, **zwischen Rücken- und Beinschmerzen zu unterscheiden.**

**2a** Wie stark waren Ihre **Rückenschmerzen** in der letzten Woche?



**2b** Wie stark waren Ihre **Bein-/Gesäßschmerzen** in der letzten Woche?



#### 3.2.5 Analgetika

Bei der Anamnese wurde der Schmerzmittelgebrauch erfragt und nach dem WHO-Stufenschema [119] eingestuft:

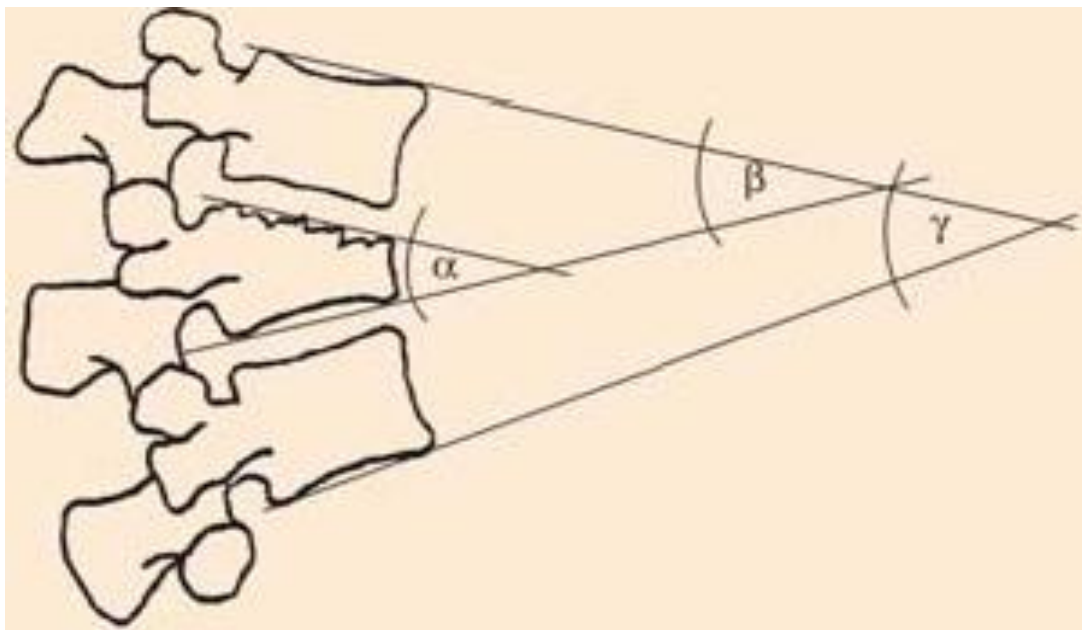
Stufe 0:	kein Schmerzmittel
Stufe 1:	Nicht-Opioide (z.B. NSAID, Paracetamol)
Stufe 2:	Niederpotente Opioide (z.B. Tramadol, Tilidin) und Nicht-Opioide
Stufe 3:	Hochpotente Opioide (z.B. Morphin, Fentanyl) und Nicht-Opioide

#### 3.2.6 Radiologie

Es wurden konventionelle, digitalisierte Röntgenaufnahmen der Wirbelsäule in 2 Ebenen anhand der folgenden Parameter verglichen:

- **Grund- und Deckplattenwinkel**

In der seitlichen Projektion wurde dieser Winkel zwischen der Deckplatte des kranial angrenzenden, gesunden Wirbelkörpers und der Grundplatte des kaudal liegenden, gesunden Wirbelkörpers entsprechend des lokalen Kyphosewinkels nach Cobb [24] ermittelt. Dabei wurde eine Kyphose mit negativen Vorzeichen und eine Lordose mit positivem Vorzeichen gewertet.



(Abb. aus [50])

**Abb. 1: Kyphosewinkel nach Cobb [24]**

- $\alpha$ ) vertebraler Kyphosewinkel
- $\beta$ ) segmentaler Kyphosewinkel
- $\gamma$ ) lokaler Kyphosewinkel

- **Höhenminderung**

Die Höhe der Vorderkante der betroffenen Wirbelkörper wurde in Relation gesetzt zum Mittelwert der beiden benachbarten gesunden Wirbelkörper und die Minderung in Prozent angegeben. Bei den Patienten mit Wirbelkörperresektion und anschließendem Wirbelkörperersatz konnte dieser Parameter nicht erhoben werden.

- **Implantatdislokation**

Alle eingebrachten Implantate wurden auf Dislokation (> 5mm Verschiebung oder > 5° Stellungsabweichung) überprüft.

- **Materialbruch**

Alle Implantate wurden hinsichtlich eines Materialbruchs beurteilt.

#### 3.2.7 Neurologie

Zum Vergleich des neurologischen Status wurde die Klassifikation nach Frankel et al. angewandt [36]:

Grad A:	motorisch und sensibel komplette Lähmung (Paraplegie)
Grad B:	motorisch komplette, sensibel inkomplette Lähmung
Grad C:	motorisch inkomplette Lähmung, funktionell nutzlos (klinisch nicht gehfähig)
Grad D:	motorisch und/oder sensibel inkomplette Lähmung (klinisch gehfähig)
Grad E:	keine neurologische Symptomatik

### 3.3 Vorerkrankungen

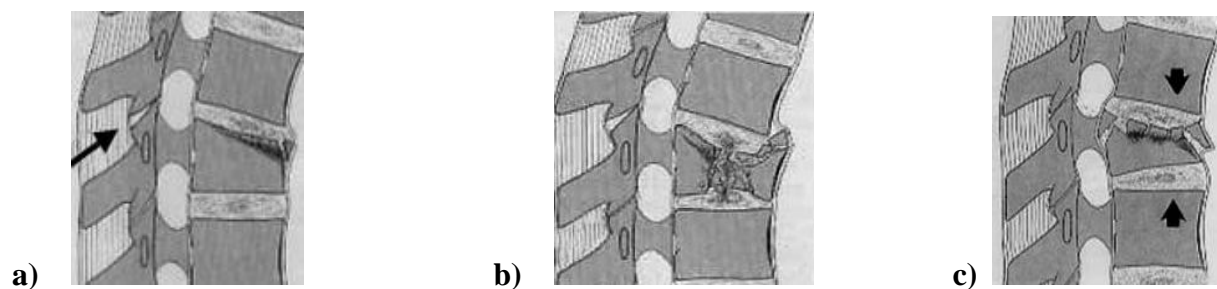
Zur Einstufung der Schwere an Begleiterkrankungen wurde der vor der Operation bestimmte ASA-Score herangezogen [6]:

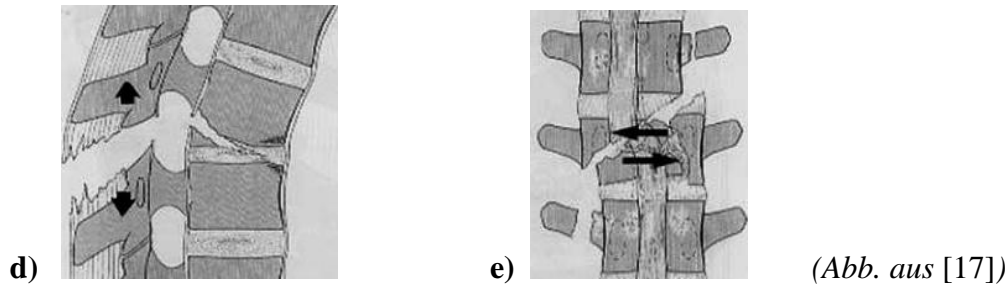
ASA I:	keine Vorerkrankungen
ASA II:	leichte Allgemeinerkrankung ohne Leistungseinschränkung
ASA III:	schwere Allgemeinerkrankung mit Leistungsminderung
ASA IV:	lebensbedrohliche Allgemeinerkrankung
ASA V:	moribunder Patient, überlebt mit oder ohne OP voraussichtlich nicht 24 Stunden

#### 3.4 Verletzungstyp

Die Klassifikation nach Magerl et al. [71] beruht auf einem Zweisäulenkonzept, bei dem von einer auf Druck beanspruchten ventralen Säule und einer unter Scherkräften stehenden dorsalen Säule ausgegangen wird. Die Einteilung nach dem ABC-System berücksichtigt Schäden im ventralen (Typ A) oder dorsalen (Typ B) Bereich der Wirbelsäule oder zusätzliche Rotationsverletzung (Typ C), die in weitere Subgruppen eingeteilt werden können. Die Grenze zwischen dem Einsatz einer konservativen oder operativen Therapie liegt zwischen den beiden Subgruppen Typ A2 und Typ A3, da bei letzterem durch Beteiligung der Hinterkante die Gefahr einer weiteren Dorsaldislokation des Hinterkantenfragments mit sekundär neurologischen Störungen gegeben ist [17].

Als Einschlusskriterium in die Studie wurden Verletzungen vom Typ A3, B oder C nach Magerl [71] definiert.





**Abb. 2:** Klassifikation nach Magerl et al. [71]

- a) Typ A1: kranialer Keilbruch, leichtes Klaffen im dorsalen Gelenkspalt
- b) Typ A2: Kneifzangenfraktur
- c) Typ A3: Berstungsbruch mit Beteiligung der Hinterkante
- d) Typ B: Zweisäulenverletzung, Kompressions-Distraktionsverletzung
- e) Typ C: Zweisäulenverletzung mit rotatorischer Komponente

## 3.5 Operationsimplantate

### 3.5.1 Fixateur interne dorsal

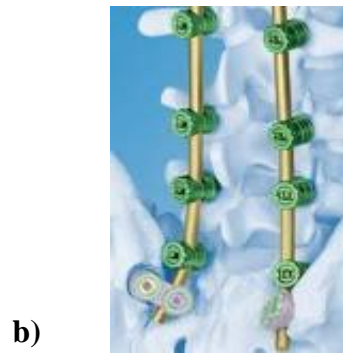
Im HWS-Bereich wurden bei 4 Patienten Neon-Schrauben (Ulrich medical GmbH & Co. KG, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm, Deutschland) implantiert.

An der thorakalen und lumbalen Wirbelsäule wurden dorsal insgesamt 178 Pedikelschrauben des Universal Spine System II (Synthes GmbH, Im Kirchenhürstle 4-6, 79224 Umkirch bei Freiburg, Deutschland) mit side loading System implantiert und 34 Pedikelschrauben vom Typ Tango RS (Ulrich medical GmbH & Co. KG, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm, Deutschland) mit over the top loading System zur Integration der Stäbe.

Zusätzlich wurden 64 zementaugmentierte, kanülierte Pedikelschrauben vom Typ Tango RS (Ulrich medical GmbH & Co. KG, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm, Deutschland) verwandt. Der Zementzusatz erfolgte pro Schraube mit 1,5 – 4ml Palacos PMMA = Polymethylmethacrylate (Kyphon Deutschland GmbH, Draisstr. 48, 67346 Speyer).

**Tab. 2: dorsale Instrumentation**

Lokalisationshöhe	Instrumentarium	Patient (n)	Pedikelschrauben (n)
HWK 3-7	Neon-Schrauben	4	28
BWK 1 – LWK 5	USS II	24	178
BWK 1 – LWK 5	Tango RS	7	34
BWK 1 – LWK 5	Tango RS augmentiert	9	64



**Abb. 3: dorsale Instrumentation**

- a) Neon-Schrauben (Ulrich medical GmbH & Co. KG, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm, Deutschland)
- b) Fixateur interne, USS II (Synthes GmbH, Im Kirchenhürstle 4-6, 79224 Umkirch bei Freiburg, Deutschland), side loading System
- c) Fixateure interne, Tango RS (Ulrich medical GmbH & Co. KG, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm, Deutschland), over the top loading System

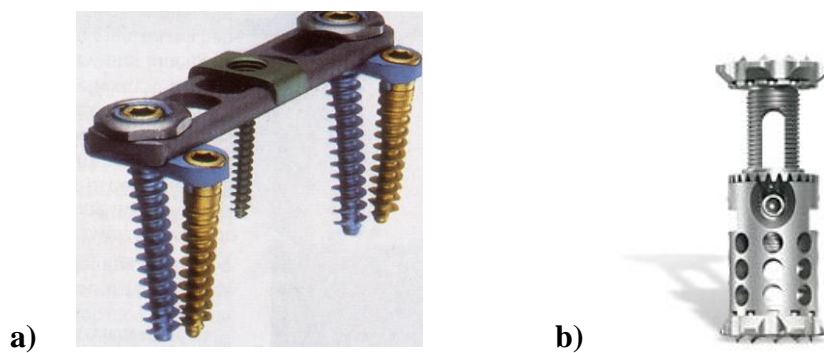
#### 3.5.2 ventrale Operationsverfahren

Bei 9 von 62 Patienten (14%) wurde thorakolumbal ein ventraler Wirbelkörperersatz mittels eines Obelisc-Systems (Ulrich medical GmbH & Co. KG, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm, Deutschland) durchgeführt. Diese Form des Wirbelkörperersatzes ermöglicht eine minimal-invasive Implantation und eine exakte, stufenlose Höhenjustierung in situ.

Zusätzlich wurden 8 Multiaxiale Komponentensysteme (MACS) implantiert (Aesculap, Am Aesculap-Platz, 78532 Tuttlingen, Deutschland).

**Tab. 3: ventrale Implantate**

Lokalisationshöhe	Implantat	Patient (n)	Schraube (n)
BWK 1- LWK 5	Obelisc	9	0
BWK 11 – LWK 5	MACS	8	34



**Abb. 4: ventrale Implantate**

- a) MACS (Aesculap, Am Aesculap-Platz, 78532 Tuttlingen, Deutschland)
- b) Obelisc (Ulrich medical GmbH & Co. KG, Buchbrunnenweg 12, 89081 Ulm, Deutschland)

#### 3.5.3 Halswirbelsäule ventral

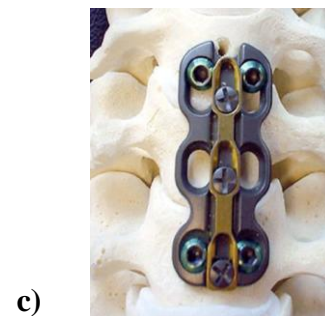
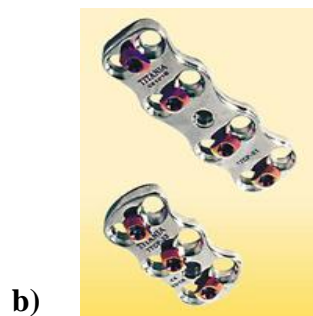
Im Bereich der HWS wurden 2 Harmskörbchen (DePuy Spine. Inc., 325 Paramount Drive, Raynham, MA 02767) implantiert. Dabei handelt es sich um einen mit Palacos (PMMA = Polymethylmethacrylate) gefüllten, geflochtenen, nicht expandierbaren Titancage, der mit einer ventralen HWS-Verriegelungsplatte zusätzlich stabilisiert wird. Die Höhenanpassung erfolgte intraoperativ.

Bei 14 Patienten wurden HWS-Verriegelungsplatten (Synthes GmbH, Im Kirchenhürstle 4-6, 79224 Umkirch bei Freiburg) und bei 3 Patienten ABC-Platten (Aesculap, Am Aesculap-Platz, 78532 Tuttlingen, Deutschland) eingebracht. Bei Versorgung einer Fraktur bei Morbus Bechterew erfolgte eine Doppelplattenosteosynthese mit LCP (Synthes GmbH, Im Kirchenhürstle 4-6, 79224 Umkirch bei Freiburg, Deutschland).

**Tab. 4: Halswirbelsäule ventral**

Lokalisationshöhe	Platte	Patient (n)	Schraube (n)
HWK 3 - 7	HWS-Verriegelung	14	68
HWK 3 - 7	LCP-Doppelplatte*	1	12
HWK 3 - 7	ABC-Platte	3	15
HWK 3 - 5	Harmskörbchen	2	0

\* Anmerkung: bei Versorgung einer Fraktur bei Morbus Bechterew;



(Abb. aus [48])

**Abb. 5: Halswirbelsäule ventral**

- a) Harmskörbchen (DePuy Spine. Inc., 325 Paramount Drive, Raynham, MA 02767)
- b) HWS-Verriegelungsplatte (Synthes GmbH, Im Kirchenhürstle 4-6, 79224 Umkirch bei Freiburg, Deutschland)
- c) ABC-Platte (Aesculap, Am Aesculap-Platz, 78532 Tuttlingen, Deutschland)

### 3.6 Operationsverfahren

#### 3.6.1 Beckenspanentnahme

Eine Entnahme von Spongiosa bzw. eines kortikospongiosen Spans aus dem Beckenkamm wurde bei 31 von 62 Patienten (50%) durchgeführt. Bei Wirbelkörperresektion (11 von 62 Patienten, 18%) wurde Knochenmaterial aus dem Resektat gewonnen.

Zur Gewinnung des Knochengewebes wurde am Beckenkamm eine ca. 3-5 cm lange Hautinzision gesetzt und stumpf oder spitz bis zum Knochen vorpräpariert. Anschließend erfolgte die Fensterung des Beckenkamms und die Entnahme von Spongiosa.

#### 3.6.2 Zugangswege

Zu den einzelnen Abschnitten der Wirbelsäule wurden die in der folgenden Tabelle dargestellten standardisierten Zugangswege verwandt.

**Tab. 5: Zugangswege**

Segment	dorsaler Zugangsweg	ventraler Zugangsweg
HWK 3 – BWK 2	hintere Mittellinie***	transcervikal*
BWK 2 – BWK 7	÷	Thorakotomie rechts (mini-open)**
BWK 7 – LWK 1	÷	Thorakotomie links (mini-open)**
LWK 2 – LWK 5	÷	retroperitoneal links

Erklärung:

- \* Längs- oder Querinzision mit Durchtrennung des Platysmas, stumpfe Präparation der HWS unter Weghalten der Gefäße nach lateral bzw. Ösophagus und Larynx nach medial; Zugang von links oder rechts nach Wahl des Operateurs;
- \*\* Intubationsnarkose mit ggf. Einlungenventilation mit Hilfe eines Doppellumentubus; operativer Zugangsweg als kurze Inzision unter Einsetzen von speziellen Hacken (z.B. Synframe Synthes GmbH, Im Kirchenhürstle 4-6, 79224 Umkirch bei Freiburg, Deutschland) oder thorakoskopisch assistiert;
- \*\*\* Schnittinzision über den Processus spinosi, Freipräparation der Facettengelenke sowie der Querfortsätze unter Ablösung der autochthonen Rückenmuskulatur unter Einsetzen von speziellen Spreizern;

#### 3.6.3 Instrumentation

Die Instrumentation erfolgte entweder über ein dorsales, ein ventrales oder ein kombiniertes Operationsverfahren.

- **dorsales Operationsverfahren**

Es wurde bei 32 von 62 Eingriffen (52%) ein rein dorsales Operationsverfahren durchgeführt.

Alle Patienten wurden in Bauchlage gelagert und zunächst die einzelnen Wirbelkörper mit dem Bildwandler identifiziert. Nach dem Zugang über die hintere Mittellinie wurden die Schrauben in die Pedikel eingebracht und die korrekte Lage über Röntgenbildwandlerkontrolle im seitlichen und gegebenenfalls anterior-posterioren Strahlengang kontrolliert.

Die Reposition der Verletzung erfolgte mit Hilfe von Längsträgern, die mit den bereits platzierten Schrauben in entsprechend an die Frakturlokalisierung angepasster Lordosierung bzw. Kyphosierung verbunden wurden. Bei bisegmentaler Stabilisierung wurde ein Querverbinder eingebracht.

Im Allgemeinen wurde bei Verletzung eines oder mehrerer Segmente die Stabilisierung an den oberhalb und unterhalb der frakturierten Wirbeln gelegenen Pedikeln durchgeführt. Bei höhergradigen Instabilitäten wurde die Stabilisierung auf

zwei Etagen kranial und kaudal der betroffenen Segmente ausgedehnt, insbesondere falls eine zusätzliche ventrale Spondylodese nicht möglich war.

Bei fortgeschrittenen osteoporotischen Veränderungen der Wirbelsäule wurden zementaugmentierte Pedikelschrauben bevorzugt, die nach ihrer Platzierung zur zusätzlichen Stabilisierung mit jeweils 1 - 2,5ml Knochenzement pro Pedikelschraube gefüllt wurden.

Zusätzlich wurden im Kollektiv 3 Kyphoplastien und 7 Vertebroplastien am frakturierten Wirbelkörper durchgeführt, wobei bei letzteren die Wirbelkörper jeweils mit 4ml Knochenzement aufgerichtet wurden. Hemi-/Laminektomien erfolgten in 18 von 62 Fällen (29%).

- **ventrales Operationsverfahren**

In 18 von 62 Eingriffen (29%) wurde ein ausschließlich ventrales Operationsverfahren angewandt.

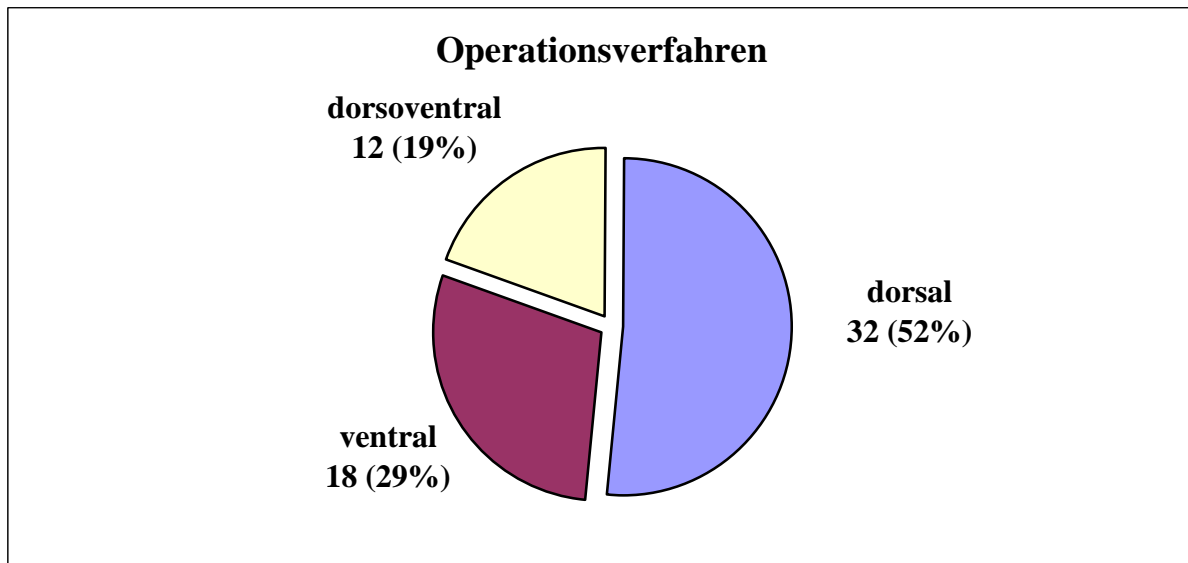
Die Zugangswege wurden entsprechend der segmentaler Höhe gemäß der obigen Tabelle gewählt.

Bevorzugt eingesetzt wurde das isoliert ventrale Operationsverfahren bei Patienten, die eine Destruktion der ventralen Säule gemäß einer Typ A3 Verletzung nach Magerl [71] aufwiesen und bei Patienten mit der Notwendigkeit einer Wirbelkörperresektion mit anschließender Implantation eines Knochenspans oder eines Wirbelkörperersatzsystems.

- **kombiniertes Operationsverfahren**

Bei 12 von 62 Patienten (19%) erfolgte ein kombiniertes dorsoventrales Operationsverfahren.

Einzeitig wurden 3 Eingriffe durchgeführt und zweizeitig bei 9 Patienten, wobei im Mittel 14 Tage bei einer Spanne von 7 – 44 Tagen zwischen den beiden Eingriffen lagen und bis auf eine Ausnahme stets mit dem dorsalen Verfahren begonnen wurde.



**Abb. 6:** Verteilung der Operationsverfahren

#### 3.7 Datenverarbeitung und Statistik

Die Auswertung der Daten erfolgte mit Hilfe von Microsoft Excel und SPSS Version 18.0 (SPSS Inc., U.S.A.) für Windows. Die kontinuierlichen Variablen dargestellt als Mittelwerte mit den Standardabweichungen als Streumaße wurden anhand des Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung überprüft. Dieser Test wird vor allem bei Stichproben mit einer Gesamtzahl unter 50 eingesetzt. Zeigte sich dabei eine Normalverteilung bei einem  $p > 0,05$ , so wurde bei Unabhängigkeit von 2 Stichproben der t-Test zum Vergleich eingesetzt zur Berechnung der Signifikanz und bei 2 verbundenen Stichproben der t-Test für gepaarte Stichproben. Lag im Shapiro-Wilk-Test bei einem  $p < 0,05$  keine Normalverteilung vor, wurde bei Unabhängigkeit der Stichproben auf den Mann-Whitney-U-Test zurückgegriffen und bei 2 verbundenen Stichproben der Wilcoxon-Test. Das Signifikanzniveau wurde dabei für  $p < 0,05$  festgelegt.

Der Vorzeichentest als verteilungsfreier Test wurde bei abhängigen, ordinalskalierten Stichproben angewandt.

Zur Berechnung der Korrelation wurde bei normalverteilten Stichproben der Korrelationskoeffizient nach Pearson verwandt und bei ordinalskalierten, nicht normalverteilten Stichproben der Test nach Spearmans Rho. Dabei wurde bei einem

Korrelationskoeffizienten von  $r < 0,2$  von nur einer sehr geringen und bei  $r = 0,2 - 0,5$  von einer geringen Korrelation ausgegangen. Eine hohe Korrelation bestand bei  $r > 0,7$ .

Bei der graphischen Darstellung der Mittelwerte von normalverteilten Stichproben wurden Fehlerbalken eingesetzt, wobei als Streumaß auf Grund der großen Streubreite die Standardfehler aufgeführt wurden. Boxplots dienen zur Veranschaulichung von Median, sowie der 25. – 75. Perzentile bei nicht normalverteilten Stichproben. Die T-Balken stellen entsprechend den kleinsten und größten Wert dar. Ausreißer, die  $1\frac{1}{2}$  -3 Boxlängen außerhalb der Box liegen, wurden als Kreise dargestellt.

Für die mathematische und graphische Analyse der Überlebenszeit wurde das Verfahren nach Kaplan-Meier gewählt [49].

Die statistische Auswertung erfolgte durch Frau Dr. med. Tanja Kottmann, Beverstr. 64, 59077 Hamm, Deutschland.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Empirische Ergebnisse

#### 4.1.1 Geschlecht und Alter

Das mittlere Durchschnittsalter der 62 Patienten lag im arithmetischen Mittel zum Zeitpunkt der Operation bei  $73,3 \pm 6,2$  Jahren [65 - 88]. Insgesamt wurden 23 Frauen (37%) und 39 Männer (63%) operiert.

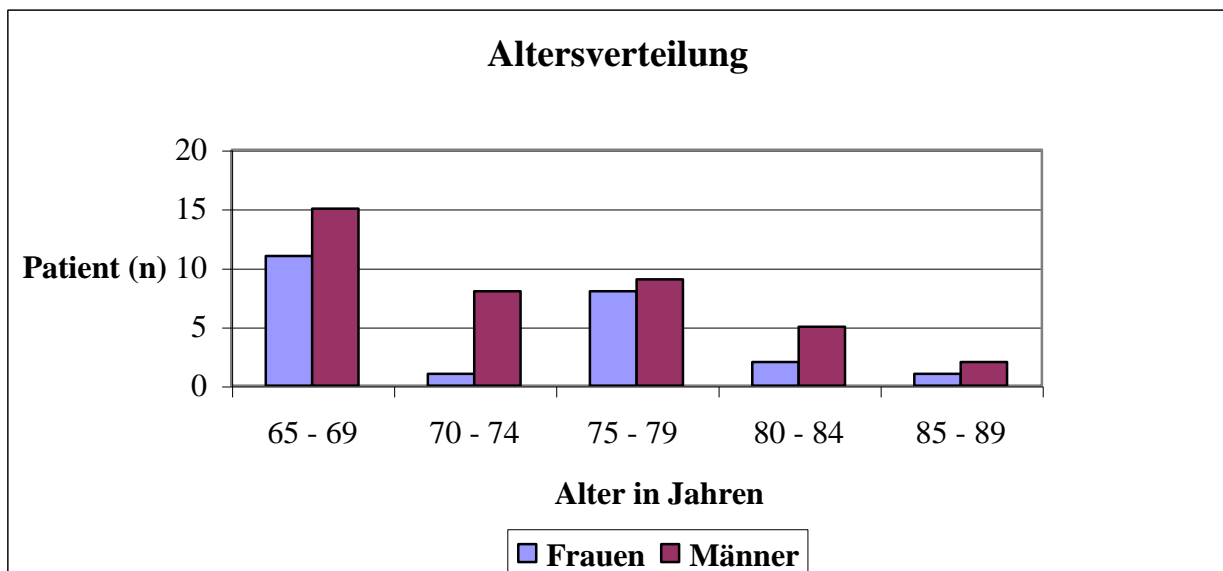


Abb. 7: Geschlecht und Alter

#### 4.1.2 Topographische Verteilung der Frakturhöhe

Die topographische Verteilung der Frakturen zeigt ein deutliches Überwiegen der Versorgung von Frakturen im thorakolumbalen Bereich bei 28 von 62 Patienten (45%).

Tab. 6: Topographische Verteilung der Frakturhöhe

Lokalisationshöhe	Patient (n)
cervikal HWK 3 – 7	20 (32%)
thorakal BWK 1 - 10	4 (7%)
thorakolumbal BWK 11 – LWK 2	28 (45%)
lumbal LWK 3 - 5	10 (16%)

#### 4.1.3 Verteilung der Frakturtypen

Als Einschlusskriterium wurden Typ A3, B und C Verletzungen nach Magerl [71] definiert, die sich im Kollektiv wie folgt verteilen:

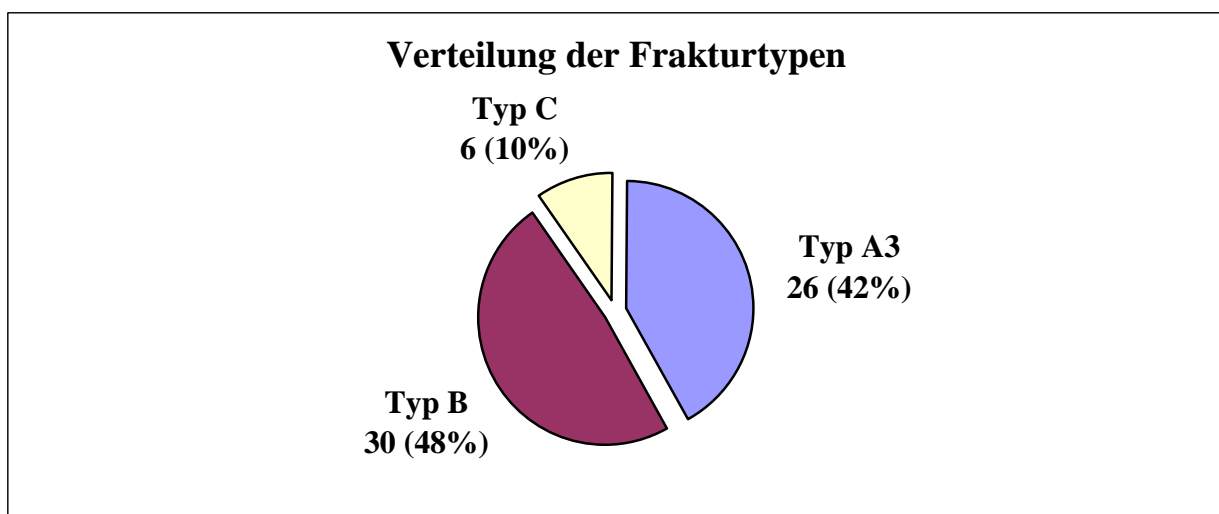


Abb. 8: Verteilung des Frakturtyps

#### 4.1.4 Verletzungsursache

Die Verletzungsursache wurde entsprechend ihres Schweregrades in vier Kategorien untergliedert.

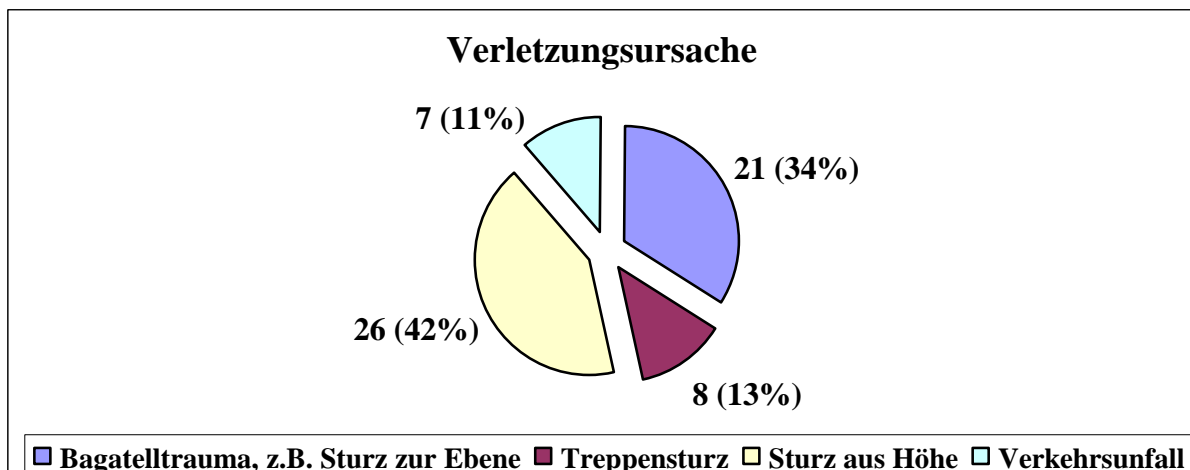


Abb. 9: Verletzungsursache

#### 4.1.5 Anzahl der instrumentierten Segmente

Am häufigsten ( $n = 23$ ; 37%) erfolgte eine monosegmentale Instrumentation, gefolgt von bisegmentalen Instrumentationen ( $n = 22$ ; 35%). Bei drei Patienten (5%) wurden drei Segmente versorgt und bei 14 von 62 Patienten (23%) erfolgte eine Instrumentation von mehr als drei Segmenten auf Grund von Verletzungen von langstreckigeren Wirbelsäulenabschnitten.

Bei 8 von 62 Patienten (13%) kam es im Rahmen des Unfalls zu Mehrfachverletzungen, jedoch in keinem Fall zu einem Polytrauma.

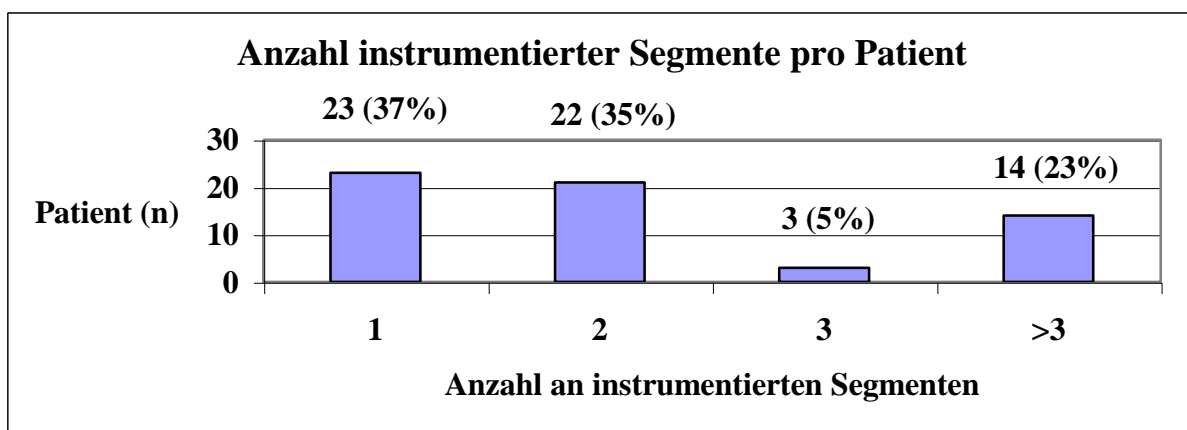


Abb. 10: Anzahl der instrumentierten Segmente

### 4.1.6 Vorerkrankungen

Bei der Prämedikationsvisite wurden alle 62 Patienten anhand des ASA-Score [6] entsprechend der Schwere an Vorerkrankungen eingestuft. Dabei ergab sich folgende Verteilung:

**Tab. 7: Einstufung der Patienten in den ASA-Score [6]**

ASA-Score	Patient (n)
I	9 (15%)
II	26 (42%)
III	23 (37%)
IV	4 (6%)

## 4.2 Perioperative Daten

### 4.2.1 Präoperativer Zeitraum

Entsprechend des Schweregrades der Verletzung und der Gefahr der Schädigung des Rückenmarks variierte die Zeitspanne zwischen Verletzung und Operation bei den einzelnen Patienten. Im arithmetischen Mittel wurden alle 62 Patienten  $8,2 \pm 14,6$  Tage [0 - 68] nach der Verletzung operiert. Der Median lag bei 2 Tagen post Trauma.

Die Tabelle stellt gegenüber wie viele Patienten innerhalb 48 Stunden und wie viele > 48 Stunden nach dem Trauma operiert wurden.

**Tab. 8: Zeitspanne zwischen Verletzung und Operation**

<b>Zeitpunkt der Operation post Trauma</b>	<b>Patient (n)</b>
<b>OP ≤ 48 Stunden</b>	30 (48%)
<b>OP &gt; 48 Stunden</b>	32 (52%)

### 4.2.2 Postoperative Überwachung

Alle Eingriffe wurden in Intubationsnarkose durchgeführt.

18 von 62 Patienten (29%) wurden postoperativ intensivmedizinisch versorgt.

Der intensivmedizinische Aufenthalt dauerte im mittleren Durchschnitt  $5,9 \pm 7,9$  Tage [1 – 33]. Es lagen kardiopulmonale Ursachen zu Grunde oder Mehrfachverletzungen.

44 von 62 Patienten (71%) konnten unmittelbar nach der Operation in den Aufwachraum verlegt werden, wo sie mehrere Stunden von einem Anästhesisten betreut wurden. Anschließend erfolgte die Verlegung auf Normalstation.

### 4.2.3 Dauer des Krankenhausaufenthalts

Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes schwankte in Abhängigkeit von den Komplikationen und der Anzahl der Begleit- und Vorerkrankungen der Patienten. Durchschnittlich waren die Patienten  $24,6 \pm 17,7$  Tage [4 - 87] in stationärer Behandlung.

### 4.2.4 Rehabilitation

Bei 45 von 62 Patienten (73%) wurde eine Anschlussheilbehandlung durchgeführt. Bei 17 Patienten lag entweder eine Ablehnung durch den Patienten, ein frühes postoperatives Versterben oder ein hohes Maß an Pflegebedürftigkeit ohne Aussicht auf Verbesserung vor.

### 4.2.5 Nachuntersuchung

Der Zeitpunkt der klinisch-radiologischen Nachuntersuchung im Rahmen der Studie variierte zwischen minimum 12 und maximum 60 Monaten postoperativ bei einem arithmetischen Mittel von  $27,3 \pm 16,8$  Monaten [12-60].

### 4.3 Überlebenszeit

9 von 62 Patienten (14%) waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verstorben, wobei das mittlere Überleben dieser 9 Patienten  $5,1 \pm 2,1$  Monate [3 - 9] betrug. Die geschätzte mittlere Überlebenszeit der 62 Patienten war 55,5 Monate bei einem Konfidenzintervall von 95% [50,3 Monate – 60,6 Monate]. Kein Patient verstarb intraoperativ.

Die Kaplan-Meier-Kurve zeigt die postoperative Gesamtüberlebensrate der 62 Patienten.

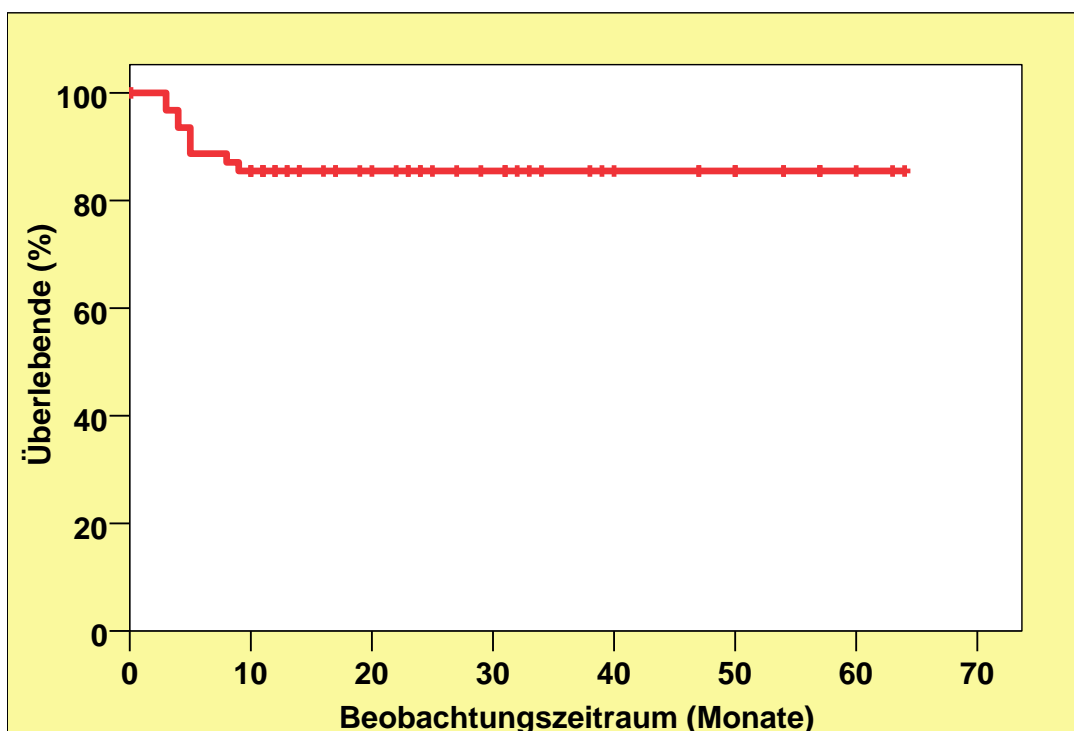


Abb. 11: Kaplan-Meier-Kurve für das postoperative Gesamtüberleben der 62 Patienten

#### 4.4 Komplikationen

Die perioperativen Komplikationen konnten bei allen 62 Patienten erhoben werden.

Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht über die intra- und postoperativen Komplikationen.

**Tab. 9: Intraoperative und postoperative Komplikationen**

Intraoperative und postoperative Komplikationen	ohne Revision Patient (n)	mit Revision Patient (n)
tiefer Wundinfekt	-	3
Wundheilungsstörung	-	2
Pedikelschraubenfehlage	-	1
Implantatdislokation	-	1
Epiduralhämatom	-	1
Spinalkanalstenose	-	1
massive intraoperative Blutung	1	-
Dysphagie	1	-
	n = 2	n = 9

Die Komplikationsrate betrug 18% (11/62 Patienten). Die operative Revisionsrate betrug 15% (9/62 Patienten) im Mittel  $68,7 \pm 191,1$  Tage [0 - 755] postoperativ.

Folgende Epikrisen liefern eine detaillierte Beschreibung der Ereignisse:

- **tiefer Wundinfekt 5% (3/62 Patienten)**

Drei Patienten des Kollektivs erhielten Revisionseingriffe auf Grund eines postoperativen tiefen Wundinfekts.

Bei einem Patienten (männlich, 69 Jahre) traten nach dorsoventraler Stabilisierung von Th12 auf L2 ein Epidural- und Psoasabszess sowie ein Infekt der Beckenschaufel nach Entnahme eines tricorticalen Spans auf, was im Verlauf zu einem septischen Krankheitsbild führte. Unter intensivmedizinischer Überwachung wurde eine

antibiotische Therapie eingeleitet und mehrmalige Revisionen durchgeführt. Im Verlauf stabilisierte sich der Patient und die Entzündungsparameter normalisierten sich.

Ein Patient (männlich, 85 Jahre) erhielt drei Revisionseingriffe nach dorsoventraler Stabilisierung Th12 - L5 und bei einem Patienten (männlich, 73 Jahre) war eine Revision nach dorsoventraler Instrumentation von Th12 auf L2 auf Grund eines tiefen Wundinfekts nötig.

- **Wundheilungsstörung 3% (2/62 Patienten)**

Bei zwei Patienten (männlich, 83 Jahre und 69 Jahre) traten postoperativ Wundheilungsstörungen mit einer Wunddehiszenz nach dorsaler Spondylodese von C3 – Th1 und von Th11 – L1 auf, die nach Sekundärnaht ohne Nachweis eines Infektes abheilten.

- **Pedikelschraubenfehlage 2% (1/62 Patienten)**

Eine von dorsal eingebrachte Pedikelschraube vom Typ Tango RS (Ullrich) auf Höhe L1 musste bei einem Patienten (männlich, 74 Jahre) auf Grund einer im postoperativen Kontroll-CT sichtbaren Fehllage mit 30%iger Einengung des Spinalkanals wieder entfernt werden. Der Fixateur interne konnte dabei belassen werden und es musste keine neue Schraube platziert werden.

- **Implantatdislokation 2% (1/62 Patienten)**

Bei einer Patientin (weiblich, 81 Jahre) musste eine ventrale Verriegelungsplatte nach verhakter HWK 6/7-Luxationsfraktur 13 Tage nach der Implantation wieder entfernt und neu implantiert werden, nachdem die Schrauben der unteren Fixierung ausgebrochen waren und es zum dorsalen Versatz der Platte gekommen war.

- **Epiduralhämatom 2% (1/62 Patienten)**

Ein Patient (männlich, 69 Jahre) entwickelte nach einer ventralen Stabilisierung auf Höhe von C5-7 ein Epiduralhämatom mit neurologischen Ausfällen, welches nach einer MRT-Bildgebung sofort operativ von dorsal dekomprimiert wurde. Die neurologischen Ausfälle bildeten sich im Verlauf nicht mehr zurück, so dass der

Patient mit einer Querschnittssymptomatik ab BWK 1 als Residualzustand entlassen werden musste.

- **Spinalkanalstenose 2% (1/62 Patienten)**

Ein Patient (männlich, 69 Jahre) entwickelte nach instabiler BWK 11 und LWK 1 Fraktur eine symptomatische Spinalkanalstenose. Initial wurde die Verletzung mit einem von dorsal eingebrachten Fixateur interne versorgt, der drei Monate postoperativ bei stabilen Wirbelsäulenverhältnissen wieder entfernt wurde. Zwei Jahre postoperativ zeigte sich klinisch eine Claudicatio spinalis Symptomatik. In der CT-Bildgebung sowie der Myelographie kam eine sogenannte Anschlussstenose auf Höhe LWK 2/3 zur Darstellung und der Patient wurde einer operativen Dekompression zugeführt.

- **Massive intraoperative Blutung 2% (1/62 Patienten)**

Bei der operativen Versorgung einer Mehrfachverletzung mittels langstreckigem Fixateur interne von BWK 4 – LWK1 bei einem Patienten (männlich, 79 Jahre) mit stark kompromittierter Gerinnung auf Grund einer Marcumareinnahme kam es zum intraoperativen Blutverlust von ca. 8000 ml. Der Patient erhielt FFPs, TKs, EKs, 3g Fibrinogen und 1000 I.E. AT III.

- **Dysphagie 2% (1/62 Patienten)**

Ein Patient (männlich, 77 Jahre) klagte bei Zustand nach ventraler Plattenosteosynthese von HWK 6 und 7 zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 4 Jahre postoperativ über chronische Dysphagiebeschwerden, die vor allem bei fester Nahrung auftraten und seit der Operation konstant waren. Der Patient wurde über die Ursache der Beschwerden aufgeklärt und von einer Revision wurde auf Grund des Alters (81 Jahre zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung) abgesehen.

### 4.5 Neurologisches Outcome

Die folgende Tabelle zeigt den neurologischen Status nach Frankel et al. [36] im prä- und postoperativen Vergleich. Der erste Buchstabe in jedem Kästchen steht für den präoperativen

neurologischen Status, der zweite Buchstabe für das postoperative Ergebnis. Die Zahl darunter gibt die Anzahl der Patienten wieder.

Grad A:	motorisch und sensibel komplette Lähmung (Paraplegie)
Grad B:	motorisch komplette, sensibel inkomplette Lähmung
Grad C:	motorisch inkomplette Lähmung, funktionell nutzlos (klinisch nicht gehfähig)
Grad D:	motorisch und/oder sensibel inkomplette Lähmung (klinisch gehfähig)
Grad E:	keine neurologische Symptomatik

**Tab. 10: prä- und postoperativer neurologischer Status nach Frankel et al. [36]**

<b>A – A</b> <b>2</b>	<b>A - B</b>	<b>A – C</b>	<b>A – D</b>	<b>A – E</b>
<b>B – A</b>	<b>B – B</b>	<b>B – C</b>	<b>B – D</b>	<b>B – E</b>
<b>C – A</b>	<b>C - B</b>	<b>C – C</b> <b>1</b>	<b>C – D</b> <b>1</b>	<b>C – E</b>
<b>D – A</b>	<b>D – B</b>	<b>D – C</b>	<b>D – D</b> <b>3</b>	<b>D – E</b> <b>10</b>
<b>E – A</b>	<b>E – B</b>	<b>E – C</b> <b>1</b>	<b>E – D</b> <b>1</b>	<b>E – E</b> <b>25</b>

**grün = Verbesserung;      gelb = keine Veränderung;      rot = Verschlechterung;**

Bei 44 von 62 Patienten (71%) konnte der neurologische Status im Rahmen der Nachuntersuchung erhoben werden.

17 von 44 Patienten (39%) wiesen präoperativ ein neurologisches Defizit auf, wobei bei 11 von 17 Patienten (65%) das neurologische Defizit verbessert werden konnte.

Ein Patient verschlechterte sich durch die Operation auf Grund eines Epiduralhämatoms von Frankel E auf C, so dass er zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gehunfähig war.

Postoperativ waren 40 von 44 Patienten (91%) gehfähig.

### 4.6 Radiologisches Outcome

#### 4.6.1 Cobb-Winkel

Der Cobb-Winkel [24] wurde bei 31 von 62 Patienten (50%), die an der BWS und LWS operiert wurden, jeweils präoperativ, postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestimmt.

Folgende Tabelle gibt die entsprechenden arithmetischen Mittelwerte wieder.

**Tab. 11: Cobb-Winkel [33] im Verlauf (arithmetische Mittelwerte)**

Zeitpunkt der Röntgenaufnahmen	Cobb-Winkel (Grad)
präoperativ	$-4,7^\circ \pm 12,3$ [-33 - 16]
postoperativ	$-1,5^\circ \pm 11,1$ [-29 - 17]
Nachuntersuchung	$-8,5^\circ \pm 11,3$ [-35 - 11]

Der Cobb-Winkel [24] wurde durch die Operation von  $-4,7^\circ \pm 12,3$  [-33 - 16] präoperativ auf  $-1,5^\circ \pm 11,1$  [-29 - 17] postoperativ verbessert, jedoch nicht signifikant ( $p=0,107$ ; t-Test).

Der postoperative Korrekturverlust bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung von  $-1,5^\circ \pm 11,1$  [-29 - 17] auf  $-8,5^\circ \pm 11,3$  [-35 - 11] war höchst signifikant ( $p<0,001$ ; t-Test).

Der segmentale Kyphosewinkel zeigte einen signifikanten Repositionsverlust zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ( $p<0,001$ ; t-Test).

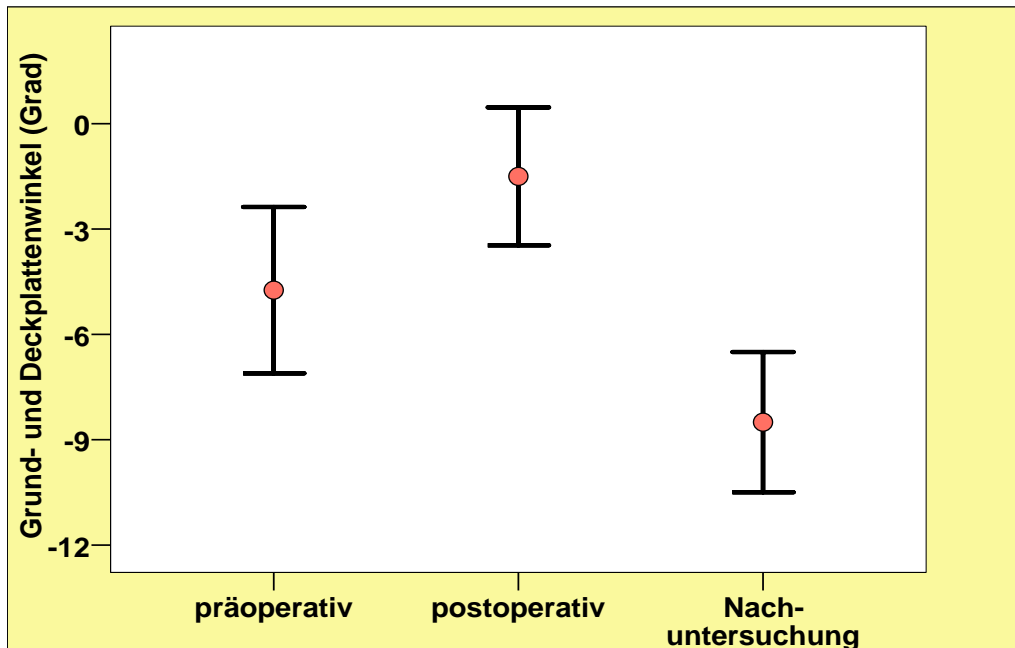


Abb. 12: Cobb-Winkel [24] im Verlauf

#### 4.6.2 Vorderkante

Die Höhe der Vorderkante wurde bei 27 von 62 Patienten (44%), die an der BWS und LWS operiert und nachuntersucht worden waren, jeweils präoperativ, postoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bestimmt.

Folgende Tabelle gibt die entsprechenden arithmetischen Mittelwerte wieder.

Tab. 12: Vorderkante im Verlauf (arithmetische Mittelwerte)

Zeitpunkt der Röntgenaufnahmen	Vorderkante (%)
präoperativ	70,0 ± 17,4 [30 - 91]
postoperativ	85,9 ± 12,0 [53 - 99]
Nachuntersuchung	72,4 ± 18,5 [27 - 99]

Die Höhe der Vorderkante konnte durch die Operation von  $70,0 \pm 17,4$  % [30 - 91] präoperativ auf zunächst  $85,9 \pm 12,0$  % [53 - 99] postoperativ signifikant verbessert werden ( $p < 0,001$ ; Wilcoxon-Test). Im postoperativen Verlauf nahm der Höhe der Vorderkante von  $85,9 \pm 12,0$  % [53 - 99] postoperativ auf  $72,4 \pm 18,5$  % [27 - 99] bei der Nachuntersuchung signifikant ab ( $p < 0,001$ ; Wilcoxon-Test).

Die Vorderkantenhöhe zeigte einen signifikanten Repositionsverlust zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. ( $p < 0,001$ ; Wilcoxon-Test).

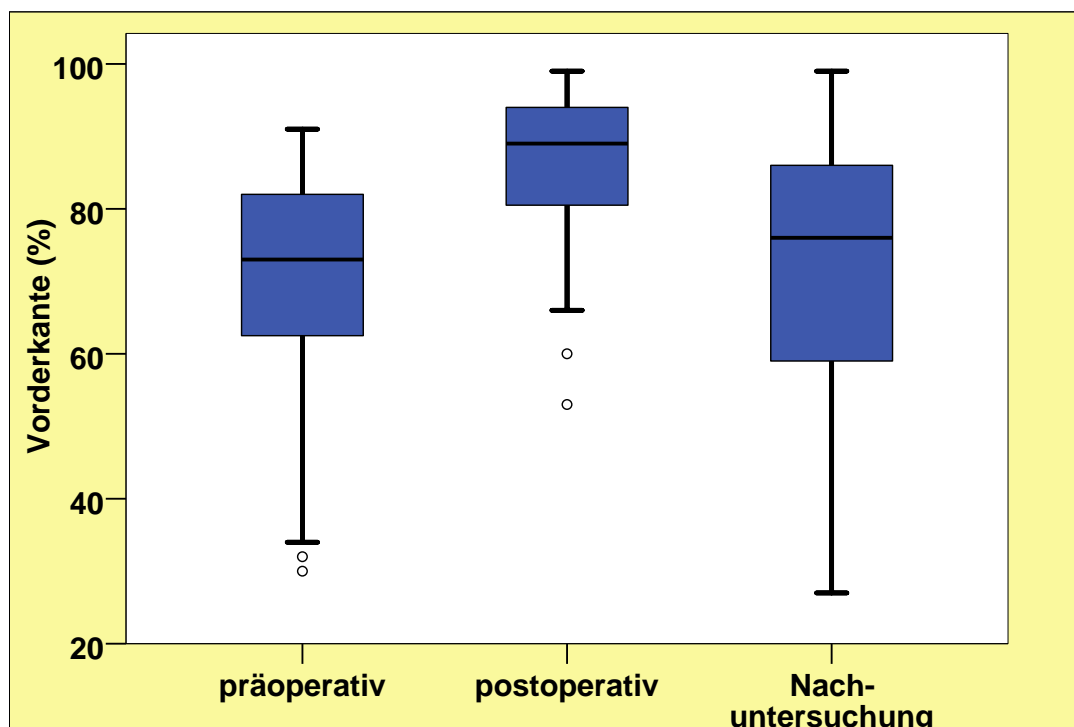


Abb. 13: Vorderkante im Verlauf

**4.6.3 Implantatdislokation und Materialbruch**

Bei 44 von 62 Patienten (71%) wurden die Wirbelsäulenimplantate in der radiologischen Bildgebung im Rahmen der Nachuntersuchung bezüglich eines Materialversagens oder einer Implantatdislokation beurteilt. Folgende Tabelle zeigt eine Übersicht.

**Tab. 13: Implantatdislokation und Materialbruch**

Schraubentyp	Schrauben (n)	Patient (n)	Dislokation (n=10)	Materialversagen (n=0)
USS II	130	18	0	0
Tango RS	28	6	4 Schrauben	0
Tango RS augmentiert	64	9	2 Schrauben	0
Neon-Schrauben	14	2	0	0
Verriegelungsschrauben	20	3	0	0
Spreizkopfschrauben	16	4	4 Schrauben	0
ABC-Schrauben	4	1	0	0
LCP-Schrauben	12	1	0	0
MACS-Schrauben	24	6	0	0

Bei insgesamt 312 Schrauben wurde in keinem Fall ein Materialversagen beobachtet, bei 10 von 312 Schrauben (3%) kam es jedoch zur Implantatdislokation.

**4.7 Subjektive Patientenzufriedenheit**

Die subjektive Patientenzufriedenheit wurde bei 44 von 62 Patienten (71%) klinisch und bei 18 von 62 Patienten (29%) telefonisch anhand der Frage 8 des SSE Spine Tango [5; 95; 96] erfragt, wobei bei neun bereits verstorbenen Patienten (14%) die Fragen durch Angehörige beantwortet wurden.

Die Verteilung der Antwortmöglichkeiten zeigen die folgenden Balkendiagramme.

51 von 62 Patienten (82%) waren mit der operativen Behandlung insgesamt zufrieden.

Als Gründe für die Unzufriedenheit wurden genannt (n = 11):

- Revisionseingriffe (Implantatlockerung, Spinalkanalstenose, tiefer Wundinfekt) (n = 3)
- Querschnittssymptomatik (n = 2)
- eingeschränkte Mobilität (n = 1)
- chronische Schmerzen (n = 3)
- Schluckbeschwerden bei ventralen Operationsverfahren an der HWS (n = 1)
- frühes postoperatives Versterben (n = 1)

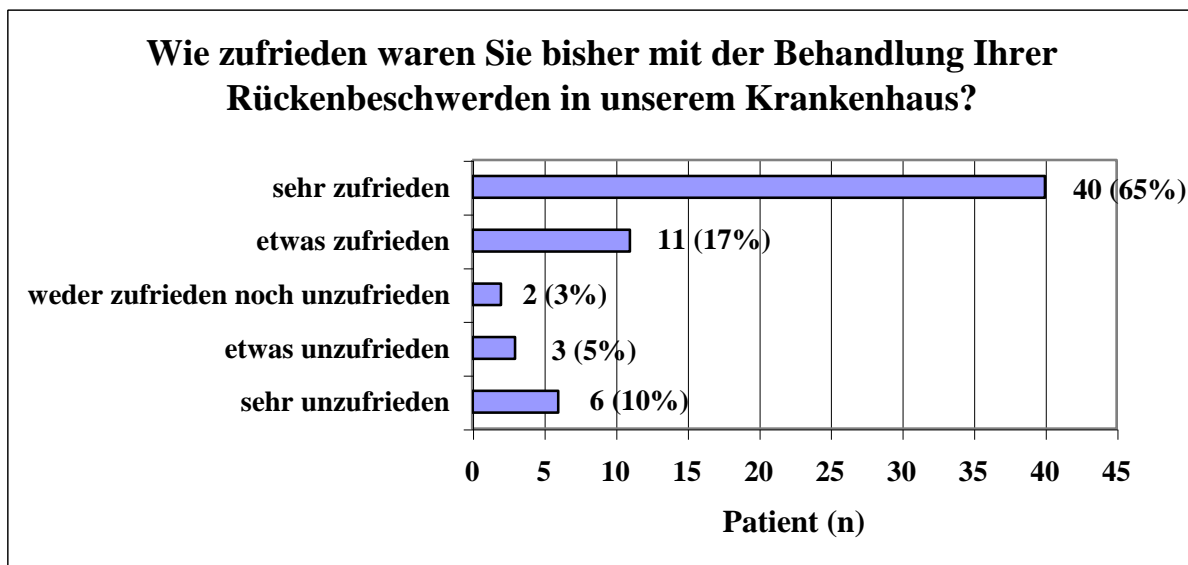


Abb. 14: Patientenzufriedenheit mit der Behandlung

### 4.8 Visuelle Analog Skala und Analgetikabedarf

Bei 44 von 62 Patienten (71%) konnte im Rahmen der Nachuntersuchung der Bedarf an Analgetika erfragt werden. 16 von 44 Patienten (36%) nahmen nach Bedarf nicht-steroidale Antiphlogistika ein. 10 von 44 Patienten (23%) waren auf die regelmäßige Einnahme von Opioiden angewiesen.

18 von 44 Patienten (41%) nahmen bei der Nachuntersuchung keine Analgetika ein.

Tab. 14: Verteilung des WHO-Stufenschemas [119] bei der Nachuntersuchung

Analgetika postoperativ	Patient (n)
keine Analgetika	18 (41%)
WHO Stufe 1	16 (36%)
WHO Stufe 2	8 (18%)
WHO Stufe 3	2 (5%)

Die 44 nachuntersuchten Patienten gaben auf der Visuellen Analog Skala für Rückenschmerzen im arithmetischen Mittel einen Wert von  $3,0 \pm 2,9$  [0 - 10] an. 31 von 44 Patienten (70%), die an der BWS oder LWS operiert und nachuntersucht werden konnten, gaben für Bein- und Gesäßschmerzen auf der Visuellen Analog Skala als arithmetischen Mittelwert  $2,0 \pm 2,5$  [0 - 8] an.

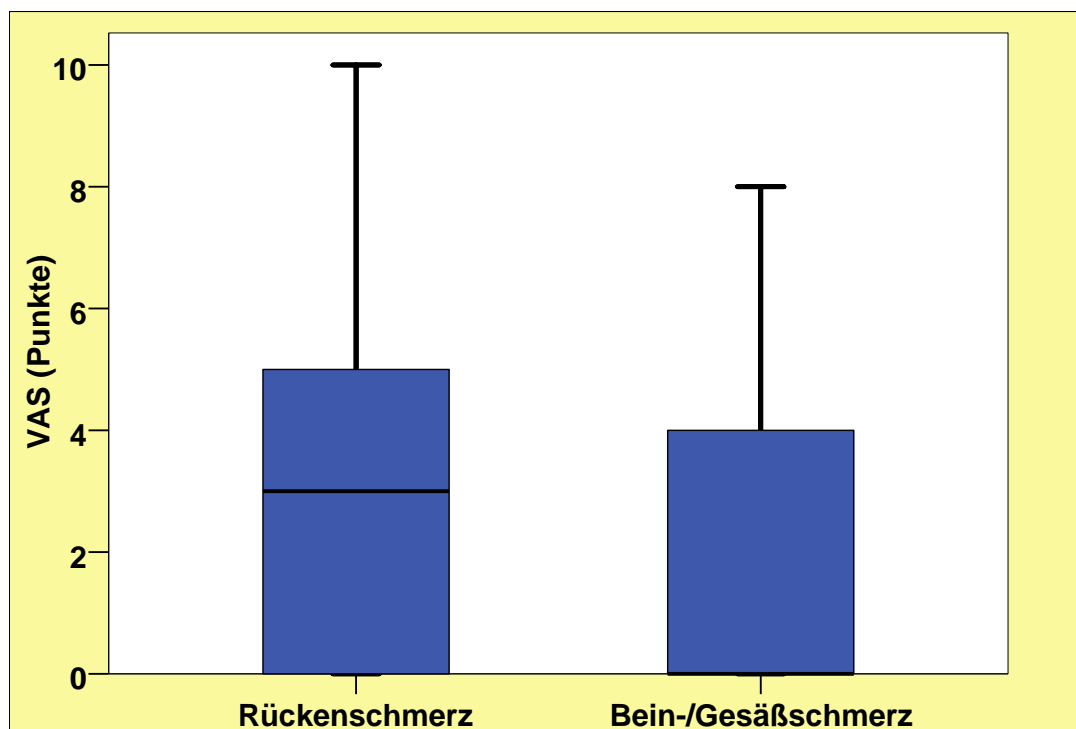


Abb. 15: Boxplot-Diagramm zur Darstellung der Visuellen Analog Skala für Rückenschmerzen und Bein-/Gesäßschmerzen

#### 4.9 Pflegebedürftigkeit

Die Pflegebedürftigkeit wurde bei 44 von 62 Patienten (71%) klinisch und bei 18 von 62 Patienten (29%) telefonisch erfragt, hiervon bei 9 verstorbenen Patienten mit Hilfe der Angehörigen.

- **Pflegestufe** [73]

Folgende Tabelle zeigt die präoperative und postoperative Verteilung der Pflegestufe [73]. Die erste Zahl in jedem Kästchen steht für die präoperative Pflegestufe, die zweite Zahl für die postoperative. Die darunter befindliche Zahl steht für die Anzahl der Patienten.

**Tab. 15: Pflegestufe [73] präoperativ und postoperativ**

<b>0 - 0</b> <b>36</b>	<b>1 - 0</b>	<b>2 - 0</b>	<b>3 - 0</b>
<b>0 - 1</b> <b>5</b>	<b>1 - 1</b> <b>2</b>	<b>2 - 1</b>	<b>3 - 1</b>
<b>0 - 2</b> <b>7</b>	<b>1 - 2</b> <b>4</b>	<b>2 - 2</b> <b>2</b>	<b>3 - 2</b>
<b>0 - 3</b> <b>1</b>	<b>1 - 3</b> <b>2</b>	<b>2 - 3</b> <b>2</b>	<b>3 - 3</b> <b>1</b>

**grün = Verbesserung; gelb = keine Veränderung; rot = Verschlechterung**

36 von 62 Patienten (58%) waren weder vor noch nach der Operation in eine Pflegestufe [73] eingegliedert. Bei 21 von 62 Patienten (34%) verschlechterte sich die Einstufung.

Bei 21 von 62 Patienten (34%) verschlechterte sich postoperativ die Einstufung in eine Pflegestufe [73]. Um eine Stufe verschlechterten sich 11 von 62 Patienten (18%), um zwei Stufen 9 von 62 Patienten (15%) und um drei Stufen ein Patient (2%). 13 von 62 Patienten (21%), die vor der Operation keine Pflegestufe [73] hatten, waren postoperativ eingestuft worden. 6 von 62 Patienten (10%) waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in die Pflegestufe III eingestuft.

Die Einstufung in eine Pflegestufe [73] war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung signifikant schlechter als vor der Operation ( $p < 0,001$ , Vorzeichentest).

- **Häusliche Versorgung**

Die häusliche Versorgung wurde in drei Stufen untergliedert:

**1:**selbständig                      **2:** gepflegt von Angehörigen                      **3:** Pflegeheim

Folgende Tabelle zeigt die präoperative und postoperative häusliche Versorgung. Die erste Zahl in jedem Kästchen der Tabelle steht für die präoperative und die zweite Zahl für die postoperative Versorgung. Die Zahl darunter zeigt die Anzahl der Patienten.

**Tab. 16: häusliche Versorgung präoperativ und postoperativ**

<b>1 – 1</b> <b>33</b>	<b>2 – 1</b>	<b>3 – 1</b>
<b>1 – 2</b> <b>21</b>	<b>2 – 2</b> <b>6</b>	<b>3 – 2</b>
<b>1 – 3</b> <b>1</b>	<b>2 – 3</b>	<b>3 – 3</b> <b>1</b>

**grün = Verbesserung;    gelb = keine Veränderung;    rot = Verschlechterung;**

Bei 40 von 62 Patienten (65%) kam es durch die Operation zu keiner Veränderung in der häuslichen Versorgung.

21 von 62 Patienten (34%), die sich vor der Operation selbständig zu Hause versorgten, waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf die Hilfe von Angehörigen angewiesen. Nur 2 von 62 Patienten (3%) lebten postoperativ in einem Pflegeheim, wobei insgesamt 6 von 62 Patienten (10%) in die Pflegestufe III eingestuft waren.

Die häusliche Versorgung war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung signifikant schlechter als vor der Operation ( $p < 0,001$ ; Vorzeichentest).

- **Mobilität**

Die Mobilität wurde in drei Stufen eingegliedert:

1: Gehen ohne Hilfsmittel      2: Gehen mit Hilfsmittel      3: Rollstuhl/bettlägrig

Die erste Zahl in jedem Kästchen der untenstehenden Tabelle steht für die präoperative und die zweite Zahl für die postoperative Versorgung. Die Zahl darunter zeigt die Anzahl der Patienten.

**Tab. 17: Mobilität präoperativ und postoperativ**

1 - 1 <b>33</b>	2 - 1	3 - 1
1 - 2 <b>16</b>	2 - 2 <b>2</b>	3 - 2
1 - 3 <b>9</b>	2 - 3 <b>1</b>	3 - 3 <b>1</b>

grün = Verbesserung;    gelb = keine Veränderung;    rot = Verschlechterung;

Bei 36 von 62 Patienten (58%) konnte postoperativ die Mobilität auf dem präoperativen Niveau erhalten werden.

11 von 62 Patienten (18%) waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf einen Rollstuhl angewiesen, wobei 9 davon vor der Operation ohne Hilfsmittel gehen konnten. 16 von 62 Patienten (26%), die vor der Verletzung ohne Hilfsmittel gehen konnten, benötigten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine Gehhilfe.

Die Mobilität war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung signifikant schlechter als vor der Operation ( $p < 0,001$ ; Vorzeichentest).

### 4.10 Lebensqualität mittels Fragebogen SF-12

Der allgemeine Gesundheitszustand wurde mit Hilfe des SF-12 [112; 113] erfasst und für 44 von 62 Patienten (71%) die psychische und körperliche Summenskala errechnet. Das Durchschnittsalter des Studienkollektivs lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei  $74,8 \pm 5,7$  Jahren [65 - 89], so dass als Referenzpopulation die psychische und körperliche Summenskala für 65 – 74 Jährige und für  $\geq 75$  Jährige ohne Wirbelsäulenbeschwerden herangezogen wurde [113].

Die Patienten der Studie zeigten einen Gesamtwert für die körperliche Gesundheit von  $35,8 \pm 11,3$  [16,6 – 59,9] und einen Gesamtwert für die psychische Gesundheit von  $49,3 \pm 10,0$  [33,0 – 65,1].

Die Referenzwerte für gesunde 65-74 Jährige lag für die körperliche Gesundheit bei  $43,9 \pm 9,3$  [7,3 - 65,1] und für die psychische Gesundheit bei  $51,6 \pm 8,4$  [18,8 - 70,1].

Für gesunde  $\geq 75$  Jährige lagen die Referenzwerte für die körperliche Gesundheit bei  $39,8 \pm 9,3$  [12,3 - 62,9] und für die psychische Gesundheit bei  $48,9 \pm 9,3$  [13,9 - 71,2] [113].

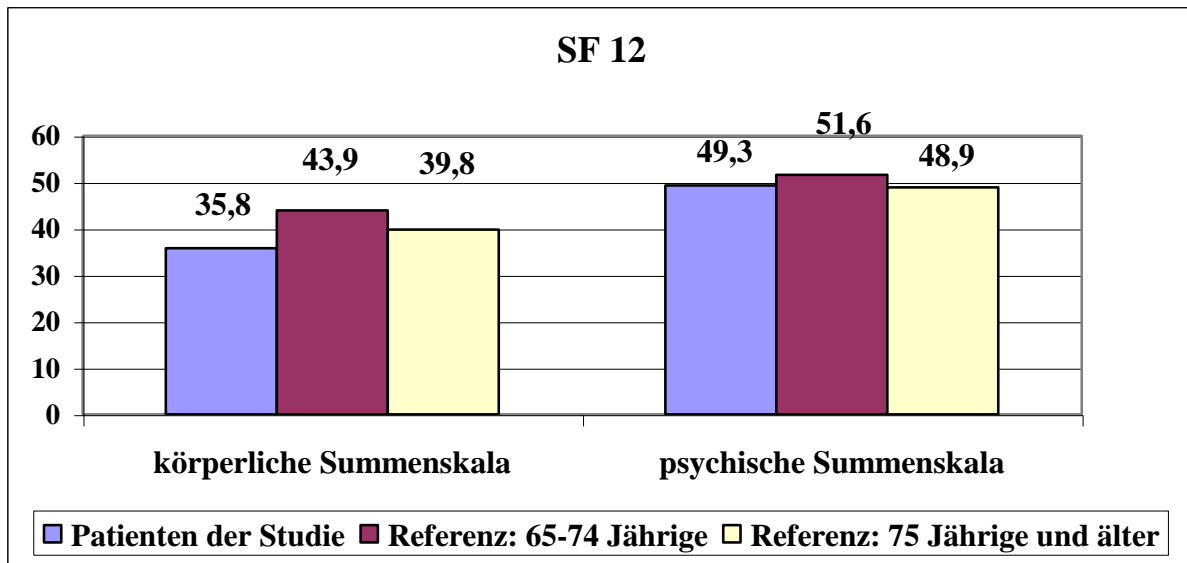


Abb. 16: SF-12: Vergleich der Studienpatienten mit der Referenzpopulation

Bei der psychischen Gesundheit bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den Patienten der Studie und der gesunden Referenzpopulation der 65-74 Jährigen ( $p = 0,152$ ) und der  $\geq 75$  Jährigen ( $p = 0,777$ ).

Tab. 18: Summenscores und p-Werte der körperlichen und psychischen Summenskala im Vergleich mit den altersspezifischen Referenzpopulationen

	körperliche Summenskala	psychische Summenskala
<b>Patienten der Studie (n = 42)</b>	35,8 ± 11,3	49,3 ± 10,0
<b>Referenz: 65-74 Jährige</b>	43,9 ± 9,3	51,6 ± 8,4
<b>p-Wert</b>	<b>&lt; 0,001</b>	0,152
<b>Referenz: <math>\geq 75</math> Jährige</b>	39,8 ± 9,3	48,9 ± 9,3
<b>p-Wert</b>	<b>0,030</b>	0,777

Die körperliche Lebensqualität war im Mittel 27,3 Monate postoperativ signifikant schlechter als bei der allgemeinen Referenzpopulation.

#### 4.11 Visuelle Analog Skala versus postoperativer Korrekturverlust

Mit Hilfe des Korrelationskoeffizienten nach Spearmans Rho wurde ermittelt, ob der Schmerzscore nach der Visuellen Analog Skala mit dem postoperativen Korrekturverlust korreliert. Hierfür wurde der VAS-Score für Rückenschmerzen für alle Patienten unabhängig von der Höhe der Verletzung bestimmt. Der VAS-Score für Bein- und Gesäßschmerzen wurde entsprechend für die Verletzungen im Bereich der thorakolumbalen Wirbelsäule bestimmt. Dabei zeigte sich keine Korrelation zwischen dem angegebenen Schmerzniveau der Patienten sowohl im Bereich des Rückens als auch im Bereich des Beins und Gesäß und dem Korrekturverlust der beiden radiologischen Parameter bei einem Korrelationskoeffizienten  $r < 0,2$ .

**Tab.19: VAS-Scores Rücken, Bein/Gesäß versus Korrekturverlust Grund- und Deckplattenwinkel (GDW) [24], Vorderkante**

1. Stichprobe	2. Stichprobe	p-Wert	Korrelationskoeffizient (nach Spearmans Rho)
VAS Rücken	Korrekturverlust Cobb-Winkel	p = 0,546	r = 0,113
VAS Rücken	Korrekturverlust Vorderkante	p = 0,927	r = 0,018
VAS Bein/Gesäß	Korrekturverlust Cobb-Winkel	p = 0,641	r = 0,092
VAS Bein/Gesäß	Korrekturverlust Vorderkante	p = 0,825	r = 0,048

Zwischen dem angegebenen Schmerzniveau auf der Visuellen Analog Skala und dem postoperativem Korrekturverlust bestand keine Korrelation ( $r < 0,2$ ; Spearmans Rho).

#### 4.12 SF-12 versus postoperativer Korrekturverlust

Die Ergebnisse der körperlichen und psychischen Summenskala des SF-12 [112; 113] wurden auf Korrelation mit dem postoperativen Korrekturverlust des Cobb-Winkels [24] und der Vorderkante überprüft. Der körperliche Summenscore zeigte insgesamt höhere Korrelationskoeffizienten als der psychische Summenscore. So lag der höchste

Korrelationskoeffizient von  $r = 0,329$  mit einer grenzwertigen Signifikanz von  $p = 0,071$  beim Vergleich der körperlichen Summenskala mit dem Korrekturverlust des Grund- und Deckplattenwinkels [24] vor. Der Korrekturverlust der Vorderkante wies bezüglich der körperlichen Summenskala ebenfalls einen Korrelationskoeffizienten von  $r > 0,2$  auf. Bei der psychischen Summenskala betrug die  $r$ -Werte in allen beiden Fällen weniger als 0,2. Insgesamt ist jedoch auch bei der körperlichen Summenskala von nur einer geringen Korrelation auszugehen, da die Korrelationskoeffizienten nicht über 0,5 lagen.

**Tab. 20: körperliche und psychische Summenskala des SF-12 [112; 113] versus Korrekturverlust Grund- und Deckplattenwinkel (GDW) [24], Vorderkante**

1. Stichprobe	2. Stichprobe	p-Wert	Korrelationskoeffizient
körperl. Summenskala	Korrekturverlust Cobb-Winkel	$p = 0,071$	$r = 0,329$ (nach Pearson)
körperl. Summenskala	Korrekturverlust Vorderkante	$p = 0,186$	$r = 0,262$ (nach Spearmans Rho)
psych. Summenskala	Korrekturverlust Cobb-Winkel	$p = 0,628$	$r = 0,091$ (nach Spearmans Rho)
psych. Summenskala	Korrekturverlust Vorderkante	$p = 0,487$	$r = 0,140$ (nach Spearmans Rho)

Zwischen der körperlichen und psychischen Summenskala und dem postoperativen Korrekturverlust bestand keine Korrelation ( $r < 0,4$ ; nach Pearson oder Spearmans Rho).

### 4.13 augmentierte versus nicht augmentierte Pedikelschrauben

Von den 44 nachuntersuchten Patienten wurden 9 (20%) mit augmentierten Pedikelschrauben vom Typ TangoRS der Firma Ulrich stabilisiert und 35 (80%) mit nicht augmentierten Pedikelschrauben von verschiedenen Herstellern. Die beiden Patientengruppen wurden bezüglich der Anzahl an Revisionseingriffen, des angegebenen Schmerzniveaus auf der

Visuellen Analog Skala, des körperlichen und psychischen Summscores des SF 12 [112; 113] und des postoperativen Korrekturverlusts miteinander verglichen. Folgende Tabelle zeigt die dabei ermittelten Werte und die errechnete Signifikanz.

**Tab. 21:      augmentierte versus nicht augmentierte Pedikelschrauben**

Parameter	augmentiert (n = 9)	nicht augmentiert (n = 35)	p-Wert
<b>Revisionseingriffe</b>	0 (0%)	10 (19%)	0,168 (t-Test)
<b>VAS Rücken</b>	3,7 ± 2,8 [0 - 8]	2,9 ± 3,0 [0 - 10]	0,407 (Mann-Whitney-U-Test)
<b>VAS Bein/Gesäß</b>	2,3 ± 3,4 [0 - 6]	1,9 ± 2,2 [0 - 10]	0,982 (Mann-Whitney-U-Test)
<b>SF 12 körperl. Summenskala</b>	30,9 ± 8,0 [24 - 57]	36,8 ± 11,7 [16 - 60]	0,128 (t-Test)
<b>SF 12 psych. Summenskala</b>	49,8 ± 9,9 [33 - 59]	47,1 ± 10,6 [35 - 65]	0,487 (Mann-Whitney-U-Test)
<b>postoperativer Korrekturverlust Cobb-Winkel [24]</b>	-6,6° ± 4,1 [2 - 14]	-7,1° ± 6,0 [0 - 20]	0,822 (t-Test)
<b>postoperativer Korrekturverlust Vorderkante</b>	8,0% ± 12,3 [3 - 27]	14,7% ± 16,2 [1 - 54]	0,314 (Mann-Whitney-U-Test)

Es konnte zwischen den augmentierten und den nicht augmentierten Pedikelschrauben kein signifikanter Unterschied gefunden werden ( $p > 0,05$ ; t-Test und Mann-Whitney-U-Test).

**4.14 cervikale versus thorakale und lumbale Verletzung**

Bei 20 von 62 Patienten (32%) lagen Wirbelsäulenverletzungen auf Höhe HWK 3 – 7 vor, wobei 13 von 20 Patienten (65%) nachuntersucht werden konnten. Bei 42 von 62 Patienten (68%) war der thorakale und lumbale Wirbelsäulenabschnitt verletzt, wobei 31 von 42 Patienten (74%) nachuntersucht werden konnten.

Das Durchschnittsalter der 20 Patienten mit einer Verletzung im Bereich der HWS lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei  $80,2 \pm 5,5$  [71 - 90] und das Durchschnittsalter der 42 Patienten mit einer Verletzung der thorakalen und lumbalen Wirbelsäule bei  $73,8 \pm 5,8$  [66 - 89].

Die Patienten wurden bezüglich der Visuellen Analog Skala für Rückenschmerz, der körperlichen und psychischen Summenskala und bezüglich der prä- und postoperativen Pflegebedürftigkeit mit den Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen zwischen BWK 1 und LWK 5 verglichen. Die folgende Tabelle zeigt die dabei ermittelten Werte für die Visuelle Analog Skala für Rückenschmerz und für die Ergebnisse des Fragebogens SF-12 [112; 113] und die entsprechende Signifikanz.

**Tab. 22: cervikale versus thorakale und lumbale Wirbelsäulenverletzung**

Parameter	HWK 3-7 (n =13)	BWK 1 – LWK 5 (n = 31)	p-Wert
<b>VAS Rücken</b>	$2,1 \pm 3,2$ [0 - 10]	$3,3 \pm 2,8$ [0 - 8]	0,134 (Mann-Whitney-U-Test)
<b>SF 12 körperl. Summenskala</b>	$35,7 \pm 12,7$ [21 - 60]	$35,9 \pm 11$ [17 - 55]	0,959 (t-Test)
<b>SF 12 psych. Summenskala</b>	$51,1 \pm 11,6$ [36 - 65]	$48,7 \pm 9,5$ [33 - 64]	0,506 (t-Test)

Es bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den HWS und den BWS/LWS Verletzungen bezüglich der Visuellen Analog Skala und des Fragebogens SF-12 [112; 113].

Die Unterschiede in der Pflegebedürftigkeit zeigen folgende Tabellen:

- **Pflegestufe** [73]

**Tab. 23: Anteil der Patienten ohne Pflegestufe** [73]

keine Pflegestufe	HWK 3 – 7 (n = 20)	BWK 1 – LWK 5 (n = 42)	p-Wert (Chi-Quadrat-Test)
<b>präoperativ</b>	65%	92,9%	0,041
<b>postoperativ</b>	40%	76,2%	0,006

Vor der Operation waren bei den Patienten mit einer cervikalen Wirbelsäulenverletzung 35% in eine Pflegestufe [73] eingestuft, wobei der Anteil der Patienten mit einer thorakalen oder lumbalen Wirbelsäulenverletzung ohne Pflegestufe [73] über 90% lag. Der präoperative Unterschied war signifikant ( $p = 0,041$ , Chi-quadrat-Test). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war der Unterschied noch deutlicher ausgeprägt ( $p = 0,006$ , Chi-Quadrat-Test). Bei den Wirbelsäulenverletzungen zwischen HWK 3 – 7 waren nur noch 40% der Patienten ohne Pflegestufe [73], wobei bei den Wirbelsäulenverletzungen zwischen BWK 1 – LWK 5 immerhin 76,2% der Patienten in keine Pflegestufe [73] eingestuft waren.

- **häusliche Versorgung**

**Tab. 24: Anteil der Patienten mit selbständiger häuslicher Versorgung**

selbständige häusliche Versorgung	HWK 3 – 5 (n = 20)	BWK 1 – LWK 5 (n = 42)	p-Wert (Chi-Quadrat-Test)
<b>präoperativ</b>	80%	92,9%	0,200
<b>postoperativ</b>	35%	61,9%	0,031

Vor der Operation versorgten sich 80% der Patienten mit einer cervikalen Wirbelsäulenverletzung selbständig und bei den Patienten mit Verletzungen im Bereich BWK 1 – LWK 5 über 90%. Der Unterschied war nicht signifikant ( $p = 0,200$ , Chi-Quadrat-Test). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung konnten sich nur noch 35% der Patienten mit einer

Verletzung im cervikalen Wirbelsäulenabschnitt selbst versorgen, wobei noch über 60% der Patienten mit einer Verletzungen im thorakalen oder lumbalen Wirbelsäulenabschnitt sich zu Hause selbständig versorgen konnten. Der Unterschied war signifikant ( $p = 0,031$ , Chi-Quadrat-Test).

- **Mobilität**

**Tab. 25: Anteil der mobilen Patienten ohne Hilfsmittel**

Mobilität ohne Hilfsmittel	HWK 3 – 5 (n = 20)	BWK 1 – LWK 5 (n = 42)	p-Wert (Chi-Quadrat-Test)
präoperativ	95%	92,9%	0,785
postoperativ	35%	61,9%	0,033

Vor der Operation waren über 90% der Patienten in beiden Gruppen ohne Hilfsmittel mobil ( $p = 0,785$ , Chi-Quadrat-Test). Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren jedoch nur noch 35% der Patienten mit einer Wirbelsäulenverletzung im cervikalen Bereich ohne Hilfsmittel mobil im Gegensatz zu 61,9% der Patienten mit einer Wirbelsäulenverletzung im Bereich BWK 1 – LWK 5 ( $p = 0,033$ , Chi-Quadrat-Test).

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung hatten die Patienten mit einer Verletzung im Bereich HWK 3 – 7 eine signifikant höhere Pflegebedürftigkeit als die Patienten mit Verletzungen im Bereich BWK 1 – LWK 5.

### 5. Diskussion

#### 5.1 Geschlecht und Alter

Bei Wirbelsäulenverletzungen zeigt sich bei einem Altersgipfel zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr ein deutliches Überwiegen des männlichen Geschlechts mit über 60% [17]. Hauptursachen sind dabei Verkehrsunfälle und Stürze aus großer Höhe [40]. Ab einem Alter von 50 Jahren ist das Risiko einer Wirbelsäulenfraktur bei Frauen deutlich höher als bei Männern, da die Osteoporose die Ursache für die erhöhte Frakturierung darstellt [105].

In unserer Studie wurden gezielt Patienten eingeschlossen, die zum Operationszeitpunkt mindestens 65 Jahre alt waren und somit osteoporotische Wirbelsäulenveränderungen aufwiesen und zumindest ein dokumentiertes Bagateltrauma als Ursache für die Wirbelsäulenverletzung erlitten hatten. Stabile, pathologische Wirbelkörperfrakturen, die charakterisiert sind durch eine plötzlich einsetzende Schmerzsymptomatik ohne entsprechenden Unfallmechanismus [72], wurden nicht in die Studie eingeschlossen. Wir beobachteten trotz des fortgeschrittenen Lebensalters in unserem Kollektiv einen hohen Anteil an Männern mit über 60%, was vermutlich auf die hohe Rate an schweren Traumen zurückzuführen ist. Die Hauptverletzungsursache waren Stürze aus großer Höhe gefolgt von Bagateltraumen wie ein Sturz zur Ebene.

#### 5.2 Frakturtyp und Frakturlokalisation

Neben Verletzungen der oberen HWS und hier vor allem Frakturen des 2. Halswirbelkörpers, die eine eigene Entität darstellen, sind Frakturen der thorakalen und lumbalen Wirbelsäule mit 70-80% die häufigsten Verletzungen des alten Menschen, wobei davon in 50% der Fälle der thorakolumbale Übergang betroffen ist, wie auch bei jüngeren Patienten mit Rasanztraumen [11; 40; 91; 92; 93]. Die Anfälligkeit dieses Bereiches ist auf den Übergang der Brustkyphose in eine Lendenlordose und die Veränderung der anatomischen Lage der kleinen Wirbelgelenke von der Frontal- in die Sagittalebene zurückzuführen [114; 115]. Außerdem stellt die Lendenwirbelsäule einen freistehenden Bereich dar im Gegensatz zur

Brustwirbelsäule, die durch den knöchernen Rippen-Sternum-Käfig torsionsfest verspannt ist und somit eine höhere Stabilität aufweist [72].

Auch in unserer Studie zeigten sich bei 45% der nachuntersuchten Patienten ein gehäufter Befall der Wirbelsäulenabschnitte Th 11, Th12, L1 und L2.

Als häufigste Frakturform überhaupt zeigt sich in der Gesamtbevölkerung die TypA1 Fraktur nach Magerl [71] mit einer Häufigkeit von bis zu 35% [40]. Reinhold et al. konnte einen Zusammenhang zwischen dem Alter des Patienten und dem Frakturtyp nachweisen. So tritt bei älteren Patienten signifikant häufiger der Verletzungstyp A nach Magerl [71] auf [91; 92; 93], wobei unter den Typ A Verletzungen bei der osteoporotischen Wirbelsäule als klassischer Verletzungstyp die A1.3-Fraktur nach Magerl [71] beobachtet wird, die sich durch eine intakte Hinterkante mit Einbruch der vorderen Säule durch Keilwirbelbildung auszeichnet [40].

In unserem Patientenkollektiv lag trotz des Alters der Patienten am häufigsten eine Typ B Verletzung nach Magerl [71] vor (48%) gefolgt von Typ A3 Verletzungen (42%) und Typ C Verletzungen (10%). In unserem Kollektiv war die häufigste Verletzungsursache ein Sturz aus der Höhe (42%) gefolgt von Bagatellverletzungen (34%). Reinhold et al. beobachteten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Unfallursache und dem Verletzungstyp [91; 92; 93]. So traten Typ B und C Verletzungen nach Magerl [71] häufiger bei Hochrasanztraumen wie ein Sturz aus der Höhe auf [91; 92; 93]. Anhand der Verletzungsursache lässt sich somit das häufige Vorliegen von Typ B Verletzungen nach Magerl [71] in unserer Studie erklären.

Bisher waren in vielen Studien, die Wirbelsäulenfrakturen bei älteren Patienten untersuchten, Hochenergetraumen ein Ausschlusskriterium [63]. In unserer Studie wurde somit erstmalig das postoperative Outcome nach Hochenergetraumen der Wirbelsäule bei Patienten  $\geq 65$ . Lebensjahr untersucht.

### 5.3 Diagnostik und Klassifikation

In unserer Studie wurde die zur Einteilung von Wirbelsäulenfrakturen gebräuchliche Klassifikation nach Magerl [71] verwendet, die sich im klinischen Alltag durchgesetzt hat [40]. Dieses Modell beruht auf einem von Whitesides entwickeltem Konzept, bei dem von einer durch Druck beanspruchten vorderen Säule und einer durch Zug beanspruchten hinteren

Säule ausgegangen wurde [116]. Magerl teilte dann die Verletzungen nach dem ABC-Schema mit zunehmender Instabilität von A nach C ein. Somit wird in Abhängigkeit der einwirkenden Kräfte eine Typ A Verletzung mit Kompression der vorderen Säule, eine Typ B Verletzung mit Flexion, Distraction oder Hyperextension der vorderen und hinteren Säule und eine Typ C Verletzung, die durch zusätzliche Rotationskräfte entsteht, unterschieden [71]. Typ C Verletzungen nach Magerl [71] können am konventionellen Röntgenbild relativ sicher erkannt werden [51]. Als Standardverfahren zur Abklärung von Wirbelsäulenfrakturen wird die Computertomographie angesehen, die eine korrekte Beurteilung der Lage der Hinterkante zum Myelon, die Klassifikation der Fraktur und die präoperative Planung der Platzierung und Größe der Implantate ermöglicht [40]. Die Magnetresonanztomographie steht als Zusatzdiagnostik zur strahlenfreien Darstellung von langstreckigen Wirbelsäulensegmenten bei neurologischen Ausfällen ohne radiologisches Korrelat und zur Beurteilung der Weichteilstrukturen bei Verdacht auf discoligamentäre Instabilitäten zur Verfügung [17].

In unserer Studie wurde bei allen Patienten mit Mehrfachverletzungen sowie bei initialen neurologischen Ausfällen eine Computertomographie zur Beurteilung der gesamten Wirbelsäule durchgeführt. Bei den Patienten ohne Mehrfachverletzungen wurde zunächst eine Röntgenaufnahme in 2 Ebenen und nach Diagnosestellung immer eine Schnittbildgebung angeschlossen, so dass eine Klassifizierung erfolgen konnte.

### 5.4 Operationsindikation

Typ A1 und A2 Frakturen nach Magerl [71] können prinzipiell konservativ in Form einer frühfunktionellen Behandlung therapiert werden. Als einzige Ausnahme ist die sogenannte Pinzer Fraktur vom Typ A2.3 zu nennen, bei der die beiden benachbarten Wirbelkörper wie eine Kneifzange wirken und Grund- und Deckplatte spalten und somit die Bandscheibe zerstören. Durch die Dislokation des ventralen Wirbelkörperanteils kommt es bei konservativer Therapie relativ häufig zur Pseudarthrosebildung. Hieraus ergibt sich dann eine Operationsindikation [40; 41; 50; 72]. Zudem stellen ausgeprägte kyphotische Fehlstellung mit  $> 20^\circ$  im Frakturbereich, Sinterungen des frakturierten Wirbelkörpers um mehr als 1/3 der ursprünglichen Höhe und eine medikamentös nicht beherrschbare Schmerzsymptomatik bei Typ A1 und A2 Verletzungen nach Magerl [71] eine relative Indikation zur operativen Therapie dar [72]. Typ A1 und A2 Verletzungen kamen in unserem Kollektiv nicht vor.

Bisher gibt es keine eindeutigen Empfehlungen für die Therapie von Berstungsfrakturen entsprechend dem Verletzungstyp A3 nach Magerl [71]. In mehreren Studien wurden Patienten mit diesem Frakturtyp ohne neurologische Ausfälle untersucht und es konnte jeweils kein signifikanter Unterschied zwischen der operativen und der konservativen Therapie festgestellt werden [28; 121]. Generelles Problem dieses Frakturtyps ist die progrediente Kyphosierung des verletzten Wirbelsäulensegments im Verlauf mit einhergehender Schmerzsymptomatik [22]. Daraus ergibt sich eine relative Operationsindikation bei diesem Frakturtyp. Zudem ist die eindeutige Klassifizierung der Verletzung nach Magerl [71] in der Bildgebung oft schwierig [79; 80]. Die operative Therapie bei Berstungsfrakturen ist meistens eine individuelle Entscheidung des Operateurs, wobei als Entscheidungskriterien die Morphologie der Verletzung, die Stabilität des dorsalen Bandkomplexes und die Neurologie berücksichtigt werden sollte [81; 108; 109]. Bei neurologischen Ausfällen wird eine operative Therapie empfohlen [28].

Auf Grund der hohen Rate an Hochenergetraumen und der oft schwierigen Beurteilung des dorsalen Bandkomplexes in der Bildgebung bzw. der eindeutigen Zuordnung zu einem Frakturtyp wurden die Patienten mit Typ A 3 Verletzungen (42%) nach Magerl [71] in unserer Studie mittels eines Fixateur interne gegebenenfalls mit zusätzlicher ventraler Stabilisierung versorgt.

Bei Typ B und Typ C-Verletzungen nach Magerl [71] sollte generell eine operative Stabilisierung erfolgen auf Grund der bestehenden Instabilitäten [51; 72].

### 5.5 Operationstechnik

Die Ziele der operativen Behandlung stellen die Reposition der Fehlstellung, die Dekompression des Spinalkanals, die Stabilisierung der reponierten Stellung und die Rekonstruktion der vorderen Säule dar [72; 82]. Dabei besteht für die gesamte Wirbelsäule generell die Möglichkeit eines dorsalen und/oder ventralen Zugangsweges, wobei die Anwendung von Letzterem von der Destruktion der ventralen Säule abhängig ist [62]. Der dorsale Zugang bietet den Vorteil der schnellen Durchführbarkeit bei kurzen Operationszeiten und geringem Blutverlust [30], was vor allem bei Notfällen von Vorteil ist. Es kann eine kyphotische Fehlstellung umgehend korrigiert werden und die Höhe des Wirbelkörpers wiederhergestellt werden [38]. Durch Distraction und Lordosierung kann zudem über

Ligamentotaxis eine indirekte Dekompression des Spinalkanals erreicht werden [62]. Außerdem besteht die Möglichkeit durch Laminektomie eine akute Spinalkanalstenose direkt zu dekomprimieren [72] oder verletzte Bandscheiben zu resezieren und eine Auffüllung mittels eines autologen Knochenspans vorzunehmen [29]. Als Nachteil ist bei einem dorsalen Zugangsweg das Fehlen der ventralen Abstützung und damit der Repositionsverlust durch sekundäre Sinterung der ventralen Säule im Langzeitverlauf zu nennen [40; 57].

Zur Rekonstruktion der lasttragenden ventralen Säule besteht die Möglichkeit eines ventralen Zugangs. Dabei kann die ventrale Säule durch die Implantation eines autologen Knochenspans oder eines Wirbelkörperersatzsystems besser rekonstruiert werden [72].

Je nach Ausmaß der Berstungskomponente der Fraktur und des Kyphosewinkels kommen beide Zugangswege kombiniert im thorakolumbalen und lumbalen Abschnitt als dorsoventrale Stabilisierung zum Einsatz [42]. Dabei dient die dorsale Instrumentation der Akutversorgung zur Reposition und notfallmäßigen spinalen Dekompression [17]. Einige Tage später schließt sich dann der geplante ventrale Eingriff an, der eine effektive Abstützung der vorderen Säule mit geringem Korrekturverlust im Langzeitverlauf ermöglicht [40; 72]. Experimentell konnte die biomechanische Überlegenheit des dorsoventralen Verfahrens gezeigt werden [117]. Trotz potentiell höherer Operationsrisiken und Kosten haben sich diese Eingriffe auf Grund von besseren Langzeitergebnissen bewährt [54; 55; 56; 58].

Lange Zeit galt die Implantation von autogenen Knochentransplantaten in Form eines tricorticalen Beckenspans als das Standardverfahren zur Rekonstruktion der vorderen Säule bei ventralen Eingriffen [16]. Vorteile sind die gute Bioaktivität der transplantierten Zellen [16]. Demgegenüber steht die begrenzte Verfügbarkeit, die Komplikationen an der Entnahmestelle und eine unvollständige Einheilung des Implantats mit Pseudarthrosebildung, was laut experimenteller Studien mit der Qualität der Durchblutung korreliert [16; 106]. Daher haben die synthetischen Wirbelkörperersatzsysteme in Form von implantierbaren Cages immer mehr an Bedeutung erlangt. Diese bieten die Möglichkeit einer minimal-invasiven Instrumentierung mit geringer Komplikationsrate [61; 75].

Bei unserem Kollektiv wurde 32 mal ein isoliert dorsaler Zugang gewählt, 18 mal ein isoliert ventraler und 12 mal musste ein kombiniert dorsoventrales Verfahren eingesetzt werden, von denen 9 als zweizeitige Eingriffe erfolgten. Wie in der Literatur beschrieben setzten wir das kombinierte Vorgehen bei starker Destruktion der vorderen Säule ein, wobei der zunächst durchgeführte dorsale Zugangsweg der Reposition und Dekompression diene.

### 5.6 Besonderheiten der osteoporotischen Wirbelsäule

Bei geriatrischen Patienten stellen chirurgische Interventionen an der Wirbelsäule eine Herausforderung nicht nur auf Grund der im Alter auftretenden Komorbiditäten sondern auch auf Grund der veränderten Knochenstruktur bei Osteoporose dar [102]. So zeigte sich in verschiedenen Untersuchungen, dass durch die verringerte Auszugskraft der Schrauben in den Pedikeln und durch die insgesamt reduzierte Stabilität der Schrauben-Knochen-Verbindung eine Einschränkung in der Repositionsmöglichkeit von Implantatsystemen vorliegt [46; 102; 107]. Häufig zeigte sich auch das Problem der Schraubenwanderung innerhalb des Knochens, was letztendlich zum Durchschneiden des Wirbelkörpers und zum Verlust der intraoperativ erreichten Stellung führen kann [45]. Eine Erhöhung des Schraubenthaltes in den Pedikeln könnte prinzipiell durch eine Erhöhung des Schraubendurchmessers erreicht werden, was allerdings gerade in osteoporotisch veränderten Pedikeln zur Pedikelfraktur führen kann [120].

Die Zementaugmentation von Pedikelschrauben als ein gezieltes, direkt an der Schrauben-Knochen-Grenze wirkendes Verfahren wurde bereits in mehreren experimentellen, biomechanischen Studien untersucht [85; 94; 104; 123]. Es konnte eine Erhöhung der Auszugsfestigkeit und damit eine erhöhte Schraubenstabilität nachgewiesen werden [21; 34; 65; 101; 103; 120; 122]. Frankel et al. bestätigten diese Erkenntnisse sowohl für die Erstimplantation als auch für die Revisionssituation. Zudem zeigten sie, dass die erhöhte Auszugsfestigkeit unabhängig von der Menge des applizierten Polymethylmethacrylat-Knochenzements blieb [34]. Burval et al. wies einen signifikant besseren Schraubenthalt bei zusätzlicher Kyphoplastie nach [21].

In unserer Studie wurden bei 9 Patienten im thorakalen und lumbalen Wirbelsäulenabschnitt 64 zementaugmentierte Pedikelschrauben vom Typ Tango RS der Firma Ullrich implantiert. Es wurde dabei der Knochenzement Polymethylmethacrylate (PMMA, Firma Kyphon) eingesetzt, der entlang des Schraubengewindes über kleine Löcher in den Bereich der Knochen-Schrauben-Verbindung austrat. Es konnte somit erstmals das postoperative Outcome für augmentierte und nicht augmentierte Pedikelschrauben verglichen werden, was in Abschnitt 5.15. diskutiert wird.

### 5.7 Spondylodese an der HWS

Im Bereich der subaxialen HWS stellt die Versorgung mittels Pedikelschrauben ein biomechanisch zuverlässiges Verfahren dar zur Rekonstruktion bei instabilen Verletzungen [3]. Bei Berstungs-, Kompressions- und Distraktionsverletzungen wird die alleinige ventrale Versorgung empfohlen, wohingegen bei den schwerwiegenden Translations- oder Rotationsverletzungen die dorsale oder kombiniert dorsoventrale Versorgung bevorzugt wird [32].

Bei unserem Patientenkollektiv wurden 20 subaxiale Eingriffe im Bereich HWK 3 - 7 durchgeführt. Die Densfraktur, die eine eigene Entität darstellt, galt in unserer Studie als Ausschlusskriterium. 16 Patienten wurden mittels einer ventralen Plattenosteosynthese versorgt, bei 2 Patienten erfolgte ein kombiniert dorsoventraler Eingriff und bei 2 Patienten ein rein dorsales Verfahren.

In bisherigen Studien wurden entweder das Outcome nach Wirbelsäulenverletzungen im thorakalen und lumbalen Wirbelsäulenbereich [15; 54; 55; 56; 91; 92; 93] oder im cervikalen Bereich [12; 64; 99] untersucht. Es erfolgte kein Vergleich zwischen den cervikalen und thorakalen/lumbalen Verletzungen.

In unserer Studie zeigte sich, dass die Patienten nach einer Wirbelsäulenverletzung zwischen HWK 3 – 7 zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung signifikant häufiger pflegebedürftig waren als die Patienten nach einer Verletzung zwischen BWK 1 und LWK 5. So waren sie häufiger in eine Pflegestufe [73] eingestuft, konnten sich seltener zu Hause selbst versorgen und benötigten häufiger ein Hilfsmittel zur Mobilität. Die Schmerzsymptomatik scheint dabei eine eher untergeordnete Rolle zu spielen, da die Visuelle Analog Skala für Rückenschmerzen bei beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich war. Auch die Ergebnisse des Fragebogens SF-12 [112; 113] waren nicht signifikant unterschiedlich. Vermutlich lässt sich der signifikante Unterschied bei der Pflegebedürftigkeit an dem höheren Durchschnittsalter der Patienten mit subaxialen HWS-Verletzungen erklären. So lag das Alter dieser Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei 80,2 Jahren. Die Patienten mit einer Wirbelsäulenverletzung im Bereich BWK1-LWK5 waren im Durchschnitt nur 73,8 Jahre alt.

### 5.8 Perioperative Daten

Die durchschnittliche Dauer des Klinikaufenthalts betrug für unser Gesamtkollektiv 24,6 Tage. Die Ergebnisse der prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie zeigten eine durchschnittliche Dauer des Klinikaufenthalts von 36 Tagen [54; 55; 56]. Die neue multizentrische Studie von Reinhold et al. beobachtete eine mittlere Behandlungsdauer von 19 Tagen [91; 92; 93]. Es ist somit ein Trend Richtung kürzeren Krankenhausverweilzeiten zu verzeichnen. Die stationäre Behandlungsdauer von durchschnittlich 24,6 Tagen in unserer Studie lässt sich möglicherweise durch die erschwerte postoperative Mobilisierung von älteren Patienten erklären.

Zudem erhielt in der prospektiven Studie von Knop et al. 2001 nur etwa die Hälfte der Patienten eine stationäre Anschlussheilbehandlung [54; 55; 56].

In unserem Patientenkollektiv wurde bei 73% der Patienten eine Anschlussheilbehandlung durchgeführt. Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes unterschied sich kaum zwischen den Patienten mit einer Anschlussheilbehandlung (24,9 Tage) von den Patienten ohne Anschlussheilbehandlung (23,8 Tage). Die hohe Rate an Anschlussheilbehandlungen in unserem Kollektiv ist auf die häufige, prolongierte, postoperative Rekonvaleszenz bei geriatrischen Patienten zurückzuführen mit der Notwendigkeit einer sozialen Reintegration unter stationären Bedingungen.

Die Zeit zwischen Trauma und Operation lag bei unserem Kollektiv im Durchschnitt bei 8,2 Tagen und im Median bei 2 Tagen. 48% der Patienten wurden  $\leq$  48 Stunden nach der Verletzung operiert und 52%  $>$  48 Stunden nach dem Trauma. Reinhold et al. beschrieben in ihrer Studie einen Median von 2 Tagen zwischen Trauma und Operation [91; 92; 93]. In dieser Studie wurden Patienten mit Polytraumen und schweren Begleitverletzungen mit eingeschlossen, so dass die operative Versorgung der Wirbelsäulenverletzung rascher erfolgte als bei unserem Kollektiv.

### 5.9 Komplikationen

In prospektiven Studien mit hoher Patientenzahl ohne Selektion einer bestimmten Altersgruppe konnte für stabilisierende Eingriffe am thorakolumbalen Übergang eine

Komplikationsrate von 14,8% für intra- oder postoperativen Komplikationen nachgewiesen werden, wobei 6% revisionspflichtig waren [54; 55; 56]. Als Ursache für Revisionseingriffe wurden bei Knop et al. am häufigsten tiefe Wundinfekte und Wundheilungsstörungen genannt. Zudem lagen Instabilitäten auf Grund einer zunehmenden Fehlstellung, Implantatfehlagen, Liquorfisteln, eine angenähte Redondrainage und eine arterielle Embolie der Arteria femoralis vor [54; 55; 56].

Reinhold et al. beobachtete bei 558 Patienten nach dorsaler, ventraler oder dorsoventraler Stabilisierung eine Komplikationsrate von 9% und eine Revisionsrate von 3% mit einer Wundinfektion als häufigste Ursache [91; 92; 93].

Auch in unserer Studie waren Wundheilungsstörungen (5/9 Revisionseingriffen= 55,6%) die häufigste Ursache für einen Revisionseingriff.

Konstantinidis et al. untersuchte bei 208 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 41 Jahren die operationsassoziierten Komplikationen bis zu 3 Monate postoperativ bei zweizeitigen dorsoventralen Operationsverfahren bei instabilen Frakturen im Bereich Th 6 - L5. Allgemeine Komplikationen wie Thrombembolie, Pneumonie, Delirium und Dekubitus wurden nicht untersucht. Es wurde eine Komplikationsrate von 13% beobachtet, wobei in 3 % der Fälle eine Pedikelschraubenfehlage und in 2,5% der Fälle eine Wundheilungsstörung beobachtet wurde [59]. Eine revisionspflichtige Pedikelschraubenfehlage trat in unserer Studie bei einem Patienten (2%) auf.

Alte Patienten haben ein erhöhtes Risiko bei Wirbelsäuleneingriffen vor allem bei hoher Komorbidität [31; 68; 89]. In unserer Studie wurde die Komorbidität anhand des präoperativ bestimmten ASA-Score [6] evaluiert. 15% der Patienten hatten einen ASA-Score von I, 42% der Patienten einen ASA-Score von II, 37% einen ASA-Score von III und nur 6% der Patienten einen ASA-Score von IV mit schwerer Komorbidität. Die von uns beobachteten Komplikationen waren generell implantatbedingt bzw. operationsspezifisch und nicht auf Komorbiditäten zurückzuführen.

So zeigten in unserer Studie 11 von 62 Patienten (18%) perioperative Komplikationen, wobei bei 9 Patienten Revisionseingriffe (15%) durchgeführt werden mussten. Ursache der Revisionseingriffe waren tiefe Wundinfekte, Wundheilungsstörungen, Pedikelschraubenfehlagen, Implantatdislokation, ein postoperatives Epiduralhämatom und eine Spinalkanalstenose.

Wenige Studien untersuchten die Komplikationsrate bei alten Patienten nach Wirbelsäulenoperationen. Keine der Studien konzentrierte sich dabei auf traumatisch bedingte Wirbelsäulenfrakturen.

In einer Studie, die gezielt ältere Patienten mit einem Durchschnittsalter von 60,2 Jahren nach Wirbelsäuleneingriffen nachuntersucht hatte, war die revisionspflichtige Komplikationsrate höher als in unserem Kollektiv, wobei eine degenerative Grunderkrankung der Wirbelsäule vorlag [97]. Weitere Studien mit eher kleiner Fallzahl, höherem Alter der Patienten und Wirbelsäuleneingriffen mit PMMA-augmentierten Pedikelschrauben haben keine Revisionseingriffe beschrieben [23; 35]. Pinera et al. beschrieben Revisionseingriffe ohne Materialentfernung auf Grund eines tiefen Wundinfekts nach Instrumentation mit PMMA-augmentierten Pedikelschrauben [87].

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Revisionsrate in unserem Kollektiv mit einem Durchschnittsalter von 73,3 Jahren zum Zeitpunkt der Operation höher war als in Studien mit einem Kollektiv mit deutlich jüngerem Alter.

Beim Einsatz von PMMA-Knochenzement sind spezielle Komplikationen beschrieben. So stellt das Aushärten des Knochenzements eine exothermische Reaktion dar [10], bei der es durch Wärmebildung in der Nähe von neurologischen Strukturen zu deren Schädigung in Form einer Radikulopathie oder Myelopathie kommen kann [118]. Zudem ist die Zementleckage in den Spinalkanal [118], in die Neuroforamina oder in die paravertebralen Venen beschrieben [37; 83; 84; 98] und darauf basierende schwerwiegende Komplikationen wie Lungenembolie durch den Zementeintritt ins Gefäßsystem [1; 69; 78]. Aktuelle Studien, die kanülierte zementaugmentierte Pedikelschrauben einsetzen und somit den Zement von distal direkt in die Schrauben applizieren, zeigten, dass dadurch die Häufigkeit der Zementleckage vermindert werden kann [35, 74].

Zwischen der Menge an applizierten Zement und der spinalen Höhe auf der einen Seite und dem Ausmaß des Zementaustritts ins umliegende Gewebe auf der anderen Seite bestand kein signifikanter Zusammenhang [35].

In unserer Studie wurden ebenfalls die kanülierten PMMA-augmentierten Pedikelschrauben bei 9 Patienten eingesetzt. Dabei zeigte sich in den konventionellen Röntgenaufnahmen keine Zementleckage. Nervenschädigungen durch exothermische Wärmebildung bei der Zementaushärtung wurden nicht beobachtet.

Spondylodesen an der Halswirbelsäule zeigen auf Grund ihrer Nähe zu wichtigen anatomischen Strukturen zusätzliche Komplikationen [52]. So besteht potentiell die Gefahr durch die Implantate den Ösophagus zu perforieren v.a. auf Höhe C5/6, wo die Ösophagusschleimhaut dorsal nur durch eine Faszie geschützt ist [33; 76; 86]. Außerdem wurden auch bei nicht perforiertem Ösophagus zum Teil Dysphagiebeschwerden beobachtet [52]. Zudem stellt die Implantation von Pedikelschrauben im Bereich der HWS ein Risiko dar für die Verletzung von neurovaskulären Strukturen wie z.B. der Arteria vertebralis oder der spinalen Nervenwurzeln. So wurde bei Abumi et al. insgesamt eine neurovaskuläre Komplikationsrate von 1,7% nach Pedikelschraubenimplantation im Bereich der HWS beobachtet [2].

Bei unserem Patientenkollektiv beobachteten wir als spezifische Komplikation an der HWS chronische Dysphagiebeschwerden bei einem Patienten nach ventraler Plattenosteosynthese zwischen HWK 6/7. Die Beschwerden waren über 4 Jahre postoperativ konstant und traten überwiegend bei der Aufnahme von fester Nahrung auf. Von einer operativen Revision wurde auf Grund des Alters des Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung abgesehen. Eine Verletzung von Nervenwurzeln oder von wichtigen vaskulären Strukturen im Bereich der HWS wurde von uns nicht beobachtet.

### 5.10 Neurologie

Als Klassifikation zur Einteilung der Neurologie hat sich das auch in unserer Studie eingesetzte Schema nach Frankel et al. [36] im klinischen Alltag bewährt [72].

Bei Wirbelsäulenverletzungen treten insgesamt in 20% der Fälle neurologische Ausfälle in Form einer kompletten oder inkompletten Querschnittssymptomatik auf [72]. Es konnte von Knop et al. gezeigt werden, dass zwischen dem Ausmaß der neurologischen Beeinträchtigung und der Einengung des Spinalkanals in der präoperativen Computertomographie eine statistisch signifikante Korrelation besteht [54; 55; 56]. Dies erklärt die abnehmende Häufigkeit von neurologischen Komplikationen bei Verletzungen der HWS (30%), der BWS (20%) und der LWS (10%) [72]. Im Bereich von L3 - S1 existiert durch das Vorhandensein von Nervenwurzeln, die in ihrer Lage flexibel sind und prinzipiell Ausweichmöglichkeiten besitzen, ein sehr großer Reserveraum, so dass auch eine Einengung bis zu 90% des Spinalkanals häufig zu keinen schwerwiegenden neurologischen Ausfällen führt. Im

thorakolumbalen Übergang bleiben Einengungen bis zu 40% ohne Komplettlähmungen. Dagegen kommt es auf Höhe Th1-10 bei Spinalkanaleinengungen von nur 20% bereits zu kompletten Querschnittssyndromen [17; 40]. So hatten in unserer Studie 3 von insgesamt 4 Patienten, die prä- bzw. postoperativ gehunfähig waren, Verletzungen im cervikothorakalen Übergang und ein Patient im Bereich der BWS.

Die Klassifikation nach Magerl [71] dient nicht nur der Einschätzung der Instabilität einer Wirbelsäulenverletzung, sondern weist auch eine signifikante Zunahme der Wahrscheinlichkeit einer neurologischen Schädigung von A nach C auf. So zeigte Knop et al., dass in 12% der Typ A, in 28% der Typ B und in 51% der Typ C Verletzungen neurologische Ausfälle auftraten [54; 55; 56]. Auch Reinhold et al. konnte einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen dem Frakturtyp und den neurologischen Ausfällen zeigen [91; 92; 93]. In unserer Untersuchung hatten 3 der 4 Patienten, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gehunfähig waren (2x Frankel C, 2x Frankel A), eine Typ B Verletzung nach Magerl [71] und ein Patient eine Typ A3 Verletzung nach Magerl [71] erlitten.

In der prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie konnten 44 von 64 Patienten mit präoperativen inkompletten Querschnittssyndromen verbessert werden (69%). 3 von 7 Patienten mit einem präoperativen kompletten Querschnittssyndrom entsprechend Frankel A verbesserten sich auf Frankel D [54; 55; 56].

In einer neueren Studie von Reinhold et al. mit einem großen Patientenkollektiv wurde bei 60,6% der Patienten, die präoperativ ein neurologisches Defizit aufwiesen und operativ an der Brust- und Lendenwirbelsäule stabilisiert wurden, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung eine Verbesserung um mindestens eine Stufe nach Frankel et al. [36] beobachtet. Insgesamt blieb der neurologische Status bei 84,1% der Patienten präoperativ und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung unverändert. Eine Verschlechterung trat bei 8 Patienten (1,4%) auf, wobei ein Patient zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ein komplettes Querschnittssyndrom aufwies. Das Erholungspotential war nach inkompletten Querschnittssyndromen höher (73%) als bei kompletten Querschnittssyndromen (44%) [91; 92; 93].

In unserem Kollektiv wiesen 17 von 44 Patienten (39%) präoperativ neurologische Defizite nach der Klassifikation nach Frankel et al. [36] auf, von denen 11 verbessert werden konnten (65%). Dies ist mit den beiden oben genannten Studien mit großem Patientenkollektiv vergleichbar. Komplette Querschnittssyndrome der Stufe A nach Frankel et al. [36], die in

unserer Studie bei 2 Patienten präoperativ vorlagen, konnten jedoch durch die Operation nicht verbessert werden.

### 5.11 Visuelle Analog Skala und Analgetikabedarf

Die Visuelle Analog Skala wurde in vielen Studien zur Evaluierung der Schmerzintensität nach Wirbelsäuleneingriffen eingesetzt [23; 27; 60; 74; 91; 92; 93].

In unserer Studie wurde die Visuelle Analog Skala zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung anhand des Fragebogens SSE Spine Tango [5; 95; 96] erhoben. Ein zeitlicher Verlauf konnte nicht dargestellt werden, da die Visuelle Analog Skala präoperativ nicht bestimmt wurde.

Reinhold et al. zeigten einen signifikanten Einfluss des Patientenalters auf den VAS-Wirbelsäulenscore [91; 92; 93]. Daher sollten die in unserer Studie ermittelten Werte mit Ergebnissen von Studien verglichen werden, die ein Patientenkollektiv im höherem Lebensalter untersuchten.

Bei Chang et al. zeigte sich für Eingriffe mit zementaugmentierten Pedikelschrauben bei einem Kollektiv mit einem Durchschnittsalter von 75,1 Jahren ein postoperativer Durchschnittswert von 1,5 auf der Visuellen Analog Skala [23].

Moon et al. setzte ebenfalls die Visuelle Analog Skala ein um bei zementaugmentierten Pedikelschrauben das Schmerzniveau prä- und postoperativ zu vergleichen. Als postoperative Werte wurden hierbei bei 37 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 68,7 Jahren für Rückenschmerzen ein Wert von  $2,3 \pm 1,6$  und für Beinschmerzen ein Wert von  $1,4 \pm 0,7$  angegeben [74].

In unserer Studie wurde für Rückenschmerzen ein durchschnittlicher Wert von  $3,0 \pm 2,9$  und für Bein-/Gesäßschmerzen ein durchschnittlicher Wert von  $2,0 \pm 2,5$  zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ermittelt.

Die insgesamt höheren Werte in unserem Kollektiv sind vermutlich auf die traumatische Schädigung der Wirbelsäule einhergehend mit einer Schädigung der Weichteile zurückzuführen. In den beiden oben angeführten Studien, die zwar ein vergleichbares Durchschnittsalter aufwiesen, lagen entweder degenerative Veränderungen der Wirbelsäule [74] oder osteoporotische Kompressions-/Berstungsfrakturen, Spinalkanalstenosen oder Tumormetastasen [23] als Grunderkrankung vor, so dass ein Vergleich der Werte nur eingeschränkt möglich ist.

Zusätzlich wurden die Patienten in unserer Nachuntersuchung zum Schmerzmittelgebrauch befragt und dieser anhand des WHO-Stufenschemas [119] eingeteilt. 18 von 44 nachuntersuchten Patienten mussten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung keine Analgetika einnehmen (41%). 26 von 44 Patienten (59%) waren auf Analgetika angewiesen, wobei 16 Patienten nach Bedarf nicht-steroidale Antiphlogistika einnahmen. 10 von 44 Patienten waren auf die regelmäßige Einnahme von Opiaten angewiesen.

Hallberg et al. untersuchte postmenopausale Frauen bis zu 7 Jahre nach einer Wirbelsäulenfraktur ohne Hochenergietrauma und ohne Operation. Dabei nahmen 48% regelmäßig, 24% bei Bedarf und 28% keine Analgetika ein [44].

In unserer Studie war somit mit 59% der Patienten eine höhere Rate an chronischen Schmerzpatienten zu verzeichnen, wobei die Wirbelsäulenverletzungen insgesamt schwerer waren und die Patienten eine operative Stabilisierung benötigten.

### 5.12 Lebensqualität mittels Fragebogen SF-12

Bei älteren Patienten sollte der Therapieerfolg eines operativen Verfahrens vor allem anhand der postoperativen Lebensqualität beurteilt werden [13; 46; 54; 55; 56], wobei der Begriff Lebensqualität ein multidimensionales Konstrukt beschreibt, das mindestens durch die 4 Komponenten psychisches Befinden, körperliche Verfassung, soziale Beziehungen und funktionale Kompetenz zu definieren ist [13; 19]. Der SF 36 [18; 19; 20; 110] ist dabei als Fragebogen ein etabliertes Messinstrument zur Erhebung der allgemeinen gesundheitsbezogenen Lebensqualität, da er in verschiedenen Studien auf Validität und Reliabilität untersucht [111; 112; 113] und in mehreren Studien zur Untersuchung der Lebensqualität nach Wirbelsäulenfrakturen eingesetzt worden ist [15; 27; 60].

Der von uns verwandte SF12 [112; 113] ist eine Kurzform des SF 36 [18; 19; 20; 110] mit insgesamt 12 Fragen, die sich unmittelbar auf die Dimensionen körperliche und psychische Gesundheit beziehen [112; 113]. Wie beim SF 36 [18; 19; 20; 110] kann dann für diese beiden Bereiche jeweils ein Punktwert von 0-100 anhand eines computerassistierten Auswertungsprogramms errechnet werden, wobei ein hoher Wert für eine hohe Lebensqualität steht [112; 113]. Wir setzten gezielt die Kurzform mit insgesamt 12 Fragen ein, da beim geriatrischen Patienten die Verständlichkeit und die Mitarbeit dadurch

vereinfacht wurde und wie beim SF-36 [18; 19; 20; 110] Referenzwerte der allgemeinen Bevölkerung zur Evaluierung zur Verfügung stehen [112; 113]. Es erfolgte in unserer Studie ein Vergleich der Ergebnisse des SF-12 [112; 113] mit den in der Literatur angegebenen altersentsprechenden Referenzwerten, da keine Kontrollgruppe vorlag.

Bisher wurde bei Studien zur Untersuchung der Lebensqualität nach Wirbelsäulenfrakturen bei alten Patienten das Hochenergietrauma als Ausschlusskriterium gewertet [63]. Daher ist es schwierig unsere Ergebnisse des SF-12 [112; 113] mit Studien zu vergleichen, die ein entsprechend hohes Alter der Patienten auf der einen Seite und ein entsprechendes Wirbelsäulentrauma und eine stabilisierende Wirbelsäulenoperation auf der anderen Seite aufweisen.

So untersuchten Cockerill et al. und Sanfelix-Genoves et al., die beide den Fragebogen SF-12 einsetzten, die Lebensqualität nach osteoporotischen Wirbelsäulenfrakturen ohne Trauma und ohne operative Stabilisierung [25; 100].

Cockerill et al. untersuchte anhand des SF-12 die Lebensqualität von Patienten ab dem 50. Lebensjahr mit einer radiologisch nachgewiesenen Wirbelsäulenfraktur. Dabei zeigte sich ein Wert für die körperliche Gesundheit von 39,9 und für die psychische Gesundheit von 47,2. Das Durchschnittsalter lag bei 64,8 Jahren [25]. In unserer Studie waren die Ergebnisse für die körperliche Gesundheit schlechter und für die psychische Gesundheit besser als bei Cockerill et al..

In Spanien wurden 804 postmenopausale Frauen ab dem 50. Lebensjahr mit osteoporotischen Wirbelsäulenfrakturen ohne operative Versorgung untersucht. Anhand des SF-12 wurde die Lebensqualität ausgewertet und mit den Ergebnissen einer Kontrollgruppe ohne Wirbelsäulenfraktur verglichen. Die Patienten wurden in verschiedene Untergruppen eingeteilt, wobei ein Kriterium zur Untergliederung das Alter der Patientinnen war. Für die Gruppe der 70-74 Jährigen wurde für die körperliche Gesundheit ein Wert von 39,59 bei leichter Wirbelsäulenfraktur und ein Wert von 37,26 bei schwerer Wirbelsäulenfraktur ermittelt. In der Gruppe der über 75 Jährigen wurde für die körperliche Gesundheit ein Wert von 40,67 bei leichter Wirbelsäulenfraktur und ein Wert von 39,15 bei schwerer Wirbelsäulenfraktur bestimmt. Entsprechend erfolgte auch die Einteilung bezüglich der psychischen Gesundheit. So wurden für die 70-74 Jährigen bei leichter Wirbelsäulenfraktur ein Wert von 44,55 und bei schwerer Wirbelsäulenfraktur ein Wert von 48,36 ermittelt. Bei den über 75 Jährigen zeigte sich bei leichten Wirbelsäulenfrakturen ein Wert von 45,7 und bei schwerer Wirbelsäulenfraktur ein Wert von 46,72 [100]. In unserer Studie lag das

Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei 74,8 Jahren, so dass unsere Ergebnisse des SF-12 sowohl mit der Gruppe der 70-74 Jährigen als auch mit der Gruppe der über 75 Jährigen verglichen werden können. Bezüglich der körperlichen Gesundheit wies unser Studienkollektiv schlechtere Werte auf als in der Studie von Sanfelix-Genoves et al.. Bei der psychischen Gesundheit hatte unser Studienkollektiv jedoch bessere Werte als in der oben angeführten Studie.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass bei alten Patienten generell nach Wirbelsäulenfrakturen schlechtere Werte bei der körperlichen Gesundheit zu beobachten sind. Dies scheint nach Verletzungen auf Grund von Traumen mit einhergehender operativer Stabilisierung wie in unserer Studie besonders stark ausgeprägt zu sein. Die psychische Gesundheit wird von der Wirbelsäulenverletzung weniger beeinflusst, wobei auch hier in unserer Untersuchung reduzierte Werte im Vergleich zur altersentsprechenden Referenzpopulation zu beobachten sind. Auch bei Hüft-, Handgelenk- und Rippenfrakturen wurde ein geringerer Einfluss auf die psychische als auf die körperliche Gesundheit im SF-12 beobachtet [14].

Mehrere Studien untersuchten die Auswirkung von verschiedenen Frakturen auf die Lebensqualität.

Dabei zeigte sich, dass die Wirbelsäulen- und Hüftfrakturen als osteoporotische Frakturen einen negativeren Einfluss auf die Lebensqualität haben als Humerus- oder Handgelenksfrakturen [4; 43].

Hallberg et al. verglichen postmenopausale Frauen 2 und 7 Jahre nach einer Hüft- und Wirbelsäulenfraktur. Die Patientinnen mit Wirbelsäulenfrakturen erzielten im SF-36 im Langzeitverlauf schlechtere Werte als die Patientinnen mit den Hüftfrakturen. Im Gegensatz zur Wirbelsäulenfraktur waren die Ergebnisse im SF-36 bei Hüftfrakturen im Langzeitverlauf konstant. Somit ist bei Wirbelsäulenfrakturen von einem deutlich negativeren Effekt auf die Lebensqualität im Langzeitverlauf auszugehen [44].

Bei Brenneman et al. hatten Patienten mit Wirbelsäulenfrakturen im SF-12 für die körperliche und psychische Gesundheit jeweils die schlechtesten Werte im Vergleich zu Patienten ohne Fraktur. Bei Hüft, Handgelenk- oder Rippenfrakturen war dieser Unterschied weniger stark ausgeprägt [14].

Somit lassen sich die insgesamt eher schlechten Ergebnisse beim Fragebogen SF-12 in unserer Studie zum einen anhand der Frakturlokalisierung im Bereich der Wirbelsäule und zum

anderen anhand der Verletzungsschwere mit notwendiger operativer Stabilisierung und des zu Grunde liegenden Traumas erklären.

### 5.13 Radiologische Ergebnisse

Zur Bewertung des radiologischen Verlaufs wurden 2 Parameter herangezogen. So wurde auf den Röntgenaufnahmen der Cobb-Winkel [24] bestimmt. Dieser stellt den lokalen Kyphosewinkel in der sagittalen Aufnahme dar, indem der Winkel zwischen der Deckplatte des kranial angrenzenden Wirbels und der Grundplatte des kaudal angrenzenden Wirbels bestimmt wird [24]. Er wurde in zahlreichen Studien zur Beurteilung des sagittalen Wirbelsäulenprofils nach stabilisierenden Wirbelsäulenverfahren eingesetzt [15; 50; 53; 54; 55; 56; 91; 92; 93].

Der Cobb-Winkel [24] konnte bei unserem Kollektiv durch die Operation von  $-4,7^\circ \pm 12,3$  [-33 - 16] präoperativ auf  $-1,5^\circ \pm 11,1$  [-29 - 17] postoperativ nicht signifikant verbessert werden. Der postoperative Korrekturverlust bis zur Nachuntersuchung war höchst signifikant. Insgesamt hat sich der segmentale Kyphosewinkel von präoperativ bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung signifikant verschlechtert.

Entsprechend konnten Knop et al. bereits 1997 zeigen, dass nach einem dreijährigen Verlauf der Korrekturverlust von dorsalen Spondylodesen bei 56 Patienten  $10,1^\circ$  betrug und somit signifikant war, trotz einem zunächst sehr gutem operativen Repositionsergebnis [53].

In einer prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie wurde ein Kollektiv von 682 Patienten ohne Alterseinschränkung untersucht, wobei es auch hier nach einem zunächst durch die Operation erreichten Korrekturgewinn postoperativ im Verlauf zu einer signifikanten Rekyphosierung kam. Lediglich bei den kombiniert dorsoventralen Verfahren konnte langfristig ein signifikanter Korrekturgewinn gegenüber der präoperativen Situation erreicht werden [54; 55; 56].

Bence et al. konnte in einer biomechanischen Studie ebenfalls zeigen, dass die Primär- und Gesamtstabilität der Wirbelsäule nach dorsoventralen Stabilisierungen am höchsten ist [9].

Weitere Studien zeigten, dass nach dorsoventralen Stabilisierungen das Wirbelsäulenprofil im Langzeitverlauf am besten wiederhergestellt wird [60; 91; 92; 93].

In unserer Studie wurden die Eingriffe je nach Zugangsweg nicht gesondert untersucht. Es erfolgte in 19% der Fälle eine dorsoventrale Stabilisierung, in 52% der Fälle ein dorsales Verfahren und in 29% der Fälle ein ventrales Verfahren.

Bei unserem Kollektiv von 31 Patienten mit operativen Stabilisierungen im thorakolumbalen Übergang betrug die Rekyphosierung bis zur Nachuntersuchung  $7^\circ$  nach einem durchschnittlichen Verlauf von 27,3 Monaten. In unserer Studie lag das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Operation bei 73,3 Jahren, so dass der vermehrte Korrekturverlust in unserem Kollektiv vor dem Hintergrund altersbedingter, degenerativer Veränderungen an der Knochenstruktur der Wirbelsäule betrachtet und evaluiert werden muss.

Zusätzlich bestimmten wir zur Evaluierung der postoperativen Höhenminderung die Höhe der Vorderkante des frakturierten Wirbels. Dabei setzten wir die Höhe des verletzten Wirbels in Relation zum arithmetischen Mittelwert der Höhe der beiden benachbarten Wirbelkörper und erhielten somit eine Angabe in %.

In unserem Kollektiv konnte die Höhe der Vorderkante um 15,9% angehoben werden, wobei der Korrekturverlust bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 13,5% betrug und somit signifikant war. Kyphoplastien wurden in unserer Studie nicht untersucht. Es wurde nicht zwischen einem isoliert dorsalem und einem kombinierten dorsoventralen Verfahren unterschieden.

### 5.14 Klinisches versus radiologisches Outcome

Mehrere Studien zeigten, dass zwischen dem Korrekturverlust und den radiologischen Ergebnissen auf der einen Seite und dem klinisch-funktionellem Outcome keine Korrelation festgestellt werden konnte [15; 22; 50; 54; 55; 56; 66; 91; 92; 93].

Leferink et al. untersuchte ein Kollektiv, das von dorsal mittels eines Fixateur interne zwischen Th9 und L4 versorgt wurde und bestimmte im postoperativen Verlauf ebenfalls den lokalen Kyphosewinkel sowie als Messinstrument der Lebensqualität den Fragebogen SF-36. Auch in dieser Untersuchung konnte keine Korrelation zwischen dem radiologischen Ergebnis und dem SF-36 nachgewiesen werden [66].

Briem et al. korrelierte die Ergebnisse des SF-36 mit dem Grund- und Deckplattenwinkel bzw. die körperlichen Schmerzen mit dem postoperativen Korrekturverlust, um eine Ursache der reduzierten Lebensqualität nach dorsoventralen Stabilisierungen im thorakolumbalen Bereich bei der Allgemeinbevölkerung zu eruieren. Dabei zeigte sich keine Korrelation [15].

Katscher et al. konnte keinen statistischen Zusammenhang zwischen dem radiologischen Kyphosegrad und der klinischen Schmerzsymptomatik bei operativ versorgten Wirbelsäulenfrakturen nachweisen. Allerdings zeigten 4 von 5 Patienten, die bei Typ A1 und A2 Frakturen konservativ behandelt wurden und starke bzw. häufige Rückenschmerzen angaben, einen Segmentkyphosewinkel von  $\geq 23^\circ$  [50].

In unserer Studie wurde die Korrelation zwischen der Visuellen Analog Skala und den Ergebnissen des SF 12 mit dem Korrekturverlust des Grund- und Deckplattenwinkels [24] und der Vorderkante untersucht. Dabei zeigte sich ebenfalls keine Korrelation. Der höchste Korrelationskoeffizient wurde beim Vergleich des Korrekturverlustes des Grund- und Deckplattenwinkels [24] und dem körperlichen Summenscore des Gesamtkollektivs erzielt. ( $r = 0,329$ ,  $p = 0,071$ ) Allerdings ist erst ab einem  $r > 0,5$  von einer mittelgradigen Korrelation auszugehen, so dass auch in unserer Studie keine Korrelation zwischen den klinischen und radiologischen Parametern gezeigt werden konnte.

### 5.15 Augmentierte versus nicht augmentierte Pedikelschrauben

In mehreren experimentellen Studien der letzten Jahre konnten biomechanische Vorteile der Zementaugmentation von Pedikelschrauben gezeigt werden [21; 34; 94; 103; 104; 122; 123]. Bezüglich des klinischen und radiologischen Outcome gab es bisher wenige Studien, die Patienten im postoperativen Verlauf nachuntersucht haben [23; 35; 74; 87].

Frankel et al. führte eine Nachuntersuchung bei 23 Patienten durch, die mit polymethylmethacrylate-augmentierten Pedikelschrauben instrumentiert wurden. Als Grunderkrankung lag entweder eine Wirbelsäuleninfiltration durch eine Metastase oder eine Osteoporose mit degenerativen Veränderungen vor. Das Durchschnittsalter betrug 64,7 Jahre. In der Studie zeigte sich keine Materiallockerung und kein Materialbruch. Bei 9 von 23 Patienten (39%) wurde eine Zementleckage beobachtet, die jeweils asymptomatisch blieb [35].

Chang et al. untersuchte 41 Patienten mit einem durchschnittlichen Alter von 75,1 Jahren präoperativ und durchschnittlich 22,3 Monate nach einem stabilisierenden Wirbelsäuleneingriff mit polymethylmethacrylate-augmentierten Pedikelschrauben. Der Korrekturverlust bezüglich des Kyphosewinkels betrug  $3^\circ$  und der Punktwert zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf der Visuellen Analog Skala 1,5. Es wurden keine relevanten Schraubenlockerungen beobachtet. Eine Zementleckage trat bei 22 Patienten in der Computertomographieuntersuchung auf (26,2%) [23].

Der Einsatz von augmentierten Pedikelschrauben bei Spinalkanalstenosen und degenerativ bedingten Spondylolisthesen wurde von Moon et al. an 37 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 68,7 Jahren untersucht, die im arithmetischen Mittel 33,3 Monate postoperativ nachuntersucht worden sind. Die Visuelle Analog Skala für Rückenschmerzen lag bei  $2,3 \pm 1,6$  und für Beinschmerzen bei  $1,4 \pm 0,7$  zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, wobei dies eine signifikante Verbesserung gegenüber den präoperativen Werten darstellte. Eine Pedikelschraube zeigte sich in der radiologischen Kontrolle gelockert (2,7%). Eine Zementleckage wurde in 5,4% der Fälle beobachtet ohne neurologische Symptome [74].

Pinera et al. untersuchte 23 Patienten im Durchschnitt 33 Monate nach einer Instrumentation mit polymethylmethacrylate-augmentierten Pedikelschrauben. Als Grunderkrankung lag entweder eine instabile, lumbale, degenerativ bedingte Spondylolisthese oder eine lumbale Spinalkanalstenose vor. Eine Zementleckage wurde in 29,3% der Fälle beobachtet. Eine Materiallockerung oder ein Materialbruch trat nicht auf [87].

In keiner dieser Studien lag eine Vergleichsgruppe mit nicht augmentierten Pedikelschrauben vor.

In unserer Studie wurden neun Patienten, die mit polymethylmethacrylate-augmentierten Pedikelschrauben vom Typ Tango RS der Firma Ulrich versorgt worden waren, mit 35 Patienten verglichen, bei denen nicht augmentierte Pedikelschrauben implantiert worden waren. Bezüglich der Anzahl an Revisionseingriffen, des angegebenen Schmerzniveaus auf der Visuellen Analog Skala, des körperlichen und psychischen Summenscores des SF 12 [112; 113] und des postoperativen Korrekturverlusts konnte kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden.

In unserer Studie wiesen die Patienten mit den augmentierten Pedikelschrauben einen Punktwert auf der Visuellen Analog Skala von  $3,7 \pm 2,8$  für Rückenschmerzen und von  $2,3 \pm 3,4$  für Bein/Gesäßschmerzen auf. Das Schmerzniveau war somit höher als bei den Patienten mit den nicht augmentierten Pedikelschrauben. Dies lässt sich möglicherweise durch eine

Zementleckage erklären. Auf den Röntgenaufnahmen ergaben sich keine Hinweise auf eine Zementleckage, wobei zur genaueren Untersuchung eine CT-Untersuchung notwendig ist, die bei unserer Nachuntersuchung nicht durchgeführt wurde.

Im Gegensatz zur Untersuchung von Moon et al. hatten unsere Patienten mit den augmentierten Pedikelschrauben eine traumatisch bedingte Wirbelsäulenfraktur. Die komplexere Schädigung der Wirbelsäule und der Weichteile im Vergleich zu rein degenerativ bedingten Spondylolithesen bzw. Spinalkanalstenosen wie bei Moon et al. [74] ist als Ursache für das höhere Schmerzniveau in unserer Untersuchung zu diskutieren. Auch der erhöhte Korrekturverlust in unserem Kollektiv mit  $6,6^\circ$  im Vergleich zu durchschnittlich  $3^\circ$  bei Moon et al. [74] lässt sich anhand der komplexeren Schädigung der Wirbelsäulenstruktur durch das zu Grunde liegende Trauma möglicherweise erklären.

Insgesamt war der Korrekturverlust bei den augmentierten Pedikelschrauben für den Cobb-Winkel [24] und für die Höhe der Vorderkante geringer als bei den nicht augmentierten Pedikelschrauben. Dies bestätigt die bereits experimentell nachgewiesene bessere Festigkeit der Schrauben durch den applizierten Knochenzement.

### 5.16 Pflegebedürftigkeit

Bei unserer Studie wurden gezielt alte Menschen mit einem Lebensalter von mindestens 65 Jahren zum Zeitpunkt der Operation eingeschlossen und die Pflegebedürftigkeit vor und nach der Operation verglichen.

Dabei wurde erstmalig als objektiver Parameter die Pflegestufe [73] berücksichtigt und zusätzlich anhand eines Fragebogens die Mobilität und die häusliche Versorgung jeweils mit Hilfe einer 3-stufigen Ordinalskala eingeteilt. In der Literatur finden sich nur Studien, die die Lebensqualität anhand eines Fragebogens erhoben haben.

Die Pflegestufe [73], die häusliche Versorgung und Mobilität bleiben dabei unberücksichtigt. Untersuchungen zu jüngeren Patienten mit Wirbelsäulenoperation beurteilten zum Teil den Erfolg des Eingriffs anhand der postoperativen Berufstätigkeit [91; 92; 93; 97]. In unserem Kollektiv waren alle Patienten bereits vor der Operation berentet.

Wir konnten somit erstmals zeigen, dass bei geriatrischen Patienten ab dem 65. Lebensjahr sich die Pflegestufe [73], die Mobilität und die häusliche Versorgung nach einer operativen Versorgung von instabilen Wirbelsäulenfrakturen im Mittel 27,3 Monate nach dem Eingriff

signifikant verschlechterten. Es muss allerdings berücksichtigt werden, dass bei alten Menschen generell mit einem Durchschnittsalter von 73,3 Jahren auch ohne Wirbelsäulenoperation innerhalb von 2 Jahren deutliche altersbedingte Verschlechterungen in der Pflegestufe [73] und der häuslichen Versorgung beobachtet werden können.

### 5.17 Subjektive Patientenzufriedenheit

Die multizentrische Studie der AG Wirbelsäule der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie untersuchte als einzige Studie die postoperative subjektive Zufriedenheit der Patienten anhand einer Ordinalskala mit 4 Kategorien. Dabei zeigten sich 31% sehr zufrieden, 52% zufrieden, 13% weniger zufrieden und 5% unzufrieden [54; 55; 56]. Andere Nachuntersuchungen von operativ versorgten Wirbelsäulenfrakturen haben die subjektive Patientenzufriedenheit nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Unser Patientengut wurde ebenfalls zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bezüglich der Zufriedenheit mit der durchgeführten Behandlung befragt, wobei wir eine 5-stufige Ordinalskala verwandten. Dabei zeigte sich, dass über zwei Drittel der Patienten insgesamt sehr zufrieden waren. Die Anzahl an unzufriedenen Patienten liegt ähnlich wie bei der prospektiven multizentrischen Studie von Knop et al. bei 23%.

Die insgesamt deutliche Zufriedenheit des Patientenkollektivs mit der Operation trotz der signifikant schlechteren Lebensqualität im Vergleich zur allgemeinen, altersentsprechenden Referenzpopulation im Fragebogen SF-12 [112; 113] lässt sich möglicherweise damit erklären, dass die Patienten Residualzustände wie chronische Rückenschmerzen oder eine eingeschränkte Mobilität nicht kausal mit dem operativen Eingriff verbinden, sondern vielmehr die Ursache in dem erlitten Trauma sehen. Die Operation als solche wird somit im Wissen um die Schwere der Wirbelsäulenverletzung als notwendig erachtet, um schwerwiegende Folgen wie neurologische Ausfälle zu verhindern. Die Operation wurde somit insgesamt positiv gewertet, was die hohe Patientenzufriedenheit erklärt.

### 5.18 Schlussfolgerung

In unserer Studie wurden erstmals geriatrische Patienten mit einem Durchschnittsalter von 73,3 Jahren untersucht, die auf Grund eines Traumas Wirbelsäulenfrakturen erlitten hatten und operativ stabilisiert wurden. Schwerpunkt der Nachuntersuchung waren die postoperative Lebensqualität, die Pflegebedürftigkeit und das radiologische und neurologische Outcome.

Es konnte insgesamt gezeigt werden, dass ein zunächst verbessertes, radiologisches Repositionsergebnis durch die Operation langfristig bis zur Nachuntersuchung im Mittel 27,3 Monate postoperativ nicht erhalten blieb. Eine Korrelation zur Schmerzsymptomatik bzw. der Lebensqualität ermittelt durch den Fragebogen SF-12 [112; 113] bestand nicht. Dies deckt sich mit den Ergebnissen mehrerer Studien, die ein jüngeres Patientenkollektiv untersuchten.

Bezüglich der Pflegestufe [73] verschlechterte sich die Einstufung der Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Vergleich zur präoperativen Situation signifikant. Kritisch anzumerken ist jedoch, dass zwischen der Operation und der Nachuntersuchung im Mittel 27,3 Monate lagen und sich letztendlich auch bei der allgemeinen Bevölkerung im Alter > 70 Jahren ohne Operation innerhalb von zwei Jahren die Pflegestufe [73] verschlechtert.

Neurologisch konnten 11 von 17 inkompletten Querschnittssyndromen um mindestens eine Stufe nach Frankel et al. [36] bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Vergleich zur präoperativen Situation verbessert werden.

Die Lebensqualität, die anhand des Fragebogens SF-12 [112; 113] ermittelt wurde, war im Mittel 27,3 Monate postoperativ signifikant schlechter als bei der altersentsprechenden, allgemeinen Referenzpopulation.

Die Komplikationsrate ist mit 9 Revisionseingriffen bei insgesamt 62 Patienten (15%) mit der in der Literatur angegebenen Rate vergleichbar.

Die Patienten mit einer Verletzung im Bereich HWK 3–7 waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung signifikant häufiger pflegebedürftig als die Patienten mit Verletzungen im Bereich BWK 1 – LWK 5, wobei bei den subaxialen Verletzungen ein deutlich höheres Lebensalter vorlag.

Eine Wirbelsäulenverletzung mit nachfolgender operativer Stabilisierung stellt somit bei geriatrischen Patienten ein Ereignis dar, welches zu einer deutlichen Zunahme der Pflegebedürftigkeit und zu einer deutlich reduzierten Lebensqualität im Vergleich zur altersentsprechenden allgemeinen Bevölkerung führt.

### 6. Zusammenfassung

#### 6.1 Patienten und Methode

- Als Zielgruppe wurden alle Patienten eingeschlossen, welche von Januar 2004 bis Dezember 2009 (5-Jahreszeitraum) in der Abteilung für Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg operativ mittels Instrumentation an der Wirbelsäule stabilisiert wurden.
- Einschlusskriterien:
  - Verletzung der Wirbelsäule Typ A3, B oder C nach Magerl [71]
  - Frakturhöhe zwischen HWK3 – LWK5
  - Alter  $\geq 65$ . Lebensjahr zum Zeitpunkt der Operation
- 44 von 62 Patienten (71%) wurden durchschnittlich 27,3 Monate postoperativ nachuntersucht.
- 32 von 62 Patienten (52%) wurden von dorsal, 18 von 62 Patienten (29%) von ventral und 12 von 62 Patienten (19%) kombiniert von dorsoventral stabilisiert.
- Bei den dorsalen Eingriffen erhielten insgesamt neun Patienten 64 augmentierte Tango RS Schrauben (Ulrich), 7 Patienten insgesamt 34 Tango RS Schrauben (Ulrich) mit over the top loading System und 24 Patienten 178 USS II Schrauben (Synthes) mit side loading System.
- Bei 20 von 62 Patienten lag die Verletzung zwischen HWK 3 – 7.
- Bei 11 von 62 Patienten (18%) wurde ein Wirbelkörperersatz durchgeführt mit zwei Harmskörbchen (DePuy AcroMed) und neun Obelisc-Systemen (Ulrich).

#### 6.2 Ergebnisse

- 62 Patienten waren zum Zeitpunkt der Operation durchschnittlich  $73,3 \pm 6,2$  Jahre alt. Es wurden 23 Frauen (37%) und 39 Männer (63%) operiert.
- 51 von 62 Patienten (82%) waren subjektiv mit der Operation zufrieden oder sehr zufrieden.

- Die körperliche Lebensqualität war im Mittel 27,3 Monate postoperativ signifikant schlechter als bei der allgemeinen Referenzpopulation.
- Die Einstufung in eine Pflegestufe [73] verschlechterte sich signifikant ( $p < 0,001$ , Vorzeichentest). 6 von 62 Patienten (10%) waren postoperativ in die Pflegestufe III eingegliedert.
- Nur 2 von 62 Patienten (3%) lebten postoperativ in einem Pflegeheim. Insgesamt verschlechterte sich die häusliche Versorgung signifikant ( $p < 0,001$ ; Vorzeichentest).
- 11 von 62 Patienten (18%) waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf einen Rollstuhl angewiesen, wobei 9 davon vor der Operation ohne Hilfsmittel gehen konnten. Die Mobilität verschlechterte sich signifikant ( $p < 0,001$ , Vorzeichentest).
- 18 von 44 Patienten (41%) nahmen bei der Nachuntersuchung keine Analgetika ein.
- 9 von 62 Patienten (14,5%) waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verstorben. Die geschätzte mittlere Überlebenszeit der 62 Patienten lag bei 55,5 Monaten.
- Bei 312 Schrauben trat kein Materialbruch auf, bei 10 von 312 Schrauben (3%) kam es zur Implantatdislokation.
- Der Kyphosewinkel und die Höhe der Vorderkante konnte durch die Operation verbessert werden. Das Repositionsergebnis blieb langfristig nicht erhalten und der postoperative Korrekturverlust war signifikant.
- 11 von 17 Patienten konnten um mindestens eine Stufe in der Frankel-Klassifikation [36] verbessert werden. Postoperativ waren 40 von 44 Patienten (91%) gehfähig.
- 11 von 62 Patienten (18%) zeigten Komplikationen, bei 9 von 62 Patienten (15%) wurde eine Revision durchgeführt.
- Zwischen dem angegebenen Schmerzniveau auf der Visuellen Analog Skala und dem postoperativem Korrekturverlust bestand keine Korrelation.
- Zwischen der körperlichen und psychischen Summenskala und dem postoperativem Korrekturverlust bestand keine Korrelation.
- Es konnte zwischen den augmentierten und den nicht augmentierten Pedikelschrauben kein signifikanter Unterschied gefunden werden.
- Bei Verletzungen im Bereich HWK 3 – 7 war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung die Pflegebedürftigkeit signifikant schlechter als bei Verletzungen im Bereich BWK 1 – LWK 5.

---

## 7. Literaturverzeichnis

- [1] **Abdul-Jalil Y**, Bartels J, Alberti O, Becker R  
Delayed presentation of pulmonary polymethylmethacrylate emboli after percutaneous vertebroplasty. *Spine* 2007; 32:589-593
- [2] **Abumi K**, Shono Y, Ito M, Taneichi H, Kotani Y, Kaneda K  
Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine. *Spine* 2000; 25:962-969
- [3] **Abumi K**, Ito M, Sudo H  
Reconstruction of the Subaxial Cervical Spine Using Pedicle Screw Instrumentation. *Spine* 2011; Published Ahead-of-Print
- [4] **Adachi JD**, Adami S, Gehlbach S, Anderson AF Jr, S Boonen, Roland D, Chapurlab RD, Compston JE, Cooper C, Delmas P, Díez-Pérez A, Greenspan SL, Hooven FH, LaCroix AZ, Lindsay R, Netelenbos JC, Wu O, Pfeilschifter J, Roux C, Saag KG, Sambrook PN, Silverman S, Siris ES, Nika G, Watts NB  
Impact of Prevalent Fractures on Quality of Life: Baseline Results From the Global Longitudinal Study of Osteoporosis in Women. *Mayo Clin Proc.* 2010; 85:806-813
- [5] **Aebi M**, Grob D  
SSE Spine Tango: A European Spine Registry promoted by the Spine Society of Europe (SSE). *Eur Spine J* 2004; 13:661-662
- [6] **American Society of Anesthesiologists**  
New classification of physical status. *Anesthesiology* 1963; 24:111
- [7] **Badia X**, Prieto L, Roset M, Díez-Pérez A  
Development of the ECOS-16 clinical questionnaire for the assessment of the quality of life in patients with osteoporosis. *Med Clin* 2000;114:68-75
- [8] **Badia X**, Díez-Pérez A, Lahoz R, Lizan L, Nogues X, Iborra J  
The ECOS-16 questionnaire for the evaluation of health related quality of life in post-menopausal women with osteoporosis. *Health Qual Life Outcomes* 2004; 2:41
- [9] **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: 813-820
- [10] **Berman AT**, Reid JS, Yanicko DR Jr, Sih GC, Zimmerman MR  
Thermally induced bone necrosis in rabbits. Relation to impact failure in humans. *Clin Orthop Relat Res* 1984; 186:284-292
- [11] **Blauth M**, Lange UF, Knop C, Bastian L  
Wirbelsäulenfrakturen im Alter und ihre Behandlung. *Orthopäde* 2000; 29:302-317

- [12] **Blauth M**, Schmidt U, Dienst M, Knop C, Lobenhoffer P, Tscherne H  
Longterm outcome of 57 patients after ventral interbody spondylodesis of the lower cervical spine. *Unfallchirurg* 1996; 99:925-939
- [13] **Bombardier C**  
Outcome assessments in the evaluation of treatment of spinal disorders: summary and general recommendations. *Spine* 2000; 25:3100-3103
- [14] **Brenneman SK**, Barrett-Connor E, Sajjan S, Markson LE, Siris ES  
Impact of recent fracture on health-related quality of life in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 2006; 21:809-816
- [15] **Briem D**, Linhart W, Lehmann W, Bullinger M, Schoder V, Meenen NM, Windolf J, Rueger JM  
Untersuchung der Lebensqualität nach dorsoventraler Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. *Unfallchirurg* 2003; 106: 625-632
- [16] **Briem D**, Rueger JM, Linhart W  
Einheilung autogener Transplantate nach dorsoventraler Instrumentierung instabiler Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Unfallchirurg* 2003; 106:195-203
- [17] **Bühren V**  
Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule *Chirurg* 2001; 72:865-879
- [18] **Bullinger M**  
German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. *Soc Sci Med* 1995; 41:1359-1366
- [19] **Bullinger M**  
Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36 Health Survey. *Rehabilitation*. 1996; 35:17-27
- [20] **Bullinger M**, Kirchberger I (1998)  
SF-36-Fragebogen zum Gesundheitszustand: Handbuch für die deutsch-sprachige Fragebogenversion. Hogrefe, Göttingen
- [21] **Burval DJ**, McLain RF, Milks R, Inceoglu S  
Primary Pedicle Screw Augmentation in Osteoporotic Lumbar Vertebrae: Biomechanical Analysis of Pedicle Fixation Strength *Spine* 2007; 32:1077-1083
- [22] **Butler JS**, Walsh A, O'Byrne J  
Functional outcome of burst fractures of the first lumbar vertebra managed surgically and conservatively. *Int Orthop* 2005; 29:51-54
- [23] **Chang MC**, Liu CL, Chen TH  
Polymethylmethacrylate Augmentation of Pedicle Screw for Osteoporotic Spinal Surgery: a Novel Technique. *Spine* 2008; 33:317-324

- [24] **Cobb IR**  
Outline for the study of scoliosis. *Instr Cours Lect* 1948; 5:261-275
- [25] **Cockerill W**, Lunt M, Silman AJ, Cooper C, Lips P, Bhalla AK, Cannata JB, Eastell R, Felsenberg D, Gennari C, Johnell O, Kanis JA, Kiss C, Masaryk P, Naves M, Poor G, Raspe H, Reid DM, Reeve J, Stepan J, Todd C, Woolf AD O'Neill TW  
Health-related quality of life and radiographic vertebral fracture. *Osteoporos Int* 2004;15:113–119.
- [26] **Cooper C**, Atkinson EJ, Jacobsen SJ, O'Fallon WM, Melton LJ  
Population-based study of survival after osteoporotic fractures. *Am J Epidemiol* 1993; 137:1001-1005
- [27] **Dai LY**, Jiang LS, Jiang SD  
Posterior short-segment fixation with or without fusion for thorakolumbar burst fractures: A five to seven year prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 2009; 91:1033-1041
- [28] **Dai LY**, Jiang SD, Wang XY, Jiang LS  
A review of the management of thoracolumbar burst fractures. *Surg Neurol* 2007; 67: 221-231
- [29] **Daniaux H**  
Transpedikuläre Reposition und Spongiosaplastik bei Wirbelkörperbrüchen der unteren Brust- und Lendenwirbelsäule. *Unfallchirurg* 1986; 89:197-213
- [30] **Danisa OA**, Shaffrey CI, Jane JA, Whitehill R, Wang GJ, Szabo TA, Hansen CA, Shaffrey ME, Chan DP  
Surgical approaches for the correction of unstable thoracolumbar burst fractures: a retrospective analysis of treatment outcomes. *J Neurosurg* 1995; 83:977-983
- [31] **Daubs MD**, Lenke LG, Cheh G, Stobbs G, Bridwell KH  
Adult spinal deformity surgery: complications and outcomes in patients over age 60. *Spine* 2007; 32:2238–2244
- [32] **Dvorak MF**; Fisher CG, Fehlings MG, Rampersaud YR, Oner FC, Aarabi B, Vaccaro AR  
The surgical approach to subaxial cervical spine injuries: an evidence-based algorithm based on the SLIC classification system. *Spine* 2007; 32:2620-2629
- [33] **Finiels PJ**, Hernandez G, Sabatier P, Frerebeau P  
Delayed esophageal perforation after cervical osteosynthesis. Case illustration. *J Neurosurg* 2000; 92:123
- [34] **Frankel BM**, D'Agostino S, Wang C  
A biomechanical cadaveric analysis of polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation. *J Neurosurg Spine* 2007; 7:47-53

- [35] **Frankel BM**, Jones T, Wang C  
Segmental polymethylmethacrylate-augmented pedicle screw fixation in patients with bone softening caused by osteoporosis and metastatic tumor involvement: a clinical evaluation. *Neurosurg* 2007; 61:531-538
- [36] **Frankel HL**, Hancock DO, Hyslop G, Melzak J, Michaelis LS, Ungar GH, Vernon JD, Walsh JJ  
The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. *Paraplegia* 1969; 7:179-192
- [37] **Gaughen JR Jr**, Jensen ME, Schweickert PA, Kaufmann TJ, Marx WF, Kallmes DF  
Relevance of antecedent venography in percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic compression fractures. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002; 23:594-600
- [38] **Ge CM**, Wang YR, Jiang SD, Jiang LS  
Thoracolumbar burst fractures with a neurological deficit treated with posterior decompression and interlaminar fusion. *Eur Spine J* 2011; 20:2195-2201
- [39] **Gold DT**  
The clinical impact of vertebral fractures: quality of life in women with osteoporosis. *Bone* 1996; 18:185-189
- [40] **Gonschorek O**, Bühren V  
Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule. *Orthop Unfallchir up2date* 2006; 1:195-219
- [41] **Gonschorek O**, Hauck S, Bühren V  
Therapiestandards bei Verletzungen der BWS/LWS. *Trauma Berufskrankh* 2009; 11:117-123
- [42] **Haas N**, Blauth M, Tscherne H  
Anterior plating in thoracolumbar spine injuries. Indication, technique, and results. *Spine* 1991; 16:100- 111
- [43] **Hallberg I**, Rosenqvist AM, Kartous L, Löfman O, Wahlström O, Toss G  
Health-related quality of life after osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 2004; 15:834-841
- [44] **Hallberg I**, Bachrach-Lindström M, Hammerby S, Toss G, Ek AC  
Health-related quality of life after vertebral or hip fracture: a seven-year follow-up study. *BMC Musculoskeletal Disord* 2009; 10:135
- [45] **Halvorson TL**, Kelley LA, Thomas KA, Whitecloud TS, Cook SD  
Effects of bone mineral density on pedicle screw fixation. *Spine* 1994; 19:2415-2420
- [46] **Heyde CE**, Fekete Z, Robinson Y, Tschöke SK, Kayser R  
Behandlungsmöglichkeiten bei thorakalen und lumbalen osteoporotischen Problemfrakturen. *Orthopäde* 2008; 37:307-320

- [47] **Johnell O**, Kanis JA.  
An estimate of the worldwide prevalence and disability associated with osteoporotic fractures. *Osteoporos Int* 2006; 17:1726–1733
- [48] **Kandziora F**, Schnake KJ, Klostermann CK, Haas NP  
Wirbelkörperersatz in der Wirbelsäulen Chirurgie. *Unfallchirurg* 2004; 107:354-371
- [49] **Kaplan EL**, Meier P  
Nonparametric estimation from incomplete observation. *J Amer Statist Assn* 1958; 53:457-481
- [50] **Katscher S**, Verheyden P, Gonschorek O, Glasmacher S, Josten C  
Thorakolumbale Wirbelfrakturen nach konservativer und operativer Behandlung: Abhängigkeit des Korrekturverlustes von der Höhenlokalisation. *Unfallchirurg* 2003; 106:20-27
- [51] **Kayser R**, Heyde CE  
Verletzungen der Brustwirbelsäule unter Beachtung des funktionsmedizinischen Aspektes. *Manuelle Medizin* 2006; 44:513-519
- [52] **Kleemann D**, Plank I, Nofz S, Schlottmann A, Nazir S, Donauer E  
Dysphagie nach HWS-Operation. *HNO* 2009; 57:621-624
- [53] **Knop C**, Blauth M, Bastian L, Lange U, Kesting J, Tschernhe H  
Frakturen der thorakolumbalen Wirbelsäule: Spätergebnisse nach dorsaler Instrumentierung und ihre Konsequenzen. *Unfallchirurg* 1997; 100:630-639
- [54] **Knop C**, Blauth M, BührenV, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C, Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O  
Operative Versorgung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs Teil 1: Epidemiologie. *Unfallchirurg* 1999; 102:924-935
- [55] **Knop C**, Blauth M, Bühren V, Arand M, Egbers HJ, Hax PM, Nothwang J, Oestern HJ, Pizanis A, Roth R, Weckbach A, Wentzensen A  
Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs – Teil 3: Nachuntersuchung: Ergebnisse einer prospektiven multizentrischen Studie der Arbeitsgemeinschaft „Wirbelsäule“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie. *Unfallchirurg* 2001; 104:583-600
- [56] **Knop C**, Blauth M, Bühren V, Hax PM, Kinzl L, Mutschler W, Pommer A, Ulrich C, Wagner S, Weckbach A, Wentzensen A, Wörsdörfer O  
Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs - Teil 2: Operation und röntgenologische Befunde. *Unfallchirurg* 2000; 103:1032-1047
- [57] **Knop C**, Fabian HF, Bastian L, Rosenthal H, Lange U, Zdichavsky M, Blauth M  
Fate of the transpedicular intervertebral bone graft after posterior stabilisation of thoracolumbar fractures. *Eur Spine J* 2002; 11:251- 257

- [58] **Knop C**, Lange U, Bastian L, Oeser M, Bauth M  
Biomechanical compression tests with a new implant for thoracolumbar vertebral body replacement. *Eur Spine J* 2001; 10:30-37
- [59] **Konstantinidis L**, Mayer E, Strohm PC, Hirschmüller A, Südkamp NP, Helwig P  
Early surgery-related complications after anteroposterior stabilization of vertebral body fractures in the thoracolumbar region. *J Orthop Sci* 2010; 15:178–184
- [60] **Korovessis P**, Baikousis A, Zacharatos S, Petsinis G, Koureas G, Iliopoulos P  
Combined anterior plus posterior stabilization versus posterior short-segment instrumentation and fusion for mid-lumbar (L2–L4) burst fractures. *Spine* 2006; 31:859–68
- [61] **Kossmann T**, Rancan M, Jacobi D, Trentz O  
Minimally invasive vertebral replacement with cages in thoracic and lumbar spine. *Eur J Trauma* 2001; 27: 292-300
- [62] **Krbec M**, Stulik J  
Treatment of thoracolumbar spinal fractures using internal fixators (evaluation of 120 cases). *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2001; 68:77-84
- [63] **Mackey DC**, Lui LY, Cawthon PM, Bauer DC, Nevitt MC, Cauley JA, Hillier TA, Lewis CE, Barrett-Connor E, Cummings SR; Study of Osteoporotic Fractures (SOF) and Osteoporotic Fractures in Men Study (MrOS) Research Groups  
High-trauma fractures and low bone mineral density in older women and men. *JAMA* 2007; 298:2381-2388
- [64] **Malik SA**, Murphy M, Connolly P, O’Byrne J  
Evaluation of morbidity, mortality and outcome following cervical spine injuries in elderly patients. *Eur Spine J* 2008; 17:585- 591
- [65] **McKoy BE**, An YH  
An injectable cementing screw for fixation in osteoporotic bone. *J Biomed Mater Res* 2000; 53:216-220
- [66] **Leferink VJ**, Keizer HJ, Oosterhuis JK, van der Slijs CK, ten Duis HJ  
Functional outcome in patients with thoracolumbar burst fractures treated with dorsal instrumentation and transpedicular cancellous bone grafting. *Eur Spine J* 2003; 12:261-267
- [67] **Lane NE**  
Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis. *Am J Obstet Gynecol* 2006; 194:3-11
- [68] **Li G**, Patil CG, Lad SP, Ho C, Tian W, Boakye M  
Effects of age and comorbidities on complication rates and adverse outcomes after lumbar laminectomy in elderly patients. *Spine* 2008; 33:1250–1255

- [69] **Lim KJ**, Yoon SZ, Jeon YS, Bahk JH, Kim CS, Lee JH, Ha JW  
An intraatrial thrombus and pulmonary thrombembolism as a late complication of percutaneous vertebroplasty. *Anesth Analg* 2007; 104:924-926
- [70] **Lips P**, van Schoor NM.  
Quality of life in patients with osteoporosis. *Osteoporos Int* 2005; 16:447–455
- [71] **Magerl F**, Aebi M, Gertzbein SD, Harms J, Nazarian S  
A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 3:184-201
- [72] **Maier B**, Marzi I  
Versorgungsstrategien bei Verletzungen der thorako-lumbalen Wirbelsäule. *Hessisches Ärzteblatt* 2008; 7:439-448
- [73] **MDS**  
Richtlinien des GKV-Spitzenverbandes zur Begutachtung von Pflegebedürftigkeit nach dem XI. Buch des Sozialgesetzbuches. 2009
- [74] **Moon BJ**, Cho BY, Choi EY, Zhang HY  
Polymethylmethacrylate-augmented screw fixation for stabilization of the osteoporotic spine: a three-year follow-up of 37 patients. *J Korean Neurosurg Soc* 2009; 46:305-311
- [75] **Mulholland RC**  
Cages: outcome and complications. *Eur Spine J* 2000; 9:110-113
- [76] **Müller CA**, Strohm PC, Pfister U  
Ösophagusperforation durch Osteosynthesematerial nach ventraler Spondylodese der HWS *Unfallchirurg* 2001; 104:549-552
- [77] **Naves Diaz M**, Diaz Lopez JB, Rodriquez Rebollar A, Gomez Alonso C, Diaz Corte C, Cannata Andia J  
Effect of vertebral fracture on health related quality of life in a Spanish population older than 54 years. *Med Clin* 2001; 116:533-535
- [78] **Nesuidal P**, Stulik J, Sebesta P  
Pulmonary polymethylmethacrylate embolism. a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2010; 77:337-340
- [79] **Oner FC**, van Gils AP, Dhert WJ, Verbout AJ  
MRI findings of thoracolumbar spine fractures: a categorisation based on MRI examinations of 100 fractures. *Skeletal Radiolog* 1999; 28:433-443
- [80] **Oner FC**, Ramos LM, Simmermacher RK, Kingma PT, Diekerhof CH, Dhert WJ, Verbout AJ  
Classification of thoracic and lumbar spine fractures: problems of reproducibility. A study of 53 patients using CT and MRI. *Eur Spine J* 2002; 11:235-245

- [81] **Oner FC**, Wood KB, Smith JS, Shaffrey CI  
Therapeutic decision making in thoracolumbar spine trauma. *Spine* 2010; 35:235-244
- [82] **Oertel J**, Niendorf WR, Darwish N, Schroeder HW, Gaab MR  
Limitations of dorsal transpedicular stabilisation in unstable fractures of the lower thoracic and lumbar spine: an analysis of 133 patients. *Acta Neurosurg* 2004; 146:771-777
- [83] **Peh WC**, Gilula LA, Peck DD  
Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures. *Radiology* 2002; 223:121-126
- [84] **Perez-Higueras A**, Alvarez L, Rossi RE, Quinones D, Al-Assir I  
Percutaneous vertebroplasty: Long-term clinical and radiological outcome. *Neuroradiology* 2002; 44:950-954
- [85] **Pfeifer BA**, Krag MH, Johnson C  
Repair of failed transpedicle screw fixation. A biomechanical study comparing polymethylmethacrylate, milled bone, and matchstick bone reconstruction. *Spine* 1994; 19:350-353
- [86] **Pichler W**, Maier A, Rappl T, Clement HG, Grechenig W  
Delayed hypopharyngeal and esophageal perforation after anterior spinal fusion: primari repair reinforced by pedicled pectoralis major flap. *Spine* 2006; 31:268-270
- [87] **Pinera AR**, Duran C, Lopez B, Saez I, Correia E, Alvarez L  
Instrumented lumbar arthrodesis in elderly patients: prospective study using cannulated cemented pedicle screw instrumentation. *Eur Spine J* 2011; 20:408-414
- [88] **Pluijm SM**, Tromp AM, Smit JH, Deeg DJ, Lips P  
Consequences of vertebral deformities in older men and women. *J Bone Miner Res* 2000; 15:1564-1572
- [89] **Raffo CS**, Laueran WC  
Predicting morbidity and mortality of lumbar spine arthrodesis in patients in their ninth decade. *Spine* 2006; 31:99-103
- [90] **Randell AG**, Bhalerao N, Nguyen TV, Sambrook PN, Eisman JA, Silverman SL  
Quality of life in osteoporosis: reliability, consistency, and validity of the Osteoporosis Assessment Questionnaire. *J Rheumatol* 1998; 25:1171-1179.
- [91] **Reinhold M**, Knop C, Beisse R, Audige L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M  
Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Teil I: Epidemiologie. *Unfallchirurg* 2009; 112:33-45

- [92] **Reinhold M**, Knop C, Beisse R, Audige L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M  
Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Teil II: Operation und röntgenologische Befunde. *Unfallchirurg* 2009; 112:149-167
- [93] **Reinhold M**, Knop C, Beisse R, Audige L, Kandziora F, Pizanis A, Pranzl R, Gercek E, Schultheiss M, Weckbach A, Bühren V, Blauth M  
Operative Behandlung traumatischer Frakturen der Brust- und Lendenwirbelsäule. Teil III: Nachuntersuchung. *Unfallchirurg* 2009; 112:249- 316
- [94] **Renner SM**, Lim TH, Kim WJ, Katolik L, An HS, Andersson GB  
Augmentation of pedicle screw fixation strength using an injectable calcium phosphate cement as a function of injection timing and method. *Spine* 2004; 29:212–216
- [95] **Röder C**, EL-Kerdi A, Grob D, Aebi M  
A European Spine Register. *Eur Spine J* 2002; 11:303-307
- [96] **Röder C**, Chavanne A, Mannion AF, Grob D, Aebi M  
SSE Spine Tango – content, workflow, set-up. *Eur Spine J* 2005; 14:920-924
- [97] **Rompe JD**, Eysel P, Hopf C, Heine J  
Transpedikuläre lumbale Spondylodese beim alten Patienten *Z Orthop* 1995; 133:249-255
- [98] **Ryu KS**, Park CK, Kim MC, Kang JK  
Dose-dependent epidural leakage of polymethylmethacrylate after percutaneous vertebroplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures. *J Neurosurg* 2002; 96:56-61
- [99] **Sandor L**, Barzo P., Kuncz A., Elek P  
Vordere Spondylodesen an der unteren Halswirbelsäule. *Chirurg* 2008; 79:461-473
- [100] **Sanfelix-Genoves J**, Hurtado I, Sanfelix-Gimeno G, Reig-Molla B, Peiro S  
Impact of osteoporosis and vertebral fractures on quality of life. a population-based study in Valencia, Spain (The FRAVO Study); *Health Qual Life Outcomes* 2011; 9:20
- [101] **Sarzier JS**, Evans AJ, Cahill DW  
Increased pedicle screw pullout strength with vertebroplasty augmentation in osteoporotic spines. *J Neurosurg* 2002; 96:309-312
- [102] **Singh K**, Heller JG, Samartzis D, Price JS, An HS, Yoon ST, Rhie J, Ledlie JT, Phillips FM  
Open vertebral cement augmentation combined with lumbar decompression for the operative management of thoracolumbar stenosis secondary to osteoporotic burst fractures. *J Spinal Disord Tech* 2005; 18:413-419

- [103] **Takigawa T**, Tanaka M, Konishi H, Ikuma h, Misawa H, Sugimoto Y, Nakanishi K, Kuramoto K, Nishidak Ozaki T  
Comparative biomechanical analysis of an improved novel pedicle screw with sheath and bone cement. *J Spinal Discord Tech* 2007; 20:462-467
- [104] **Tan JS**, Kwon BK, Dvorak MF, Fisher CG, Oxland TR  
Pedicle screw motion in the osteoporotic spine after augmentation with laminar hooks, sublaminar wires, or calcium phosphate cement: a comparative analysis. *Spine* 2004; 29:1723–1730
- [105] **The European Osteoporosis Study (EPOS) Group**: Felsenberg D, Silman AJ, Lunt M, Armbrrecht G, Ismail AA, Finn JD, Cockerill WC, Banzer D, Benevolenskaya LI, Bhalla A, Bruges Armas J, Cannata JB, Cooper C, Dequeker J, Eastell R, Felsch B, Gowin W, Havelka S, Hoszowski K, Jajic I, Janott J, Johnell O, Kanis JA, Kragl G, Lopes Vaz A, Lorenc R, Lyritis G, Masaryk P, Matthis C, Miazgowski T, Parisi G, Pols HAP, Poor G, Raspe HH, Reid DM, Reisinger W, Scheidt-Nave C, Stepan JJ, Todd CJ, Weber K, Woolf AD, Yershova OB, Reeve J, and O’Neill TW  
Incidence of vertebral fracture in europe: results from the European Prospective Osteoporosis Study (EPOS). *J Bone Miner Res* 2002; 17:716-724
- [106] **Toribatake Y**, Hutton WC, Tomita K, Boden SD  
Vascularization of the fusion mass in a posterolateral intertransverse process fusion. *Spine* 1998; 23:1149-1154
- [107] **Uchida K**, Kobayashi S, Matsuzaki M, Nakajima H, Shimada S, Yayama T, Sato R, Baba H  
Anterior versus posterior surgery for osteoporotic vertebral collapse with neurological deficit in the thoracolumbar spine. *Eur Spine J* 2006; 15:1759-1767
- [108] **Vaccaro AR**, Lim MR, Hurlbert RJ, Lehman RA Jr, Harrop J, Fisher DC, Dvorak M, Anderson DG, Zeiller SC, Lee JY, Fehlings MG, Oner FC, Spine Trauma Study Group  
Surgical decision making for unstable thoracolumbar spine injuries: results of a consensus panel review by the Spine Trauma Study Group. *J Spinal Disord Tech* 2006; 19:1–10
- [109] **Vaccaro AR**, Sahni D, Pahl MA, Harrop JS, Sharan AD, Venger BH, Haid RW Jr, Carrino JA, Madera S, Hilibrand AS, Albert TJ  
Long-term magnetic resonance imaging evaluation of bioresorbable anterior cervical plate resorption following fusion for degenerative and traumatic disk disruption. *Spine* 2006; 31: 2091-2094
- [110] **Ware JE Jr.**, Sherbourne CD  
The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care* 1992; 30:473-483
- [111] **Ware JE**, Kosinski M, Keller SD  
SF-12: How to Score the SF-12 Physical and Mental Health Summary Scales. Second Edition. Boston, MA: The Health Institute, New England Medical Center; 1995

- [112] **Ware JE**, Kosinski M, Keller SD  
A 12-Item Short-Form Health Survey: Construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care* 1996; 34:220-233
- [113] **Ware JE**, Kosinski M, Turner-Bowker DM, Gandek B  
How to score Version 2 of the SF-12 Health Survey, Boston, MA: Quality Metric Incorporated Lincoln, RI and Health Assessment Lab, 2002.
- [114] **White AA**, Panjabi MM  
Clinical biomechanics of the spine. 2<sup>nd</sup> ed. Philadelphia; 1990; Lippincott-Raven
- [115] **White AA**, Panjabi MM  
The Problem of Clinical Instability in the Human Spine: a systematic Approach in Clinical Biomechanics of the Spine. Lippincott, Philadelphia 1990; 277-378
- [116] **Whitesides TE Jr**  
Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. *Clin Orthop Relat Res* 1977; 128:78-92
- [117] **Wilke HJ**, Kemmerich V, Claes LE, Arand M  
Combined anteroposterior spinal fixation provides superior stabilisation to a single anterior or posterior procedure. *J Bone Joint Surg Br* 2001; 83:609-617
- [118] **Wilkes RA**, Mackinnon JG, Thomas WG  
Neurological deterioration after cement injection into a vertebral body. *J Bone Joint Surg Br* 1994; 76:155
- [119] **Willenbrink HJ**, Kim DJ, Unger C  
Pain management in cancer patients. *Dtsch Med Wochenschr* 1995; 120:1363-1366
- [120] **Wittenberg RH**, Lee KS, Shea M, White AA 3<sup>rd</sup>, Hayes WC  
Effect of screw diameter, insertion technique, and bone cement augmentation of pedicular screw fixation strength. *Clin Orthop Relat Res* 1993; 278-287
- [121] **Wood K**, Buttermann G, Mehbod A, Garvey T, Jhanjee R, Sechriest V  
Operative compared with nonoperative treatment of a thoracolumbar burst fracture without neurological deficit. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 2003; 85:773-781
- [122] **Yazu M**, Kin A, Kosaka R, Kinoshita M, Abe M  
Efficacy of novel-concept pedicle screw fixation augmented with calcium phosphate cement in the osteoporotic spine. *J Orthop Sci* 2005; 10:56-61
- [123] **Yi X**, Wang Y, Lu H, Li C, Zhu T  
Augmentation of pedicle screw fixation strength using an injectable calcium sulfate cement: an in vivo study. *Spine* 2008; 33:2503–2509

## 8. Anhang



Universitätsklinikum  
Regensburg

## Fragebogen zum Allgemeinen Gesundheitszustand

In diesem Fragebogen geht es um Ihre Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Der Bogen ermöglicht es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der folgenden Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten die Zahl ankreuzen, die am besten auf Sie zutrifft.

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger Gut	Schlecht
1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

Im folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.				
<i>Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?</i>	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt	
2. <b>mittelschwere Tätigkeiten</b> , z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3	
3. <b>mehrere</b> Treppenabsätze steigen	1	2	3	

Hatten Sie <i>in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit</i> irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf, bzw. zu Hause?	Ja	Nein
4. Ich habe <b>weniger geschafft</b> als ich wollte	1	2
5. Ich konnte <b>nur bestimmte Dinge</b> tun	1	2

Hatten Sie <i>in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme</i> irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?	Ja	Nein
6. Ich habe <b>weniger geschafft</b> als ich wollte	1	2
7. Ich konnte nicht so <b>sorgfältig</b> wie üblich arbeiten	1	2

	Überhaupt nicht	Ein bißchen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie <i>in den vergangenen 4 Wochen</i> bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeit zu Hause und im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
9. ...ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
10. ...voller Energie?	1	2	3	4	5	6
11. entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
12. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

	Ja	Nein
13. Hat sich der Gesundheitszustand seit der Wirbelsäulenoperation verbessert?	1	2

	Ja	Nein
14. Würden Sie die Wirbelsäulenoperation noch einmal durchführen lassen?	1	2

	Ja	Nein
15. Waren Sie vor der Operation in eine Pflegestufe eingestuft?	1	2

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
16. Wenn ja, in welche?	1	2	3

	Gehen ohne Hilfsmittel	Gehen mit Hilfsmittel	bettlägrig
17. Wie können Sie sich nach der Wirbelsäulenoperation bewegen?	1	2	3

	Selbstständige Versorgung zu Hause	Zu Hause gepflegt von Angehörigen	Im Pflegeheim
18. Wie sind Sie versorgt?	1	2	3

	Ja	Nein
19. Sind Sie zur Zeit in eine Pflegestufe eingestuft?	1	2

	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3
20. Wenn ja, in welche?	1	2	3

**Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!**

**SSE SpineTango**  
 Patienten - Selbsteinschätzung



**Rücken**  
 nach der Operation

**Anweisungen**

- Benutzen Sie einen weichen #2 Bleistift zur Markierung.
- Pro Frage ist nur eine Antwort erlaubt.
- Felder sind komplett auszufüllen.

Nachname	Vorname	Geschlecht
Strasse		Pat.-Nr.
Postleitzahl	Wohnort	
Beruf	Geburtsstag (TT.MM.JJJJ)	Telefon

**Untersuchungszeitpunkt**

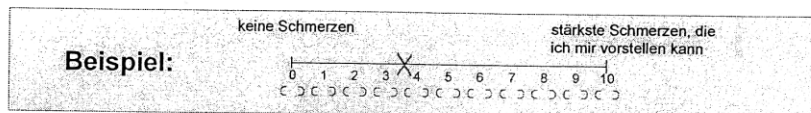
- |                                   |                                   |                                   |                                   |  |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> 6 Wochen | <input type="checkbox"/> 3 Monate | <input type="checkbox"/> 6 Monate | <input type="checkbox"/> 9 Monate |  |
| <input type="checkbox"/> 2 Jahre  | <input type="checkbox"/> 3 Jahre  | <input type="checkbox"/> 4 Jahre  | <input type="checkbox"/> 5 Jahre  | <input type="checkbox"/> 6 Jahre         |
| <input type="checkbox"/> 7 Jahre  | <input type="checkbox"/> 8 Jahre  | <input type="checkbox"/> 9 Jahre  | <input type="checkbox"/> 10 Jahre | <input type="checkbox"/> 11 Jahre        |
| <input type="checkbox"/> 12 Jahre | <input type="checkbox"/> 13 Jahre | <input type="checkbox"/> 14 Jahre | <input type="checkbox"/> 15 Jahre | <input type="checkbox"/> >15 Jahre ..... |

**Rückenbeschwerden** können zu Rückenschmerzen und/oder Schmerzen im Gesäss, Bein oder Fuss sowie zu Kribbeln, Taubheit oder anderen Missempfindungen im Rücken, Gesäss, Bein oder Fuss führen.

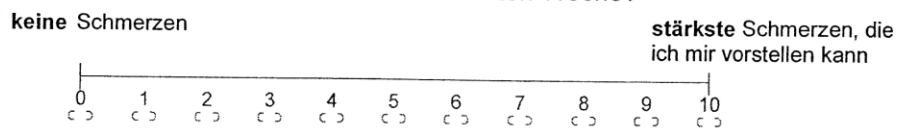
**1** Welche Beschwerden belasten Sie **am stärksten**? Bitte füllen Sie **nur ein Kästchen** aus.

- Schmerzen im Rücken
- Schmerzen im Bein/Gesäss
- Kribbeln, Taubheit oder andere Missempfindungen im Rücken/Bein/Gesäss
- Keine der aufgeführten Beschwerden

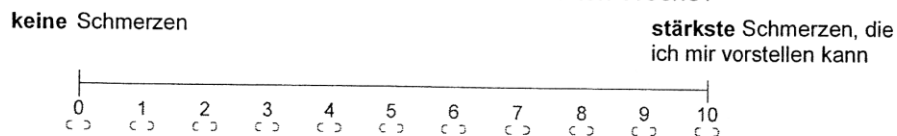
**2** Bitte kreuzen Sie in Frage 2a und 2b die Stelle auf der Linie an, die der Intensität Ihrer Schmerzen entspricht, wobei "0" keine Schmerzen und "10" stärkste vorstellbare Schmerzen bedeutet. Wir bitten Sie, **zwischen Rücken- und Beinschmerzen zu unterscheiden**.



**2a** Wie stark waren Ihre **Rückenschmerzen** in der letzten Woche?



**2b** Wie stark waren Ihre **Bein-/Gesässschmerzen** in der letzten Woche?



**3** Wie stark haben Ihre Rückenbeschwerden Ihre **normalen Aufgaben** (Arbeit und zu Hause) **in der letzten Woche beeinträchtigt** ?

- gar nicht
- ein wenig
- mässig
- erheblich
- sehr stark

Bitte wenden...



## 9. Lebenslauf

### Persönliche Daten

Name: Julia Hierl  
Geburtsdatum: 31.12.1983  
Geburtsort: Weiden i. d. OPf.  
Familienstand: ledig  
Konfession: römisch-katholisch

### Schulbildung

1990 – 2003 Hammerwegschule und Elly-Heuss-Gymnasium, Weiden  
Abschluss: Abitur

### Studium

WS 03/04 – SS 04 College Tennis Player on athletic scholarship at the  
University of Louisville, Kentucky, USA  
WS 04/05 – SS 10 Studium der Humanmedizin an der Universität Regensburg  
09.2006 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
11.2010 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
12.2010 Approbation

### Famulaturen

12.02. – 13.03.2007 Innere Medizin, Caritas-Krankenhaus St. Josef, Regensburg  
15.03. – 29.03.2007 Dermatologie, Praxis Dr. Pausch, Weiden  
08.08. - 07.09.2007 Allgemeine Chirurgie, Mid Western Regional Hospital,  
Ennis, Co. Clare, Ireland  
24.09. – 08.10.2007 Dermatologie, Gemeinschaftspraxis Dr. Baldauf,  
Regensburg  
03.03. – 17.03.2008 Anästhesiologie, Klinikum Weiden  
23.07. – 21.08.2008 Allgemeine Chirurgie, Mid Western Regional Hospital  
Ennis, Co. Clare, Ireland

### **Praktisches Jahr**

09.2009 – 12.2009

Innere Medizin, Universitätsklinikum Regensburg

01.2010 – 04.2010

Anästhesiologie, Universitätsklinikum Regensburg

05.2010 – 08.2010

Chirurgie, Universitätsklinikum Regensburg

### **Beruflicher Werdegang**

seit 01.01.2011

Assistenzärztin, Klinik für Allgemein-, Viszeral- und  
Thoraxchirurgie, Klinikum St. Marien Amberg, Prof. Dr.  
Georg Späth

### 10. Danksagung

- Prof. Dr. Nerlich danke ich für die Überlassung des Dissertationsthemas.
- Dr. Müller danke ich herzlichst für seine Geduld und sein Engagement bei der Betreuung der Arbeit.
- Meinen Eltern und meiner Schwester danke ich dafür, dass sie immer für mich da sind.