

**Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-,  
Plastische und Wiederherstellungschirurgie  
der Universität Würzburg  
Direktor: Univ.-Professor Dr. med. R. Meffert**

**Hyperextensionsverletzungen der  
thorakolumbalen Wirbelsäule**

**Inaugural - Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
Patrick Fricke  
aus Göttingen  
Würzburg, März 2012**

**Referent: Prof. Dr. med. A. Weckbach**

**Korreferent: Prof. Dr. med. W. Kenn**

**Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch**

**Tag der mündlichen Prüfung: 17.07.2013**

**Der Promovend ist Arzt**

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Verletzungsmechanismus.....	1
1.2	Klassifikation.....	2
1.3	Diagnostik und radiologische Zeichen der Verletzung.....	2
1.4	Vorerkrankungen der Wirbelsäule.....	3
1.5	Fragestellung und Hypothesen.....	5
2	Material und Methoden.....	6
2.1	Übersicht.....	6
2.2	Patienten.....	6
2.3	Radiologische Diagnostik.....	6
2.4	Morphologie der Verletzungen.....	7
2.5	Vorschäden der Wirbelsäulen.....	8
2.6	Begleitverletzungen und Schwere der Traumata.....	8
2.7	Klinischer Verlauf.....	9
3	Ergebnisse.....	10
3.1	Vorerkrankungen der Wirbelsäule.....	10
3.2	Unfallursachen.....	11
3.3	Morphologie der Verletzungen.....	13
3.4	Verletzungshöhen.....	19
3.5	Begleitverletzungen.....	24
3.6	Schwere des Traumas.....	25
3.7	Neurologische Begleitverletzungen.....	28
3.8	Therapie.....	31
3.9	Komplikationen.....	31
3.10	Verlauf nach Entlassung.....	32
3.11	Verletzungszeitpunkte.....	34
4	Diskussion.....	35
4.1	Neurologische Defizite durch die Hyperextensionsverletzungen.....	35
4.2	Schwere des Traumas.....	38
4.3	Verletzungshöhe.....	39
4.4	Vorerkrankungen der Wirbelsäulen und Morphologie der Verletzungen.....	39
4.5	Einteilung von Hyperextensionsverletzungen.....	43
4.6	Therapieoptionen.....	43
5	Zusammenfassung.....	45
6	Kritikpunkte.....	46
7	Literaturverzeichnis.....	47
8	Anhang.....	50
9	Lebenslauf.....	

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 3.1: Vorschäden der Wirbelsäule (n=27).....	10
Abbildung 3.2: Unfallursachen (n=27).....	12
Abbildung 3.3: Unfallursache nach Vorerkrankung (n=27).....	13
Abbildung 3.4: Verletzungsmorphologie der vorderen Säule nach Vorerkrankung (n=27) .....	14
Abbildung 3.5: kombinierte Verletzungsmorphologie mit hauptsächlich transossärem Verlauf bei DISH.....	15
Abbildung 3.6: Verletzungsmorphologie der hinteren Säule nach Vorerkrankung (n=27) .....	16
Abbildung 3.7: Verletzungsverlauf durch die vordere und hintere Säule bei Patienten mit DISH (n=17).....	17
Abbildung 3.8: Transdiskale Hyperextensionsverletzung bei einer nicht vorgeschädigten Wirbelsäule.....	17
Abbildung 3.9: Transdiskale Hyperextensionsverletzung bei einer durch DISH vorerkrankten Wirbelsäule.....	17
Abbildung 3.10: Transossäre Hyperextensionsverletzung bei einer durch DISH vorerkrankten Wirbelsäule.....	18
Abbildung 3.11: Transossäre Hyperextensionsverletzung bei einer durch M. Bechterew vorgeschädigten Wirbelsäule.....	18
Abbildung 3.12: Transossäre Hyperextensionsverletzung bei einer degenerativ veränderten Wirbelsäule.....	18
Abbildung 3.13: Verteilung der Hyperextensionsverletzungen nach Wirbelsäulensegmenten (n=27).....	20
Abbildung 3.14: Verletzungsverlauf durch die vordere Säule nach Wirbelsäulenabschnitten (n=27).....	21
Abbildung 3.15: Anzahl der Hyperextensionsverletzungen pro Wirbelsäulensegment nach Vorerkrankungen (n=27).....	22
Abbildung 3.16: Verletzungsverlauf durch die hintere Säule nach Wirbelsäulenbereich (n=27).....	23
Abbildung 3.17: Anteile der Begleitverletzungen an den Patienten mit unterschiedlichen Vorerkrankungen (n=27).....	25
Abbildung 3.18: Zusammensetzung der Patientengruppen mit nieder- und hochenergetischen Traumata nach Vorerkrankungen der Wirbelsäule (n=27).....	26
Abbildung 3.19: Schwere des Traumas nach Vorerkrankung (n=27).....	27
Abbildung 3.20: Verletzungshöhe nach Traumastärke (n=27).....	28
Abbildung 3.21: Anzahl der Hyperextensionsverletzungen pro angegebenem Jahr (n=27).....	34

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 2.1: Frankel-Klassifikation.....	9
Tabelle 3.1: Altersverteilung nach Vorerkrankung (n=27).....	11
Tabelle 3.2: Altersverteilung nach Unfallursache (n=27).....	12
Tabelle 3.3: Patienten mit DISH (n=17) nach Verletzungsmorphologie der vorderen Säule.....	19
Tabelle 3.4: Anzahl der Hyperextensionsverletzungen pro Wirbelsäulenabschnitt nach Vorerkrankungen der Wirbelsäule (n=27).....	21
Tabelle 3.5: Patienten mit neurologischen Defiziten (n=7).....	30
Tabelle 3.6: Traumafolgen nach Vorerkrankung der Wirbelsäule (n=27).....	34
Tabelle 8.1: Falldaten Teil 1.....	50
Tabelle 8.2: Falldaten Teil 2.....	51
Tabelle 8.3: Falldaten Teil 3.....	52

## **Abkürzungsverzeichnis**

bds.	beidseits
BW	Brustwirbel
BWS	Brustwirbelsäule
DISH	diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (engl.)
LW	Lendenwirbel
LWS	Lendenwirbelsäule
Max	maximales Alter
Min	minimales Alter
Pat.	Patient/en
SAB	Subarachnoidalblutung
SD	standard deviation (engl.) / Standardabweichung (dt.)
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
Th	thorakale Nervenwurzel
VE	Vorerkrankung/en

## 1 Einleitung

Eine der seltensten Formen thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen stellen Hyperextensionsläsionen dar. Im Rahmen dieser Studie sollen entsprechende Fälle, die über einen Zeitraum von 13 Jahren in der Universitätsklinik Würzburg behandelt wurden, untersucht und die Besonderheiten dieser Verletzungen verdeutlicht werden.

### 1.1 Verletzungsmechanismus

Zwei grundsätzliche Mechanismen können einem Hyperextensionstrauma zu Grunde liegen: Zum Einen kann eine Kraft direkt von dorsal auf die Wirbelsäule einwirken und diese so stark extendieren, dass dabei aufgrund der Distraktionskräfte die anteriore Säule aufreißt und gegebenenfalls die auftretenden Kompressionskräfte die dorsale Säule schädigen [8]. Der direkt von dorsal auftreffende Stoß kann sich auch als Scherkraft auswirken und zwei aneinandergrenzende Wirbel im Sinne einer Olisthesis sagittal gegeneinander verschieben, wobei es zu einer sekundären Hyperextension käme [6].

Aufgrund des Vorkommens dieser Verletzung bei Holzfällern, die von herabstürzenden Bäumen von dorsal getroffen wurden und bei denen es in der Folge zu neurologischen Defiziten kam, ist diese Läsion auch als „Lumberjack paraplegia“ bekannt [7; 8]. Des Weiteren tritt dieser Mechanismus im Rahmen von Verkehrsunfällen auf, wenn beispielsweise ein Fußgänger von hinten von einem Fahrzeug erfasst wird und es dabei zu einem direkten Schlag von dorsal auf die Wirbelsäule kommt.

Zum Anderen kann die lumbale oder untere thorakale Wirbelsäule fixiert sein und eine Kraft von ventral auf die obere thorakale Wirbelsäule wirken [8]. Dieser Mechanismus wurde bei Fahrern von Kraftfahrzeugen beobachtet, deren obere Wirbelsäulenabschnitte bei einem frontalen Fahrzeugaufprall abrupt durch das Lenkrad abgebremst wurden [8]. Einmalig wurde von Nabeshima (1997) [21] der Sturz eines jungen Skifahrers beschrieben, dessen Skier im Schnee stecken blieben. Trotz des LöSENS der Bindung infolge des plötzlichen Abbremsens erlitt der Mann bei diesem Unfall eine Hyperextensionsverletzung Höhe LW 1/2.

## 1.2 Klassifikation

Basierend auf 1445 Fällen von thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen bei zuvor wirbelsäulengesunden Patienten veröffentlichten Magerl et al. (1994) [19] eine Klassifikation dieser Läsionen, welche in die heute gültige AO-Klassifikation übernommen wurde. Eine der dabei seltensten Verletzungen waren Hyperextensionsverletzungen. Diese machten weniger als 3 % aller thorakolumbalen Verletzungen aus [7; 8]. Magerl et al. [19] dienten vor allem die zwölf von Denis and Burkus [7] beschriebenen Fälle als Grundlage für die Einteilung der Hyperextensionsverletzungen. Diese zeigten bei jedem Patienten einen transdiskalen Verletzungsverlauf durch die vordere Säule und bei elf der zwölf Unfallopfer führte die Läsion zu einer dauerhaften Paraplegie. All diese Patienten hatten zuvor keine wirbelsäulenrelevanten Vorerkrankungen.

Diese Art der Verletzungen sind der Gruppe B3 zugeordnet. In jedem Fall wird von einer transdiskalen Verletzung der vorderen Säule ausgegangen, wobei Läsionen der Gruppe B3.1 – „Hyperextension subluxation“ mit Frakturen der Laminae, der Gelenkfortsätze oder der Basis der Pedikel einhergehen können. Als Typ B3.2 – „Hyperextension-spondylolysis“ bezeichnete er Hyperextensionsverletzungen mit Spondylolyse und begleitender Anterolisthesis, als Typ B3.3 – „Posterior dislocation“ solche mit folgender Retrolisthesis. Des Weiteren werden unter der Gruppe C2.3 Hyperextensionsverletzungen mit Rotationskomponente beschrieben: unter C2.3.1 „Rotational hyperextension-subluxation without/with fracture of posterior vertebral elements“, unter C2.3.2 „Unilateral hyperextension-spondylolysis“ und unter C2.3.3 „Posterior dislocation with rotation“.

## 1.3 Diagnostik und radiologische Zeichen der Verletzung

Bei der primären klinischen Untersuchung nach dem Trauma können lokalisierte Schmerzangaben, Einblutungen in die Haut auf Höhe der Verletzung oder auch Fehlstellungen der Processus spinosi Hinweise auf eine Wirbelsäulenverletzung im Allgemeinen geben [6]. Ebenso sind neurologische Defizite zu beachten.

Für die Diagnostik wegweisend sind neben der Anamnese des Unfallmechanismus die

radiologischen Aufnahmen. Hierbei sind in erster Linie native Röntgenaufnahmen gefolgt von Computertomographien des verletzten Wirbelsäulenabschnittes zu nennen. Anhand dieser lässt sich der knöcherne Anteil der Wirbelsäule beurteilen. Es können Informationen über die Stellung der Wirbelkörper zueinander, über Frakturen mit Höhe und Verlauf, über die Stabilität und auch über eventuelle Einengungen des Spinalkanals gewonnen werden.

Insbesondere zur Beurteilung einer Myelonschädigung bei vorliegenden neurologischen Defiziten empfiehlt sich eine Kernspintomographie. Des Weiteren lässt sich dadurch der Zustand der Bandstrukturen sowie auch des umgebenden Bindegewebes ermitteln.

Sind in Folge der Distraktionskräfte bei einem Hyperextensionstrauma das vordere Longitudinalband (ALL) gerissen und die vordere Säule verletzt, so kommt es zu einer Erweiterung des Intervertebralraumes, die auf lateralen Röntgenbildern oder in der Schnittbildgebung dargestellt werden kann [5; 8]. Diese Erweiterung stellt den wichtigsten Hinweis auf eine Hyperextensionsverletzung dar und es sollte bei ihrem Vorliegen bis zum Beweis des Gegenteils von einer solchen Schädigung ausgegangen werden [5]. Darüber hinaus kann es zu Abrissfrakturen der vorderen unteren Kante des angrenzenden oberen Wirbelkörpers oder zu einer Abrissfraktur der oberen Endplatte des von unten angrenzenden Wirbels kommen [5; 8]. Die Verletzung der vorderen Säule kann auch als Fraktur durch einen Wirbelkörper verlaufen [15; 20; 22].

Kompressionskräfte auf die hinteren Anteile können Frakturen der mittleren oder hinteren Säule zur Folge haben [8]. Eine Retrolisthesis gilt dabei als Anzeichen für eine schwere Extensionsverletzung [5; 8].

#### 1.4 Vorerkrankungen der Wirbelsäule

Vorschäden der verletzten Wirbelsäulenabschnitte stellen unterschiedliche Ausgangslagen für das Hyperextensionstrauma dar und sollten gesondert betrachtet und verglichen werden. Hierbei sind insbesondere versteifende Erkrankungen wie die „diffuse idiopathic skeletal hyperostosis“ (DISH) und M. Bechterew, aber auch degenerative Prozesse entscheidend.

Die DISH (früher M. Forestier) ist eine versteifende Erkrankung der Wirbelsäule, die kaum Symptome verursacht und radiologisch diagnostiziert wird [22]. Die betroffenen Wirbel liegen kontinuierlich hintereinander und normalerweise sind die anterolateralen, nur selten die posterioren Anteile der Wirbelsäule sowie auch die Intervertebralräume betroffen, wobei die Bandscheiben relativ intakt bleiben [22]. Regelmäßig verknöchert das vordere Längsband (ALL) und das umgebende Bindegewebe [22]. Die Apophysengelenke sowie die Iliosakralgelenke werden nicht mit geschädigt [22].

Die Inzidenz liegt laut Vernon-Roberts et al. (1974) [25] bei 6 %, nach McKenzie et al. (1991) [20] bei 15 – 20 %. Die DISH kommt häufiger bei Männern vor und tritt in der Regel erst im höheren Alter auf [20]. Nach einer Studie von Weinfeld et al. (1997) [26] an 1363 Patienten tritt die DISH bei Männern über 50 Jahren mit einer Prävalenz von 25% auf, bei Frauen über 50 Jahren zu 15 %. Mit weiter zunehmendem Alter steigt auch die Prävalenz.

Resnick et al. (1976) [22] beschrieben drei radiologische Kriterien zur Diagnose einer DISH:

1. Kalzifizierungen und Verknöcherungen entlang der anterolateralen Anteile von mindestens vier aufeinanderfolgenden Wirbelkörpern.
2. die Höhe des Intervertebralraumes des betroffenen Segmentes ist nicht vermindert und die Bandscheibe zeigt keine degenerativen Veränderungen.
3. keine Beteiligung der Apophysen- oder Iliosakralgelenke.

Ein weiteres, charakteristisches, radiologisches Zeichen für das Vorliegen einer DISH an der thorakalen Wirbelsäule ist die Strahlendurchlässigkeit zwischen dem neu angelagerten Knochen und manchen Wirbelkörpern.

Der Morbus Bechterew (Spondylitis ankylosans) ist eine HLA-B27 assoziierte chronisch entzündliche Erkrankung der Wirbelsäule und deren Grenz Gelenken mit der Tendenz zur Versteifung in Fehlstellung [23]. Im Gegensatz zur DISH verursacht der M. Bechterew beträchtliche Symptome in Form von Schmerzen, in der Regel bereits bei jüngeren Menschen (20. - 40. Lebensjahr) und ebenfalls häufiger bei Männern (3:1) und tritt mit einer Prävalenz von 1 % der Bevölkerung Europas auf [13]. Knöchernen Ankylosen der Apophysen- und der Iliosakralgelenke sind hier typisch [13].

Es entwickeln sich dünne, knöcherne Syndesmophyten, die die Wirbelkörper brückenförmig über die Intervertebrälräume hinweg verbinden [22]. Große Anteile des annulus fibrosus und des nucleus pulposus können von der Ossifikation mit betroffen sein [22]. Im Gegensatz zur DISH kommt es jedoch nicht zu einer Beteiligung des vorderen Longitudinalbandes (ALL) und des umgebenden Bindegewebes [22]. Anders als bei der DISH kann es beim M. Bechterew jedoch zu einer Verknöcherung der dorsalen Wirbelsäulenanteile und der Apophysengelenke kommen, ebenso zu einer Schädigung der Iliosakralgelenke [22].

### 1.5 Fragestellung und Hypothesen

Über Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule wurden aufgrund der Seltenheit dieser Läsion bisher nur relativ wenige Studien mit insgesamt verhältnismäßig geringen Fallzahlen veröffentlicht (z. B. Burke (1971) [3] 4 Fälle, De Oliveira (1978) [6] 10 Fälle, Denis and Burkus (1990) [7] 12 Fälle, McKenzie et al. (1991) [20] 1 Fall, Burkus and Denis (1994) [4] 4 Fälle, Erb et al. (1995) [8] 1 Fall, Nabeshima et al. (1997) [21] 1 Fall, Knop et al. (1999/2000) [16; 17] 7 Fälle).

In der Universitätsklinik Würzburg wurden seit 1997 alle Fälle mit entsprechenden Verletzungen ausführlich dokumentiert. Die vorliegende Studie soll retrospektiv Informationen zur Morphologie dieser Läsion, zu Epidemiologie und Diagnostik liefern. Es sollen außerdem Begleitverletzungen und neurologische Defizite betrachtet werden und soweit möglich die klinische Entwicklung der Patienten im Verlauf dargestellt werden.

Insbesondere gilt es zu überprüfen, ob Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule häufiger mit neurologischen Defiziten einhergehen als andere spinale Verletzungsformen [1; 2; 3; 7].

Des Weiteren soll untersucht werden, ob die Hyperextensionsverletzung bei DISH und bei M. Bechterew jeweils einer speziellen Morphologie zugeordnet werden können [15; 20].

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Übersicht

In dieser retrospektiven Studie wurden alle Hyperextensionsverletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule des Maximalversorgungszentrums des Universitätsklinikums Würzburg über einen Zeitraum von dreizehn Jahren (01/1997 bis 01/2010) untersucht. Ausgewertet wurden die Behandlungsdaten des stationären Aufenthaltes und eventueller ambulanter Nachkontrollen in der Universitätsklinik Würzburg, die radiologischen Aufnahmen wurden erneut begutachtet und auswärtige Berichte von Rehabilitationskliniken und Hausärzten wurden analysiert. Es gab keine Ausschlusskriterien.

Die Dokumentation der Arztbriefe, der Verlegungsberichte, der Stationskurven, der radiologischen Bilder und Befunde, der neurologischen und neurochirurgischen Konsile, der Operationsberichte sowie der Laborbefunde erfolgte vor 2002 in Aktenform und seit 2002 über die digitale SAP-Datenbank des Universitätsklinikums, in denen jeweils alle Dokumente verwahrt wurden.

### 2.2 Patienten

Es fanden sich 27 Fälle von Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule bei 26 verschiedenen Patienten, 19 Männern und 7 Frauen, von denen ein Mann im Abstand von knapp sieben Jahren zwei unterschiedliche Hyperextensionsläsionen erlitt. Das Durchschnittsalter zum Unfallzeitpunkt lag bei 70,6 Jahren (25 bis 92 Jahre; SD: 15,8; Durchschnitt Frauen: 66,9 Jahre; Durchschnitt Männer: 71,9 Jahre).

*(siehe Tabelle 8.1, Tabelle 8.2 und Tabelle 8.3 im Anhang für die einzelnen Falldaten)*

### 2.3 Radiologische Diagnostik

In der Universitätsklinik Würzburg wurde in dem Zeitraum der Studie bei akut verunfallten Patienten mit klinischem Verdacht auf eine Wirbelsäulenverletzung in der

Notaufnahme zunächst eine computertomographische Diagnostik durchgeführt, durch die die Läsion erkannt und beurteilt werden konnte.

Bei Patienten, die nicht notfallmäßig nach einem Trauma vorstellig waren, stand zunächst eine native Röntgenuntersuchung an und bei entsprechenden Hinweisen zur genaueren Darstellung der Verletzung anschließend eine Computertomographie.

Lagen neurologische Defizite vor, so wurde eine MRT-Untersuchung ergänzt, um die Schädigung des Rückenmarks beurteilen zu können. Zudem erfolgte bei diesen Patienten stets eine konsiliarische Mitbeurteilung durch die Kollegen der Neurologie oder der Neurochirurgie.

Regelmäßig wurden postoperativ erneut computertomographische Aufnahmen durchgeführt, um die Lage der transpedikulären Schrauben sowie die postoperative Stellung der fusionierten Wirbelsäule zu überprüfen und zu dokumentieren. Ebenso wurden postoperativ konventionelle Röntgenbilder des verletzten Wirbelsäulenabschnittes im Stehen aufgenommen, um die Stellung der Wirbelsäule unter axialer Belastung zu beurteilen.

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass die Stellung der Wirbelsäule in dem Moment der Bildgebung nicht der maximalen Dislokation während des Traumas entspricht. Daher wurde in den Fällen dieser Studie, in denen sich radiologisch keine knöcherne Verletzung der hinteren Säule zeigte, angenommen, dass in jedem Falle eine ligamentäre Verletzung vorliegen muss, da das Trauma anderenfalls nicht zu der Hyperextensionsläsion der vorderen Säule hätte führen können. Weil nur in Einzelfällen MRT-Untersuchungen ergänzt wurden, die unter anderem die Bandverletzungen hätten darstellen können, konnten diese Schädigungen nicht in jedem Fall radiologisch nachgewiesen werden.

#### 2.4 Morphologie der Verletzungen

Zur Beurteilung der Morphologie der Hyperextensionsläsionen wurden die vordere und die hintere Säule der Wirbelsäule getrennt analysiert. Es galt zwischen ossären Läsionen durch die Wirbelkörper und transdiskal durch das Bandscheibenfach verlaufenden

Verletzungen zu unterscheiden und kombinierte Formen hervorzuheben, die jeweils nach dem hauptsächlichen Verlauf eingeordnet wurden. Entsprechend wurde bei der hinteren Säule zwischen ossären und ligamentären Verletzungen differenziert.

## 2.5 Vorschäden der Wirbelsäulen

Anhand der computertomographischen Diagnostik wurden die Patienten unserer Studie auf Vorschädigungen der Wirbelsäule im Sinne von M. Bechterew, DISH oder degenerative Veränderungen hin untersucht und dementsprechend in Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe wurde aus den Patienten mit Hyperextensionsverletzungen ohne Vorschäden der Wirbelsäulen gebildet, denen gegenüber die Patienten mit Vorerkrankungen der Wirbelsäulen standen, welche nach M. Bechterew, DISH und ausschließlich degenerativen Veränderungen in drei Untergruppen eingeteilt wurden. Bei Vorliegen einer versteifenden Vorerkrankung durch M. Bechterew oder DISH und zusätzlichen radiologischen Anzeichen weiterer degenerativer Veränderungen wurde die ankylosierende Schädigung als im Vordergrund stehend gewertet und der Patient in die entsprechende Gruppe eingeteilt.

## 2.6 Begleitverletzungen und Schwere der Traumata

Anhand der oben genannten Daten wurden die Begleitverletzungen analysiert und die Patienten dementsprechend in die drei Gruppen „isolierte Wirbelsäulenverletzung“, „behandlungsbedürftige, extravertebrale Verletzung“ und „polytraumatisiert“ eingeteilt. Bezüglich der Schwere der zu den Hyperextensionsverletzungen führenden Unfälle und deren genauer Mechanismen war anhand der retrospektiven Daten keine exakte Einteilung möglich. Es wurde zwischen hoch- und niederenergetischen Traumata unterschieden, wobei generell Verkehrsunfälle und Stürze aus der Höhe als hoch- und Stürze aus Körperhöhe oder aus dem Bett als niederenergetisch gewertet wurden. Unter Berücksichtigung der begleitenden Läsionen wurde eine weitere Differenzierung versucht.

Die Einteilung neurologischer Defizite erfolgte nach der allgemein bekannten fünfstufigen Frankel-Klassifikation (Frankel et al. (1969)) (siehe Tabelle 2.1). Der Grad der Schädigung wird jeweils initial bei Aufnahme sowie bei Entlassung aus der Klinik angegeben.

<b>A</b>	<b>kompletter sensomotorischer Querschnitt</b>
<b>B</b>	<b>Sensibilität teilweise erhalten, keine motorische Funktion</b>
<b>C</b>	<b>Inkompletter motorischer Querschnitt, Extremitäten unbrauchbar</b>
<b>D</b>	<b>Inkompletter motorischer Querschnitt, Extremitäten können genutzt werden</b>
<b>E</b>	<b>kein sensomotorisches Defizit</b>

*Tabelle 2.1: Frankel-Klassifikation*

## 2.7 Klinischer Verlauf

Der klinische Verlauf wurde zunächst anhand der hauseigenen Behandlungsdaten bis zur Entlassung aus der stationären Behandlung und bei ambulanten Kontrollen beurteilt. Des Weiteren konnten Informationen aus den Abschlussberichten der Rehabilitationskliniken und aus telefonischem Kontakt mit den behandelnden Hausärzten gewonnen werden.

Die Fragestellung richtete sich jeweils nach dem weiteren Überleben der Patienten, ob posttraumatisch die Lebensführung umgestellt werden musste, wie die weitere häusliche Versorgung bewerkstelligt wurde und ob die Gehfähigkeit wiedererlangt werden konnte. Es konnten nur zu 24 von 27 Patienten Informationen über den weiteren Verlauf eruiert werden. Zu 2 der Verletzten, deren Unfälle mehr als 10 Jahre zurücklagen, konnten keine Daten gewonnen werden. In einem weiteren Fall blieben ambulante Verlaufskontrollen in der Universitätsklinik Würzburg aus bei einem gleichzeitigen Wechsel zu einem unbekanntem Hausarzt.

Das Zeitintervall der Verlaufsbeobachtung differierte bei den einzelnen überlebenden Patienten von 2,5 – 60 Monaten mit einem Durchschnitt von 15 Monaten.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Vorerkrankungen der Wirbelsäule

22 Patienten, davon 5 Frauen und 17 Männer, wiesen bereits vor dem Hyperextensionstrauma Schädigungen der Wirbelsäule auf. Hierbei ist mit 17 Fällen (63% von der Gesamtpatientenzahl) am häufigsten die „diffuse idiopathic skeletal hyperostosis“ (DISH) zu nennen. Ein Patient erlitt zu unterschiedlichen Zeitpunkten zwei verschiedene Hyperextensionsverletzungen (Pat01 entspricht Pat14) und wurde jeweils für die DISH-Gruppe gezählt. Es fanden sich 4 Patienten mit einem M. Bechterew (14,8 %). Eine Patientin zeigte deutliche degenerative Wirbelsäulenveränderungen (3,7 %) ohne Anhalt für eine versteifende Erkrankung. (siehe Abbildung 3.1 und Tabelle 3.1)

In drei Fällen (11,1 %) lagen zusätzlich zu der DISH degenerative Veränderungen vor.

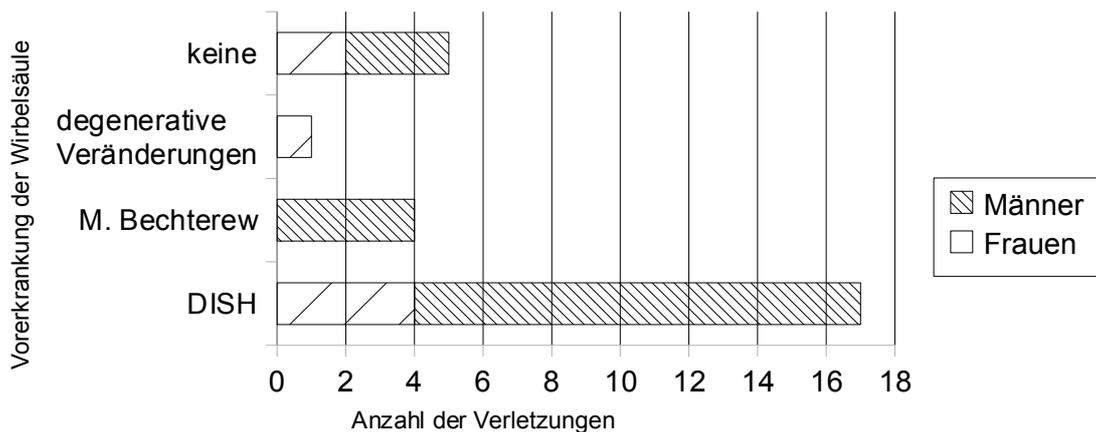


Abbildung 3.1: Vorschäden der Wirbelsäule (n=27)

Vorerkrankung	Anzahl d. Pat.	Durchschnittsalter /Jahren	Min /Jahren	Max /Jahren	SD /Jahren
keine VE	5	46,6	25	69	17,16
M. Bechterew	4	80,75	75	92	7,63
DISH	17	74,71	54	88	9,62
degenerative Veränderungen	1	79	/	/	/

*Tabelle 3.1: Altersverteilung nach Vorerkrankung (n=27)*

Von den 7 Frauen, die eine Hyperextensionsverletzung erlitten, wiesen 4 eine DISH (57,1 %) auf, wobei drei Frauen zusätzlich radiologische Anzeichen degenerativer Veränderungen boten. Eine Patientin zeigte ausschließlich degenerative Veränderungen ohne versteifende Komponente (14,3 %).

Von den Männern (n=20) waren 13 von einer DISH (65 %) und 4 von einem M. Bechterew (20 %) betroffen. Ausschließlich degenerative Veränderungen zeigten sich bei den Männern nicht.

### 3.2 Unfallursachen

Die Unfallursache war in 63 % der Fälle (n=17) ein Sturz, wobei es sich in 29,6 % der Fälle (n=8) um einen Sturz aus geringer Höhe z. B. aus Körperhöhe oder aus dem Bett handelte und in 33,3 % der Fälle (n=9) um einen höherenergetischen Sturz z. B. von einem Baum, von einer Leiter oder eine Treppe hinab.

29,6 % der Patienten (n=8) waren Opfer von Verkehrsunfällen, welche je als hochenergetische Traumata einzustufen waren. In fünf Fällen handelte es sich dabei um Insassen eines PKW, in einem Fall um einen Fahrradfahrer, der von einem Auto angefahren wurde, ebenso erging es in jeweils einem Fall einem Fußgänger und einem Motorradfahrer.

Des Weiteren wurden ein 58jähriger Mann im Rahmen von Gartenarbeiten von einem Anhänger eingequetscht und ein 68jähriger bei landwirtschaftlichen Tätigkeiten von einem Traktor überrollt.

(siehe Abbildung 3.2 und Tabelle 3.2)

Anhand der retrospektiven Daten konnte nicht ermittelt werden, ob es in den einzelnen Fällen jeweils zu einer direkten oder einer indirekten Krafteinwirkung auf die Wirbelsäule kam.

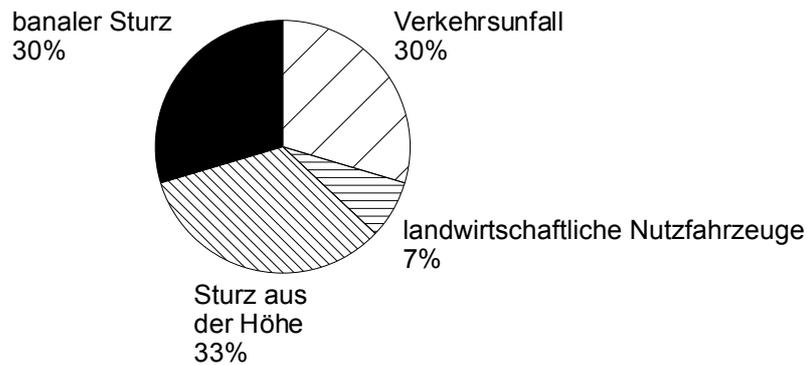


Abbildung 3.2: Unfallursachen (n=27)

	leichter Sturz	schwerer Sturz	Verkehrsunfall	landwirtschaftliche Maschinen
<b>Anzahl d. Pat.</b>	8	9	8	2
<b>Durchschnittsalter /Jahren</b>	81,5	70,44	61,63	63
<b>Min /Jahren</b>	75	42	25	58
<b>Max /Jahren</b>	92	82	83	68
<b>SD /Jahren</b>	5,34	13,54	20,79	7,07

Tabelle 3.2: Altersverteilung nach Unfallursache (n=27)

Zu den Wirbelsäulenverletzungen bei Patienten ohne diesbezüglich relevante Vorerkrankungen (n=5) kam es jeweils durch ein hochenergetisches Trauma. Bei den M. Bechterew-Patienten (n=4) waren jeweils niederenergetische Stürze (100 %) ursächlich.

Ebenso verhielt es sich bei der oben angeführten Patientin mit ausschließlich degenerativen Veränderungen (n=1). Bei den Patienten der DISH-Gruppe (n=17) zeigten sich unterschiedliche Ursachen.

(siehe Abbildung 3.3)

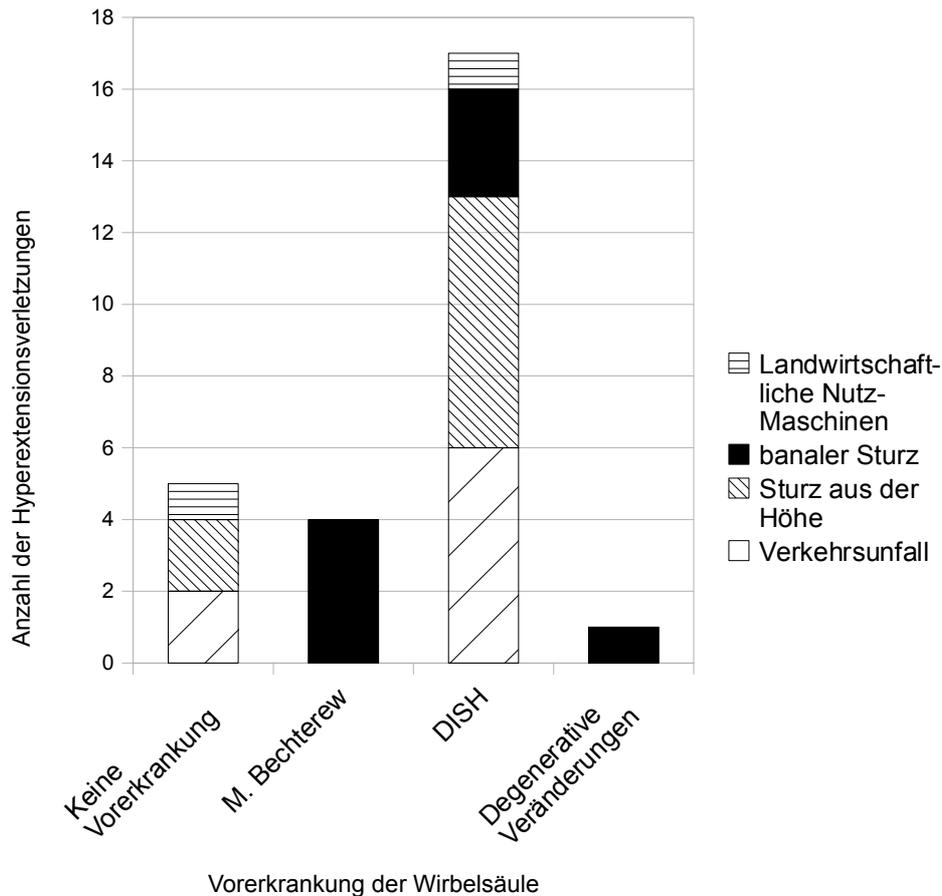


Abbildung 3.3: Unfallursache nach Vorerkrankung (n=27)

### 3.3 Morphologie der Verletzungen

Alle Patienten (n=27) betrachtend verliefen die Verletzungen durch die vordere Säule in vierzehn Fällen transdiskal (52 %) und bei dreizehn Patienten transossär durch den Wirbelkörper (48 %).

Bei allen Patienten ohne Vorschäden der Wirbelsäule kam es zu einer transdiskalen Verletzung der vorderen Säule. Bei den Patienten mit einer Vorerkrankung der Wirbelsäule war dies zu 40,9 % der Fall und hierbei nur bei Schädigungen durch eine DISH.

Bei allen transossär verlaufenden Läsionen der vorderen Säule lag eine Vorerkrankung der Wirbelsäule vor (achtmal DISH, viermal M. Bechterew, einmal degenerative Veränderungen). (siehe Abbildung 3.4)

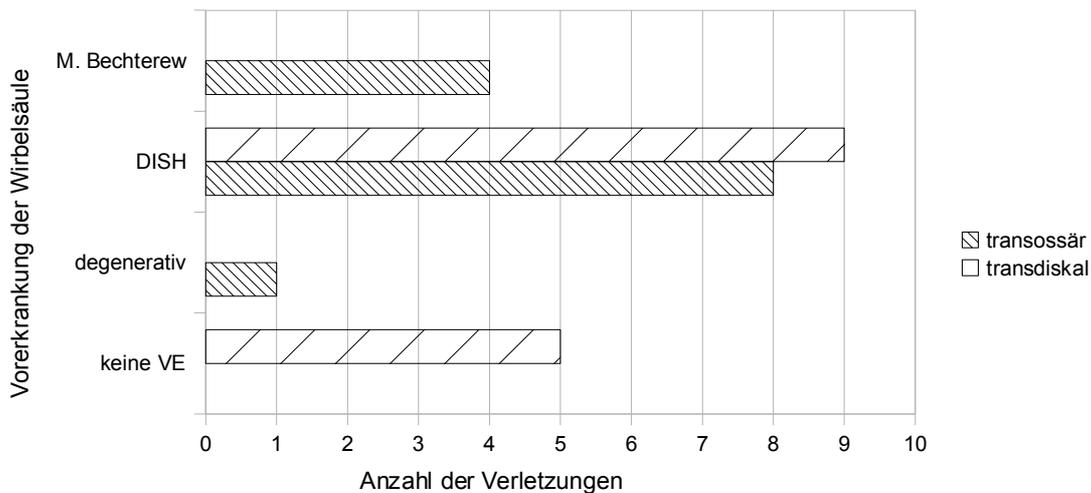


Abbildung 3.4: Verletzungsmorphologie der vorderen Säule nach Vorerkrankung (n=27)

In 7 von 27 Fällen (25,9 %) lagen keine rein transdiskalen oder rein transossären Verletzungen der vorderen Säule vor, sondern ein kleinerer Anteil der Läsionen verlief jeweils durch das entsprechend andere Gewebe. (siehe Abbildung 3.5 als Beispiel aus dem Patientenkollektiv dieser Arbeit)



*Abbildung 3.5: kombinierte Verletzungsmorphologie mit hauptsächlich transossärem Verlauf bei DISH*

Bei den Hyperextensionsläsionen der Patienten mit DISH kam diese Variante bei 6 von 17 Patienten (35,3 %) vor. 4 Verletzungen verliefen größtenteils transossär, wovon jeweils 2 im Bereich der BWS und der LWS vorlagen. In 2 Fällen kam es bei DISH in der BWS zu hauptsächlich transdiskalen Verläufen. Alle diese 6 Verletzungen waren Folgen von hochenergetischen Unfällen.

1 Patient von 4 mit M. Bechterew (25 %) erlitt eine hauptsächlich transossäre Mischverletzung im Bereich der BWS. In diesem Fall handelte es sich um ein leichtes Trauma.

Bei den Patienten ohne Vorerkrankungen kam es jeweils zu rein transdiskalen Verläufen.

Die eine Patientin mit ausschließlich degenerativen Veränderungen zeigte eine rein transossäre Verletzung der vorderen Säule.

Alle Patienten mit den genannten Mischverletzungen waren männlich. Das Durchschnittsalter unterschied sich nicht vom Gesamtkollektiv.

Bei nicht vorgeschädigten Wirbelsäulen (n=5) verlief die Verletzung durch die hintere Säule in allen fünf Fällen ligamentär, eine knöcherne Läsion lag nie vor. In den Fällen eines M. Bechterew (n=4) kam es jeweils zu einer ossären Verletzung der hinteren Säule

(100 %). Bei den Patienten mit einer DISH (n=17) verlief die Verletzung der hinteren Säule zu 76,5 % ligamentär. Bei der oben genannten Patientin mit ausschließlich degenerativen Wirbelsäulenveränderungen (n=1) kam es zu einer ossären Verletzung der hinteren Säule (100 %).

(siehe Abbildung 3.6)

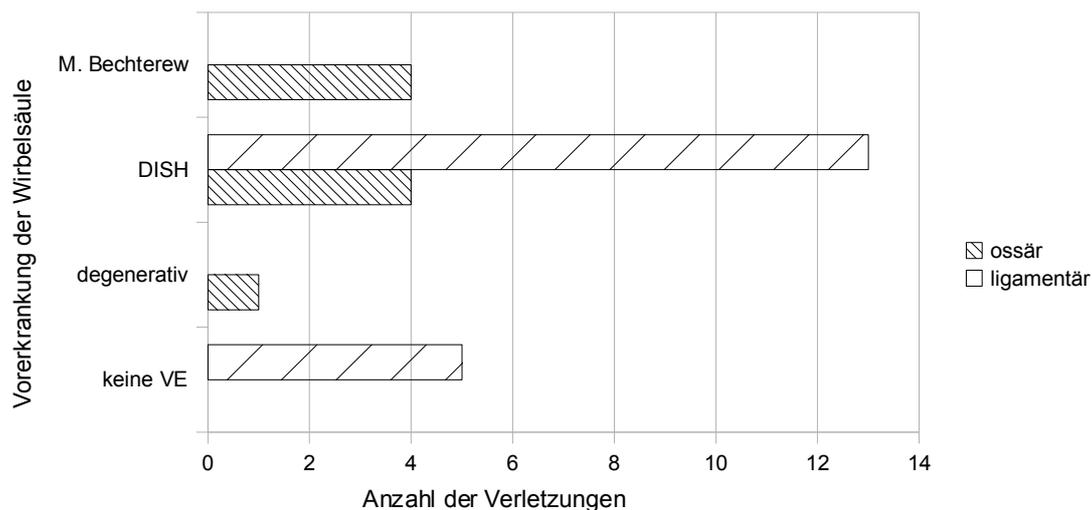


Abbildung 3.6: Verletzungsmorphologie der hinteren Säule nach Vorerkrankung (n=27)

Die vordere und die hintere Säule zusammen betrachtet lagen bei den zuvor gesunden Wirbelsäulen (n=5) jeweils rein diskoligamentäre Verletzungen vor.

Bei den Patienten mit einem M. Bechterew (n=4) und der Patientin mit ausschließlich degenerativen Veränderungen (n=1) kam es jeweils zu ossären Verletzungen der vorderen und der hinteren Säule.

Bei den Patienten mit einer DISH (n=17) kam es in einem Fall zu Frakturen in beiden Säulen, bei sieben Patienten verlief die Verletzung transossär durch die Wirbelkörper und ligamentär in der hinteren Säule, in drei Fällen entstand eine transdiskale Verletzung und eine knöcherne Läsion der hinteren Säule und bei sechs Patienten war die Verletzung diskoligamentär (siehe Abbildung 3.7).

(siehe Abbildung 3.8, Abbildung 3.9, Abbildung 3.10, Abbildung 3.11 und Abbildung 3.12 als Beispielbilder aus dem Patientenkollektiv dieser Studie)

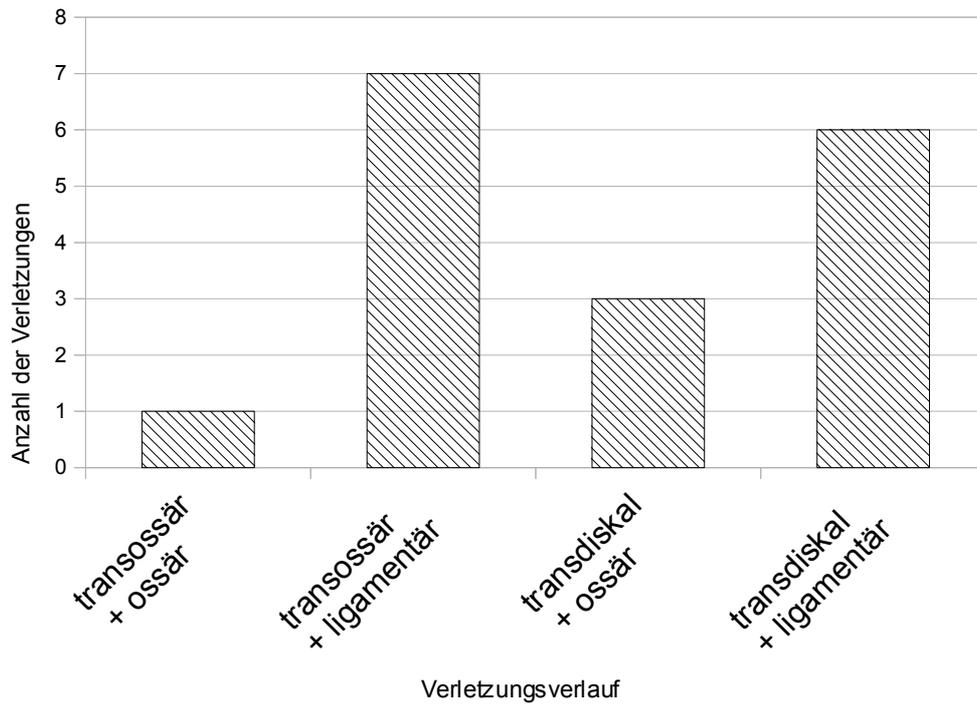


Abbildung 3.7: Verletzungsverlauf durch die vordere und hintere Säule bei Patienten mit DISH (n=17)



Abbildung 3.8: Transdiskale Hyperextensionsverletzung bei einer nicht vorgeschädigten Wirbelsäule

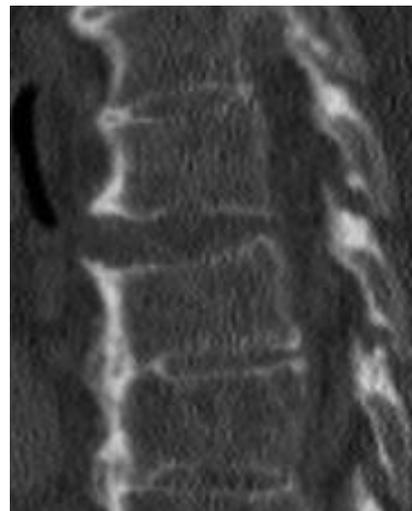


Abbildung 3.9: Transdiskale Hyperextensionsverletzung bei einer durch DISH vorerkrankten Wirbelsäule



*Abbildung 3.10: Transossäre  
Hyperextensionsverletzung bei einer  
durch DISH vorerkrankten Wirbelsäule*



*Abbildung 3.11: Transossäre  
Hyperextensionsverletzung bei einer  
durch M. Bechterew vorgeschädigten  
Wirbelsäule*



*Abbildung 3.12: Transossäre  
Hyperextensionsverletzung bei einer  
degenerativ veränderten Wirbelsäule*

Nur die Patienten mit einer DISH betrachtend hatten diejenigen mit einer transossären Verletzung der vorderen Säule zum Unfallzeitpunkt mit 79,88 Jahren durchschnittlich ein höheres Lebensalter als diejenigen mit einer transdiskalen Läsion mit 70,11 Jahren.

Diese Altersdifferenz war statistisch signifikant,  $t(15)=2,373$ ,  $p=0,031$ . Zudem hatten diejenigen mit knöchernen Verletzungen der vorderen Säule durchschnittlich ein leichteres Trauma erlitten. Zwei der Patientinnen mit transkorporaler und eine Patientin mit transdiskaler Verletzungsmorphologie wiesen radiologisch Zeichen degenerativer Veränderungen im Sinne einer Osteoporose auf. Jeweils eine dieser Patientinnen aus beiden Gruppen verunfallte bei einem der oben genannten leichten Traumata.

Der Anteil von Frauen und Männern war in beiden Gruppen nahezu gleich.

(siehe Tabelle 3.3)

	transossär	transdiskal
Anzahl	8	9
schweres Trauma/%	75	88,89
behandlungsbedürftige Begleitverletzungen/%	62,5	55,56
Φ-Alter /Jahren	79,88 *	70,11 *
Standardabweichung (Alter)	4,941	10,635
Standardfehler (Alter)	1,747	3,545
Männer/%	75	77,78
Frauen/%	25	22,22
Verkehrsunfall/%	25	44,44
Sturz leicht /%	25	11,11
Sturz schwer /%	50	33,33

*Tabelle 3.3: Patienten mit DISH (n=17) nach Verletzungsmorphologie der vorderen Säule*

\* Altersunterschied signifikant

### 3.4 Verletzungshöhen

Zwanzig Hyperextensionsverletzungen verliefen durch die thorakale Wirbelsäule, zwei durch das Segment BW 12 / LW 1 und fünf durch die lumbale Wirbelsäule.

Anatomisch-funktionell betrachtet lagen zwölf Verletzungen zwischen BW 1 – 10,

vierzehn im Bereich des thorakolumbalen Übergangs (BW 11 – LW 2) und eine kaudal von LW 2 (siehe Abbildung 3.13).

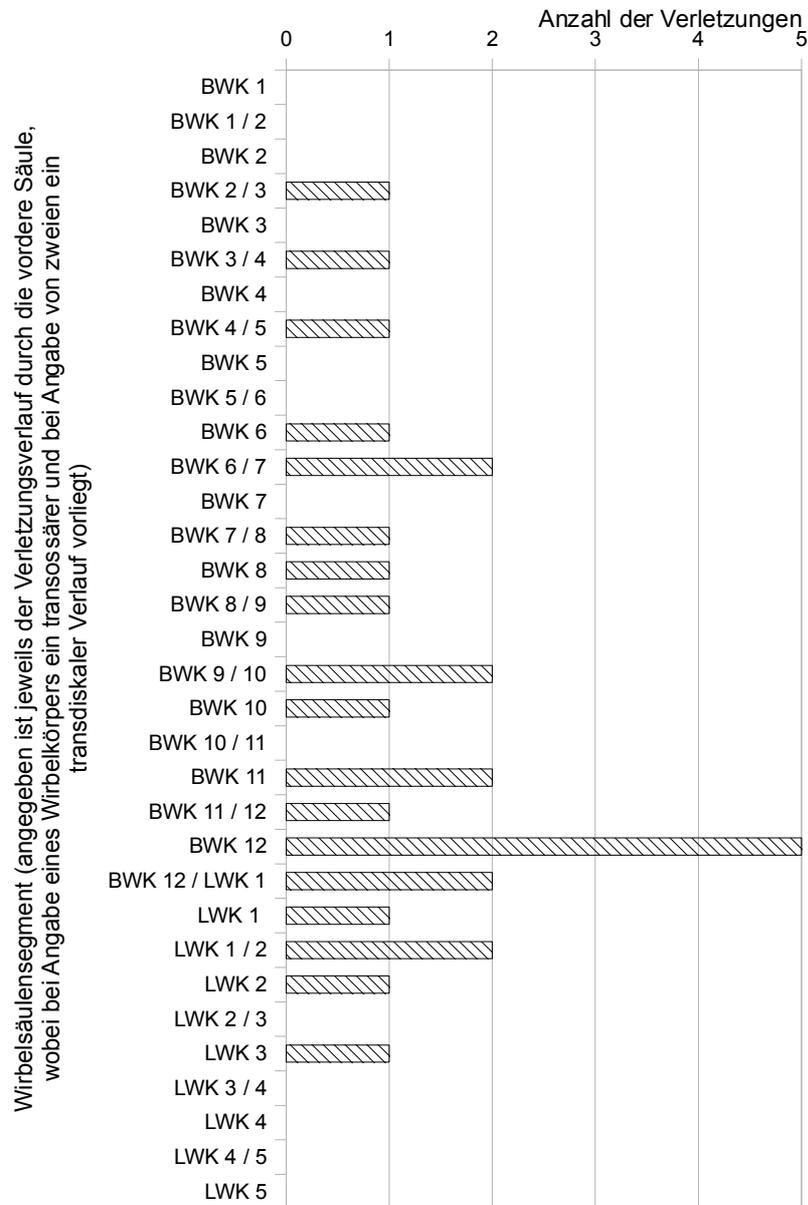


Abbildung 3.13: Verteilung der Hyperextensionsverletzungen nach Wirbelsäulensegmenten (n=27)

Für die Verteilung der Hyperextensionsverletzungen auf die drei Wirbelsäulenabschnitte nach Vorerkrankungen der Wirbelsäule siehe Tabelle 3.4 und Abbildung 3.15.

	keine Vorerkrankung der Wirbelsäule	M. Bechterew	DISH	degenerativ Veränderungen
<b>Anzahl Verletzungen</b>	5	4	17	1
<b>BW1-10</b>	3	1	8	0
<b>BW11-LW2</b>	2	2	9	1
<b>LW3-Sakrum</b>	0	1	0	0

Tabelle 3.4: Anzahl der Hyperextensionsverletzungen pro Wirbelsäulenabschnitt nach Vorerkrankungen der Wirbelsäule (n=27)

Die gesamte Wirbelsäule betrachtend verliefen die Verletzungen durch die vordere Säule in 52 % der Fälle transdiskal (n=14) und bei 48 % der Patienten transossär durch den Wirbelkörper (n=13). Auf die Wirbelsäulenbereiche bezogen traten die Hyperextensionsverletzungen im thorakalen Bereich zwischen BW 1 und 10 zu 83 % transdiskal (n=10) und zu 17 % transossär (n=2) auf, im Bereich des thorakolumbalen Übergangs zwischen BW 11 und LW 2 zu 36 % transdiskal (n=5) und zu 64 % transossär (n=9) und im mittleren und unteren lumbalen Anteil zu 100 % transossär (n=1) (siehe Abbildung 3.14).

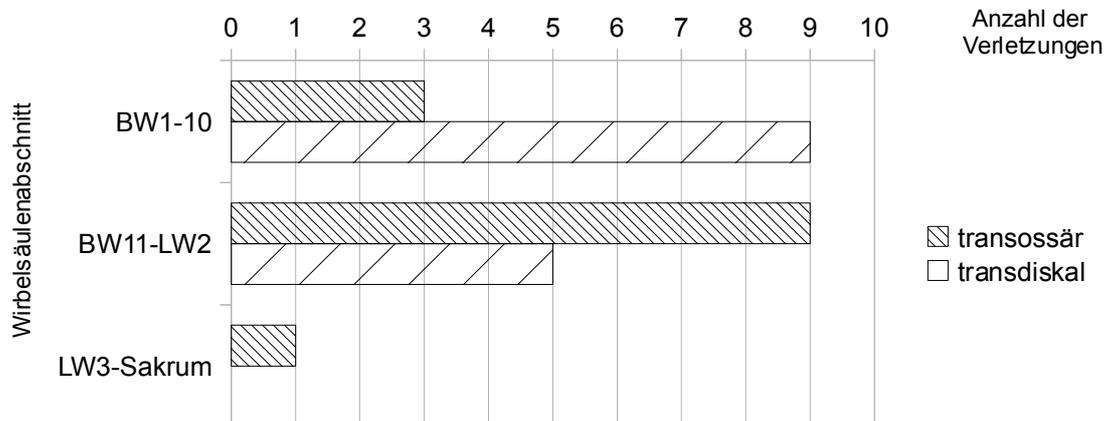


Abbildung 3.14: Verletzungsverlauf durch die vordere Säule nach Wirbelsäulenabschnitten (n=27)

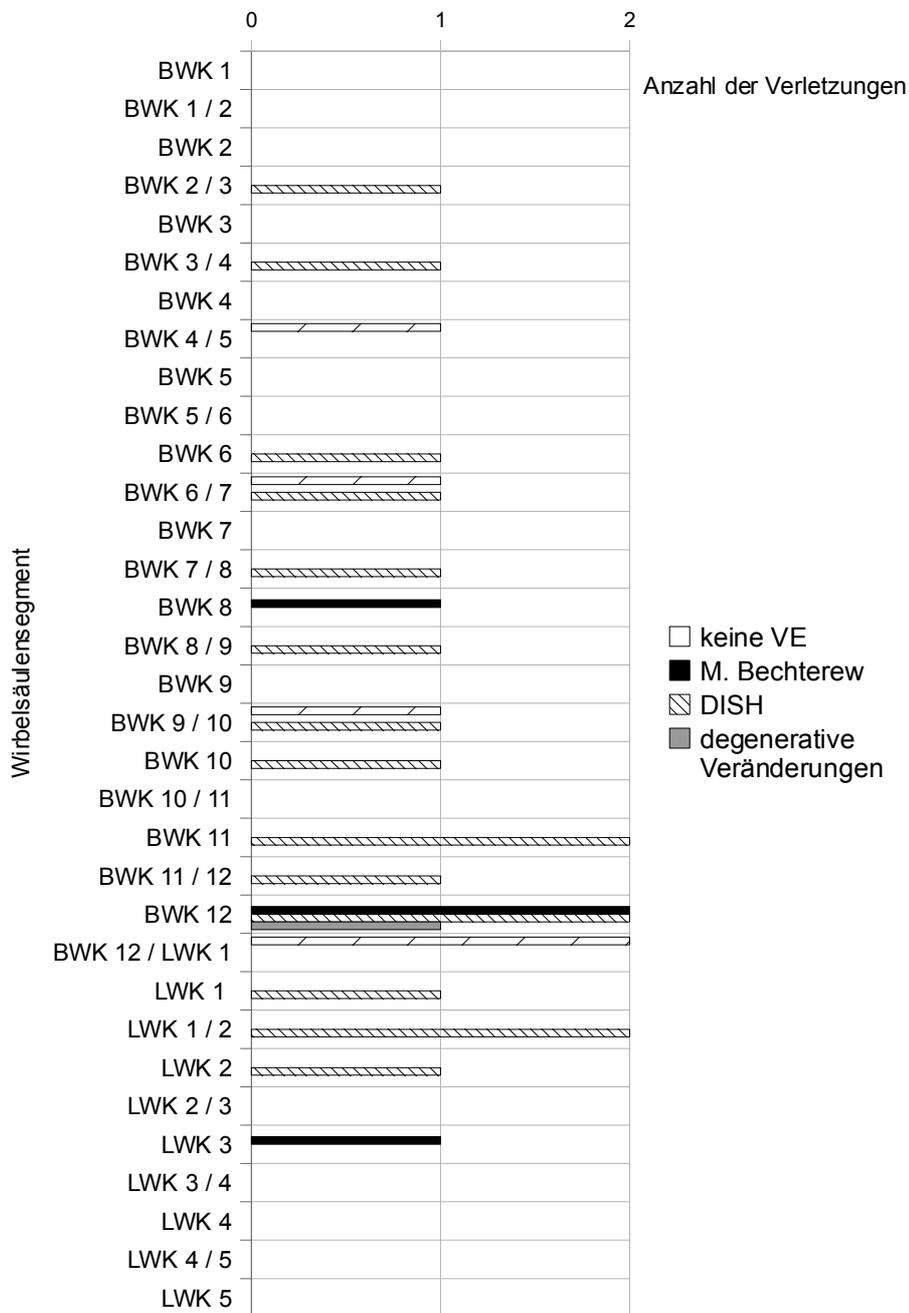


Abbildung 3.15: Anzahl der Hyperextensionsverletzungen pro Wirbelsäulensegment nach Vorerkrankungen (n=27)

Die hintere Säule war zu 33,3 % ossär (n=9) und zu 66,7 % ligamentär (n=18) verletzt.

Zwischen BW 1 und 10 kam es in 83,3 % der Fälle zu Ligamentrupturen (n=10) und zu 16,7 % zu ossären Verletzungen (n=2). Im Bereich des thorakolumbalen Übergangs (BW 11 bis LW 2) wurden zu 57,1 % die dorsalen Ligamenta (n=8) verletzt und zu 42,9% kam es zu Frakturen (n=6) der hinteren Säule. Im mittleren und unteren Bereich der Lendenwirbelsäule kam es zu 100 % zu einer ossären Läsion der hinteren Säule (n=1). (siehe Abbildung 3.16)

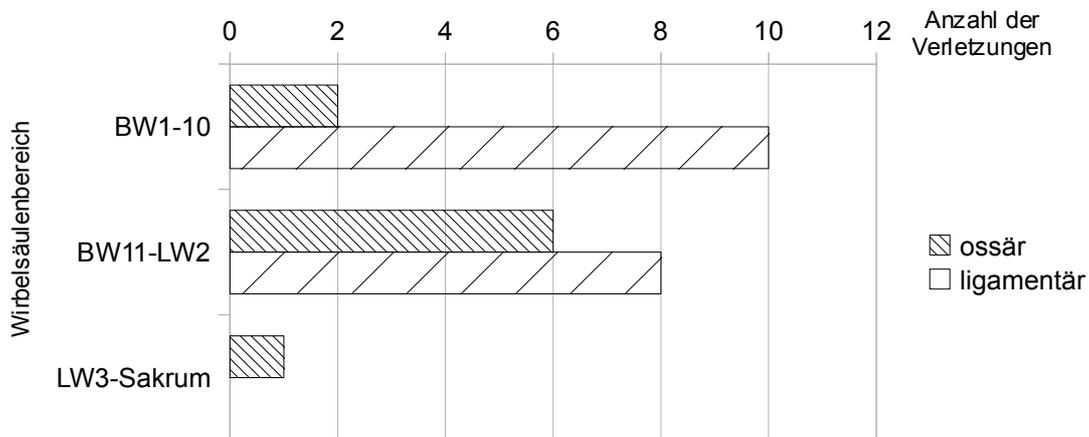


Abbildung 3.16: Verletzungsverlauf durch die hintere Säule nach Wirbelsäulenbereich (n=27)

In zwei Fällen kam es zu einer Mehretagenfraktur, wobei neben der Hyperextensionsverletzung auf einer anderen Höhe noch ein weiterer Verletzungsmechanismus wirkte. So kam es bei einem Patienten mit einer Hyperextensionsfraktur von BW 11 zu einer Flexionsfraktur von BW 3. Zusätzlich zu einem Hyperextensionstrauma auf Höhe BW 3 / 4 kam es in einem anderen Fall zu einer Flexionsfraktur von BW 11.

Mehrsegmentfrakturen traten nicht auf.

### 3.5 Begleitverletzungen

40,7 % der Unfallopfer (n=11) zogen sich bei dem Hyperextensionstrauma isolierte Wirbelsäulenverletzungen zu und 59,3 % (n=16) erlitten behandlungsbedürftige, extravertebrale Verletzungen, wobei 37,4 % (n=10) von allen Patienten als polytraumatisiert einzustufen waren.

Die polytraumatisierten Patienten wiesen in sieben von zehn Fällen behandlungsbedürftige Verletzungen des Brustkorbes (Rippenfrakturen mit folgenden Pneumo- oder Hämothoraces oder Lungenkontusionen) auf, zudem kam es in drei Fällen zu Beckenfrakturen, in zwei Fällen zu Frakturen der oberen oder unteren Extremitäten, bei zwei Patienten zu abdominellen Organverletzungen, in vier Fällen zu einem Schädel-Hirn-Trauma und bei einem Patienten zu multiplen Frakturen des Viscerocraniums. Bei fünf dieser Polytrauma-Unfälle handelte es sich um Verkehrsunfälle, bei weiteren vier Patienten um einen Sturz aus größerer Höhe und bei einem Patienten um ein Überrolltrauma durch eine landwirtschaftliche Maschine.

Die Patienten mit extravertebralen, behandlungsbedürftigen Verletzungen, die nicht als polytraumatisiert einzustufen waren, zeigten in allen sechs Fällen Läsionen des Brustkorbes (Rippenfrakturen mit/ohne dadurch folgenden Pneumo- oder Hämothorax) und in einem Fall zusätzlich eine proximale Armfraktur.

Bei den zwölf Patienten mit Verletzungen der Brustwirbelsäule zwischen BW 1 – 10 kam es in 75 % der Fälle zu zusätzlichen Frakturen des Brustkorbes, welche bei fünf Patienten zu Pneumo- oder Hämothoraces führten.

Unterschieden nach den wirbelsäulenspezifischen Vorerkrankungen kam es bei den Patienten ohne vorherige Schädigung in einem Fall (20 %) zu keinen Begleitverletzungen, drei (60 %) erlitten behandlungsbedürftige extravertebrale Verletzungen und ein Patient (20 %) wurde polytraumatisiert.

Von den Patienten der M. Bechterew-Gruppe mussten zwei (50 %) aufgrund extravertebraler Läsionen versorgt werden. In zwei Fällen lagen keine Begleitverletzungen vor (50 %).

Von den Patienten mit einer DISH zeigten 41,2 % keine extravertebralen Verletzungen,

5,9 % mussten aufgrund weiterer Läsionen behandelt werden, 52,9 % waren als polytraumatisiert einzustufen.

Die Patientin mit ausgeprägten degenerativen Veränderungen zeigte keine extravertebralen Läsionen.

(siehe Abbildung 3.17)

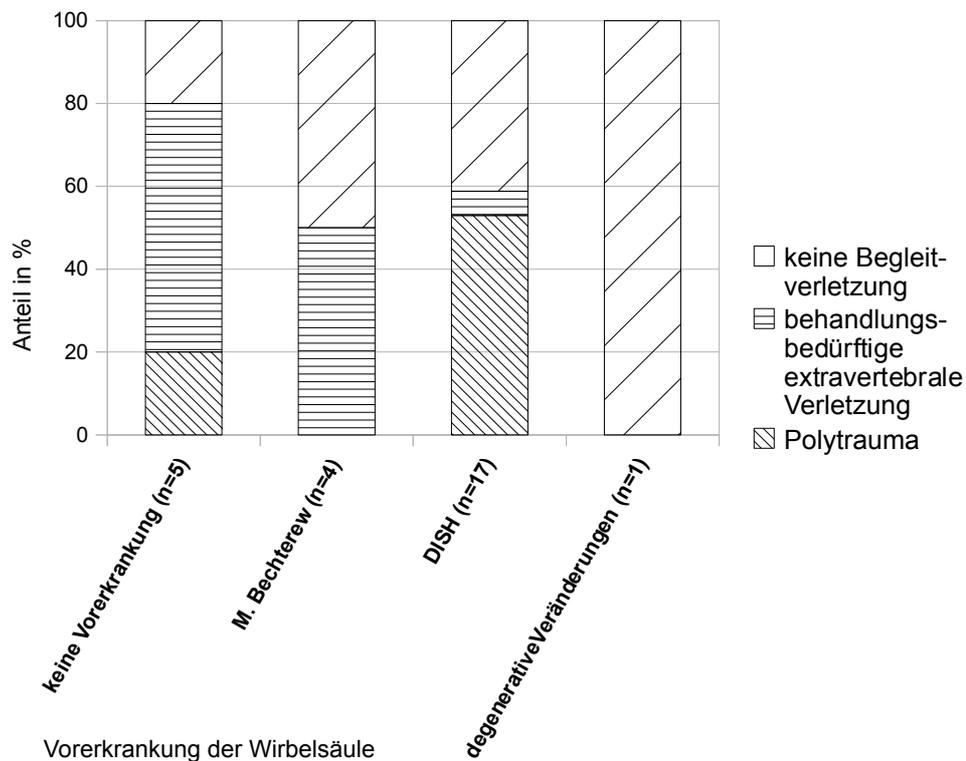


Abbildung 3.17: Anteile der Begleitverletzungen an den Patienten mit unterschiedlichen Vorerkrankungen (n=27)

### 3.6 Schwere des Traumas

Von den Unfällen, die zu den thorakolumbalen Hyperextensionsverletzungen führten, ließen sich im Nachhinein 70,4 % (n=19) als hochenergetische Traumata und 29,6 % (n=8) als niederenergetische Traumata bewerten.

Dabei wiesen alle acht Opfer der leichteren Unfälle bereits Vorerkrankungen der Wirbelsäule auf. Vier Patienten litten an einem M. Bechterew, drei an einer DISH und eine Patientin an ausgeprägten degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule (siehe Abbildung 3.18). Bei drei Patientinnen zeigte sich zusätzlich zu der DISH anhand radiologischer Kriterien der Verdacht auf eine Osteoporose.

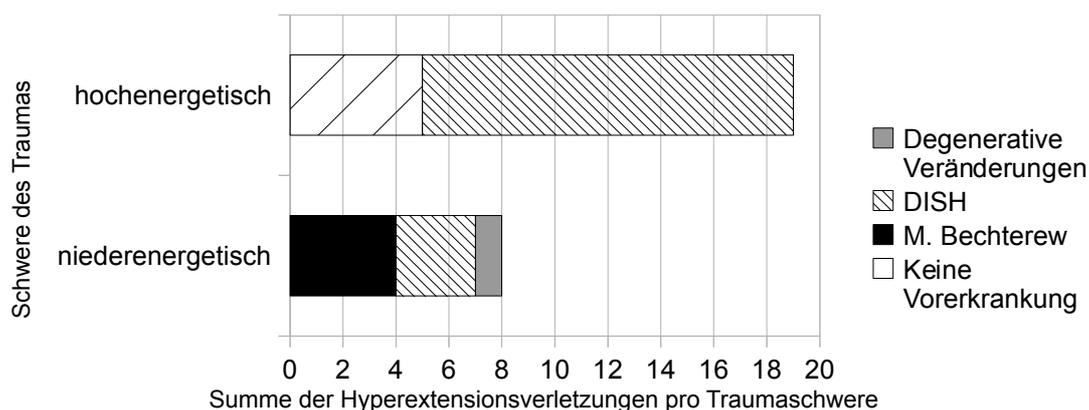


Abbildung 3.18: Zusammensetzung der Patientengruppen mit nieder- und hochenergetischen Traumata nach Vorerkrankungen der Wirbelsäule (n=27)

Kein Patient ohne eine Vorerkrankung der Wirbelsäule erlitt aufgrund eines niederenergetischen Traumas eine Hyperextensionsverletzung.

Alle Patienten mit einem M. Bechterew zogen sich die Hyperextensionsläsion bei einem leichten Trauma zu.

Von den Patienten mit einer DISH waren 82,4 % Opfer eines schweren Unfalls (n=14) und 17,7 % erlitten ein leichteres Trauma (n=3).

Die Patientin mit ausschließlich degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule stürzte aus Körperhöhe (100 % leichter Unfall) (siehe Abbildung 3.19).

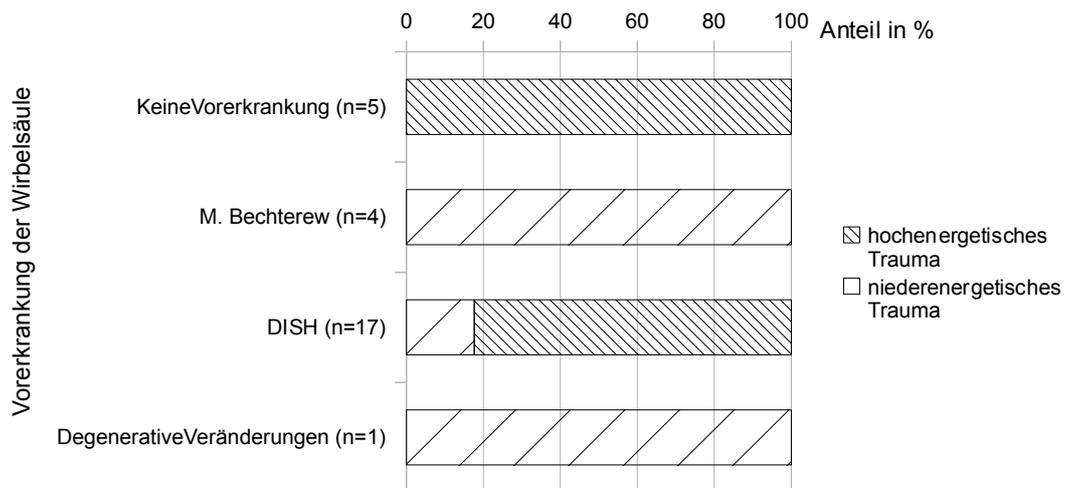


Abbildung 3.19: Schwere des Traumas nach Vorerkrankung (n=27)

Kein Patient erlitt initial im Rahmen eines niederenergetischen Traumas ein neurologisches Defizit.

Bezogen auf die Verletzungshöhen waren thorakal zwischen BW 1 – 10 in 91,7 % der Fälle (11 von 12) hochenergetische Traumata ursächlich für die Hyperextensionsverletzungen, wobei der Patient des niederenergetischen Traumas an einem M. Bechterew litt. Im thorakolumbalen Abschnitt BW 11 – LW 2 war dies bei 57,1 % der Patienten der Fall (8 von 14) und zu 42,9 % lag ein niederenergetischer Unfall vor. (siehe Abbildung 3.20)

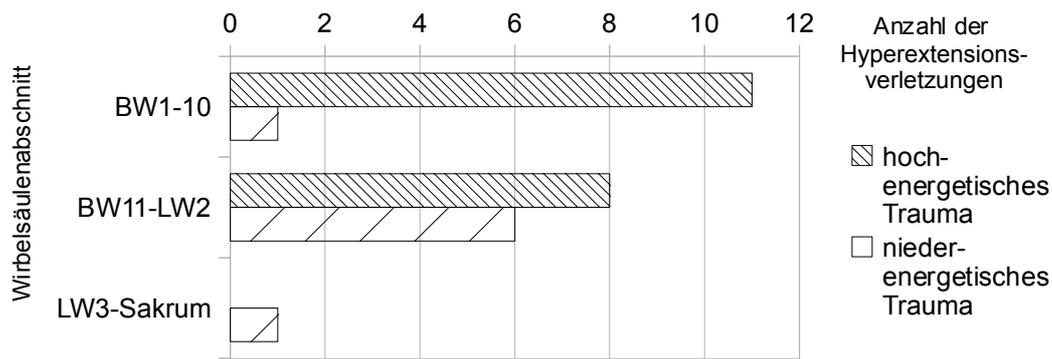


Abbildung 3.20: Verletzungshöhe nach Traumastärke (n=27)

### 3.7 Neurologische Begleitverletzungen

Initial erlitten 18,5 % der Patienten (n=5) aufgrund der Unfallverletzungen einen kompletten neurologischen Querschnitt und 3,7 % der Patient (n=1) einen inkompletten Querschnitt. Somit kam es in 22,2 % der Fälle initial infolge des Traumas zu einem neurologischen Defizit. Im Verlauf regenerierte ein Patient eine komplette Paraplegie von Frankel A zu E.

Bei einem initial neurologisch unauffälligen Patienten trat nach der operativen Versorgung mittels dorsaler Stabilisierung ein kompletter Querschnitt auf. Bedingt war dieser am ehesten durch eine intraoperative Pedikelschraubenfehlage in den Spinalkanal, die nach einer intraoperativen Bildgebung korrigiert wurde.

Damit verblieben 22,2 % der Unfallopfer (n=6) mit einem neurologischen Defizit, von denen fünf (18,5 %) an einem kompletten Querschnitt (Frankel A) litten und einer (3,7 %) an einem inkompletten (Frankel C).

Dabei kamen auf zwölf Hyperextensionsverletzungen der Brustwirbelsäule zwischen BW 1 - 10 zwei komplette Querschnitte (16,7 % mit neurologischem Defizit), wobei diese ab Th 3 und Th 9 eintraten. Außerdem lag bei einem Patienten initial ein weiteres komplettes, neurologisches Defizit ab Th 8 vor, welches sich wie oben beschrieben im Verlauf vollständig zurückbildete.

Aus den vierzehn Hyperextensionsverletzungen des thorakolumbalen Übergangs (BW 11 – LW 2) resultierten drei komplette und eine inkomplette Querschnittssymptomatik (28,6 % mit neurologischem Defizit). Die vollständigen Querschnitte traten bei Verletzungen der Wirbel BW 11 und LW 2 sowie des Segmentes BW 12 / LW 1 auf. Der Patient, dessen BW 11 frakturierte, litt bereits vor dem Trauma an einer Spinalkanalstenose auf Höhe BW 6, zeigte zuvor jedoch keinerlei neurologische Auffälligkeiten. Erst nach dem Unfall entwickelte er einen kompletten, neurologischen Querschnitt ab Th 6. In der posttraumatischen Bildgebung war in der Kernspintomographie eine Signalveränderung des Myelons im Sinne einer Kontusion auf Höhe BW 6 / 7 zu erkennen. Eine signifikante Einengung des Spinalkanals sowie knöcherne Verletzungen auf dieser Höhe konnten ausgeschlossen werden. Im weiteren Verlauf zeigte sich jedoch keine Besserung der neurologischen Defizite.

Ein inkompletter Querschnitt entstand bei einer Hyperextensionsverletzung im Segment LW 1 / 2.

Bei der einen Läsion im kaudalen Abschnitt der LWS (LW 3 bis Sakrum) kam es zu keinem neurologischen Ausfall.

40 % der Hyperextensionsverletzungen bei Patienten ohne relevante Vorerkrankungen (2 von 5) führten zu einem neurologischen Defizit. Dabei kam es in einem von drei Fällen (33,3 %) einer thorakalen Wirbelsäulenläsion zu neurologischen Ausfällen und bei einer von zwei (50 %) Verletzungen im Bereich des thorakolumbalen Übergangs.

Bei den Patienten mit einer DISH erlitten 23,5 % initial ein neurologisches Defizit (4 von 17). Davon lag die Läsion in einem von acht Fällen (12,5 %) in der thorakalen Wirbelsäule und bei drei von neun Patienten (33,3 %) im Bereich des thorakolumbalen Übergangs.

Patienten mit einem M. Bechterew oder mit ausschließlich degenerativen Veränderungen erlitten durch das Trauma keine neurologische Symptomatik.

Somit zeigte sich für Wirbelsäulengesunde sowie für Patienten mit einer DISH ein häufigeres Auftreten neurologischer Defizite bei thorakolumbalen Hyperextensionsverletzungen als bei thorakalen.

In den Fällen, die initial in einem neurologischen Defizit resultierten, verlief die Verletzung durch die vordere Säule bei zwei Patienten transossär (33 %) und bei vier Patienten (66 %) transdiskal. In der hinteren Säule kam es in allen Fällen zu ligamentären Verletzungen (100 %).

An Vorerkrankungen der Wirbelsäule zeigten die Patienten mit initialer neurologischer Symptomatik in vier Fällen eine DISH und in zwei Fällen keine Vorschädigung.

Alle sechs Patienten mit einem neurologischen Defizit initial im Anschluss an das Hyperextensionstrauma waren Opfer eines hochenergetischen Unfalls (100 %), wovon sich bei einem Patienten, wie oben beschrieben, die Defizite vollständig wieder zurückbildeten.

Ein Patient mit einem M. Bechterew mit Hyperextensionsverletzung nach einem niederenergetischen Trauma erlitt durch die Stabilisierungs-Operation wie oben beschrieben einen kompletten Querschnitt.

(siehe Tabelle 3.5)

Verletzungshöhe		Vorerkrankung	
kompletter Querschnitt:			
Pat01	LWK 2	DISH	
Pat09	BWK 11	DISH	vorbestehende Spinalkanalstenose auf Höhe BWK 6 → nach Trauma Querschnitt ab Th6
Pat14	BWK 7 / 8	DISH	Besserung von Frankel A zu E i.V.
Pat18	BWK 4 / 5	keine	
Pat21	BWK12 / L1	keine	
Pat26	BWK 8 / 9	M. Bechterew	der Querschnitt stellte sich postoperativ nach intraoperativer Schraubenfehlage dar
inkompletter Querschnitt:			
Pat16	LWK 1 / 2	DISH	

Tabelle 3.5: Patienten mit neurologischen Defiziten (n=7)

### 3.8 Therapie

Alle Patienten mit Hyperextensionsverletzungen, die in der Universitätsklinik Würzburg behandelt wurden, wurden von dorsal mittels eines Fixateur interne stabilisiert. Dabei wurden durchschnittlich 2,74 Segmente versteift (Reichweite: 1 – 4; SD: 1,04). Bei sieben Patienten wurden Querstabilisatoren (25,9 %) eingebracht.

Durchschnittlich dauerte es 7,2 Tage bis die Patienten nach ihrem Unfall operativ versorgt wurden (0 – 28 Tage; SD: 8,3). Die Dauer nach Aufnahme in die Unfallchirurgie der Universitätsklinik Würzburg bis zur Operation betrug im Durchschnitt vier Tage (0 – 21 Tage; SD: 5). Durchschnittlich lagen die Patienten 6,0 Wochen (1 – 27 Wochen; SD: 6) stationär in einer Klinik, wovon sie durchschnittlich 30,6 Tage (7 – 135 Tage; SD: 27,3) in der Universitätsklinik Würzburg versorgt wurden.

### 3.9 Komplikationen

Im Rahmen der Therapie kam es in fünf Fällen zu operativ bedingten Komplikationen (18,5 %). Dazu zählten vier Pedikelschraubenfehlagen, die in einem Fall postoperativ zu einem kompletten Querschnitt führte. In einem weiteren Fall kam es zu einer Stabilisierung der falschen Segmente. Alle diese Komplikationen wurden operativ revidiert, wobei der oben genannte Patient als einziger einen bleibenden Schaden durch eine operative Komplikation erlitt (3,7 % von allen Patienten).

Postoperativ kam es bei einem Patienten zu einer relevanten Blutung des unteren Gastro-Intestinal-Traktes aus einer Angiodysplasie des Kolons und in einem weiteren Fall zu einem atonischen Dünndarmileus, die jeweils durch operative Maßnahmen beherrscht werden konnten.

Ein weiterer Patient erlitt eine Wundinfektion mit folgender Sepsis bis hin zum Multiorganversagen, an dem er schließlich einen Monat postoperativ verstarb. Vier weitere Patienten verstarben einen, eineinhalb, zwei und drei Monate nach dem Unfall (18,5 % von allen Patienten verstarben infolge des Traumas). Diese Patienten waren durchschnittlich 83,4 Jahre alt (78 – 92; SD: 6,2). Drei litten an einer DISH und zwei an einem M. Bechterew. Einer der Patienten war Opfer eines schweren Traumas (20 %), die anderen vier waren aus Körperhöhe gestürzt (80 %).

### 3.10 Verlauf nach Entlassung

Die Informationen über den poststationären Verlauf konnten für die einzelnen Patienten jeweils nur zu unterschiedlichen Zeitpunkten nach dem Trauma gewonnen werden. Die Zeitspanne der Nachbeobachtung variierte bei den einzelnen Patienten von 0 – 60 Monaten (Mittelwert: 10,85 Monate; SD: 13,2 Monate; Median: 6 Monate). Die fünf Patienten ausgenommen, die innerhalb der ersten Monate an den Folgen des Unfalls verstarben, waren es 0 – 60 Monate mit einem Mittelwert von 12,9 Monaten (SD: 13,8 Monate; Median: 9 Monate). In drei Fällen konnten dabei keine weiteren Behandlungsdaten eruiert werden. *(siehe Tabelle 8.3 im Anhang für die einzelnen Verlaufsdaten)*

77,3 % der überlebenden Patienten (17 von 22) wurden nach dem stationären Aufenthalt im Krankenhaus zunächst in einer Rehaklinik weiter behandelt.

Von zweiundzwanzig Patienten waren neun (40,9 %) nach Abschluss der stationären Behandlung nicht gehfähig.

Bei vierzehn von zwanzig beurteilbaren Patienten (70 %) führte der erlittene Unfall nach Beendigung der stationären Behandlung zu bedeutenden Änderungen in der Lebensführung, wobei bei elf der vierzehn Patienten (55 %) vor allem die Wirbelsäulenverletzungen und bei den übrigen Patienten die weiteren Begleittläsionen dafür ursächlich waren.

Sieben von achtzehn beurteilbaren Patienten (38,9 %) waren nach Abschluss der Behandlung in der Lage, sich daheim selbst zu versorgen, sechs (33,3 %) waren daheim auf Hilfe angewiesen und fünf (27,8 %) lebten aufgrund der Folgen des Unfalls in einem Pflegeheim.

Bezogen auf die Vorerkrankungen waren von den fünf Patienten ohne vorherige Schäden der Wirbelsäule nach Entlassung aus der stationären Behandlung einer weiterhin Selbstversorger (20 %), zwei wurden daheim versorgt (40 %) und einer wurde in einem Pflegeheim weiterbetreut (20 %), wodurch es bei den drei letztgenannten zu einer bedeutenden Änderung in der Lebensführung kam. In dem fünften Fall zog sich der Verunfallte einen kompletten Querschnitt zu, weshalb sich auch für diesen Patienten die Lebensumstände veränderten. Die weitere Versorgung konnte in diesem Fall nicht

eruiert werden. Für 80 % der Patienten ohne Vorerkrankungen der Wirbelsäule kam es somit zu einer bedeutenden Veränderung der Lebensführung. Zwei der Patienten ohne spinale Vorschäden (40 %) waren bei Entlassung aus der stationären Behandlung gehfähig.

Von den vier Patienten mit einem M. Bechterew verstarben zwei jeweils einen Monat nach dem Trauma (50 %), ein Patient wurde im Verlauf daheim versorgt (25 %) und ein weiterer in einem Pflegeheim betreut (25 %). Der Unfall führte bei beiden Überlebenden zu einer Umstellung der Lebensführung (100 %). Beide waren bei der Entlassung aufgrund ihres schlechten Allgemeinzustandes nicht gehfähig (100 %).

Von den siebzehn Patienten mit einer DISH verstarben drei nach 1,5, 2 und 3 Monaten an den Folgen des Unfalls (17,65 %), sechs konnten sich nach der stationären Behandlung weiterhin selbst versorgen (40 %), drei wurden daheim betreut (20 %) und weitere drei Patienten mussten in einem Pflegeheim versorgt werden (20 %). Bei zwei Patienten konnte der poststationäre Verlauf nicht beurteilt werden. Von den überlebenden und beurteilbaren Patienten der DISH-Gruppe änderte sich für acht von zwölf die weitere Lebensführung (66,7 %). 71,4 % von den Überlebenden waren bei Entlassung aus der stationären Behandlung gehfähig.

Die Patientin mit ausschließlich degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule war bei Entlassung gehfähig (100 %). Die weitere häusliche Versorgung ist nicht bekannt. *(siehe Tabelle 3.6)*

	keine Vorerkrankungen	M. Bechterew	DISH	degenerative Veränderungen
Anzahl der Patienten	5	4	17	1
Durchschnittsalter /Jahre	46,6	80,75	74,71	79
Min /Jahren	25	75	54	-
Max /Jahren	69	92	88	-
Standardabw. (Alter)	17,16	7,63	9,62	-
neurolog. Defizit initial /%	40	0	23,53	0
in Folge des Traumas verstorben /%	0	50	17,65	0
Selbstversorger /%	20	0	40	-
daheim versorgt /%	40	25	20	-
Pflegeheim /%	20	25	20	-
Trauma führte zu einer Umstellung der Lebensführung /%	80	100	66,7	-
gehfähig bei Entlassung /%	40	0	71,4	100

Tabelle 3.6: Traumafolgen nach Vorerkrankung der Wirbelsäule (n=27)

### 3.11 Verletzungszeitpunkte

Bei der Anzahl der Diagnosen von Hyperextensionsverletzungen wurde eine zunehmende zeitliche Häufung deutlich. Nachdem 1997, 1999, 2000 und 2002 jeweils eine, 2004 zwei und 2005 erneut eine solche Läsion in Würzburg diagnostiziert wurden, wuchsen die Fallzahlen 2007 auf fünf pro Jahr, 2008 auf sechs und 2009 auf acht Patienten an. Der angezeigte Fall im Jahre 2010 ist nur auf den Januar bezogen, nicht auf das gesamte Jahr.

(siehe Abbildung 3.21)

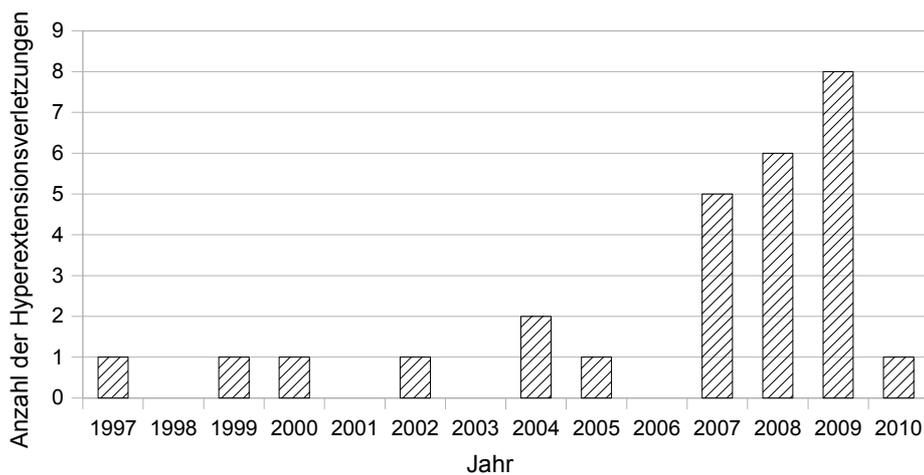


Abbildung 3.21: Anzahl der Hyperextensionsverletzungen pro angegebenem Jahr (n=27)

## 4 Diskussion

### 4.1 Neurologische Defizite durch die Hyperextensionsverletzungen

Der Schweregrad und die Wahrscheinlichkeit einer irreversiblen neurologischen Schädigung ist bei thorakalen Verletzungen größer als bei lumbalen, was in der Weite des Spinalkanals im Verhältnis zu der Dicke des Rückenmarks begründet liegt [8]. Bereits Einengungen des Spinalkanals um 20 % können in der oberen und mittleren thorakalen Wirbelsäule zu kompletten Lähmungen führen. Im Vergleich dazu bleibt auf Höhe des thorakolumbalen Übergangs ein Reserveraum von 40 %, in der unteren lumbalen Wirbelsäule aufgrund der hier nur noch verlaufenden Nervenwurzeln sogar einer von 90 % [2].

Durch die Studien von Denis and Burkus (1992) [7], Burke (1971) [3] und DeOliveira (1978) [6] wurde dies, bezogen auf thorakolumbale Hyperextensionsverletzungen bei Patienten ohne vorherige Erkrankungen der Wirbelsäule, verdeutlicht:

Denis and Burkus (1992) [7] stellten elf thorakale Hyperextensionsverletzungen dar, von denen zehn in einer irreversiblen Paraplegie (90,9 %) und eine in einem inkompletten Querschnitt (9,1 %) resultierten. Damit trugen 100 % der Patienten mit einer thorakalen Hyperextensionsverletzung ein dauerhaftes, neurologisches Defizit davon. Der Patient, dessen lumbale Wirbelsäule betroffen war, erholte sich von initial Frankel A zu postoperativ Frankel C.

Burke (1971) [3] zeigte in seiner Arbeit vier Hyperextensionsverletzungen der thorakalen Wirbelsäule, die alle in einer irreversiblen Paraplegie resultierten, woraus sich auch hier in 100 % der Fälle ein neurologisches Defizit für Hyperextensionsverletzungen der thorakalen Wirbelsäule ergab.

In der Studie von DeOliveira (1978) [6] erlitten neun Patienten lumbale Hyperextensionsverletzungen, von denen einer, ein fünfjähriger Junge aufgrund der Unfallverletzungen verstarb, ein Patient einen inkompletten Querschnitt und sieben kein dauerhaftes neurologisches Defizit davontrugen. Daraus ergab sich für die lumbalen Hyperextensionsläsionen in lediglich 12,5 % der Fälle ein neurologisches Defizit. Der einzige Patient mit einem thorakalen Hyperextensionstrauma behielt auch hier eine dauerhafte neurologische Schädigung (100 % neurologische Defizite).

Die zwei Jahre nach der ersten erschienenen zweiten Arbeit zu diesem Thema von Burkus

and Denis (1994) [4] behandelte vier weitere Fälle mit entsprechenden Läsionen der thorakalen Wirbelsäule. Die Wirbelsäulen dieser Patienten waren aber jeweils durch eine DISH verändert. Ein Patient erlitt infolge seines Traumas eine Paraplegie und die anderen drei zeigten keinerlei neurologische Auffälligkeiten, woraus sich hier ein neurologisches Defizit bei 25 % der Patienten mit thorakaler Hyperextensionsverletzung bei DISH ergab.

In unserer Studie wiesen 40 % (2 von 5) der Patienten ohne Vorerkrankungen der Wirbelsäule eine Querschnittssymptomatik auf. Das neurologische Defizit trat hier in einem Drittel der Fälle von thorakalen Hyperextensionsverletzungen sowie bei der Hälfte der Läsionen des thorakolumbalen Übergangs auf.

Bei den Unfallopfern mit einer DISH zogen sich durch das Hyperextensionstrauma initial 23,5 % (4 von 17) ein neurologisches Defizit zu. Davon lag die Läsion in einem von acht Fällen (12,5 %) in der thorakalen Wirbelsäule und bei drei von neun Patienten (33,3 %) im Bereich des thorakolumbalen Übergangs.

Für die Rate an neurologischen Defiziten bei durch DISH veränderten thorakalen Wirbelsäulen stellte sich somit im Vergleich mit der Studie von Burkus and Denis (1994) [4] ein niedrigeres Ergebnis dar.

Des Weiteren zeigte sich anhand der oben aufgeführten Daten zum Einen ein vermehrtes Auftreten neurologischer Ausfälle bei Hyperextensionsverletzungen von Patienten ohne diesbezüglich relevante Vorerkrankungen gegenüber Läsionen bei Patienten mit einer DISH. All die in diesen Fällen ursächlichen Unfälle wurden jeweils als hochenergetisch eingestuft, wobei eine exakte Unterscheidung der wirkenden Mechanismen und Kräfte retrospektiv nicht möglich war. Da eine Vorschädigung der Wirbelsäule durch eine DISH wohl nicht vor neurologischen Defiziten schützt, bleibt zu vermuten, dass in den Fällen der Hyperextensionsverletzungen bei gesunden Wirbelsäulen durchschnittlich eine höhere Krafteinwirkung wirkte als bei den Patienten mit einer DISH. Bei Vorliegen eines M. Bechterew oder starken degenerativen Veränderungen kam es jeweils bereits bei einem verhältnismäßig geringen Trauma zu den genannten Hyperextensionsverletzungen. Die entsprechenden Patienten unserer Studie zeigten sich initial neurologisch unauffällig, was die Vermutung unterstützt, dass die Wahrscheinlichkeit eines neurologischen Defizits eher mit der Schwere des Traumas

korreliert und dass die Vorerkrankungen der Wirbelsäule nur eine untergeordnete Rolle spielen.

Zum Anderen finden wir in unserer Studie ein selteneres Auftreten neurologischer Defizite bei thorakalen Hyperextensionsverletzungen als bei Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs und zwar sowohl für Patienten ohne spinale Vorerkrankungen als auch für diejenigen mit einer DISH.

Dies widerspricht der entsprechenden Vermutung Erbs (1995) [8], dass das Vorkommen neurologischer Defizite für die thorakale und lumbale Wirbelsäule umgekehrt wäre, und steht im Gegensatz zu den Ergebnissen der oben genannten Arbeiten von DeOliveira (1978) [6], Burkus and Denis (1994) [4] und Denis and Burkus (1992) [7].

Aebi (2009) [1] beschrieb das Auftreten neurologischer Ausfälle bei B3-Verletzungen mit 50 %, wobei in der entsprechenden Studie nur zwei von 1212 Patienten (0,17 %) eine solche Läsion erlitten. Damit lag die Rate neurologischer Defizite höher als bei den B1- (30 %) und B2- (33 %) Verletzungen.

Bühren (2001) [2] beschrieb die Rate an neurologischen Begleitläsionen bei Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule als hoch, Burke (1971) [3] sprach von einer schlechten Prognose für neurologische Ausfälle, Denis and Burkus (1992) [7] stuften die Inzidenz für Paraplegien als hoch ein.

Die in den Berichten von Schnake et al. (2008) [24] (26 % neurologische Defizite), Magerl et al. (1994) [19] (32 % neurologische Defizite) und Knop et al. (1999, 2000) [16; 17] (28 % neurologische Defizite) präsentierten Ergebnisse für neurologische Ausfälle bezogen sich auf alle thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungstypen der Gruppe B (bzw. bei Knop et al. des thorakolumbalen Übergangs), von denen die Hyperextensionsläsionen mit Abstand die geringsten Fallzahlen ausmachten. Diese würden somit den Daten für B1- und B2- Verletzungen aus der Studie Aebis [1] entsprechen.

Bei den thorakolumbalen Hyperextensionsverletzungen der zuvor wirbelsäulengesunden Patienten unserer Arbeit kam es in 40 % der Fälle (2 von 5) initial zu neurologischen Defiziten. Damit liegt die Rate höher als die der B1- und B2-Verletzungen, wenn auch nicht so hoch wie von Aebi beschrieben (50 %).

#### 4.2 Schwere des Traumas

Die thorakale Wirbelsäule ist generell weniger von Extensionsverletzungen betroffen als die cervikale [5] oder lumbale, weil ihr durch den Brustkorb aus Rippen und Sternum [8] und durch die Ausrichtung der Facettengelenke [18] zusätzliche Stabilität verliehen wird. Daher lässt sich vermuten, dass leichtere Traumata eher nicht zu Läsionen der thorakalen Wirbelsäule führen und dass es erst bei höherenergetischen Unfällen, die mit Frakturen des Rippenkäfigs einhergehen können, zu solchen Verletzungen kommt [8]. Ausgenommen hiervon sind sicherlich vorgeschädigte Wirbelsäulenabschnitte.

Dies bestätigte sich in unserer Studie für Hyperextensionsverletzungen. Elf von zwölf (91,7 %) Läsionen der thorakalen Wirbelsäule (BW1 – 10) ereigneten sich bei hochenergetischen Unfällen. In dem einen Fall eines niederenergetischen Traumas war der Patient durch M. Bechterew vorerkrankt. Im Vergleich dazu war bei den Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs (BW 11 – LW 2) in nur 57,1 % der Fälle (8 von 14) ein hochenergetischer Unfall ursächlich.

Bei allen Patienten ohne vorherige Erkrankungen der Wirbelsäulen waren jeweils hochenergetische Traumata ursächlich für die Hyperextensionsverletzungen. Bei den Patienten mit einer DISH lagen zu 17,7 % niederenergetische Unfälle vor. Die Patienten mit einem M. Bechterew sowie die Patientin mit ausgeprägten degenerativen Veränderungen waren jeweils Opfer leichter Traumata.

Obwohl anhand der retrospektiven Daten keine exakte Rekonstruktion der einzelnen Unfälle möglich war und somit die einwirkenden Kräfte nicht genau beurteilt werden konnten, lässt sich anhand der Auswertung der Begleitverletzungen zwischen den zuvor wirbelsäulengesunden Patienten, bei denen es in 80 % der Fälle zu weiteren behandlungsbedürftigen Verletzungen kam, und denen mit DISH, bei denen zu 60 % weitere Läsionen auftraten, vermuten, dass es für eine Hyperextensionsverletzung bei Menschen ohne diesbezüglich relevante Vorerkrankungen eines stärkeren Traumas bedarf als bei einer durch DISH veränderten Wirbelsäule. Bezogen auf M. Bechterew und ausgeprägte degenerative Veränderungen kommt es sicher bereits bei geringeren Krafteinwirkungen zu einer Hyperextensionsläsion, wie sich anhand der Ergebnisse über die Traumaschwere und denen der auftretenden Begleitverletzungen erkennen lässt.

#### 4.3 Verletzungshöhe

Die Verteilung der Wirbelsäulenverletzungen ist nicht homogen auf alle Wirbelsäulenabschnitte verteilt. So treten die meisten Läsionen um den thorakolumbalen Übergang herum auf [2; 19] und das craniale und kaudale Ende der thorakolumbalen Wirbelsäule sowie BW 10 sind am seltensten betroffen. Zudem kommen Läsionen des thorakolumbalen Übergangs sowie lumbale häufiger vor als rein thorakale Verletzungen [18].

Ausschließlich bezogen auf Hyperextensionsverletzungen zeigten Denis and Burkus (1992) [7] von zwölf Fällen zehn thorakale (83,3 %), eine thorakolumbale und eine lumbale Läsion (je 8,3 %). Burke (1971) [3] sowie Burkus and Denis (1994) [4] stellten jeweils vier thorakale Verletzungen dar. DeOliveira [6] hingegen präsentierte neun lumbale (90 %) und ein thorakales (10 %) Trauma mit einer deutlichen Häufung der Segmente LW 1 / 2 (vier Fälle) und LW 2 / 3 (fünf Fälle).

In der Studie von Magerl et al. (1994) [19] über 1445 Patienten aller Verletzungstypen der thorakolumbalen Wirbelsäule machten thorakale Läsionen 23,6 % aus, solche im Bereich des thorakolumbalen Übergangs 62,4 % und lumbale 14 %.

In unserem Kollektiv waren die Hyperextensionsverletzungen bei den zuvor wirbelsäulengesunden Patienten zu 60 % in der thorakalen Wirbelsäule lokalisiert. Zusammen mit den Patienten mit vorgeschädigten Wirbelsäulen lagen zwölf Hyperextensionsverletzungen im Bereich der Brustwirbelsäule zwischen BW 1 – 10, vierzehn auf Höhe des thorakolumbalen Übergangs zwischen BW 11 – LW 2 und eine Verletzung in der mittleren Lendenwirbelsäule (LW 3 – Sakrum) vor.

Es wird deutlich, dass die Hyperextensionsverletzungen bei Patienten ohne Vorerkrankungen der Wirbelsäule häufiger in der thorakalen Wirbelsäule lokalisiert waren, als dies für Wirbelsäulenverletzungen im Allgemeinen üblich ist.

#### 4.4 Vorerkrankungen der Wirbelsäulen und Morphologie der Verletzungen

Patienten, die unter einer Ankylose der Wirbelsäule leiden, sind schon bei geringeren Krafteinwirkungen anfälliger für Verletzungen, als es bei Wirbelsäulengesunden der Fall ist [8; 10; 12; 14; 15; 20]. Die geminderte Mobilität und somit die eingeschränkte

Möglichkeit, der einwirkenden Kraft nachzugeben, kann dabei zu Verletzungen führen. Zudem kann der versteifte Anteil als Hebel fungieren und die Kraftwirkung verstärken. DISH und M. Bechterew sind vornehmlich als Ursachen der Versteifung zu nennen, wobei Verletzungen bei DISH seltener auftreten als bei der ankylosierenden Spondylitis [20]. Dies liegt laut McKenzie et al. [20] vornehmlich daran, dass bei der DISH meist sogenannte „Skip areas“ vorliegen – nicht betroffene Wirbelsäulenabschnitte zwischen den erkrankten Abschnitten, welche noch eine gewisse Mobilität zulassen. Des Weiteren kommt es zu geringeren knöchernen Überbrückungen der Bewegungssegmente und die Apophysengelenke werden nicht mit betroffen [20].

Mehrere Autoren sind sich einig, dass die spinalen Verletzungen bei DISH in der Regel durch den Wirbelkörper verlaufen [15; 20], im Gegensatz zu der ankylosierenden Spondylitis, bei der der Verletzungsspalt durch den Intervertebralraum zu erwarten wäre [15; 20]. Die Begründung findet sich laut McKenzie et al. [20] in der Verteilung der Ossifikationen. So sind diese bei DISH auf Höhe der Bandscheiben charakteristischerweise stärker ausgeprägt, was zu einer größeren Stabilität in diesem Bereich führe und wodurch die Schwachpunkte auf Höhe der Wirbelkörper lägen. Bei der ankylosierenden Spondylitis halten McKenzie et al. [20] die brückenartig formierten Syndesmophyten für die Schwachstellen des degenerierten Achsenskeletts.

Bezogen auf den Verlauf der Verletzung durch die vordere und die hintere Säule zeigte sich bei den Patienten unserer Studie ohne spinale Vorerkrankungen (n=5) jeweils mit einer rein diskoligamentären Schädigung ein eindeutiges Bild.

Ebenso deutlich stellte es sich bei den Patienten mit M. Bechterew (n=4) und der Patientin mit ausschließlich degenerativen Veränderungen (n=1) dar, die jeweils transkorporale Läsionen der vorderen und transossäre der hinteren Säulen aufzeigten.

Es zeigte sich also ein gegenteiliges Ergebnis zu der Aussage der oben genannten Autoren McKenzie et al. und Israel et al. bezüglich des Verletzungsverlauf durch die vordere Säule der Patienten mit M. Bechterew.

Die hintere Säule beim M. Bechterew betrachtend tritt bei einer Hyperextensionsverletzung aufgrund der Verknöcherungen der Zwischenwirbelanteile

und insbesondere der Apophysengelenke normalerweise eine ossäre Läsion auf – so auch bei den Patienten unserer Studie (100 %), die an dieser Erkrankung litten.

Heterogener verhielt es sich bei den Verletzungen durch die vordere Säule bei den durch DISH geschädigten Wirbelsäulen (n=17), bei denen die Verletzungen zu 47,1 % transossär (n=8) und zu 52,9 % transdiskal (n=9) verliefen, wobei es sich in 6 Fällen um kombinierte Läsionsverläufe handelte. Die DISH-Patienten mit einer transkorporalen Verletzung waren dabei mit durchschnittlich 79,9 Jahren im Vergleich zu 70,1 Jahren bei den Patienten mit transdiskalen Läsionen signifikant älter und erlitten die Verletzung mit 25 % im Vergleich zu 11,1 % häufiger bei einem leichten Trauma. Zwei der Patientinnen mit transossären Verletzungen und eine Patientin mit transdiskaler Verletzungsmorphologie zeigten zusätzlich zu der DISH radiologisch degenerative Veränderungen im Sinne einer Osteoporose. Anhand dieser Daten lässt sich vermuten, dass die DISH-Patienten mit einer transossären Läsion der vorderen Säule zum Verletzungszeitpunkt eine bereits stärker vorgeschädigte Wirbelsäule hatten als diejenigen mit transdiskalen Läsionen.

Die oben genannte These der Autoren Israel et al. [15] und McKenzie et al. [20] bestätigt sich daher nicht für alle Patienten mit einer DISH.

Bezogen auf die hintere Säule zeigte sich bei den Patienten mit einer DISH mit 76,5 % deutlich häufiger eine ligamentäre Verletzung (n=13) als eine knöcherne (n=4). Dies wird am ehesten auf die anterolaterale Verteilung der Ossifikationen und die davon nicht betroffenen hinteren Wirbelsäulenanteile zurückzuführen sein.

Von den Patienten unserer Studie mit Hyperextensionsverletzungen waren insgesamt 63% von einer DISH und 14,8 % von einem M. Bechterew betroffen. Von den zwanzig Männern zeigten dreizehn eine DISH (65 %), vier einen M. Bechterew (20 %) und keiner Anzeichen schwerer degenerativer Veränderungen. Von den sieben Frauen unserer Studie litten vier an einer DISH (57,1 %), drei hatten zusätzlich dazu radiologische Anzeichen einer Osteoporose (42,9 %) und eine Patientin zeigte deutliche degenerative Veränderungen ohne versteifende Komponente (14,3 %).

Im Vergleich zu der in der Literatur genannten Prävalenz von DISH von 25 % bei Männern bzw. 15 % bei Frauen [26] und 1 % für M. Bechterew [13] wird deutlich, dass diese Erkrankungen der Wirbelsäule bei unserem Patientenkollektiv deutlich vermehrt vorliegen. Daraus lässt sich schließen, dass Menschen mit diesen versteifenden Vorschädigungen häufiger Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule erleiden als Wirbelsäulengesunde.

In der Studie von Knop et al. [16; 17] zeigten sich bei 159 von 682 (23,3 %) der Patienten mit operativ versorgten Wirbelsäulenverletzungen des thorakolumbalen Übergangs (BW 11 – LW 2) spinale Vorerkrankungen (2mal M. Bechterew, 30mal Skoliose, 39mal Bandscheibenprotrusion oder -prolaps, 103mal degenerative Wirbelsäulenveränderungen, 40mal Osteoporose).

Es lässt sich anhand der vorliegenden Daten erkennen, dass thorakolumbale Hyperextensionsverletzungen im Vergleich zu anderen Wirbelsäulenläsionen häufiger bei vorgeschädigten Wirbelsäulenabschnitten auftreten.

Da versteifende Erkrankungen der Wirbelsäule wie M. Bechterew oder DISH häufiger bei Männern vorkommen, ist dies auch eine Erklärung für das vermehrte Vorkommen von Hyperextensionsverletzungen bei Männern, die in unserem Kollektiv 74,1 % ausmachen. Im Vergleich dazu geben Schnake et al. (2008) [14], Knop et al. (1999/2000) [16; 17] und Bühren (2001) [2] an, dass zwei Drittel aller Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule bzw. bei Knop et al. [16; 17] des thorakolumbalen Übergangs Männer betreffen.

Aufgrund der steigenden Prävalenz der genannten versteifenden Wirbelsäulenerkrankungen mit dem Alter, erklärt dies zudem das höhere Durchschnittsalter von 70,6 Jahren (25 bis 92 Jahre) der Hyperextensionsverletzungspatienten unserer Studie, das weit über dem anderer Wirbelsäulenverletzungsstudien liegt.

Bezüglich der Altersverteilung geben Schnake et al. [24] bei 270 Patienten mit thorakolumbalen Verletzungen ein Durchschnittsalter von 39 Jahren (14 – 79 Jahre) an, Knop et al. [16; 17] bei 682 Fällen eines von 39,5 Jahren (7 – 83 Jahre), Bühren [2] beschreibt einen Altersgipfel zwischen 20 und 40 Jahren.

Auch bei den Hyperextensionsverletzungsstudien kamen Denis and Burkus (1992) [7]

auf ein Durchschnittsalter von 31,4 Jahren (11 – 56 Jahre), DeOliveira [6] auf eines von 27 Jahren (5 – 45 Jahre), wobei alle diese Patienten keine Vorkrankungen der Wirbelsäule hatten und jeweils ein hochenergetisches Trauma erlitten.

#### 4.5 Einteilung von Hyperextensionsverletzungen

In der Klassifikation nach Magerl et al. [19], bei der Patienten mit höhergradig krankhaft veränderten Wirbelsäulen nicht berücksichtigt wurden, wird davon ausgegangen, dass bei Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule die Läsionen der vorderen Anteile generell durch den Intervertebralraum verlaufen und es höchstens zu Abrissfrakturen der Wirbelkörperdeckplatten kommt. Die Möglichkeit einer transossären Verletzung der vorderen Säule wird nicht mit eingeschlossen und kann nicht klassifiziert werden.

Magerl et al. [19] bezogen sich bei ihrer Einteilung vor allem auf die Studie von Denis and Burkus [7], bei denen in allen zwölf Fällen die Verletzungen der vorderen Säule transdiskal verliefen und es nur bei einem Patienten zusätzlich zu einer kleinen Abrissfraktur der Deckplatte kam. Auch DeOliveira [6] und Burkus and Denis [4] fanden nur transdiskal verlaufende Verletzungen der vorderen Säule.

Dementsprechend verliefen auch alle Hyperextensionsverletzungen bei den Patienten unseres Kollektivs ohne Vorerkrankungen der Wirbelsäule transdiskal. Die transossären Läsionen der Patienten mit ankylotisch oder degenerativ vorerkrankten Wirbelsäulen, die in unserer Studie mit 13 von 27 Verletzungen (48,2 %) die Hälfte der Fälle ausmachten, können somit jedoch nicht klassifiziert werden. Eine Erweiterung der Klassifikation wäre hier denkbar.

#### 4.6 Therapieoptionen

Da eine Hyperextensionsverletzung mit Zerreißen des vorderen Längsbandes gegenüber Extensionskräften stets als instabil gilt, sollten therapeutisch stabilisierende Maßnahmen durchgeführt werden. Hierbei bleibt der Grad der Dislokation der Verletzung zu beachten und zu entscheiden, ob eine operative Reposition durchgeführt

werden muss. Ebenso sind neurologische Defizite zu berücksichtigen, da bei deren Vorliegen operativ versucht werden sollte, eine Dekompression des Rückenmarks zu erreichen.

Eine konservative Vorgehensweise wurde in früheren Studien berichtet und bei Patienten ohne signifikante Dislokationen angewandt [3; 6; 9]. Sie gilt heute als nahezu obsolet. Es sollten durch Orthesen [6] oder per Gips die Bewegungen des entsprechenden Wirbelsäulenabschnittes eingeschränkt und somit eine Frakturheilung ermöglicht werden. Früher bedeutete dies für die Betroffenen eine relativ lange Immobilisation mit Bettruhe.

Die operative Behandlung verfolgt das Ziel einer Stellungskorrektur und der anschließenden Stabilisierung der Wirbelsäule, wobei eine Dekompression des Wirbelkanals durchgeführt werden kann. Hierzu werden von dorsal oder von ventral oder bei besonderer Instabilität von beiden Seiten die entsprechenden Wirbel miteinander fusioniert. Nach diesem Vorgehen wurden alle Patienten unserer Studie versorgt.

In DeOliveiras Studie (1978) [6] wurden noch sechs von neun Hyperextensionsverletzungen konservativ mit strikter Bettruhe und anschließend mit Gips-Korsetten behandelt. Die anderen drei bekamen eine chirurgische Reposition und zusätzlich in zwei Fällen eine Fixation.

Denis and Burkus (1992) [7] versorgten initial zehn von zwölf Patienten chirurgisch mit dorsalen Fixationen, wobei die Patienten anschließend zusätzlich thorakolumbosakrale Orthesen tragen mussten. Die Patienten 11 und 12 waren Kinder, die zunächst konservativ mit einer Orthese behandelt wurden. Eines der beiden Kinder musste jedoch wegen auftretender Kyphose und Skoliose sekundär operativ von dorsal stabilisiert werden.

Von Burkus (1994) [4] Patienten wurden drei von vier von dorsal stabilisiert und zusätzlich mit einer thorakolumbalen(-sakralen) Orthese versorgt. Das vierte Unfallopfer konnte wegen seines schlechten Allgemeinzustandes nicht operiert werden und wurde nur konservativ mittels Orthese behandelt.

Anhand dieser Studien wird deutlich, dass sich mit Zunahme der operativen Möglichkeiten im Laufe der vergangenen Jahrzehnte die Tendenz hin zu einer

operativen Behandlung von Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule bewegt und nur noch in Ausnahmefällen konservativ therapiert wird, so z. B. wenn der Patient aufgrund seines geminderten Allgemeinzustandes nicht operationsfähig ist.

## 5 Zusammenfassung

In dieser retrospektiven Studie wurden 27 innerhalb von 13 Jahren in der Universitätsklinik Würzburg versorgten thorakolumbalen Hyperextensionsverletzungen analysiert. Es wurden vor allem der jeweils wirkende Unfallmechanismus und die Schwere des Traumas, die aufgetretenen neurologischen Defizite und Begleitverletzungen, die Unterschiede zwischen den verschiedenen vorliegenden Vorerkrankungen der Wirbelsäulen, die Morphologie der Verletzungen und der kurzfristige poststationäre klinische Verlauf untersucht.

Anhand der gewonnenen Daten gehen Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule mit einem höheren Risiko für neurologische Defizite einher als andere thorakolumbale Verletzungen der Gruppe B (40 % gegenüber 26 – 33 %), jedoch ist dieses niedriger, als von anderen Autoren beschrieben. Dabei traten neurologische Defizite nur bei hochenergetischen Unfällen auf. Entgegen den Erwartungen war das Auftreten einer neurologischen Schädigung bei den Patienten unseres Kollektivs ohne diesbezüglich relevante Vorerkrankungen bei thorakalen Läsionen (33,3 %) geringer als bei solchen des thorakolumbalen Übergangs (50 %). Ebenso verhielt es sich bei den Patienten mit einer DISH (12,5 % thorakal zu 33,3 % thorakolumbalen Übergang). Zudem traten die Hyperextensionsverletzungen bei zuvor Wirbelsäulengesunden häufiger in der thorakalen Wirbelsäule als im thorakolumbalen Übergang auf (60 % zu 40 %).

Ein durch M. Bechterew oder DISH versteiftes Achsen skelett erhöht das Risiko für eine Hyperextensionsverletzung. Im Vergleich zu anderen Verletzungsformen der thorakolumbalen Wirbelsäule treten Hyperextensionsverletzungen verhältnismäßig häufiger bei vorgeschädigten Wirbelsäulen und somit bei älteren Menschen auf. Nur im Falle einer Vorerkrankungen der Wirbelsäule kann bereits ein niederenergetisches

Trauma zu einer Hyperextensionsverletzung führen. Diese betreffen dann vor allem die thorakolumbale und weniger die thorakale Wirbelsäule, bei der es hauptsächlich durch hochenergetische Unfälle zu Verletzungen kommt.

Transossäre Hyperextensionsverletzungen der vorderen und der hinteren Säule treten nur bei alterierten Wirbelsäulen auf. Bei wirbelsäulengesunden Patienten verläuft die Verletzung jeweils transdiskal und durch die hintere Säule ligamentär. Bei M. Bechterew kommt es jeweils in der vorderen und der hinteren Säule zu ossären Verletzungen. Für die DISH hat sich ein ausgeglichenes Verhältnis der beiden Verletzungsmorphologien durch die vordere Säule gezeigt, wobei hier auch mit 35,3 % vermehrt kombinierte Verletzungsverläufe vorkamen. Die Patienten mit knöchernen Läsionen waren dabei signifikant älter und die Verletzung trat durchschnittlich schon bei leichteren Traumata ein. In der hinteren Säule kam es bei DISH in der Mehrheit zu ligamentären Läsionen.

Es bleibt anzumerken, dass die transossären Hyperextensionsverletzungen, die nur bei alterierten Wirbelsäulen auftreten, nach der Einteilung von Magerl et al. [19] und der AO nicht klassifiziert werden können, in unserem Patientenkollektiv aber die Hälfte der Fälle ausmachen.

## 6 Kritikpunkte

Obwohl bei dieser Studie im Vergleich zu anderen Arbeiten über Hyperextensionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule die Fallzahl verhältnismäßig hoch ist, so ist diese für eine wissenschaftliche Studie jedoch als relativ gering anzusehen. Zudem handelt es sich um eine retrospektive Arbeit. Aufgrund dieser Tatsachen lassen sich Vermutungen, die aus den Ergebnissen geschlossen werden können, nur mit Einschränkung aufstellen und bedürfen weiterer Überprüfung.

Des Weiteren konnte keine vollständige Datenlage erreicht werden. So war es beispielsweise nicht möglich, den genauen Unfallmechanismus und die Krafteinwirkung exakt zu rekonstruieren. Zudem ließ sich der poststationäre klinische Verlauf nur kurzfristig verfolgen und die Dauer der Nachbeobachtung variierte zwischen den einzelnen Patienten.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Aebi, M. (2009). "Classification of thoracolumbar fractures and dislocations." *European Spine Journal* Vol. **19**: 2-7.
2. Bühren, V. (2001). "Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule." *Der Chirurg* **72**(7): 865-879.
3. Burke, D. C. (1971). "Hyperextension injuries of the spine." *J Bone Joint Surg Br* **53-B**(1): 3-12.
4. Burkus, J. and F. Denis (1994). "Hyperextension injuries of the thoracic spine in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. Report of four cases." *J Bone Joint Surg Am* **76**(2): 237-243.
5. Daffner, R. (2008). "Injury Patterns in vertebral trauma." 2008 ARRS Categorical Course: State-of-the-Art Emergency and Trauma Radiology: 45-54.
6. De Oliveira, J. (1978). "A new type of fracture-dislocation of the thoracolumbar spine." *J Bone Joint Surg Am* **60**(4): 481-488.
7. Denis, F. and J. K. Burkus (1992). Shear Fracture-Dislocations of the Thoracic and Lumbar Spine Associated with Forceful Hyperextension (Lumberjack Paraplegia). *Spine* **17**(2): 156-161.
8. Erb, R., S. Glassman, et al. (1995). "Hyperextension fracture-dislocation of the thoracic spine." *Emergency Radiology* **2**(4): 237-240.
9. Ferguson, Ron L. MD; Allen, Ben L. MD (1984). "A mechanistic classification of thoracolumbar spine fractures." *Clinical Orthopaedics and Related Research* **189**: 77-88.
10. Gelman, M. and J. Unger (1978). "Fractures of the thoracolumbar spine in ankylosing spondylitis." *Am. J. Roentgenol.* **130**(3): 485-491.
11. Halm, H., U. Liljenqvist, et al. (1995). "Lumbosacral fracture dislocation in a lumberjack." *European Spine Journal* **4**(6): 354-356.
12. Hendrix, R., M. Melany, et al. (1994). "Fracture of the spine in patients with ankylosis due to diffuse skeletal hyperostosis: clinical and imaging findings." *Am. J. Roentgenol.* **162**(4): 899-904.
13. Herold, G. (2006), „Innere Medizin.“ 6. Aufl.

14. Hir, P., A. Sautet, et al. (1999). "Hyperextension vertebral body fractures in diffuse idiopathic skeletal hyperostosis: a cause of intravertebral fluidlike collections on MR imaging." *Am. J. Roentgenol.* **173**(6): 1679-1683.
15. Israel, Z., Mosheiff, R., Gross, E., Muggia-Sullam, M., Floman, Y., (1994), "Hyperextension Fracture-Dislocation of the Thoracic Spine with Paraplegia in a Patient with Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis." *Journal of spinal disorders*, **7**(5), 455-457
16. Knop, C., M. Blauth, et al. (1999). "Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs." *Der Unfallchirurg* **102**(12): 924-935.
17. Knop, C., M. Blauth, et al. (2000). "Operative Behandlung von Verletzungen des thorakolumbalen Übergangs Teil 2: Operation und röntgenologische Befunde." *Der Unfallchirurg* **103**(12): 1032-1047.
18. Liljenqvist, U., H. Halm, et al. (1995). "Thoracic fracture-dislocations without spinal cord injury: a case report and literature review." *European Spine Journal* **4**(4): 252-256.
19. Magerl, F., M. Aebi, et al. (1994). "A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries." *European Spine Journal* **3**(4): 184-201.
20. McKenzie, M.K., Bartal, E., Pay, N.T., (1991), "A Hyperextension Injury of the Thoracic Spine in Association with Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis." *Orthopedics* **14**(8): 895-898.
21. Nabeshima, Yuji MD\*; Iguchi, Tetsuhiro MD\*; Matsubara, Nobuaki MD\*; Kinoshita, Seiji MD†; Kurosaka, Masahiro MD†; Mizuno, Kosaku MD† (1997). "Extension Injury of the Thoracolumbar Spine." *Spine* **22**(13): 1522-1525.
22. Resnick, D., Niwayama, G. (1976), "Radiographic and Pathologic Features of Spinal Involvement in Diffuse Idiopathic Skeletal Hyperostosis (DISH)." *Radiology* **119**: 559-568.
23. Roche Lexikon Medizin, 5. Auflage; © Elsevier GmbH, Urban & Fischer Verlag, München – Jena 2003.

24. Schnake, K. J., F. von Scotti, et al. (2008). "Typ-B-Distraktionsverletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule." *Der Unfallchirurg* **111**(12): 977-984.
25. Vernon-Roberts, C. J. Pirie, V. Trenwith (1974). "Pathology of the dorsal spine in ankylosing hyperostosis." *Annals of the Rheumatic Diseases* **33**: 281-288.
26. Weinfeld, Paul N. Olson, Daniel D. Maki and H. J. Griffiths (1997) "The prevalence of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis (DISH) in two large American Midwest metropolitan hospital populations." *Skeletal Radiology* **26**: 222-225.

8 Anhang

Patienten-nummer	Geschlecht	Alter bei Unfall	Unfallmechanismus	Nieder- (L) / Hochenergetisches (H) Trauma	Verletzungshöhe	vordere Säule	hintere Säule	relevante Vorerkrankungen der Wirbelsäule:
Pat01	m	79	Sturz Kellertreppe	H	LWK 2	transossär	ligamentär	DISH
Pat02	w	82	Sturz aus Körperhöhe	L	BWK 11	transossär	ligamentär	DISH Degen. Veränd.
Pat03	w	80	Sturz aus Körperhöhe	L	LWK 1 / 2	transdiskal	ossär	DISH Degen. Veränd.
Pat04	m	92	Sturz aus Körperhöhe	L	BWK 12	transossär	ossär	M. Bechterew
Pat05	m	78	Sturz aus Bett	L	BWK 12	transossär	ossär	M. Bechterew
Pat06	m	55	Sturz von Leiter	H	BWK 8 / 9	transdiskal	ligamentär	DISH
Pat07	w	64	als Fahrradfahrerin von PKW angefahren	H	BWK 9 / 10	transdiskal	ligamentär	DISH
Pat08	m	83	als Fußgänger von PKW angefahren	H	LWK 1	transossär	ligamentär	DISH
Pat09	m	72	PKW-Unfall, von LKW in Stauende geschoben	H	BWK 11	transossär	ligamentär	DISH
Pat10	m	68	von Traktor überrollt	H	BWK 3 / 4	transdiskal	ossär	DISH
Pat11	w	39	PKW gegen Baum	H	BWK 9 / 10	transdiskal	ligamentär	/
Pat12	m	76	Sturz von Traktor	H	BWK 6	transossär	ligamentär	DISH
Pat13	w	82	4 Stufen Treppensturz	H	BWK 12	transossär	ligamentär	DISH degen. Veränd.
Pat14	m	72	Kellertreppensturz	H	BWK 7 / 8	transdiskal	ligamentär	DISH
Pat15	m	78	Sturz aus Körperhöhe	L	LWK 3	transossär	ossär	M. Bechterew
Pat16	m	82	Sturz von Apfelbaum	H	LWK 1 / 2	transdiskal	ligamentär	DISH
Pat17	m	77	Sturz aus 4m Höhe von Baum	H	BWK 10	transossär	ligamentär	DISH
Pat18	m	58	im Rahmen von Gartenarbeiten von Anhänger eingequetsch	H	BWK 4/5	transdiskal	ligamentär	/
Pat19	m	76	PKW frontal ggn LKW	H	BWK 6/7	transdiskal	ligamentär	DISH
Pat20	m	54	Verkehrsunfall als PKW-Fahrer	H	BWK 11 / 12	transdiskal	ossär	DISH
Pat21	m	25	als Motorradfahrer von PKW angefahren	H	BWK 12 / LWK 1	transdiskal	ligamentär	/
Pat22	m	69	Treppensturz	H	BWK 6 / 7	transdiskal	ligamentär	/
Pat23	w	42	Sturz vom Balkon (4m)	H	BWK 12 / LWK 1	transdiskal	ligamentär	/
Pat24	m	80	Verkehrsunfall als PKW-Fahrer	H	BWK 2 / 3	transdiskal	ligamentär	DISH
Pat25	w	79	Sturz aus Körperhöhe	L	BWK 12	transossär	ossär	degenerative Veränderungen
Pat26	m	75	Sturz aus Körperhöhe	L	BWK 8	transossär	ossär	M. Bechterew
Pat27	m	88	Sturz aus Körperhöhe	L	BWK 12	transossär	ossär	DISH

Tabelle 8.1: Falldaten Teil 1

Patienten- nummer	Einteilung Begleit- verletzungen	wichtigste behandlungsbedürftige extravertebrale Verletzungen	Frankel bei Aufnahme	Frankel Bei Entlassung
Pat01	Polytrauma	Hämothorax und Pneumothorax bei Rippenserienfraktur rechts	A	A
Pat02	/	Fraktur 7. Rippe links	E	E
Pat03	/	/	E	E
Pat04	behandlungs- bedürftig, extravertebral	Rippenserienfraktur rechts	E	E
Pat05	/	/	E	E
Pat06	Polytrauma	SHT mit occipitaler Schädelfraktur, traumatischer SAB und Kontusionsherden	E	E
Pat07	/	/	E	E
Pat08	Polytrauma	Lungenkontusionen bds. komplexe Beckenfrakturen	E	E
Pat09	/	/	A	A
Pat10	Polytrauma	Dens-Fraktur, multiple viscerocraniale Frakturen, Rippenserienfrakturen bds. mit Pneumothorax links, Sternum-Fraktur, hintere Acetabulum-Fraktur rechts	E	E
Pat11	Polytrauma	Fraktur der 10. Rippe rechts, Querfortsatzfrakturen von LWK 5 links sowie von LWK 2-4 bds., offene Unterschenkelfrakturen rechts, Femurschaftfraktur rechts, Kniegelenkluxation links	E	E
Pat12	Polytrauma	Rippenserienfrakturen bds. SHT mit traumatischer SAB	E	E
Pat13	Polytrauma	SHT mit traumatischer SAB und akutem Subduralhämatom rechts frontal	E	E
Pat14	/	/	A	E
Pat15	/	/	E	E
Pat16	/	/	C	C
Pat17	behandlungs- bedürftig, extravertebral	Rippenserienfraktur rechts mit Lungenkontusionen rechts und Pneumothorax rechts	E	E
Pat18	behandlungs- bedürftig, extravertebral	Rippenserienfraktur bds. mit Spannungs- Pneumothorax rechts, Claviculafraktur rechts., Scapulafraktur rechts	A	A
Pat19	Polytrauma	traumatische SAB, Mesocolon transversum-Einriss mit Blutung aus einer Segmentarterie, multiple Darmperforationen, Rippenserienfraktur rechts mit Pneumothorax rechts, mehrfragmentäre Femurfraktur links bei Hüft-TEP links	E	E
Pat20	Polytrauma	Rippenserienfraktur bds. mit ausgeprägtem Hämothorax re, Leberkontusionen	E	E
Pat21	behandlungs- bedürftig, extravertebral	Hämothorax bds.	A	A
Pat22	behandlungs- bedürftig, extravertebral	Rippenfrakturen bds. Pneumothorax bds.	E	E
Pat23	/	/	E	E
Pat24	Polytrauma	Rippenserienfraktur rechts mit Lungenkontusionen und Hämothorax rechts, Leberkontusionen, Nierenlazeration rechts	E	E
Pat25	/	/	E	E
Pat26	behandlungs- bedürftig, extravertebral	Rippenserienfraktur links	E	A
Pat27	/	/	E	E

Tabelle 8.2: Falldaten Teil 2

Patientennummer	operative Therapie (dorsale Instrumentierung)	OP-Komplikationen	weiterer Verlauf (Beobachtungsdauer unterschiedlich)
Pat01	LWK 1 – 3	/	3 Monate nach Trauma verstorben
Pat02	BWK 9 – 12	/	Nach 5 Jahren keine Beschwerden von Seiten der Wirbelsäule; aufgrund eines Schlaganfalls im Pflegeheim
Pat03	LWK 1 / 2	/	1,5 Monate nach Trauma verstorben
Pat04	BWK 11 – LWK 1 mit Querstabilisator	/	1 Monat nach Trauma verstorben
Pat05	BWK 10 – LWK 2 + kortikospong. Span, Querstabilisator, Augmentation der Schanzschrauben in LWK 1 und 2 durch Vertebroplastie	/	1 Monat nach Trauma verstorben
Pat06	BWK 7 – 10 + kortikospongiöse Späne	/	Nach ½ Jahr keine Beschwerden von Seiten der Wirbelsäule
Pat07	BWK 9 – 10 rechts und 9 – 11 links, Revisionsoperation bei Pedikelschraubenfehl- lage BWK 7 – 10 rechts und Laminektomie BWK 10 links	Pedikelschrauben- fehlage, Duraläsion der Wurzel Th 10 links – revidiert	Nach 2 Jahren - rezidivierende Schmerzzustände - bleibende Bewegungseinschränkung - Beeinträchtigung der Haushaltsführung - Minderung der Erwerbsfähigkeit 25 %
Pat08	BWK 12 – LWK 2	/	Nach 1,5 Jahren keine Beschwerden von Seiten der Wirbelsäule
Pat09	BWK 10 – 11	/	nach 10 Monaten kompletter Querschnitt ab Th 6
Pat10	BWK 3 – 5	/	Nach 1 Jahr - eingeschränkte Beweglichkeit der gesamten Wirbelsäule - keine Schmerzen
Pat11	BWK 9 / 10	/	Nach 1 Jahr keine Beschwerden von Seiten der Wirbelsäule
Pat12	BWK 5 – BWK 8 mit 2 Querstabilistoren	/	Nach ½ Jahr mittelgradige Beschwerden im mittleren BWS-Bereich, vor allem bei längerem Stehen oder Sitzen
Pat13	BWK 11 – LWK 1	/	<i>keine Nachuntersuchungen</i>
Pat14	BWK 6 – 10 und 3 Querstabilisatoren	/	komplette Rückbildung der neurologischen Defizite Nach 6,5 Jahren erneute Hyperextensions- Verletzungen → Pat01
Pat15	BWK 12 – LWK 5	/	Nach 1 Jahr dauerhafte Behandlung wegen Rückenschmerzen
Pat16	LWK 1 / 2	Pedikelschraubenfehlage BWK 5 links	1 Jahr postoperativ bei inkomplettem Querschnittsyndrom noch im Pflegeheim und auf Rollstuhl und Dauerkatheter angewiesen, Allgemeinzustand und neurologische Defizite jedoch i. V. deutlich gebessert
Pat17	BWK 8 – 12	/	Nach ½ Jahr keine Beschwerden von Seiten der Wirbelsäule
Pat18	BWK 3 – 6 mit Querstabilisator, Spondylodese der kleinen Wirbelgelenke T 3 / 4 + Korrektur am selben Tag	Fixateur interne zunächst in falscher Höhe montiert + Pedikelschraubenfehlage	nach 2 Jahren kompletter Querschnitt ab Th 3
Pat19	BWK 6 / 7	/	Nach ½ Jahr keine Beschwerden von Seiten der Wirbelsäule
Pat20	BWK 10 – LWK 1 mit 2 Querverbindern Hemilaminektomie über Th 11	/	2,5 Monate postoperativ Schmerzen deutlich rückläufig; Sitz- und Stehzeit noch auf 30min limitiert
Pat21	BWK 12 - LWK 1 mit Querstabilisator transpedikuläre Spongiosoplastik, Arthrodesse kleine Wirbelgelenke	/	<i>keine Nachuntersuchung</i> <i>kompletter Querschnitt ab Th 12 bei Verlegung</i>
Pat22	BWK 5 – 7, Spondylodese kleine Wirbelgelenke	/	rezidivierende Schmerzsymptomatik; ab 3 Jahre postoperativ schmerzfrei
Pat23	BWK 12 - LWK 1 Arthrodesse kleine Wirbelgelenke	/	Nach ½ Jahr rezidivierende Rückenschmerzen; Haushaltsführung zeitweise nicht möglich, Metallentfernung 9 Monate postoperativ
Pat24	BWK 2-3 Arthrodesse kleine Wirbelgelenke, kortikospongiöser Span interspinal	/	<i>keine Nachuntersuchungen</i>
Pat25	BWK 11 - LWK 1	/	Nach ½ Jahr gehfähig, daheim auf Hilfe angewiesen
Pat26	BWK 8 – 9	intraoperativ Pedikelschraubenfehlage mit anschließender Korrektur, postOP kompletter sensomot. Querschnitt.	nach 5 Monaten kompletter Querschnitt ab Th 8
Pat27	BWK 11 – LWK 1	/	2 Monate nach Trauma verstorben

Tabelle 8.3: Falldaten Teil 3

## Danksagung

Ich möchte mich bei Herrn Professor Doktor Arnulf Weckbach sehr herzlich für die hervorragende Unterstützung und Betreuung sowie den professionellen Rat in allen Phasen der Dissertationsarbeit bedanken.

Des Weiteren gilt mein Dank Doktor Horst Balling für die stetige, tatkräftige Hilfe bei der Planung sowie der Umsetzung und Datengewinnung der vorliegenden Arbeit.

Großer Dank gebührt Doktor Simon P. Tiffin-Richards für die kompetenten Ratschläge bei der statistischen Auswertung.

Für die unermüdliche, liebevolle Unterstützung, die konstruktiven Ideen und wertvollen kritischen Anmerkungen gilt mein ganz besonderer Dank Doktor Alexandra Müller.

## 9 Lebenslauf

Patrick Fricke  
geboren am 19.05.1983 in Göttingen, Deutschland

### ◆ Berufliche Tätigkeit

seit 01/2010                      Assistenzarzt in der Neurochirurgischen Klinik und  
Poliklinik der Universität Würzburg

### ◆ Ausbildung

05/2009	Staatsexamen Medizin
02/2008 – 01/2009	Praktisches Jahr 1. Terial: Universität Würzburg, Neurochirurgie 2. Terial: Universität Würzburg, Chirurgie 3. Terial: Universität Wellington, NZ / Universität Würzburg, Innere Medizin
03/2005	Physikum
ab 03/2003	Studium der Humanmedizin an der Julius- Maximilians-Universität Würzburg
07/2002 – 04/2003	Zivildienst als Krankenpfleger in der Herz-Thorax- Chirurgie des Universitätsklinikums Göttingen
08/1995 – 07/2002	Abitur am Theodor–Heuss–Gymnasium, Göttingen Leistungskurse: Mathematik und Physik
08/1993 – 07/1995	Orientierungsstufe Nord, Göttingen
08/1989 – 07/1993	Hainbundschole, Göttingen

Würzburg, 22.03.2012