
Aus der
Klinik für Allgemeine, Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität
Direktor: Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker

**Rückenmarksläsionen: Inzidenz, Prognose und Outcome –
Eine Analyse des Trauma Registers DGU®**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Katharina Anna Klara Maria Stephan
aus Bergatreute

2018

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München**

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Karl-Georg Kanz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Gerhard Hamann

Prof. Dr. Ingo Borggräfe

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter: Prof. Dr. med. Stephan Huber-Wagner

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 25.01.2018

Aufgrund der Relevanz der Ergebnisse wurden Teile der vorliegenden Arbeit im

„The Spine Journal, Volume 15, Issue 9, 1994 – 2001“

Mai 2015 bereits vorab veröffentlicht:

**Spinal cord injury: Incidence, prognosis and outcome –
an analysis of Trauma Register DGU®**

Katharina Stephan, Stephan Huber, Sandra Häberle, Karl-Georg Kanz, Volker Bühren,
Martijn van Griensven, Bernhard Meyer, Peter Biberthaler, Rolf Lefering, Stefan Huber-
Wagner, the Trauma Register DGU® [1]

Meinen Großeltern und Eltern.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	5
I. Einleitung.....	7
1. <i>Polytrauma</i>	8
1.1. Definition und Epidemiologie von Schwerstverletzungen.....	8
1.2. Scoring Systeme	9
2. <i>Verletzungen des Rückenmarks</i>	13
2.1. Anatomie.....	13
2.2. Pathophysiologie von Rückenmarksverletzungen.....	15
2.3. Klassifikation von Rückenmarksverletzungen	17
2.4. Epidemiologie und Ursachen von Rückenmarksläsionen	19
2.5. Diagnostik von Rückenmarksverletzungen.....	21
2.6. Versorgung von Schwerstverletzten mit Verdacht auf Rückenmarksläsion	25
2.7. Lebenserwartung und Mortalität	27
3. <i>Zusammenhang Polytrauma und Rückenmarksläsionen</i>	28
II. Problemstellung.....	29
III. Material und Methoden.....	30
1. <i>Datenerfassung</i>	30
1.2. Das Trauma Register	30
1.2. Einschlusskriterien	31
2. <i>Klassifikation der Rückenmarksverletzungen nach Schweregrad</i>	32
3. <i>Statistische Analyse</i>	33
IV. Ergebnisse	34
1. <i>Deskriptive Analyse</i>	34
1.1. Inzidenz, Lokalisation und Schweregrad der Rückenmarksverletzung	34
1.2. Polytrauma vs. Monotrauma / Begleitverletzungen bei Polytraumata	37
1.3. Verletzungsursache.....	38
1.4. Versorgung von Rückenmarksverletzungen	40
1.4.1. Rettungszeit bei Rückenmarksverletzungen.....	40
1.4.2. Versorgerstufe der Krankenhäuser	41
1.4.3. Bildgebung bei Rückenmarksverletzungen	42
1.5. Komplikationen und Krankenhausliegedauer bei Rückenmarksverletzungen	43
1.6. Mortalität von Rückenmarksverletzungen	45
2. <i>Outcome Analyse - Prognose von Rückenmarksverletzungen</i>	47

V. Diskussion	51
VI. Zusammenfassung	59
Literaturverzeichnis	61
Abbildungsverzeichnis.....	67
Tabellenverzeichnis.....	68
Abkürzungsverzeichnis	69
Eidesstattliche Versicherung	70
Danksagung	71

I. Einleitung

Traumatische Verletzungen verursachen weltweit ungefähr 10% aller Todesfälle. In der Altersgruppe der 5 - 44 Jährigen stellen traumatische Verletzungen sogar die häufigste Todesursache dar [2, 3]. In vielen Fällen, in denen traumatische Ereignisse überlebt werden, kommt es im Anschluss an die Primärbehandlung zu temporären oder dauerhaften Behinderungen, welche die Lebensqualität negativ beeinflussen [4].

Bei traumatischen Verletzungen spielt es für die Behandlung und die Prognose eine entscheidende Rolle, ob es im Rahmen des Unfalls zu einer Schädigung des Rückenmarks gekommen ist. Verletzungen auf Rückenmarksebene verkomplizieren die Erstversorgung von traumatisierten Patienten und bedürfen einer intensiven medizinischen Betreuung im Krankheitsverlauf. Bei einem Großteil der Patienten mit Verletzungen des Rückenmarks kommt es zu bleibenden neurologischen Defiziten [5]. Präklinische Studien, Fallberichte und kleinere klinische Studien legen jedoch nahe, dass eine frühzeitige Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen die neurologische Regeneration verbessern kann [6]. Die Früherkennung von Wirbelsäulenverletzungen in der Notaufnahme ist daher von besonderer Bedeutung, um die Diagnostik und Therapie anzupassen und weitere Verletzungen der Wirbelsäule und des Rückenmarks zu vermeiden [7].

Über die genaue Inzidenz von Rückenmarksläsionen gibt es nur wenige Hinweise in der Literatur. In den Vereinigten Staaten von Amerika (USA) schätzt man die jährliche Inzidenz von Rückenmarksläsionen auf 40 Fälle pro 1 Million Einwohner [8]. In europäischen Ländern wird die Inzidenz in der Literatur mit 13.9 bis zu 19.4 Fällen pro 1 Million Einwohner beschrieben [9-11]. Bei bewusstlosen, polytraumatisierten Patienten finden sich in 15 - 30% der Fälle Wirbelsäulenverletzungen [12]. Daher muss besonders bei Schwereverletzungen bis zum Beweis des Gegenteils an die Möglichkeit einer Wirbelsäulenverletzung mit neurologischem Defizit gedacht werden [13].

Die Gesamtsterblichkeit liegt für traumatisierte Patienten mit Rückenmarksläsionen bei ungefähr 17% [4]. Allerdings ist zu erwarten, dass die Mortalität und Prognose der Patienten stark abhängig vom Schweregrad der Rückenmarksläsion ist. In der Literatur finden sich hierzu jedoch keine dezidierten Angaben.

In der folgenden Arbeit wurde die Inzidenz von Rückenmarksverletzungen bei polytraumatisierten Patienten in Deutschland erhoben. Ferner wurde die Prognose und Mortalität unter den relevanten Faktoren bei über 4.700 Patienten mit Rückenmarksverletzung untersucht.

1. Polytrauma

1.1. Definition und Epidemiologie von Schwerstverletzungen

Als Trauma bezeichnet man in der Medizin die Schädigung oder Verletzung des Organismus in Folge einer Gewalteinwirkung [14]. Der Schweregrad einer traumatischen Verletzung kann mit dem Injury Severity Score abgeschätzt werden. Ab einem Wert von ≥ 16 Punkten spricht man von einer Schwerstverletzung. Nach der Definition von Tscherne werden bei Schwerstverletzungen zwischen Polytraumata und Barytraumata unterschieden [15]. Unter einem Polytrauma wird die gleichzeitige Verletzung von mehreren Körperregionen oder Organsystemen verstanden. Dabei ist mindestens eine Verletzung oder die Kombination mehrerer Verletzungen lebensbedrohlich. Ein Barytrauma ist hingegen als schwere Verletzung nur einer Körperregion definiert, die für sich lebensbedrohlich ist [16].

Laut der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie erleiden jedes Jahr 33.000 - 38.000 Patienten in Deutschland eine Schwerstverletzung infolge eines traumatischen Ereignisses [17-19]. Obwohl sich in den letzten 30 Jahren die Überlebenschancen von polytraumatisierten Patienten kontinuierlich verbessert hat, bleiben Schwerstverletzungen in Deutschland mit einer Mortalitätsrate von 20% die häufigste Todesursache der unter 44-Jährigen [20, 21]. Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) versterben jährlich 5.800.000 Menschen an den Folgen eines Traumas [22]. Polytraumata mit Todesfolge führen im Mittel zu einem Verlust von 35 Lebensjahren in Bezug auf die durchschnittliche Lebenserwartung. Mit diesem Wert liegt das Polytrauma vor allen anderen Todesursachen. 60% der Patienten, welche das Polytrauma überleben leiden auch nach einem Zeitintervall von 2 Jahren noch unter relevanter Behinderung und nur die Hälfte der Patienten kann wieder an ihren Arbeitsplatz zurückkehren. Aus diesem Grund weisen traumatische Verletzungen eine besondere sozioökonomische Relevanz auf, da es neben den hohen Behandlungskosten auch zu drastischen Produktivitätsausfällen kommt.

Nach einer Analyse der DGU im Jahre 2000 stellen Verkehrsunfälle mit 57% die häufigste Ursache für Schwerstverletzungen dar, gefolgt von Stürzen aus großer Höhe (14%) und Suizidversuchen (7%) [21, 23]. Männliche Patienten sind mit einem Anteil von 65% - 80% deutlich häufiger von Schwerstverletzungen betroffen als Frauen [20, 24, 25].

Die am häufigsten betroffenen Körperregionen im Rahmen eines Polytraumas sind die Kopfreion (61%) und der Thorax (59%). Die Wirbelsäule (33%), die Beine und die Arme sind in rund einem Drittel der Fälle involviert. Beckenverletzungen und Verletzungen des Abdomens treten in rund 20% der Fälle auf. Dies ergab eine Analyse aus dem Trauma Register der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) und ist in Abbildung 1 schematisch skizziert [26].

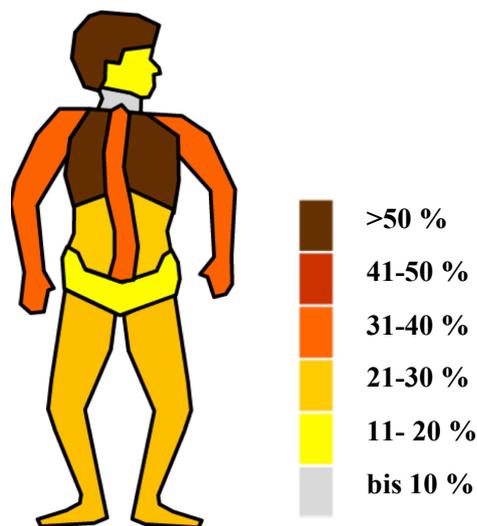


Abbildung 1: Verletzungsmuster. Trauma Register DGU. Abb. 1 stellt die Häufigkeit der betroffenen Region beim Polytrauma dar [26].

1.2. Scoring Systeme

Scoring Systeme dienen der objektiven Einschätzung des Schweregrades einer traumatischen Verletzung. Sie ermöglichen es Patientengruppen trotz unterschiedlicher Verletzungsmuster, zu vergleichen und Aussagen bezüglich Prognose und Behandlungsbedarf zu treffen. Im Folgenden werden die wichtigsten Traumascores erläutert.

Glasgow Coma Scale (GCS)

Die von Teasdale und Jennett 1974 entwickelte Glasgow Coma Scale (GCS) wird zur Evaluation der Bewusstseinslage verwendet [27]. Beurteilt werden hierbei die motorische Reaktion, die verbale Funktion und das Augenöffnen des Patienten (siehe Tabelle 1) [28].

Tabelle 1: Glasgow Coma Scale (GCS) [27]

Augen öffnen	Motorische Reaktion	Verbale Reaktion	Punkte
	befolgt Aufforderung		6
	gezielte Schmerzabwehr	orientiert	5
spontan	ungezielte Schmerzabwehr	verwirrt	4
auf Anforderung	beugt auf Schmerzreize	inadäquat	3
auf Schmerzreize	streckt auf Schmerzreize	unverständlich	2
keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion	1

Bei der Interpretation des GCS sollten sowohl die Werte in den einzelnen Kategorien, sowie die Summe aus allen drei Werten beachtet werden. Der Summenwert variiert zwischen 15 (intakte Funktion des zentralen Nervensystems) und 3 Punkten (tiefes Koma oder Tod). Schädel-Hirn-Traumata werden anhand des GCS in ein leichtes (≥ 13), mittelschweres (9 -12) und schweres Trauma (≤ 8) unterteilt. Ein Wert von 8 Punkten oder weniger spricht unabhängig von der Genese für eine schwerwiegende Funktionseinschränkung des zentralen Nervensystems mit Einschränkungen der Atemfunktion [29, 30].

Revised Trauma Score (RTS)

Der Revised Trauma Score ist ein physiologischer Score, der die Vitalfunktion des Patienten erfasst. In die Berechnung des Scores geht die Glasgow Coma Scale, der systolische Blutdruck und die Atemfrequenz ein [31, 32]. Jedem der Messparameter wird in Abhängigkeit seiner Größe ein Punktwert zwischen 0 und 4 zugeordnet (siehe Tabelle 2, Seite 11). Zur Interpretation des Schweregrades werden die Einzelwerte sowie ein gewichteter Summenwert aus allen drei Kategorien beurteilt. Der RTS zeichnet sich durch eine hohe Interobserver Reliabilität und eine einfache Handhabbarkeit aus. Aus diesem Grund kommt er bei der präklinischen Triage von Unfallverletzten zur Anwendung und kann bei der Identifikation von Schwerstverletzten helfen [31, 33].

Tabelle 2: Revised Trauma Score (RTS) [34]

Glasgow Coma Scale	Syst.Blutdruck /mmHg	Atemfrequenz/min	Punktwert
13 - 15	> 89	> 29	4
9 - 12	76 - 89	10 - 29	3
6 - 8	50 - 75	6 - 9	2
4 - 5	1 - 49	1 - 5	1
3	0	0	0

Abbreviated Injury Scale (AIS)

Die Abbreviated Injury Scale wurde 1971 zur objektiven Klassifikation des Verletzungsausmaßes entwickelt [35]. Die AIS erfasst die Folgen eines Traumas auf den Körper in Abhängigkeit von Lokalisation und Art der Verletzung. Jeder einzelnen Verletzung wird hierbei ein AIS Code zugewiesen, der die Überlebenswahrscheinlichkeit der Verletzung angibt. Geringgradige Verletzungen, die wahrscheinlich überlebt werden erhalten den Wert 1, schwere Verletzungen mit wahrscheinlich tödlichem Ausgang den Wert 6.

Tabelle 3: Schweregradeinteilung nach der Abbreviated Injury Scale – AIS [36]

AIS Code	Schweregrad Verletzung	der Beispiel
1	Gering	Kopfplatzwunde ≤10 cm lang, Sprunggelenksdistorsion, multiple Weichteilkontusionen
2	Mäßig	2 – 3 Rippenfrakturen ohne Pneumothorax, Leberruptur ≤3 cm tief mit Blutverlust <20%, Humerusfraktur nicht disloziert, Verbrennung 3° von 10 – 19% der Körperoberfläche
3	Ernst, nicht lebensbedrohlich	Kopfplatzwunde mit Blutverlust >20%, Pneumothorax, Pankreasruptur mit Gangbeteiligung, offene Femurschaftfraktur, Stromverletzung mit Nekrose der Muskulatur
4	Schwer, lebensbedrohlich	Subdurales Hämatom ≤1 cm, Lungenkontusionen beidseits, Blasenruptur, Beckenfraktur mit Dislokation und Blutverlust ≤20%, LWS - Verletzung mit inkomplettem Querschnitt
5	Kritisch, Überleben fraglich	Epidurales Hämatom >1 cm, Hirnödem mit Verlust der Ventrikel, Perikardtamponade, Spannungspneumothorax, Milzruptur mit Hilusabriß, Beckenfraktur mit Dislokation und Blutverlust >20 %
6	Tödlich derzeit nicht behandelbar	Massive Zerstörung des Gehirns, HWS-C3-Fraktur mit Rückenmarksläsion und Atemstillstand, Aortenruptur mit Blutung in die Pleurahöhle, zentrale Leberzerreissung mit Beteiligung der V. cava

Neben der Einteilung in verschiedene Verletzungsklassen kann anhand weiterer Ziffern die verletzte Körperregion sowie die Art der Verletzung spezifiziert werden. Durch dieses Codierungssystem wird eine Verletzung inklusive ihrer Schwere und Lokalisation reproduzierbar erfasst. Dies erklärt das Nutzen des AIS als wissenschaftliches Messinstrument bei der Analyse von traumatischen Verletzungen [28].

Injury Severity Score (ISS)

Der von Susan Baker eingeführte Injury Severity Score eignet sich gut um den Schweregrad einer Mehrfachverletzung in seiner Gesamtheit abzuschätzen [37]. Grundlage für die Errechnung des Scores sind die AIS Codes der einzelnen Verletzungen [37, 38]. Die AIS Codes der drei schwerstverletzten Körperregionen werden quadriert und zum Gesamtwert summiert. Die Werte der ISS-Tabelle liegen zwischen 0 und 75 Punkten. Ab einem Punktwert von ≥ 16 Punkten spricht man von einer Schwerstverletzung. Der ISS ist einer der am weitesten verbreiteten Trauma Scores und wird weltweit als Goldstandard bei der Bewertung von polytraumatisierten Patienten verwendet [31, 39].

Glasgow Outcome Scale (GOS)

Die Glasgow Outcome Scale wurde 1975 von Jennet und Bond entwickelt. Sie stellt ein valides Messinstrument dar, um den Zustand eines Patienten nach einem Schädel-Hirn-Trauma oder einer Rückenmarksläsion im Langzeitverlauf abschätzen zu können. Das Testergebnis wird in einem strukturierten Interview mit dem Patienten erhoben. Beurteilt werden unter anderem neurologische und psychologische Defizite sowie die Hilfsbedürftigkeit im Alltag. Anhand dieser Kriterien werden die Patienten in fünf Kategorien eingeteilt, die in Tabelle 4 erläutert sind [28, 40, 41].

Tabelle 4: Glasgow Outcome Scale [28, 40-42]

GOS	
1 = Tod	
2 = persistierender vegetativer Zustand	Schwerste Schädigung mit andauerndem Zustand von Reaktionslosigkeit und Fehlen höherer Geistesfunktionen
3 = schwere Behinderung	Schwere Schädigung mit dauerhafter Hilfsbedürftigkeit bei Aktivitäten des täglichen Lebens
4 = mäßige Behinderung	Keine Abhängigkeit von Hilfsmitteln im Alltag, Arbeitstätigkeit in speziellen Einrichtungen möglich
5 = geringe Behinderung	Leichte Schädigung mit geringen neurologischen und psychologischen Defiziten

2. Verletzungen des Rückenmarks

2.1. Anatomie

Die zentrale Schlüsselrolle des Rückenmarks wurde von Avicenna (980-1037 n. Chr.), einem persischen Arzt und Philosophen, wie folgt beschrieben:

“If all the nerves exited directly from the brain, the brain would be bigger. For example, nerves innervating the hands and feet would travel a longer distance and, thus, would be more prone to injury; they would also become less able to innervate the big muscles of the thigh and the calf. Therefore, God created the spinal cord below the brain. The spinal cord is like a channel coming out of a fountain in the way that nerves emerge from both sides and go down, thus putting the organs closer to the brain. That is why God placed the spinal cord into a hard bony channel called the spine to protect it from injury.”

(Naderi et al., 2003) [43]

Das Rückenmark entspringt am kaudalen Ende der Medulla oblongata am Foramen magnum und erstreckt sich bis auf Höhe des ersten und zweiten Lendenwirbelkörpers (L1 - L2). Unterhalb dieser Ebene schließt sich die Cauda equina an, welche die lumbalen, sakralen und coccygealen Spinalnerven enthält [44]. Das Rückenmark wird in 31 Segmente gegliedert, aus

welchen jeweils motorische und sensorische Nervenwurzeln entspringen. Die Organisation in verschiedene Bahnsysteme ermöglicht die Übermittlung von motorischen und sensorischen Informationen zwischen ZNS und Peripherie [45].

In den aufsteigenden **Hinterstrangbahnen** (Fasciculus gracilis und Fasciculus cuneatus) werden epikritische und propriozeptive Informationen von der Peripherie zum Kortex übertragen. Die Bahnen kreuzen erst auf Höhe des Hirnstamms und laufen daher ipsilateral im Rückenmark. Der **Vorderseitenstrang** (Tractus spinothalamicus anterior und lateralis) leitet Schmerz und Temperatur zur Großhirnrinde weiter und ist im lateralen und vorderen Anteil des Rückenmarks lokalisiert. Die Bahnen kreuzen segmental, sodass sie weitestgehend kontralateral zu ihren Ursprungsneuronen im Rückenmark verlaufen [46].

Die motorischen Bahnen lassen sich in **Pyramidenbahn** und **extrapyramidale Bahnen** unterteilen. Die Pyramidenbahn entspringt dem motorischen Kortex und ist vor allem für die Motorik der stammfernen Extremitätenmuskulatur zuständig. Die kortikospinalen Bahnen kreuzen in ihrem Verlauf zum Teil im Bereich der Medulla oblongata und zum Teil auf Segmentebene auf die kontralaterale Seite.

Die extrapyramidalen Bahnen entspringen extrakortikalen Kerngebieten wie dem Nucleus ruber, dem Nucleus vestibularis lateralis und der Formatio reticularis. Sie aktivieren im Gegensatz zu der Pyramidenbahn vor allem die stammahe Extremitäten- und Rumpfmuskulatur [46].

Neben den motorischen und sensiblen Bahnen zählen zum Rückenmark die vegetativen Bahnen, die für das autonome Nervensystem von Bedeutung sind. Die Nervenfasern laufen im Rückenmark zum Großteil im anterioren interomedialen Trakt. Die sympathischen Nervenfasern verlassen den Spinalkanal auf der Segmenthöhe C7 bis L1, die parasympathischen Fasern auf S2 und S4.

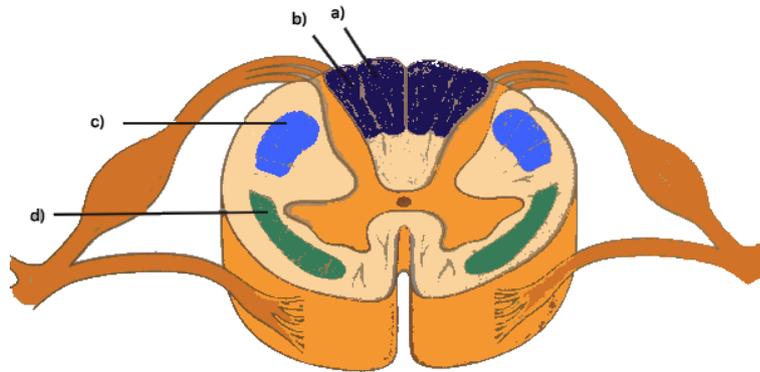


Abbildung 2: Aszendierende und descendierende Bahnen im Rückenmarksquerschnitt

a) Fasciculus gracilis b) Fasciculus cuneatus c) Tractus corticospinalis lateralis d) Tractus spinothalamicus [47]

2.2. Pathophysiologie von Rückenmarksverletzungen

Rückenmarksverletzungen stellen einen dynamischen Prozess dar, bei dem sich das volle Ausmaß der Verletzung erst im Krankheitsverlauf abschätzen lässt. Nach dem primären Verletzungsereignis kommt es zu einer Vielzahl von Folgeprozessen, welche das Rückenmark weiter schädigen können. Ein geschädigtes Rückenmark hat Auswirkungen auf die Funktionen des gesamten Körpers. Neben einer Störung der Motorik und Sensorik kommt es nach einem Querschnittsereignis auch zu einer vegetativen Dysregulation, die einen spinalen Schock verursachen kann.

Primäre vs. sekundäre Rückenmarksverletzungen

Primäre Rückenmarksverletzungen bezeichnen eine Schädigung der anatomischen Struktur des Rückenmarks als direkte Folge eines mechanischen Traumas. Dabei führen Druck und Scherkräfte zu einer Durchtrennung bzw. Kompression des neuronalen Materials. Am häufigsten werden diese Verletzungen durch gebrochene und verschobene Knochenfragmente oder dislozierte Bandscheibenmaterialien und Bänder verursacht. Des Weiteren können spinale epidurale Hämatome, Abszesse oder auch spinale Metastasen eine Primärläsion des Rückenmarks hervorrufen [48, 49].

Sekundärläsionen bezeichnen Schädigungen des Rückenmarkes als indirekte Folge eines Traumas [50]. Dabei kommt es im Anschluss an das Trauma zur Schädigung von Nervenzellen, die zunächst beim primären Verletzungsereignis verschont geblieben sind [51, 52]. Die wichtigste Ursache für Sekundärläsionen stellt eine arterielle Minderperfusion des Rückenmarks dar. Diese kann durch traumatisch bedingte Gefäßrupturen der Spinalgefäße, Thromben oder einen Schockzustand verursacht werden [53-55]. Die resultierende Ischämie im Rückenmark führt zu einem Sauerstoffmangel, der zur Bildung schädlicher Radikale führt. Die Hypoxie und die entstehenden Radikale schädigen außerdem die Nervenzellen in der betroffenen Region und beeinträchtigen sie in ihrer Funktion. Die Ausbreitung der Aktionspotenziale entlang der Axone verlangsamt sich oder wird blockiert und führt dadurch zu einem spinalen Schock [48].

Spinaler Schock

Als direkte Konsequenz einer schweren Verletzung des Rückenmarks kommt es zu einem kompletten Ausfall aller neurologischen Funktionen unterhalb der Läsion. Dieser Zustand wird als spinaler Schock bezeichnet und manifestiert sich klinisch durch einen Ausfall der Willkürmotorik sowie der Sensorik und der vegetativen Funktionen. Dabei ist die akute Phase potenziell reversibel. Auf einen initialen Blutdruckanstieg, welcher sich durch die vermehrte Katecholaminfreisetzung erklärt, folgt der neurogene Schock (s. u.). Im spinalen Schock zeigen sich unterhalb des Querschnitts beidseits schlaffe Lähmungen, Sensibilitätsstörungen und eine komplette Areflexie, welche auch die Blasen und Mastdarmfunktion betreffen kann. Innerhalb von Wochen ändert sich die Symptomatik, indem sich auf Segmentebene die Reflexbögen regenerieren mit einer daraus resultierenden persistierenden Spastik der Skelettmuskulatur sowie einer Hyperreflexie des Darmes und der Blase. Hinzu treten des Weiteren pathologische Reflexe, wie z.B. der Babinski-Reflex. Die Prognose ist schlecht und ein spinaler Schock geht meist in ein persistierendes Querschnittssyndrom über.

Neurogener Schock

Ein spinaler Schock kann als gefährliche Komplikation einen neurogenen Schock verursachen. Es handelt sich dabei um eine Kreislaufinsuffizienz mit Blutdruckabfall als unmittelbare Folge einer Rückenmarksschädigung. Die traumatische Blockade des sympathischen Nervensystems führt zu einem Ausfall der Kreislaufregulation mit Weitstellung der Gefäße. Anders als bei einem hypovolämischen Schock fehlen aufgrund des

gestörten sympathischen Systems die Mechanismen der Gegenregulation, sodass die Hypotension typischerweise mit einer Bradykardie einhergeht. Neben der Schocksymptomatik kann es zusätzlich zu einem Verlust der Thermoregulation kommen. Prädisponierend für einen neurogenen Schock sind Schädigungen des Rückenmarks auf zervikaler und thorakaler Ebene. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die sympathischen Fasern, welche den Vasotonus regulieren, in den kranialen Anteilen des Rückenmarks verlaufen und den Spinalkanal auf Segmenthöhe T1 bis L1 verlassen.

2.3. Klassifikation von Rückenmarksverletzungen

Komplette vs. inkomplette Rückenmarksverletzungen

Rückenmarksläsionen als Traumafolge lassen sich nach ihrer Ausprägung in komplette und inkomplette Verletzungen unterteilen.

Ein *komplettes Querschnittssyndrom* resultiert aus einer vollständigen Unterbrechung der efferenten und afferenten Rückenmarksbahnen auf Verletzungsebene. Es kommt zu einem vollständigen Verlust der Motorik und Sensorik unterhalb des betroffenen Segmentes [56]. Klinisch äußert sich dies im Verlauf durch eine spastische beidseitige Lähmung, einer vollständigen Anästhesie und einem gesteigerten Reflexstatus. Die Höhe der Läsion ist entscheidend für die Einschränkungen, die mit dem Querschnittssyndrom einhergehen. Sie lässt sich durch die motorische Funktion und das letzte intakte Dermatom abschätzen.

Inkomplette Läsionen weisen variable neurologische Befunde mit einem Teilverlust der sensorischen und motorischen Funktion unterhalb der Verletzungen auf. Das klinische Bild kann stark variieren und ist abhängig von Höhe und Ausprägung der Rückenmarksschädigung. Das *Brown-Séquard-Syndrom* stellt eine Unterform der inkompletten Rückenmarksläsion dar und wird durch eine halbseitige Läsion der linken oder rechten Rückenmarkshälfte hervorgerufen. Es äußert sich durch einen Ausfall der ipsilateralen Propriozeption und Motorik und einem kontralateralen Verlust von Schmerz- und Temperaturempfinden (dissoziierte Empfindungsstörung) [57]. Die protopathischen Empfindungen bleiben ipsilateral erhalten, da die Fasern auf Rückenmarksebene kreuzen und daher das Rückenmark die Informationen der kontralateralen Seite weiterleitet. In seltenen Fällen kann ein Trauma ein *ventrales Querschnittssyndrom* durch direkte Krafteinwirkungen (z. B. Kompression durch Knochenfragmente oder Bandscheibenhernien) oder durch eine gestörte Blutversorgung des Rückenmarks verursachen (z. B. im Rahmen eines traumatischen

Aortenaneurysmas). Leitsymptom ist eine Paraparese sowie eine beidseitige dissoziierte Sensibilitätsstörung unterhalb der Läsion. Die posterioren Anteile des Rückenmarks, welche auch die epikritischen und propriozeptiven Fasern enthalten, bleiben im Falle eines ventralen Querschnittsyndroms in ihrer Funktion erhalten.

Das *Konus-Medullaris-Syndrom* ist eine Rückenmarksläsion auf Höhe des Konus medullaris (L1 - L2), welche zu einer Schädigung des sakralen Rückenmarks (Segmente S1 - S5) führt und mit oder ohne Beteiligung der lumbalen Nervenwurzeln einhergeht. Ursachen sind meist spinale Tumoren oder Metastasen, selten posteromediale Bandscheibenvorfälle. Bei diesem Syndrom kommt es zu Miktionsstörungen, Stuhlentleerungsstörungen, Reithosenanästhesie und eventuell auch in geringerem Maß zu einer Einschränkung der Sensorik und Motorik in den distalen Extremitäten [58-60].

Das *Kauda-Equina-Syndrom* wird meist durch große posteromediale Bandscheibenvorfälle hervorgerufen. Es handelt sich hierbei um Verletzungen der lumbosakralen Nervenwurzeln unterhalb des Konus medullaris. Es wird durch Blasen- und Mastdarmleerungsstörungen, einer schlaffen Parese der Beine und einer Reithosenanästhesie charakterisiert. Nachdem das Kauda-Syndrom eher eine Nervenverletzung als eine Rückenmarksläsion darstellt, sind die betroffenen Gliedmaßen schlaff [57, 58].

AIS und ASIA zur Klassifikationen von Rückenmarksläsionen mit neurologischem Defizit

Neben der Einteilung der Rückenmarksläsionen in komplett vs. inkomplett, primär und sekundär können Rückenmarksläsionen auch nach dem Grad der Beeinträchtigung in unterschiedliche Grade bzw. Kategorien eingeteilt werden. Die ASIA Skala wurde von der *American Spinal Injury Association* definiert und wird zur Klassifikation von traumatischen Querschnittslähmungen häufig verwendet [61, 62]. Die Schweregrade und die entsprechenden Kriterien, welche hierbei zur Anwendung kommen, sind in Tabelle 5 beschrieben [62, 63].

Neben der ASIA Skala können Rückenmarksverletzungen auch nach der oben bereits aufgeführten Abbreviated Injury Scale (AIS) klassifiziert werden. Während die ASIA Skala sich ausschließlich auf Verletzungen des Rückenmarks bezieht, kann mithilfe des Abbreviated Injury Scale der Schweregrad der Rückenmarksverletzungen mit anderen Verletzungen im Rahmen eines Polytraumas verglichen werden. Aus diesem Grund bietet sich diese Klassifikation zur Beurteilung bei Polytraumata an. Eine genaue Erläuterung der Einteilung

von Rückenmarksverletzungen nach der Abbreviated Injury Scale finden sich in Kapitel 3 Seite 32 und 33.

Tabelle 5: ASIA Impairment Scale [56, 57, 63]

Grad	Beschreibung
A	Komplette Lähmung: keine motorische oder sensible Funktion in den Segmenten S4/5
B	Sensibel inkomplette Lähmung: Erhaltene Sensibilität in den sakralen Segmenten S4/5
C	Motorisch inkomplette Lähmung: Restmotorik unterhalb des neurologischen Niveaus und mehr als die Hälfte der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus haben einen Kraftgrad < 3
D	Motorisch inkomplette Lähmung: Restmotorik unterhalb des neurologischen Niveaus und wenigstens die Hälfte der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus haben einen Kraftgrad ≥ 3 .
E	Normal: normale Motorik der Kennmuskeln und normale Sensibilität. Hierbei können pathologische Reflexe persistieren

2.4. Epidemiologie und Ursachen von Rückenmarksläsionen

In der Literatur finden sich zahlreiche epidemiologische Studien bezüglich Rückenmarksverletzungen, die darauf hindeuten, dass die Auftrittswahrscheinlichkeit von geografischen und demografischen Faktoren abhängig ist und sich daher regional stark unterscheidet [9-11, 64].

In europäischen Ländern variiert die jährliche Inzidenz der Rückenmarksläsionen zwischen 13,9 und 19,4 pro 1 Million Einwohner. Im Vergleich hierzu ist die Inzidenz in Nordamerika mit 43,3 bis 51 pro Million in der Literatur deutlich höher beschrieben [9-11, 64]. Nach Furlan et al. ist dies neben methodische Abweichungen auch auf sozioökonomische, kulturelle und politische Unterschiede in den verschiedenen Ländern zurückzuführen [65]. In den USA stellen bspw. Gewalttaten (Schusswunden, Messerstechereien) einen bedeutenden Anteil der Ursachen für Rückenmarksverletzungen dar. In Europa ist diese Ätiologie hingegen zu vernachlässigen.

Ursächlich für Rückenmarksläsionen in den USA sind nach Angaben des „National SCI Statistical Centers“ in Alabama zu 39,2% Verkehrsunfälle. Am zweithäufigsten werden Stürze aus großer Höhe, gefolgt von Gewalttaten und Sportunfällen beschrieben (Abbildung 3) [8]. Rückenmarksverletzungen mit neurologischem Defizit können auch nicht-

traumatischen Ursprungs sein. Als mögliche Ursachen sind Tumoren (Primärtumoren oder Metastasen), inflammatorische Erkrankungen (Multiple Sklerose, Transverse Myelitis), virale Infektionen (HSV, VZV, CMV, HIV, Poliovirus), bakterielle Infektionen (Pottsche Erkrankung, Mykobakterium spp), toxische Ursachen (Methotrexat, Cytosinarabinosid, Strahlung), genetische und metabolische Erkrankungen (z. B. Gluthation, Vitamin B 12 Mangel) und ischämische Ereignisse zu nennen (arteriell vs. venös: Aortendissektion, Arteriosklerose, Thrombose, Embolie, arteriovenöse Malformation) [66-68].

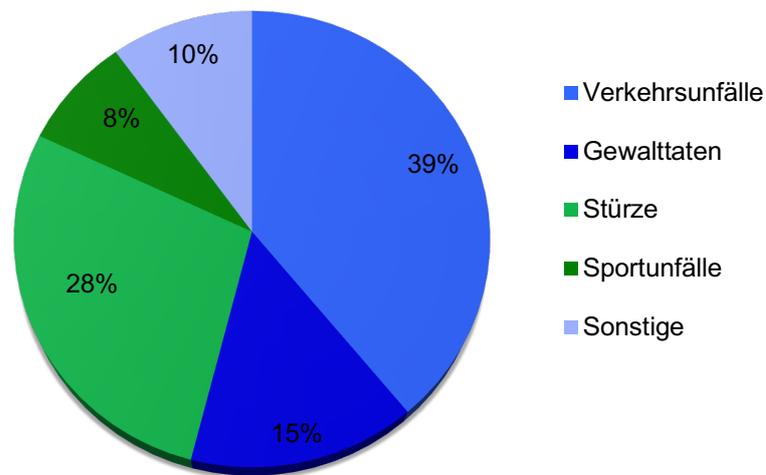


Abbildung 3: Häufigste Ursachen für Rückenmarksverletzungen in den USA nach dem „National SCI Statistical Center“ in Alabama

2.5. Diagnostik von Rückenmarksverletzungen

Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung nimmt sowohl bei der Erstdiagnose als auch im Krankheitsverlauf eine entscheidende Rolle ein. Die gewonnenen Erkenntnisse haben direkte Auswirkungen auf die weitere Diagnostik und Therapie. Mit der klinischen Untersuchung sollte in der Regel sofort nach dem Erfassen des Unfallmechanismus begonnen werden [69]. Prellmarken oder Décollementverletzungen können Hinweise auf eine Verletzung der Wirbelsäule bereits bei der Inspektion geben. Bei der Palpation ist insbesondere auf Fehlstellungen der Wirbelkörper und Schmerzen bei Bewegung oder Druck zu achten [70]. Eine anschließende sorgfältige neurologische Untersuchung ermöglicht eine Abschätzung des Schweregrads der Rückenmarksläsion und der Verletzungshöhe [45]. Hierbei sollten vor allem das sensorische System, die Motorik, die Muskeleigenreflexe sowie der Blasen- und Mastdarmaktivität beurteilt werden.

Bei der Untersuchung des sensorischen Systems wird die epikritische und protopathische Sensibilität in den 28 Dermatomen der rechten und linken Körperhälfte getestet. Dies kann mittels eines Nadelstichs bzw. auch einer leichten Berührung erfolgen. [45]. Die Untersuchung der Sensibilität der perianalen Region gibt zusätzliche Informationen über das Ausmaß der Läsion und sollten deshalb durchgeführt werden [45].

Bei der Untersuchung des motorischen Systems wird die Muskelkraft und -tonus einzelner Muskeln und Muskelgruppen beurteilt. Die Muskelkraft wird allgemein mittels der 6-Punkte-Skala nach Janda eingestuft (Tabelle 6, Seite 22). Weil die Muskelkraft ein wichtiger Indikator für das Ausmaß der Schädigung ist, sollte sie wiederholt untersucht werden, um den zeitlichen Verlauf der Erkrankung zu erfassen. Der Ausfall bestimmter Kennmuskeln (Tabelle 6, Seite 22) lässt zusammen mit der Untersuchung der Dermatome auf die Höhe der Verletzung schließen. Das letzte intakte Rückenmarkssegment definiert die Läsionshöhe. Bei einer Querschnittslähmung in Höhe C7 ist das Segment C7 noch intakt [71].

Während des spinalen Schocks ist mit einem Ausfall der Muskeleigenreflexe und einem Kontrollverlust der Blasen-Mastdarmfunktion mit Inkontinenz oder Urinverhalt zu rechnen. Nach einer Dauer von 4-6 Wochen kommt es zur motorischen und vegetativen Hyperreflexie. Im weiteren Verlauf prägen sich pathologische Reflexe aus, die beim gesunden Erwachsenen nicht auslösbar sind, wie zum Beispiel der Babinski Reflex oder der Gordon Reflex [72]. Der Reflexstatus ist daher ein ebenso unverzichtbarer Bestandteil der Diagnostik einer Rückenmarksläsion wie die Beurteilung des vegetativen Systems mit der Überprüfung des Füllungszustandes der Blase und Palpation des Analsphinkters.

Tabelle 6: Einteilung der Muskelkraft nach Janda (a) und Auflistung der wichtigsten Kennmuskeln (b)
[47, 57, 73, 74]

a)		b)	
Grad	Muskelkraft	Dermatom	Kennmuskel
0	Komplette Parese, keine Muskelkontraktion	C4-5	Diaphragma
1	Spürbare oder sichtbare Kontraktion	C5	M. deltoideus
2	Bewegungen ohne Einwirkung von Schwerkraft möglich	C5-6	M. biceps brachii
3	Bewegungen gegen die Schwerkraft möglich	C6	M. brachioradialis
4	Bewegungen gegen leichten Widerstand möglich	C7-8	M. triceps brachii
5	Volle Muskelkraft	L1	M. cremaster
		L3-4	M. quadriceps femoris
		L5	M. extensor hallucis longus
		S1	M. triceps surae

Eine Möglichkeit zur standardisierten Erfassung des neurologischen Status nach Rückenmarksverletzung stellt das ASIA Schema dar [72, 75, 76]. Hierbei werden die oben genannten Kriterien systematisch erfasst.

Patient Name _____
 Examiner Name _____ Date/Time of Exam _____

ASIA AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION **STANDARD NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY** **ISCOS**

MOTOR
KEY MUSCLES (scoring on reverse side)

	R	L	
C5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elbow flexors
C6	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wrist extensors
C7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Elbow extensors
C8	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Finger flexors (distal phalanx of middle finger)
T1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Finger abductors (little finger)

UPPER LIMB TOTAL (MAXIMUM) + = (25) (25) (50)

Comments:

L2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Hip flexors
L3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Knee extensors
L4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ankle dorsiflexors
L5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Long toe extensors
S1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ankle plantar flexors

Voluntary anal contraction (Yes/No)

LOWER LIMB TOTAL (MAXIMUM) + = (25) (25) (50)

SENSORY
KEY SENSORY POINTS

0 = absent
1 = impaired
2 = normal
NT = not testable

	LIGHT TOUCH		PIN PRICK	
	R	L	R	L
C2				
C3				
C4				
C5				
C6				
C7				
C8				
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				
T6				
T7				
T8				
T9				
T10				
T11				
L1				
L2				
L3				
L4				
L5				
S1				
S2				
S3				
S4-5				

TOTALS: + = (MAXIMUM) (56) (56) + = (56) (56)

Any anal sensation (Yes/No)

PIN PRICK SCORE (max: 112)

LIGHT TOUCH SCORE (max: 112)

• Key Sensory Points

NEUROLOGICAL LEVEL **COMPLETE OR INCOMPLETE?** **ZONE OF PARTIAL PRESERVATION**

The most caudal segment with normal function Incomplete = Any sensory or motor function in S4-S5 Caudal extent of partially innervated segments

SENSORY MOTOR	R	L	ASIA IMPAIRMENT SCALE	R	L
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association. REV 03/06

Abbildung 4: ASIA- Schema zur Beurteilung einer Rückenmarksverletzung [57]

Bildgebende Diagnostik

Besteht aufgrund der Anamnese und der körperlichen Untersuchung der Verdacht auf eine Rückenmarksläsion, ist eine bildgebende Darstellung der Wirbelsäule indiziert [72]. Der Traumaleader muss zügig entscheiden, ob der Patient hämodynamisch stabil genug für die weitere Diagnostik ist [77]. Mithilfe von konventionellem Röntgen oder der Computertomografie (CT) lassen sich Schäden der knöchernen und diskoligamentären Strukturen detektieren und somit die Stabilität der Wirbelsäule beurteilen. Zur Beurteilung von Läsionen des Rückenmarks ist die Magnetresonanztomografie der CT- und der Röntgenuntersuchung deutlich überlegen [78].

Konventionelles Röntgen

Das konventionelle Röntgen ist allgemein verfügbar und kann Instabilitäten der Wirbelsäule nachweisen [79]. Hierbei können Verletzungen des Rückenmarks oder Dislokationen der Bandstrukturen leicht übersehen werden [80]. Studien haben gezeigt, dass in bis zu 20% der Fälle wichtige Befunde mittels konventionellem Röntgen nicht diagnostiziert werden [81]. In vielen Zentren wurde deshalb das konventionelle Röntgen aufgrund der höheren Sensitivität und der Kosteneffektivität durch das CT ersetzt.

Computertomographie

Da in 70% der Fälle die herkömmliche Bildgebung mittels konventionellem Röntgen nicht ausreicht, muss eine CT-Bildgebung am Unfalltag erfolgen, um eine bessere Beurteilung der Stabilität der Wirbelsäule zu gewährleisten [72]. Beim Polytrauma übertrifft das CT das konventionelle Röntgen in der Abgrenzung von Knochenveränderungen oder Frakturen bei Wirbelsäulenverletzungen und hat sich in der Polytraumaversorgung etabliert [70, 82-84]. Die koronare und sagittale Schnittebene eignet sich besonders gut zur Detektion von Wirbelkörperfrakturen [85] [86]. Neben den knöchernen Strukturen lassen sich mittels Computertomografie auch Weichteilveränderungen darstellen, wie bspw. begleitende Rückenmarksödeme, Infarkte, Demyelinisierungen, Zysten und Verkalkungen.

MRT

Die Magnetresonanztomografie ist Mittel der Wahl zur Beurteilung des Nervengewebes bei neurologischen Defiziten nach traumatischen Ereignissen, Pathologien oder Bandscheibenverletzungen [72]. Neben dem Ausmaß der Rückenmarksschädigung können der Liquorraum und das angrenzende Weichteilgewebe sehr gut beurteilt werden [78]. Die Befunde korrelieren eng mit dem neurologischen Status und helfen die Prognosen abzuschätzen [87-89].

2.6. Versorgung von Schwerstverletzten mit Verdacht auf Rückenmarksläsion

Um eine Lebensbedrohung abzuwenden, richtet sich die primäre Versorgung in der Notfallversorgung bei Schwerstverletzten nach dem ABCDE-Schema [77]. Nach Woltmann et al. erlitten in den Jahren 2000 - 2002 34% der polytraumatisierten Patienten eine Wirbelsäulenverletzung [70]. Daher sollte grundsätzlich stets an eine Wirbelsäulenverletzung gedacht werden, insbesondere wenn der Unfallmechanismus dies indiziert: Hochrasanztraumata, Stürze aus großer Höhe oder Auto- bzw. Motorradunfälle sind prädisponierend für eine Wirbelsäulenverletzung [90, 91]. Begleitverletzungen, wie ein Schädel-Hirn-Trauma, insbesondere bei einhergehenden Gesichtsfrakturen, sowie Beckenfrakturen oder penetrierende Verletzungen im Bereich der Wirbelsäule deuten ebenfalls auf eine mögliche Beteiligung des Rückenmarks hin [92]. Nach Hierholzer et al. 2007 besteht eine Korrelation von Rückenmarksläsionen und Schädel-Hirn-Traumata, insbesondere wenn der GCS unter 8 liegt [72]. Die Initialmaßnahmen bei der Behandlung von schwerstverletzten Patienten mit Verdacht auf eine Rückenmarksläsion setzen sich aus Immobilisierung, ausreichender Oxygenierung und Ventilation, Volumenmanagement/ Kreislaufstabilisierung und medikamentöser Therapie zusammen [93].

Ein Patient mit Verdacht auf eine Rückenmarksläsion sollte bis zum Beweis des Gegenteils wie eine instabile Rückenmarksverletzung behandelt werden. Dies erfordert eine komplette Immobilisation des Patienten mittels einer festen Zervikalstütze, ggf. eines Rettungskorsetts, eines Spineboards oder einer Vakuummatratze [69, 94]. Bei der Immobilisierung wird der Patient in Rückenlage in die Neutral-Null-Methode gebracht. Achsabknickungen in sagittaler und frontaler Ebene sollten möglichst vermieden werden [69].

Bei schwerstverletzten Patienten mit Rückenmarksverletzung ist die Sicherung der Atemwege von großer Bedeutung. Eine frühe Intubation sollte in Betracht gezogen werden, wenn Zeichen einer Komprimierung der Atemwege oder beispielsweise bei einer HWS-Läsion ein Ausfall von Zwerchfell und Interkostalmuskeln vorliegt. Die Intubation sollte bei HWS-Läsionen unter Fiberoptik, und wenn dies nicht möglich ist, in In-Line-Stabilisierung durchgeführt werden. Dabei wird während der Drehung der Kopf des Patienten in Neutrallage gehalten und eine Rotation der Wirbelkörper vermieden [47, 77, 95]. Eine Ateminsuffizienz kann auch Tage nach dem Unfallereignis durch die Schwellung des Rückenmarks auftreten.

Patienten, bei denen der Verdacht auf eine Rückenmarksläsion besteht, erhalten ein ähnliches Volumenmanagement wie Traumapatienten unter Wiederbelebungsmaßnahmen. Eine anhaltende Hypotonie sollte bei fehlenden Blutungen den Verdacht auf einen neurogenen Schock lenken. Patienten mit einem hypotonen Schock sind in der Regel tachykard, während Patienten mit einem neurogenen Schock mit einer Bradykardie reagieren. Wenn der Blutdruck nicht auf die Volumentherapie anspricht, kann der Kreislauf mittels Katecholaminen (z. B. Dopamin) stabilisiert werden. Bei der Volumentherapie unter neurogenem Schock muss auf ein pulmonales Lungenödem geachtet werden [77, 95].

Des Weiteren wird die Verabreichung von **Glukokortikoiden** gegen das Fortschreiten der Rückenmarksläsion diskutiert. Unmittelbar nach einer Verletzung wird als eine der häufigsten pharmakologischen Behandlungen eine hohe Dosis Methylprednisolon (Initialbolus 30 mg/kg KG, 15 min Pause, anschließend 5,4 mg/kg KG/h für 23 h) verabreicht. Mehrere Multi-Center-Studien gehen von einem positiven Effekt der Methylprednisolon Behandlung aus und haben eine bedingte aber signifikante Verbesserung des neurologischen Defizits ergeben, wenn diese innerhalb von 8 Stunden nach der Verletzung verabreicht wurden [96-98]. Die Effekte werden jedoch kontrovers diskutiert [99-102].

Derzeit gibt es noch keine medizinische Behandlung, welche eine normale sensomotorische Funktion nach einer Rückenmarksverletzung wiederherstellen kann [103]. Um eine weitere Schädigung des Rückenmarks jedoch zu verhindern, werden **chirurgische Stabilisierungen** und/oder Dekompressionen einschließlich mit Entfernung von Blut- und Knochenfragmenten und dem Plattenmaterial durchgeführt. OP Indikationen innerhalb der ersten 24 h sind zunehmende neurologische Ausfälle, instabile Situationen und offene Verletzungen [77]. Die instabile Wirbelkörperfraktur sollte so früh wie möglich operativ versorgt werden, denn eine

frühzeitige Stabilisierung hat Verbesserungen in der Mortalität und dem Grad der Behinderung gezeigt [82, 104] [105-108].

Gerade weil keine kausale Therapie zur Behandlung einer Rückenmarksläsion zur Verfügung steht, hat die Physiotherapie zur Erhaltung der Körperfunktionen und zur Steigerung der Lebensqualität einen hohen Stellenwert. Die Therapie sollte sofort begonnen werden, sobald sich der Patient wieder in einem stabilen Zustand befindet. Das Üben von motorischen Abläufen wie Laufen, Rollstuhlfahren oder Positionswechsel sind hierbei ein wichtiger Bestandteil.

2.7. Lebenserwartung und Mortalität

Rückenmarksläsionen sind mit einer drastischen Abnahme der Lebensqualität verbunden [5]. Patienten mit einer kompletten Rückenmarksverletzung haben eine Chance auf Heilung von unter 5%. Wenn eine vollständige Lähmung 72 Stunden andauert, ist die Wiederherstellung der Rückenmarksfunktion sehr unwahrscheinlich. Die Prognose für inkomplette Läsionen ist besser als für komplette Läsionen, sowohl was die Lebensqualität, als auch was das Überleben angeht. Bei Erhalt eines Teiles der sensorischen Funktion unterhalb der Querschnittsverletzung kann der Patient mit einer Wahrscheinlichkeit von 50% das Laufen wieder erlernen. Ein wichtiger Prognosefaktor stellt hierbei die Empfindungen in den sakralen Segmenten S4 und S5 dar [109, 110]. Bei vielen Patienten bilden sich innerhalb der ersten 6 Monate Teile der motorischen Funktion wieder zurück [111].

Rückenmarksverletzungen gehen mit einem hohen Mortalitätsrisiko einher: 10 - 20% der Patienten mit Rückenmarksverletzungen versterben noch vor Eintreffen im Krankenhaus und 3% der Patienten versterben während ihres Krankenhausaufenthaltes. Bei Patienten, die ihre ursprüngliche Verletzung überleben, stellen Nierenversagen, Pneumonien, Lungenembolien und eine Sepsis die häufigste Todesursache dar. Herzerkrankungen, Folgetraumata, Suizide und alkoholbedingte Tode spielen vor allem nach Verlassen des Krankenhauses eine wesentliche Rolle.

3. Zusammenhang Polytrauma und Rückenmarksläsionen

Rückenmarksläsionen oder Wirbelsäulenverletzungen treten meist in Kombination mit Mehrfachverletzungen auf [70, 82, 104, 112]. Eine isolierte traumatische Verletzung des Rückenmarks ist selten und kann beispielsweise durch eine Messerstichverletzung oder eine Schusswunde verursacht werden. Nach Woltmann et al. erlitten in den Jahren von 2000 bis 2002 rund 34% der polytraumatisierten Patienten eine Wirbelsäulenverletzung. Deshalb sollte bei Patienten mit Mehrfachverletzungen an eine potenzielle Wirbelsäulenverletzung gedacht werden [112]. Dabei ist es wichtig die Wirbelsäulenverletzungen in stabil oder instabil zu klassifizieren und gezielt nach einer Rückenmarksläsion bzw. einem Querschnittssyndrom zu suchen. Rückenmarksläsionen können jedoch auch ohne begleitende Verletzung der Wirbelsäule im Rahmen eines Polytraumas auftreten [113]. Ursächlich sind dann beispielsweise Unterbrechungen der Blutzufuhr (durch Embolien, Dissektionen oder eine Gefäßruptur) oder Hämatome und Ödeme im Bereich des Spinalkanals. Klinische Zeichen, die bei einem Polytrauma auf eine Rückenmarksläsion hinweisen, sind ein schlaffer Muskeltonus, insbesondere des analen Schließmuskels, fehlende Schmerzreaktion und Priapismus [72]. Der Verdacht auf eine Rückenmarksläsion hat unmittelbare Folgen auf die Diagnostik und Versorgung des Patienten [70]. Ärzte und medizinisches Personal müssen sich bewusst werden, dass übermäßige Manipulation und unzureichende Immobilisation zusätzliche neurologische Schäden verursachen und das Outcome des Patienten verschlimmern können.

II. Problemstellung

Ziel dieser Arbeit war es, den Stellenwert von Rückenmarksverletzungen bei schwerstverletzten Patienten zu evaluieren. In Deutschland ist die Datenlage bezüglich der Inzidenz unzureichend. Bisherige Studien zu dem Thema klären nicht hinreichend die Frage, welche Faktoren sich negativ auf die Prognose und die Mortalität der Patienten ausüben. Nur wenige Arbeiten berücksichtigen außerdem den Schweregrad der Rückenmarksverletzungen nach AIS in ihren Überlegungen. In dieser Studie wurde daher die Inzidenz von Rückenmarksverletzungen unter schwerstverletzten Patienten und die Prognose sowie das „Outcome“ in Abhängigkeit des Verletzungsgrades erhoben. Die im Folgenden durchgeführten Analysen beruhen auf einer Auswertung des Trauma Registers der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie.

Die Fragestellungen der Arbeit lauteten im Einzelnen:

- Wie hoch ist die Inzidenz der Rückenmarksverletzungen in Deutschland unter Berücksichtigung
 - der Lokalisation der Verletzung
 - des Schweregrades der Verletzung
 - der Verletzungsursache
- Wo werden Patienten mit Rückenmarksverletzungen vornehmlich versorgt und welche Art der Bildgebung kommt bei der Diagnostik zum Einsatz
- Welchen Einfluss haben Faktoren wie der Schweregrad der Rückenmarksläsion (AIS 3-6), das Alter, Reanimation, Schock, ISS, Schädel-Hirn-Trauma und EK-Gabe auf das Outcome des Patienten.

III. Material und Methoden

1. Datenerfassung

1.2. Das Trauma Register

Das Trauma Register der DGU wurde 1993 von der Arbeitsgemeinschaft „Polytrauma“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) zur multizentrischen Erfassung der Behandlungsdaten Schwerverletzter im deutschsprachigen Raum ins Leben gerufen [114]. Dabei erfolgt die Datenerhebung prospektiv, standardisiert und anonymisiert.

Ziel des Trauma Registers der Arbeitsgemeinschaft (AG) „Polytrauma“ der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) ist es genaue Kenntnisse über die Abläufe der Schwerstverletztenversorgung zu erhalten und erstmalig Richtwerte für wesentliche Behandlungsabschnitte zu untersuchen [115].

Das Register beinhaltet seit seiner Gründung im Jahre 1993 eine Anzahl von 122.742 dokumentierten Patienten. Unter den 614 teilnehmenden Kliniken sind sechzehn aus Österreich, fünf aus Slowenien, vier aus den Niederlanden, vier aus der Schweiz, zwei aus Luxemburg, eine aus Finnland, eine aus Belgien, eine aus den Vereinigten Arabischen Emiraten und eine aus China. Nach Angaben des Jahresberichts 2012 wurden bis Ende 2012 Daten zu 28.805 Patienten aus 573 aktiven Kliniken erfasst [116]. Aus Deutschland nahmen 543 Kliniken teil. Die Daten werden auf fünf Bögen (A-E) erfasst und zentral computergestützt verarbeitet, Plausibilitätskontrollen unterzogen und ausgewertet [115].

Jeder Unfallpatient, der über den Schockraum einer der teilnehmenden Kliniken lebend aufgenommen wird, wird für die Registrierung erfasst. Die Daten werden in einer zentralen Datenbank der Universität Witten/Herdecke eingereicht. Die Anonymität der Daten für den einzelnen Patienten als auch für die teilnehmende Klinik wird gewährleistet. Das Trauma Register verzeichnet Epidemiologie, Prognosefaktoren, operative Behandlungsstrategien, Qualitätsmanagement, sowie Langzeitergebnisse [115].

1.2. Einschlusskriterien

Grundlage der Auswertung ist das Trauma Register des Zeitraumes 2002 bis 2012 mit einem Kollektiv von 111.791 Patienten. Die Einschlusskriterien des untersuchenden Patientenkollektivs waren schwer verletzte Erwachsene (Alter ≥ 16) Patienten mit einem ISS ≥ 16 . Außerdem wurden Patienten ausgewählt, die vom Unfallort innerhalb 48 Stunden früh weiterverlegt wurden (Primärversorgung). Außereuropäische Patienten wie zum Beispiel aus China und aus den Vereinigten Arabischen Emiraten wurden ausgeschlossen. Insgesamt erfüllten 57.310 Patienten die Einschlusskriterien (Abbildung 5).

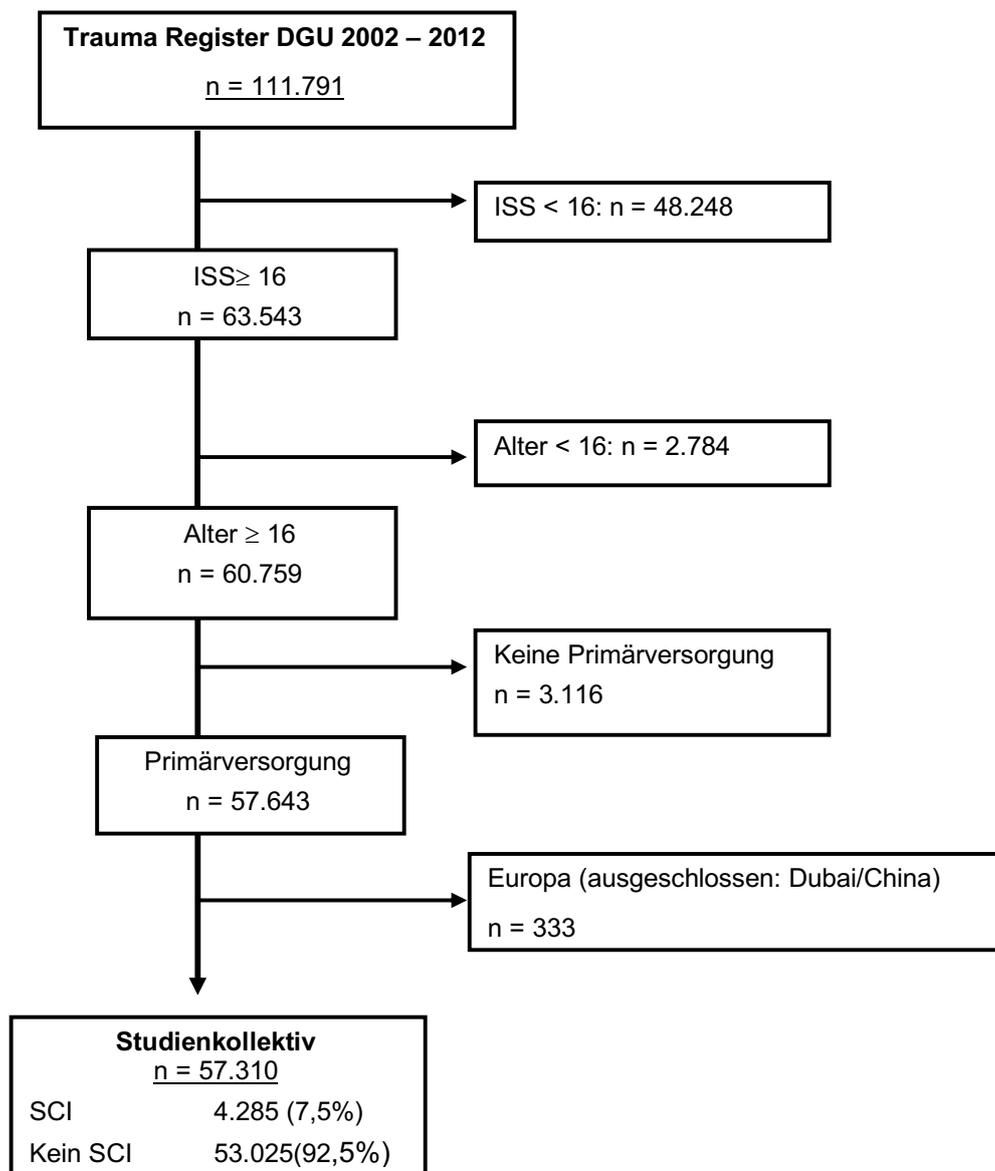


Abbildung 5: Das STROBE Diagramm des Studienkollektivs [1]

2. Klassifikation der Rückenmarksverletzungen nach Schweregrad

Alle Fälle des Studienkollektivs mit 57.310 Patienten wurden hinsichtlich einer Rückenmarksverletzung analysiert. Das Ausmaß der Rückenmarksläsion wurde mittels des Abbreviated Injury Scale (AIS 2005) klassifiziert. Schwer verletzte Patienten ohne Rückenmarksläsion wurden als AIS 0 eingestuft. Im Falle einer Rückenmarksläsion wurde die Verletzung anhand der AIS Codes in die Schweregrade 3 - 6 unterteilt. Die Codierung und Schweregrade nach AIS sind in Tabelle 7 erläutert.

Tabelle 7: Erläuterung der AIS Codierungen 2005. Die letzte Zahl der Codierung entspricht dem Schweregrad der Rückenmarksläsion (AIS 3 - 6) [1]

HWS (AIS Codierung)	
640201.3	Rückenmarkskontusion (umfasst die Diagnose der Kompression, der epiduralen oder subduralen Blutung innerhalb des Spinalkanals) mit transienter Neurologie (Parästhesie)
640210.4	Inkomplette Querschnittsläsion (eingeschränkter Funktionserhalt von Sensibilität und Motorik; umfasst das Vorderhorn, Seitenhorn und zentraler Nervenstrang) (<i>Brown- Sequard</i>)
640220.5	Komplette Querschnittsläsion (Quadriplegie oder Tetraplegie ohne Sensibilitäts-erhalt)
640229.6	Komplette Läsion oberhalb von C3
640240.5	Rückenmarkslazeration (umfasst ein penetrierendes Trauma, Durchtrennung oder Quetschverletzung)
640260.5	Komplette Querschnittsläsion (Quadriplegie oder Paraplegie ohne Sensibilitäts- oder Motorikerhalt)
640269.6	Komplette Läsion auf Höhe oder oberhalb C3
BWS (AIS Codierung)	
640401.3	Rückenmarkskontusion (umfasst die Diagnose der Kompression, der epiduralen oder subduralen Blutung innerhalb des Spinalkanals) mit transienter Neurologie (Parästhesie)
640410.4	Inkomplette Querschnittsläsion (eingeschränkter Funktionserhalt von Sensibilität und Motorik; umfasst das Vorderhorn, Seitenhorn und zentraler Nervenstrang) (<i>Brown- Sequard</i>)
640420.5	Komplette Querschnittsläsion (Quadriplegie oder Tetraplegie ohne Sensibilitäts-erhalt)
640440.5	Rückenmarkslazeration (umfasst ein penetrierendes Trauma, Durchtrennung oder Quetschverletzung) (eingeschränkter Funktionserhalt von Sensibilität und Motorik)

III. Material und Methoden

640460.5	Komplette Querschnittsläsion (Paraplegie mit Funktionsverlust der Sensibilität und Motorik)
LWS (AIS Codierung)	
640601.3	Rückenmarkskontusion (umfasst die Diagnose der Kompression, der epiduralen oder subduralen Blutung innerhalb des Spinalkanals) mit transientser Neurologie (Parästhesie)
640610.4	Inkomplette Querschnittsläsion (eingeschränkter Funktionserhalt von Sensibilität und Motorik; umfasst Seitenhorn) (<i>Brown-Sequard</i>)
640620.5	Komplette Querschnittsläsion (Paraplegie ohne Sensibilitäts- oder Motorikerhalt)
640640.5	Rückenmarkslazeration (umfasst ein penetrierendes Trauma, Durchtrennung oder Quetschverletzung) (eingeschränkter Funktionserhalt von Sensibilität und Motorik)
640660.5	Komplette Querschnittsläsion (Paraplegie ohne Sensibilitäts- oder Motorikerhalt)

3. Statistische Analyse

Die statistischen Analysen wurden mittels der Statistiksoftware SPSS, Version 22 (IBM Deutschland GmbH, Ehningen) durchgeführt. Als Erstes wurde mithilfe eines Chi-Quadrat-Tests (Hypothesentest) und eines Mann-Whitney-U-Test (Homogenitätstest) eine deskriptive Datenanalyse durchgeführt. Dabei wurden Patienten mit einer Rückenmarksläsion (AIS 3-6) mit den Nicht-Rückenmarks-Verletzten verglichen.

In einer Outcome Analyse wurde mithilfe der Glasgow Outcome Scala (GOS 1-5) ein Zusammenhang zwischen dem Schweregrad der Rückenmarksläsion (AIS 3 - 6) und dem Outcome untersucht.

Eine logistische Regressionsanalyse („stepwise forward“) wurde für Patienten mit Rückenmarksläsionen bestimmt, um einen Zusammenhang zwischen GOS 4 und 5 („gutes Outcome“) und anderen unabhängigen Traumavariablen herzustellen: Ausmaß der Rückenmarksläsion (AIS 3 - 6), Alter, Reanimation, Schock, ISS, Schädel-Hirn-Trauma und EK-Gabe.

Mittels einer Varianzanalyse wurde auf der Grundlage des Kruskal-Wallis-Tests das Alter, GCS und der ISS von Patienten mit Rückenmarksläsionen gegenüber Nicht-Rückenmarks-Verletzten untersucht. Das Verfahren untersucht, ob und gegebenenfalls wie sich die Erwartungswerte in den verschiedenen Gruppen unterscheiden.

IV. Ergebnisse

1. Deskriptive Analyse

Tabelle 11, Seite 45 zeigt die Hauptmerkmale von 57.310 schwer verletzten Patienten. Das mittlere Alter aller Patienten betrug $48,9 \pm 20,7$ Jahre. Männer waren mit 72,7% (n=41.627) deutlich häufiger verletzt als Frauen. 95,9% (n=54.978) der Patienten erlitten ein stumpfes Trauma. Für alle Patienten betrug der mittlere ISS $28,0 \pm 12,0$, der mittlere GCS $10,8 \pm 4,7$. Präklinisch erfüllten 18,8% (n=10.769) die Kriterien für einen Schock, 4,7% der Patienten (n=2.695) waren reanimationspflichtig und 48,9% (n=28.038) mussten intubiert werden.

1.1. Inzidenz, Lokalisation und Schweregrad der Rückenmarksverletzung

Insgesamt erfüllten 57.310 von 111.791 Patienten die Einschlusskriterien. Davon wurde bei 4.285 Patienten eine Rückenmarksläsion diagnostiziert. Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 7,5%.

Im Abschnitt der Halswirbelsäule wurden die meisten Rückenmarksläsionen verzeichnet, gefolgt von der Brustwirbelsäule und der Lendenwirbelsäule: Bei 2.222 Patienten (3,9%) lag eine Verletzung im Bereich der HWS vor, bei n=1.388 (2,4%) im Bereich der BWS und bei n=791 (1,4%) im Bereich der LWS (Abbildung 6). N=116 Patienten (0,2%) erlitten Mehrfachverletzungen in Bezug auf das Rückenmark.

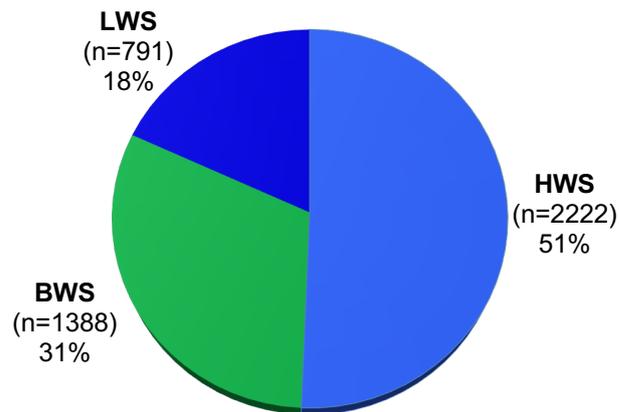


Abbildung 6: Lokalisation der Rückenmarksverletzungen. Anteil in Prozent an allen Fällen mit Rückenmarksverletzung. HWS: Rückenmarksläsion im Bereich der Halswirbelsäule, LWS: Rückenmarksläsion im Bereich der Lendenwirbelsäule, BWS: Rückenmarksläsion im Bereich der Brustwirbelsäule. Gesamtzahl an Rückenmarksläsionen: n=4401, Mehrfachläsionen in mehr als einem Level: n=116 [1]

Von den 4.285 Patienten mit Rückenmarksverletzung erlitten n=354 (8,3%) eine Rückenmarkskontusion mit vorübergehenden neurologischen Einschränkungen (AIS 3), bei n=1224 (28,6%) Patienten kam es zu einer inkompletten Querschnittsläsion (AIS 4), n=2357 Patienten (55,0%) erlitten einen kompletten Querschnitt (AIS 5) von denen bei n=350 (8,2%) Patientin die Rückenmarksläsion oberhalb von C 3 (AIS 6) (Abbildung 7) lokalisiert war.

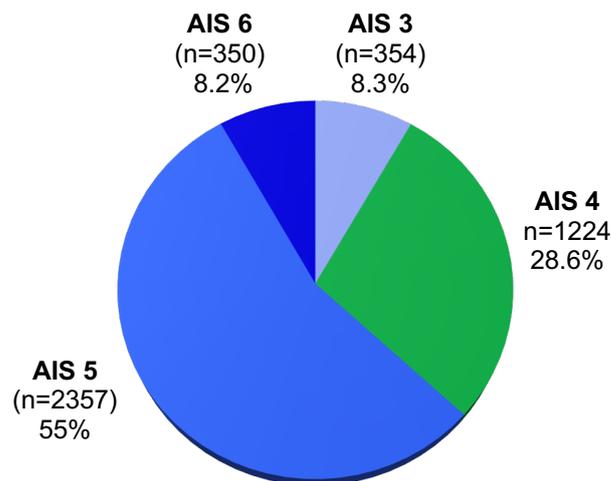


Abbildung 7: Verteilung der Rückenmarksverletzung nach Schweregrad. Klassifizierung der neurologischen Ausfälle und des Ausmaßes der Rückenmarksverletzung mittels AIS Codes [1]

IV. Ergebnisse

Die Verteilung des Schweregrades der Rückenmarksläsion war abhängig von der Lokalisation der Verletzung:

Im Bereich der **Halswirbelsäule** wurden im Falle einer Rückenmarksverletzung bei 7,2% (n=159) transiente neurologische Einschränkungen festgestellt (AIS 3). In 27,5% (n=612) kam es zu einer inkompletten (AIS 4), in 49,6% (n=1101) zu einer kompletten Querschnittsläsion (AIS 5) und in 15,8% (n=350) lag eine komplette Läsion oberhalb von C3 (AIS 6) vor.

Im Bereich der **Brustwirbelsäule** lag in 6,7% (n=93) eine Kontusion mit transients Neurologie (AIS 3) vor, in 23,9% (n=332) eine inkomplette (AIS 4) und in 69,4% (n=963) eine komplette Querschnittsläsion vor.

Patienten mit Rückenmarksverletzungen im Bereich der **Lendenwirbelsäule** erlitten in 18,3% der Fälle (n=145) eine Kontusion mit transients Neurologie (AIS 3), in 38,6% (n=305) eine inkomplette (AIS 4) und 43,1% (n=341) eine komplette Querschnittsläsion (AIS 5).

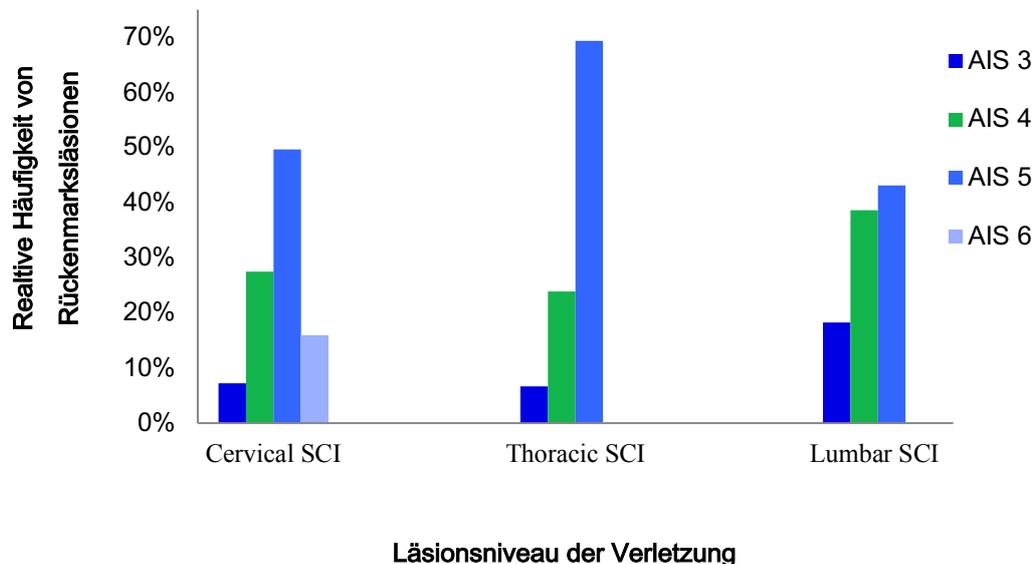


Abbildung 8: Läsionsniveau und Schweregrad der Rückenmarksverletzung. Relative Häufigkeit und Verteilung der Läsionen auf Rückenmarksebene mittels AIS Codes [1]

1.2. Polytrauma vs. Monotrauma / Begleitverletzungen bei Polytraumata

30.299 der 57.310 Patienten (52,9%) aus dem Register der DGU wurden als Polytrauma identifiziert. Die restlichen 27.011 Patienten erlitten ein Monotrauma. Unsere Analysen ergaben, dass Rückenmarksverletzungen im Vergleich hierzu vermehrt als Monotrauma auftraten (AIS 4: 59,6%, AIS 5: 56,0%, AIS 6: 55,7%). Einzig leichtgradige Rückenmarksverletzungen (AIS 3) traten in den meisten Fällen im Rahmen eines Polytraumas auf (77,1%).

Bezogen auf das Gesamtkollektiv traten schwere Begleitverletzungen (AIS \geq 3) bei Polytraumata vor allem im Kopf- (55,8%) und Thoraxbereich (55,9%) auf. Begleitverletzungen an den Extremitäten (33,7%) und im Abdominalbereich (18,5%) kamen seltener vor, allerdings immer noch bei rund jedem 3. bzw. 5. Patienten.

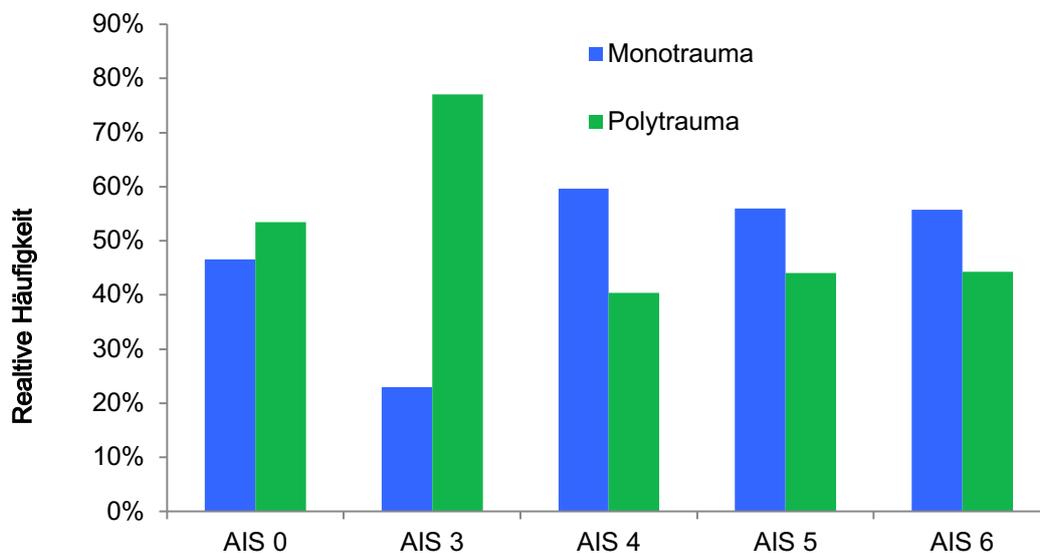


Abbildung 9: Verteilung der Mehrfachverletzungen und Einfachverletzungen in Abhängigkeit der Verletzungsschwere der Rückenmarksläsion. Häufigkeit in Prozent für die entsprechende Verletzungsschwere

Auch bei Patienten mit Rückenmarkskontusionen stellten Verletzungen im Schädel- und Thoraxbereich die häufigsten Begleitläsionen im Falle eines Polytraumas dar. Die Wahrscheinlichkeit eines Schädel-Hirn-Traumas stieg mit dem Schweregrad der

IV. Ergebnisse

Rückenmarksverletzung an (AIS 3: 54,8%, AIS 4: 59,7%, AIS 5: 59,8%). Im Falle einer AIS 6 Läsion kam es in 100% der Fälle zu einem Schädel-Hirn-Trauma. Thoraxverletzungen traten bei Rückenmarksverletzungen ungefähr gleich häufig auf wie bei dem Vergleichskollektiv (AIS 0: 55,9%; AIS 3-6: 55,8%). Verletzungen der Extremitäten traten in Relation zu Patienten ohne Rückenmarksläsion seltener auf (siehe Abbildung 10, Seite 38).

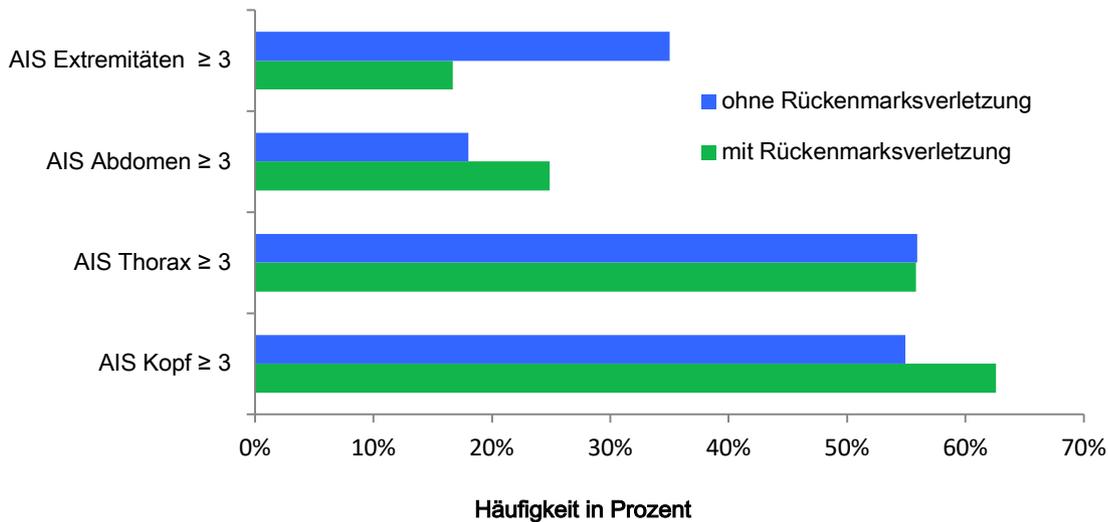


Abbildung 10: Verteilung der Begleitverletzungen (AIS ≥ 3)

1.3. Verletzungsursache

Hauptverletzungsursache von Rückenmarksverletzungen stellten in dem untersuchten Patientenkollektiv Unfälle im Straßenverkehr (46,3%; n=1887) dar. Hierbei verunfallten die meisten Patienten als Pkw-Insassen (19,8%; n=808), gefolgt von Zweiradfahrern (Motorrad: 16,2%; n=660, Fahrrad: 7,2%; n=294) und den Fußgängern (3,1%; n=125). Außerhalb des Straßenverkehrs war die häufigste definierte Unfallursache Stürze aus über 3 m Höhe (26,4%; n=1106) und Stürze unter 3m Höhe (17,3%; n=727). Sonstige Verletzungsursachen wurden mit 8,6% (n=365) benannt (Abbildung 11). Im Vergleich zu den Verletzungsursachen von Schwerstverletzten ohne Rückenmarksläsionen waren Stürze und Motorradunfälle bei Schwerstverletzungen mit Rückenmarksläsion überrepräsentiert (siehe Tabelle 8, Seite 39).

Tabelle 8: Ursachen für Schwerstverletzung

Ursache	Schwerstverletzung ohne Rückenmarksläsion	Schwerstverletzung mit Rückenmarksläsion (AIS 3-6)
n = 54 233	Anzahl (%)	Anzahl (%)
Autounfall	14013 (27,9%)	808 (19,8%)
Motorradunfall	6957 (13,9%)	660 (16,2%)
Sturz > 3 m	8745 (17,4%)	1106 (26,4%)
Sturz < 3m	8171 (16,3%)	727 (17,8%)
Fahrradunfall	4105 (8,2%)	294 (7,2%)
Fußgängerunfall	3847 (7,7)	125 (3,1%)

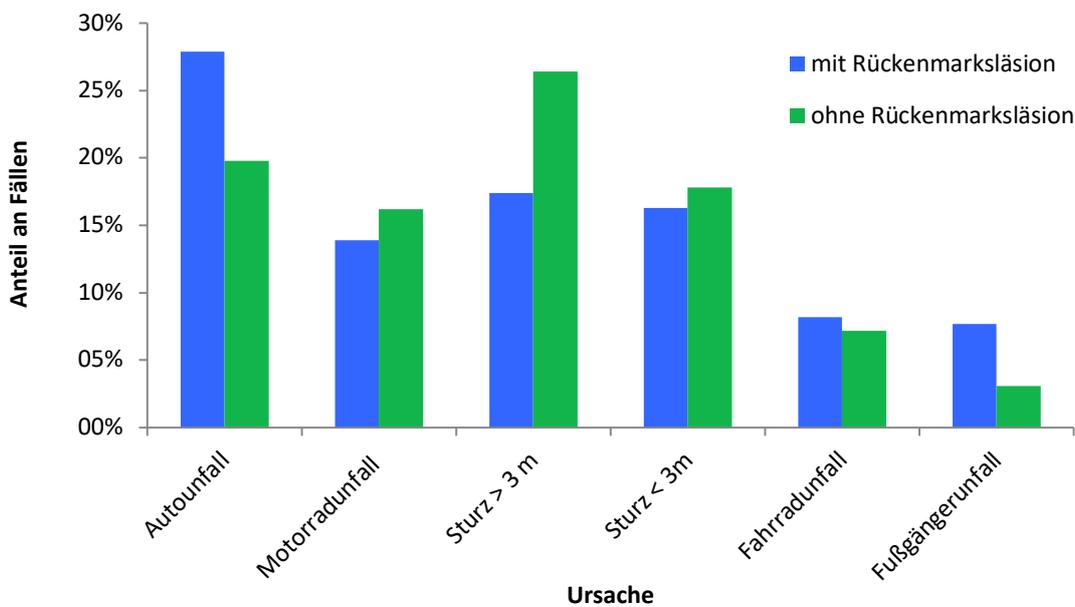


Abbildung 11: Unfallhergang schwerverletzter Patienten mit Rückenmarksverletzung. Y-Achse Prozentualer Anteil an Ursachen für Schwerstverletzung. X- Achse: Ursachen für Schwerstverletzung

Während Rückenmarksverletzungen mit niedrigerem Schweregrad (AIS 3) vor allem durch Verkehrsunfälle verursacht werden, nehmen Stürze als Ursache bei höhergradigen Verletzungen (AIS 4 und AIS 5) einen zunehmenden Stellenwert ein. Komplette

Querschnittssyndrome bzw. Rückenmarksläsionen (AIS 5) sind rund zur Hälfte auf Stürze zurückzuführen. Interessanterweise stellen Stürze < 3 m bei AIS 6 die wichtigste Ursache dar.

Tabelle 9: Verteilung des Verletzungsgrads in Abhängigkeit von den Verletzungsursachen

Unfallhergang	AIS 3	AIS 4	AIS 5	AIS 6
Auto	94 (28,1%)	242 (20,5%)	401 (18,0%)	71 (22,0%)
Motorrad	63 (18,8%)	154 (13,0%)	397 (17,8%)	46 (14,3%)
Fahrrad	20 (6,0%)	96 (8,1%)	139 (6,2%)	39 (12,1%)
Fußgänger	16 (4,8%)	38 (3,2%)	48 (2,2%)	23 (7,1%)
Sturz > 3m	77 (23,0%)	323 (27,3%)	669 (30,0%)	37 (11,5%)
Sturz < 3m	44 (13,1%)	218 (18,4%)	383 (17,2%)	82 (25,5%)
Sonstige	21 (6,3%)	111 (9,4%)	190 (8,5%)	24 (7,5%)

1.4. Versorgung von Rückenmarksverletzungen

1.4.1. Rettungszeit bei Rückenmarksverletzungen

Die im Gesamtpatientenkollektiv ermittelte Rettungszeit betrug im Durchschnitt $72,0 \pm 38,4$ Minuten. Die Rettungszeit wird gemessen von Unfalluhrzeit bis zum Eintreffen in die Klinik. Bei Patienten mit Rückenmarksläsionen wurden längere Rettungszeiten gemessen als bei den übrigen Schwerstverletzten (AIS 3: $72,1 \pm 36,3$ min, AIS 4: $78,9 \pm 43,1$ min, AIS 5 $77,6 \pm 41,6$ min; Vergleichskollektiv AIS 0: $71,7$ min $\pm 38,2$ min). Einzige Ausnahme stellten AIS 6 Verletzungen des Rückenmarks dar. Hier betrug die durchschnittliche Rettungszeit $70,0 \pm 35,8$ Minuten.

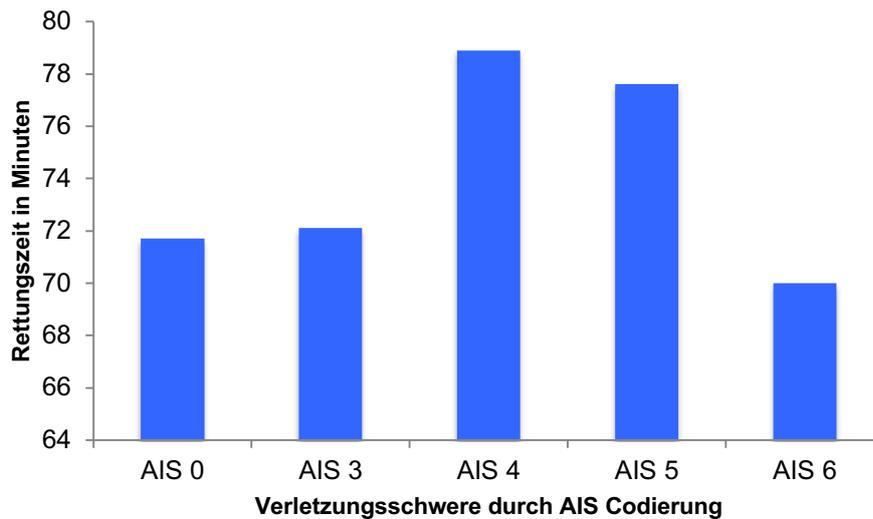


Abbildung 12: Rettungszeit in Minuten in Abhängigkeit von Rückenmarksverletzung und deren Schweregrad

1.4.2. Versorgerstufe der Krankenhäuser

Aus der Analyse des Trauma Registers geht hervor, dass 85,8% (n=3675) der Patientin mit Rückenmarksläsion in einem Krankenhaus der Versorgerstufe I behandelt wurden. Dieser Wert liegt über dem Anteil an Patienten ohne Rückenmarksläsion, die in einem solchen Krankenhaus versorgt wurden (72,6% n=53025). 13,1% der Rückenmarksverletzten (n=560) wurden in einem Krankenhaus der Stufe II und 1,2% (n=50) in einem Krankenhaus der Stufe III behandelt. Im Vergleich hierzu wurden bei Schwerstverletzten ohne Rückenmarksläsion 23,9% (n=12693) einem Stufe-II-Krankenhaus und 3,4% der Patientin einem Stufe-III-Krankenhaus (n=1817) zugeführt.

IV. Ergebnisse

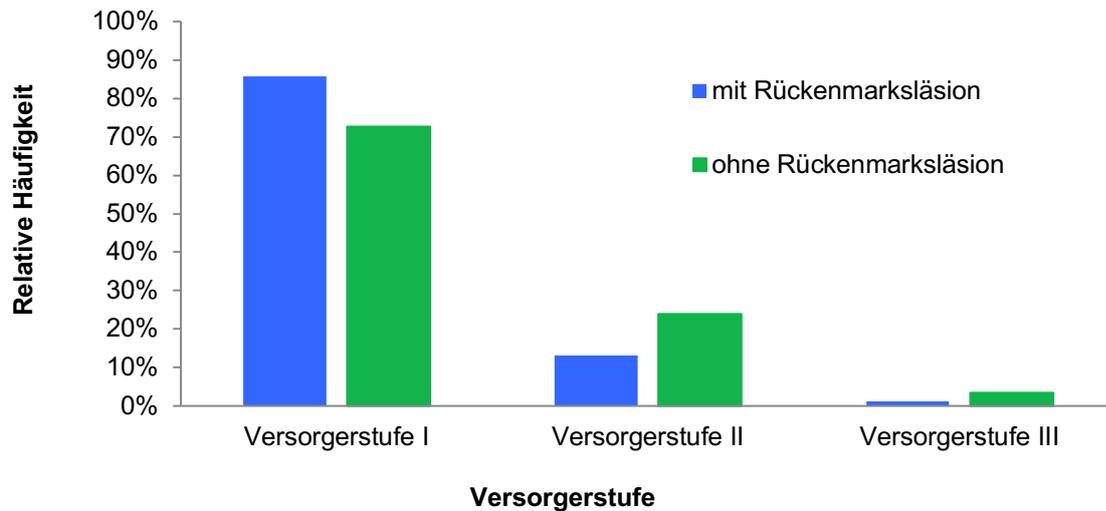


Abbildung 13: Versorgung von Schwerstverletzten in Abhängigkeit der Versorgerstufe [1]

1.4.3. Bildgebung bei Rückenmarksverletzungen

Hinsichtlich der Bildgebung bei Rückenmarksverletzung konnte anhand des Patientenkollektives festgestellt werden, dass in dem Zeitraum von 2002 bis 2012 die Ganzkörpertomografie im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik deutlich an Bedeutung gewonnen hat. Im Jahre 2005 war die Anwendungshäufigkeit beider Modalitäten ungefähr ausgeglichen. Im Jahre 2012 hingegen wurde bei 86,8% der Patienten mit Rückenmarksverletzung ein Ganzkörper-CT durchgeführt.

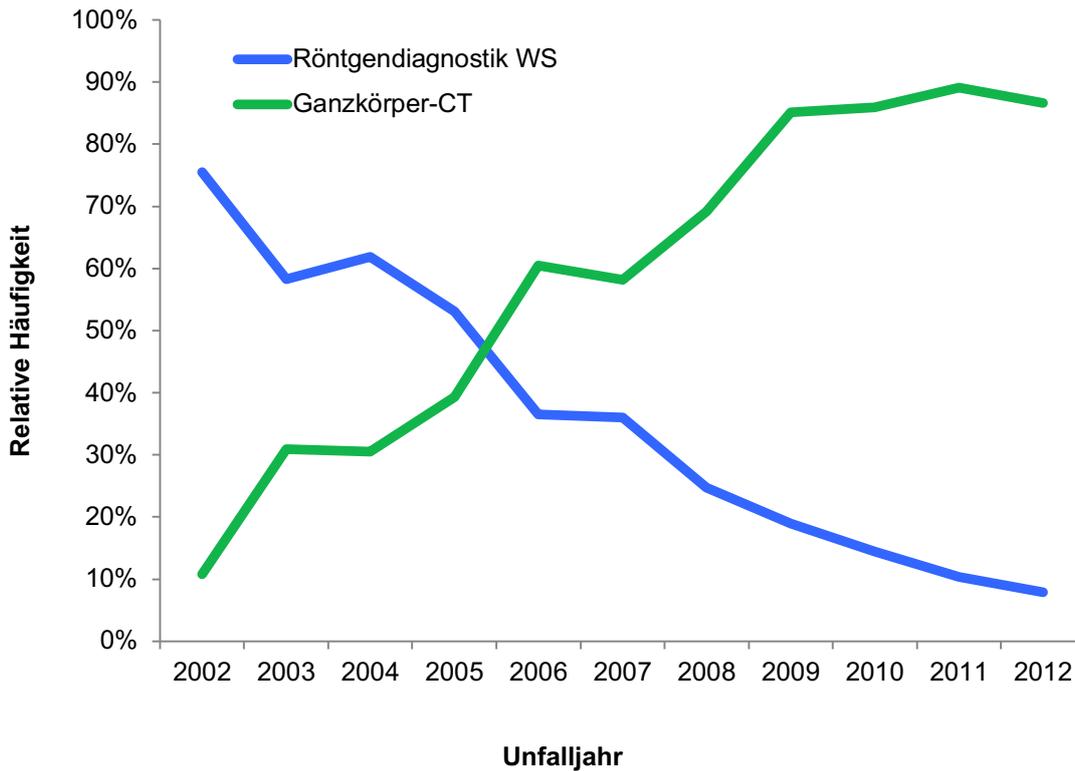


Abbildung 14: Vergleich Ganzkörper CT und Röntgenuntersuchung der Wirbelsäule. Die Bildgebung von Patienten mit einer Rückenmarksverletzung wurde von 2002 bis 2012 verglichen [1]

1.5. Komplikationen und Krankenhausliegedauer bei Rückenmarksverletzungen

Patienten mit einem hohen Verletzungsschweregrad des Rückenmarks (AIS 5 und AIS 6) zeigten ein signifikant häufigeres Auftreten von Multiorganversagen (MOV) (AIS 0: 32.8%, AIS 5: 32.8%, AIS 6: 55.6%) und Sepsis (AIS 0 = 9.7%, AIS 5: 13.2%, AIS 6: 10.7%) ($p < 0,001$). Dies ist in Abbildung 15 grafisch dargestellt.

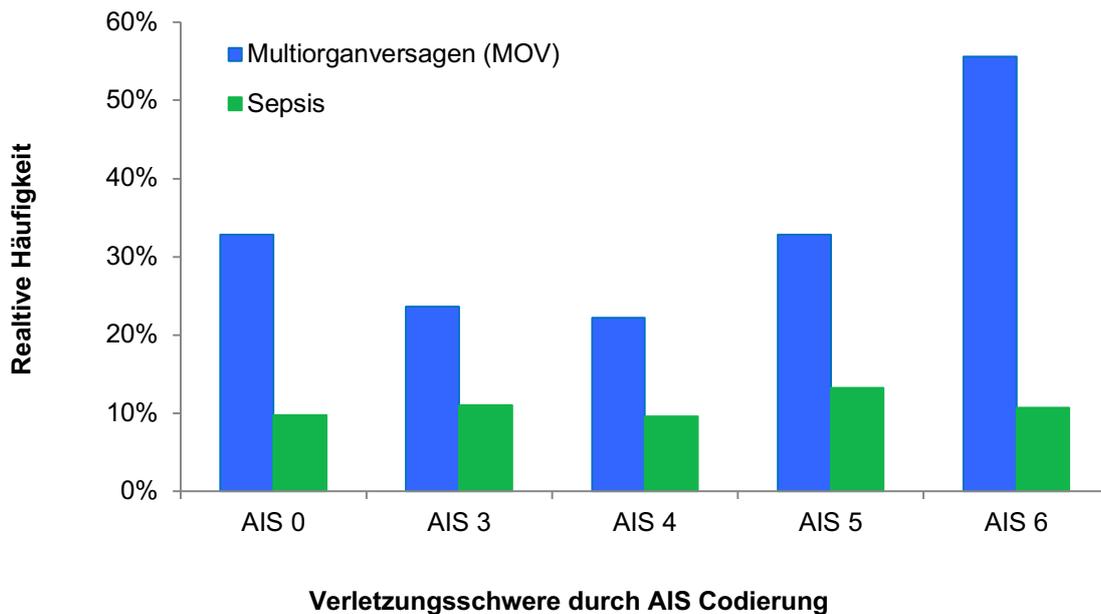


Abbildung 15: Relative Häufigkeit von Multiorganversagen und Sepsis in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere

Patienten mit Rückenmarksverletzungen erfüllten signifikant öfter die Kriterien für einen Schock ($RR < 90\text{mmHg}$). Ein höherer Schweregrad ging mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für ein Schockereignis einher. Bei Patienten mit einer AIS 6 Läsion trat in über der Hälfte ein Schockereignis ein.

Tabelle 10 : Schockereignisse bei Patienten mit Rückenmarksläsionen.

	AIS 0	AIS 3	AIS 4	AIS 5	AIS 6
Schockereignisse	9768 (18,2 %)	53 (15,3 %)	203 (19,7 %)	558 (26,6 %)	187 (59,7 %)
		1001 (23,4 %)			

Bei annähernd gleicher Altersverteilung zeigten schwer verletzte Patienten mit Rückenmarksläsionen eine tendenziell längere Intensiv- und Gesamtliegezeit ($p < 0,001$). Vor allem Patienten der Rückenmarksläsionen AIS 5 und 6 wiesen eine fast doppelt so lange Liegezeit wie Patienten ohne Rückenmarksläsion (AIS 0) auf (AIS 0: $23,4 \pm 25,4$ Tage; AIS 5: $37,0 \pm 39,9$ Tage; AIS 6: $42,7 \pm 52,3$ Tage). Die Beatmungsdauer war in der Gruppe der AIS 5 Verletzten mit $11,9 \pm 20,7$ Tagen am längsten.

1.6. Mortalität von Rückenmarksverletzungen

Die Gesamtmortalität des Kollektivs betrug 18,6%. Bei Patienten mit Rückenmarksläsionen betrug dieser Wert 15,7% und war damit signifikant geringer als bei Patienten ohne Rückenmarksläsion (19,4%). Die Verletzungsschwere korrelierte dabei mit der Gesamtmortalität (AIS 3: 6,5%, AIS 4: 8,5%, AIS 5: 13,5%). Komplette Läsion auf Höhe oder oberhalb C 3 (AIS 6) gingen mit einer sehr hohen Gesamtmortalität einher (64,6%).

Die 24 - Stunden Mortalität der Patienten war ebenso wie die Gesamtmortalität abhängig vom Schweregrad der Rückenmarksverletzung. Während Verletzungen mit einem Schweregrad von AIS 3, 4 oder 5 mit einer niedrigeren 24 - Stunden Mortalität als im Vergleichskollektiv (ohne Rückenmarksverletzungen) einhergingen (AIS 3: 0,6%, AIS 4: 2,2% AIS 5: 4,8% , Vergleichskollektiv AIS 0: 10,4%), wurde bei Verletzungen, die als AIS 6 klassifiziert wurden, eine 24 - Stunden Mortalität von 28,0% verzeichnet.

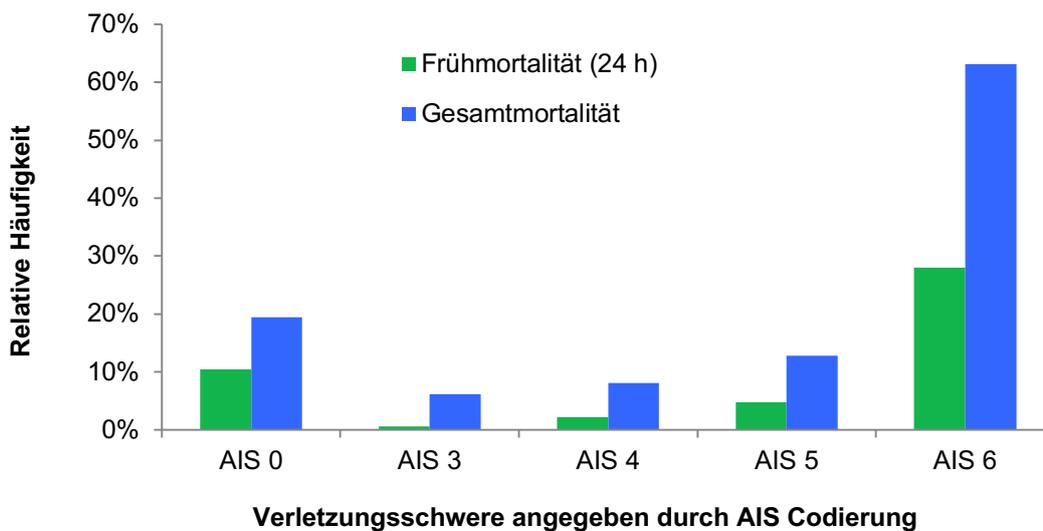


Abbildung 16: Verteilung der Frühmortalität und Gesamtmortalität in Abhängigkeit von der Verletzungsschwere (AIS 0 – AIS 6)

Gruppe	Total	AIS 0	AIS 3	AIS 4	AIS 5	AIS 6
Anzahl	57.310	53025	354	1224	2357	350
Epidemiologie						
Alter (Jahre)	48,85±20,7	48,98±20,7	43,95±18,8	47,71±19,6	46,50±19,7	54,49±22,9
Männlich	41.627 (72.7%)	38.319 (72.3%)	250 (70.5%)	942 (76.7%)	1859 (78.9%)	257 (73.3%)
Stumpfes Trauma	54.978 (95.9%)	50.734 (95.7%)	354 (98.3%)	1232 (98.8%)	2309 (97.8%)	349 (99.1%)
Präklinik						
Schock	10.769 (18.8%)	9768 (18.2%)	53 (15.3%)	203 (19.7%)	558 (26.6%)	187 (59.7%)
Reanimation	2695 (4.7%)	2294 (4.3%)	12 (3.5%)	44 (4.3%)	127 (6.1%)	218 (65.5%)
Intubation	28.038 (48.9%)	26419 (49.4%)	134 (38.8%)	341 (32.8%)	848 (40.5%)	296 (88.8%)
GCS (Punkte)	10,8±4,7	10,8±4,7	12,3±4,2	12,1±4,3	11,5±4,5	4,4±3,5
Klinik						
Hämoglobin Konzentration (mg/dL)	11,9±2,7	11,9±2,8	12,1±2,5	12,4±2,4	11,8±2,7	11,4±2,8
Thromboplastinzeit (%)	79,3±23,3	79,2±23,4	79,8±21,7	82,1±20,4	80,1±21,0	72,0±25,9
Base excess (mmol/L)	3,0±5,1	3,0±5,1	2,6±4,5	2,4±4,5	2,5±4,5	5,8±6,7
WBCT	37,164 (64.8%)	34,454 (64.9%)	243 (70.1%)	667 (55.5%)	1589 (68.1%)	211 (60.7%)
Zeit vom Unfallort bis zur Klinik (min)	72,0±38,4	71,7±38,2	72,1±36,3	78,9±43,1	77,6±41,6	70,0±35,8
EK Gabe	12047 (21.0%)	11172 (21.2%)	70 (19.5%)	214 (17.4%)	529 (22.3%)	62 (18.3%)
Multiforganversagen (MOV)	18601 (32.6%)	17242 (32.8%)	90 (23.6%)	223 (22.2%)	861 (32.8%)	185 (55.6%)
Sepsis	5643 (9.8%)	5081 (9.7%)	42 (11.0%)	141 (9.6%)	343 (13.2%)	36 (10.7%)
IntubierteTage	6,36±10,9	6,2±10,6	5,9±10,4	6,9±12,3	9,8±14,3	11,9±20,7
ICU Tage	10,5±13,4	10,3±13,1	10,3±12,9	11,2±14,3	14,8±16,2	13,1±20,5
Liegedauer im Krankenhaus (Tage)	23,4±25,4	22,8±22,4	27,7±26,2	37,0±39,9	42,7±52,3	22,8±42,7
AIS Kopf ≥ 3	31811 (55.8%)	29127 (54.9%)	194 (54.8%)	731 (59.7%)	1409 (59.8%)	350 (100%)
AIS Thorax ≥ 3	32040 (55.9%)	29647 (55.9%)	222 (62.7%)	583 (47.6%)	1455 (61.7%)	133 (38.0%)
AIS Abdomen ≥ 3	10608 (18.5%)	9542 (18.0%)	163 (46.0%)	383 (31.3%)	487 (20.7%)	33 (9.4%)
AIS Extremitäten ≥ 3	19286 (33.7%)	18570 (35.0%)	138 (39.0%)	195 (15.9%)	331 (14.0%)	52 (14.9%)
ISS (Punkte)	28,0±12,0	27,5±11,4	25,8±9,4	25,3±10,9	34,8±10,8	75,0±0,0
24 h Mortalität	5758 (10.0%)	5519 (10.4%)	2 (0.6%)	27 (2.2%)	112 (4.8%)	98 (28.0%)
Gesamtmortalität	10672 (18.6%)	10263 (19.4%)	23 (6.5%)	104 (8.5%)	318 (13.5%)	226 (64.6%)
Primärsorgte Patienten	48718 (85.0%)	45475 (85.5%)	295 (83.3%)	883 (72.1%)	1787 (75.8%)	278 (79.4%)

Rückenmarksverletzung mit neurologischem Defizit

Tabelle 11: Eigenschaften schwer verletzter Patienten unter Berücksichtigung von Rückenmarksverletzungen und deren Schweregrad [1]

2. Outcome Analyse - Prognose von Rückenmarksverletzungen

Analysen bezüglich des Langzeitverlaufs wurden bei Patienten mit Rückenmarksverletzung durch Anwendung des Glasgow Outcome Scores durchgeführt. Die Ergebnisse der Auswertung sind in Tabelle 12 zusammengefasst. Das Risiko eines tödlichen Ereignisses stieg wie zu erwarten mit dem Schweregrad der Verletzung nach AIS an. Patienten die eine Rückenmarksläsion auf Höhe oder oberhalb von C3 (AIS 6) erlitten hatten jedoch ein ausgesprochen hohes Risiko zu versterben (im Vergleich zu niedriggradigen Rückenmarksverletzungen (AIS 3-5)). In dieser Gruppe (AIS 6) verstarben 226 von 350 Patienten (64,6%). Ein ähnlicher Zusammenhang ließ sich für persistierende vegetative Zustände verzeichnen. Auch hier korrelierte die Auftrittswahrscheinlichkeit mit dem Schweregrad der Verletzung (siehe Tabelle 12). Niedrig-gradige Verletzungen (AIS 3 und 4) gingen jeweils in über 60% der Fälle mit einer nur geringgradigen oder mäßiggradigen Behinderung einher (GOS 3 und 4).

Tabelle 12: Grad der Erholung zur objektiven Beurteilung mittels des Glasgow Outcome Scores [1]

Glasgow Outcome Score	AIS 3	AIS 4	AIS 5	AIS 6
Tod (GOS 1)	23 (6.5%)	104 (8.5%)	318 (13.5%)	226 (64.6%)
Persistierender vegetativer Zustand (GOS 2)	4 (1.1%)	19 (1.6%)	67 (2.8%)	25 (7.1%)
Schwere Behinderung (GOS 3)	43 (12.1%)	357 (29.2%)	1362 (57.8%)	86 (24.6%)
Mäßige Behinderung (GOS 4)	92 (26.0%)	405 (33.1%)	373 (15.8%)	7 (2.0%)
Geringe Behinderung (GOS 5)	192 (54.2%)	339(27.7%)	237 (10.1%)	6 (1.7%)

In Tabelle 13 sind die Ergebnisse einer logistischen Regression dargestellt. Mehrere Einflussfaktoren wurden eingeschlossen, um ihren Einfluss auf das Outcome von Rückenmarksverletzten auszuwerten. Die Auswertung zeigt, dass folgende Faktoren mit einem signifikant ungünstigeren Outcome einhergehen ($p \leq 0,02$):

AIS 6 (Odds ratio (OR) = 0,05), AIS 5 (OR = 0,087), Alter ≥ 80 (OR = 0,28), Reanimation (OR = 0,33), AIS 4 (OR = 0,38), EK-Gabe (OR = 0,54), schweres Schädel-Hirn-Trauma (OR

IV. Ergebnisse

= 0,59), Alter 60-69 (OR = 0,68), Alter 70-79 (OR = 0,68), Schock am Unfallort (OR = 0,71), Schweregrad der Verletzung (ISS in Punkten) (OR = 0,98).

Variable	Regressions Koeffizient β	p	Odds ratio (e^{β})	CI 95%
AIS 6	-2,96	<.001	0,052	0,02-0,13
AIS 5	-2,44	<.001	0,087	0,06-0,13
Alter (80 + Jahre)	-1,26	<.001	0,283	0,17-0,46
Reanimation	-1,12	<.001	0,328	0,20-0,54
AIS 4	-0,97	<.001	0,381	0,26-0,55
AIS 3 (Referenz)	-	<.001	-	-
EK Gabe	0,61	<.001	0,543	0,42-0,70
Schädel-Hirn-Trauma	-0,53	<.001	0,589	0,49-0,72
Alter (60 – 69 Jahre)	-0,38	.008	0,681	0,51-0,91
Alter (70 – 79 Jahre)	-0,38	.023	0,682	0,49- 0,95
Schock	-0,34	.005	0,711	0,56-0,90
ISS in Punkten	-0,02	<.001	0,982	0,97-0,992
Konstante	2,69	0,001	14,79	

Tabelle 13: Logistische Regression. Ziel Variablen: GOS 4 oder 5 (gutes Outcome); Step-wiseforward-Reggressionsmodell; n = 2621 der 4.285 Patienten mit einer Rückenmarksläsion. Die Variablen männliches Geschlecht, stumpfes Trauma, Liegedauer im Krankenhaus und Versorgerstufe I-III der Krankenhäuser wurden wegen p größer als 0.175 nicht ins abschließende Modell mit aufgenommen. Der Gesamt-Chi-Quadratwert im endgültigen Modell betrug 807.1 mit 11 Freiheitsgraden und einem p-Wert von weniger als 0.001 [1]

Abbildung 17 vergleicht das Kollektiv der Überlebenden mit den Nicht-Überlebenden Patienten mit Rückenmarksläsion nach einer Schwerstverletzung. Patienten, die an ihren Rückenmarksverletzungen im Rahmen einer Schwerstverletzung starben, zeigten im Mittel eine höhere ISS-Punktzahl (ISS: 51,6) und wiesen niedrigere Punkte beim Glasgow Coma Scale (GCS: 6) als die Überlebenden (ISS: 31,6, GCS:12,14 Punkte) auf. Darüber hinaus war das Kollektiv der Verstorbenen mit $58,01 \pm 22,5$ Jahren signifikant älter als die Überlebenden ($46,70 \pm 19,6$ Jahren).

IV. Ergebnisse

	AIS 0	AIS 3	AIS 4	AIS 5	AIS 6
Nach Hause	18848 (44,3%)	134 (40,6%)	308 (27,5%)	363 (17,7%)	16 (12,4%)
Reha	16041 (37,7%)	133 (40,3%)	591 (52,8%)	1074 (52,5%)	67 (51,9%)
Krankenhaus	6491 (15,2%)	51 (15,5%)	201 (17,9%)	547 (26,7%)	42 (32,6%)
Sonstige	1214 (2,9%)	12 (3,6%)	20 (1,8%)	62 (3,0%)	4 (3,1%)

Tabelle 14: Entlassungsart der Überlebenden

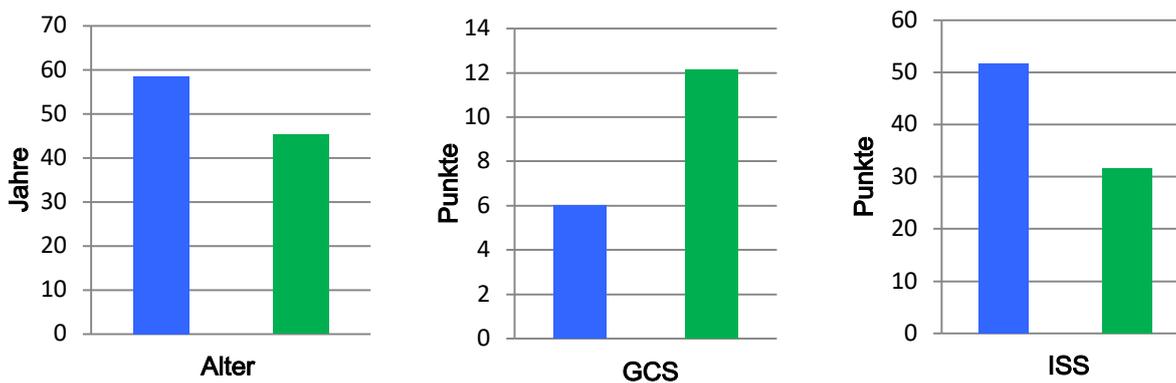


Abbildung 17: Vergleich Überlebende vs. Verstorbene im Bezug auf Alter, ISS und GCS

Von den Überlebenden mit Rückenmarksläsion konnten 19,2% nach Hause entlassen werden, 43,5% wurden einer Rehabilitationsklinik zugeführt und 19,6% wurden in ein anderes Krankenhaus verlegt (2,3% Sonstige). Mit zunehmender Verletzungsschwere sank der Anteil der Patientin, die nach Hause entlassen werden konnten. Lag bei den AIS 3 Patienten der Anteil noch bei 40,1%, so waren es bei AIS 6 Patienten nur noch 12,4%. Es zeigte sich, dass Patienten mit einer Rückenmarksläsion öfters eine Rehabilitation in Anspruch nahmen (AIS 0: 37,7%, AIS 3: 40,3%, AIS 4: 52,8%, AIS 5: 52,5%, AIS 6: 51,9%).

IV. Ergebnisse

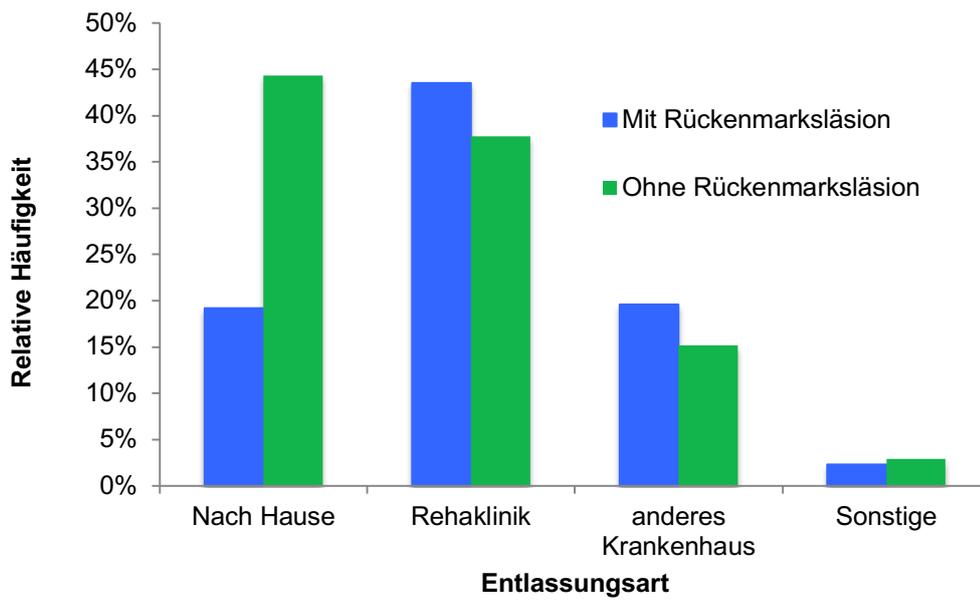


Abbildung 18: Entlassungsart der Überlebenden. Abbildung 18 veranschaulicht die Entlassungsart bei schwerverletzten Überlebenden mit bzw. ohne Rückenmarksläsion

V. Diskussion

Die Inzidenz der Rückenmarksläsionen mit neurologischem Defizit wird in den Ländern Europas (13,9 - 19,4/ 1 Million Einwohner) und in den USA (43,3 - 51,0/ 1 Million Einwohner) sehr unterschiedlich beschrieben [9, 10, 64, 117]. In unserer Studie traten bei 7,5% der schwer verletzten Traumapatienten Rückenmarksläsionen auf. Dies impliziert, dass bei jedem 13. Schwerverletzten Wirbelsäulenverletzungen mit neurologischem Defizit auftreten. Rückenmarksverletzungen stellen somit ein relevantes sozioökonomisches Problem dar. Hasler et al. führte eine europäische Kohortenstudie mit 250.584 Patienten durch. Hierzu wurden Daten des Trauma Audit und Research Netzwerks zwischen den Jahren 1988 und 2009 ausgewertet. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass lediglich 1,8% der Traumapatienten eine Rückenmarksläsion aufweisen [7]. Die Inzidenz ist verglichen mit unseren Ergebnissen niedrig. Dies ist am ehesten auf die unterschiedlichen Einschlusskriterien zurückzuführen. Während in unserer Studie ausschließlich schwerstverletzte Patienten mit einem ISS > 16 berücksichtigt wurden, fanden in der Studie von Hasler et al. Traumapatienten unabhängig vom Schweregrad der Verletzungen nach AIS und ISS Berücksichtigung. Ausschlusskriterien waren lediglich geringgradige Hautverletzungen, penetrierende Verletzungen mit einem Blutverlust unter < 20%, unkomplizierte Extremitäten Verletzungen, Patienten über 65 Jahren mit isolierten Frakturen des Schenkelhalses oder der Os pubis. Die Inzidenz von Rückenmarksläsionen unter Schwerstverletzten hat einen besonders hohen Stellenwert, da das Auftreten einer solchen Verletzung eine angepasste Diagnostik und Therapie verlangt und Einfluss auf den Krankheitsverlauf und die Langzeitprognose hat.

In der Literatur finden sich nur sehr wenige Studien, welche die Verletzungsverteilung und -schwere (AIS 3 - 6) bei Rückenmarksläsionen berücksichtigen. Deshalb ist die mit dem Trauma Register der DGU® erfasste Population schwer verletzter Patienten mit Rückenmarksläsionen von großer Bedeutung. Die hier vorgestellte Auswertung des DGU-Trauma Registers zeigt, dass Verletzungen der Wirbelsäule am häufigsten in Höhe der HWS auftreten (50,5%), dicht gefolgt von der BWS (31,5%) und LWS (18,0%). Lenehan et al. beschrieb in seiner demografischen Studie in Irland, bei einem vergleichsweise kleineren Patientenkollektiv (n = 942), ein ähnliches Verteilungsmuster (HWS: 51%, BWS: 21%, LWS:

28%) [117]. Unsere Analysen in Bezug auf den Schweregrad in Abhängigkeit der Läsionshöhe zeigten, dass Verletzungen im Bereich der HWS und BWS mit schwerwiegenderen neurologischen Defiziten einhergehen als Verletzungen im Bereich der LWS. Dies ist am ehesten auf die anatomischen Gegebenheiten im Bereich der LWS zurückzuführen. Es ist bekannt, dass die Cauda equina, welche unterhalb von L1 im Spinalkanal verläuft, weniger anfällig für Verletzungen ist, als die kranialen Anteile [118].

In unserer Studie wurden am häufigsten AIS 5 (55,0%) Läsionen dokumentiert. Diese Ergebnisse stimmen mit Aussagen von früheren Studien überein. Jackson et al. führte über drei Jahrzehnte lang eine konsekutive Fallserie in den USA durch, um epidemiologische Daten über akute Rückenmarksverletzungen mit neurologischem Defizit auszuwerten [119]. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass 55,6% der Rückenmarksverletzten eine komplette Querschnittsläsion (AIS 5) erlitten [119]. Unsere Auswertungen zeigten, dass inkomplette Läsionen (AIS 4) in einem Drittel der Fälle gefunden wurden (28,6%). Lediglich 8,3% der Rückenmarksverletzungen führten zu einem transienten neurologischen Defizit (AIS 3). Annähernd 92% aller Patienten mit Rückenmarksläsionen sind daher einer dauerhaften neurologischen Einschränkung ausgesetzt. Dies deutet darauf hin, dass bei Auftreten einer Rückenmarksläsion in der überwiegenden Mehrheit der Fälle mit Einbußen der physiologischen Funktion aber auch der Lebensqualität zu rechnen ist. Wyndaele et al. konnte anhand einer Literaturanalyse mit 19 Studien zeigen, dass trotz verbesserter Primärversorgung die Zahl an kompletten Querschnittssyndromen und Tetraplegien (AIS 5 und AIS 6) in dem Zeitraum von 1996 bis 2006 angestiegen ist [120]. Künftige Studien sollten daher den Schweregrad der Rückenmarksverletzung berücksichtigen, um Ursachen und Folgen dieser Entwicklung besser verstehen zu können.

Schwere Rückenmarksverletzungen mit einem neurologischen Defizit treten nicht nur als Monotrauma, sondern auch in Kombination weiterer schwerer Verletzungen des Körpers auf (Polytrauma) [112]. Literaturangaben zufolge muss in über 30% der Polytraumapatienten mit dem Vorliegen einer Wirbelsäulenverletzung gerechnet werden [70]. Unseren Studienergebnissen nach erlagen 45,8% der Polytraumapatienten einer Rückenmarksläsion mit einem neurologischen Defizit. Da Wirbelsäulenverletzungen in der Prädiklinik schwer zu diagnostizieren sind, weisen die Daten darauf hin, dass bei einem Polytraumapatienten an eine Rückenmarksläsion gedacht und dementsprechend behandelt werden muss, bis der Gegensatz nachgewiesen werden kann [112].

In der Literatur sind Häufungen zwischen Rückenmarksverletzungen und bestimmten extraspinalen Verletzungen beschrieben [121, 122]. Saboe et al. führte eine prospektive longitudinale Studie in Bezug auf Rückenmarksverletzungen durch. 47% der 508 Patienten wiesen Begleitverletzungen auf. Schädel-Hirn-Traumata (26%), Thoraxtraumata (24%) und Verletzungen der lange Röhrenknochen (23%) traten am häufigsten auf. Lumbale und thorakale Rückenmarksverletzungen gingen dabei häufiger mit Begleitverletzungen einher, als Verletzungen des zervikalen Rückenmarks [121, 123]. Silver et al. untersuchte in einer ähnlichen Studie 100 Patienten mit Rückenmarksverletzungen. In der Studie wurden in 75% der Fälle Begleitverletzungen registriert. Auch hier konnte eine Häufung von Schädel-Hirn-Traumata und Thoraxverletzungen bei Rückenmarksverletzten nachgewiesen werden (110). Im Vergleich zu den oben genannten Studien basieren unsere Analysen auf ein wesentlich größeres Patientenkollektiv (4285 Patienten mit Rückenmarksverletzungen). Unsere Ergebnisse decken sich weitestgehend mit den Beobachtungen von Silver et al. und Saboe et al. Schädel-Hirn-Traumata und Thoraxverletzungen stellten auch in unseren Analysen die häufigsten Begleitverletzungen dar. Ergänzend lässt sich aus unserer Studie darauf schließen, dass mit dem Schweregrad der Rückenmarksverletzung die Wahrscheinlichkeit eines assoziierten Schädel-Hirn-Traumas steigt (54,8% (AIS 3) bis 100% (AIS 6)), und Schädel-Hirn-Traumata häufiger auftreten als bei einem Vergleichskollektiv ohne Rückenmarksverletzung. Da Schädel-Hirn-Traumata eine häufige Todesursache bei Schwerstverletzten darstellen, ist dies bei der Versorgung der Patienten zu beachten [21]. Abdominaltraumata und Extremitätenverletzungen fanden sich am häufigsten bei leichtgradigen Rückenmarksverletzungen (AIS 3). Diese Verletzungen können den Krankheitsverlauf durch Komplikationen wie Organschäden oder Blutungen verkomplizieren [124]. Eine Rückenmarksläsion sollte deshalb nicht als ein isoliertes Problem behandelt werden, auch wenn die Diagnose gleichzeitiger extraspinaler Traumata schwierig ist und aufgrund der sensorischen Beeinträchtigung oft übersehen wird.

Die in dieser Studie dargestellten Daten zur Verletzungsursache deckten sich überwiegend mit Ergebnissen in der Literatur [4, 7, 117]. Pirouzmand et al. führte eine große Studie mit 12.192 Traumapatienten zwischen 1986 und 2006 durch. Verkehrsunfälle stellten die mit Abstand häufigste Ursache dar. Laut der Studie haben Stürze und Gewalteinwirkungen über die Jahre jedoch an Bedeutung gewonnen. Hasler et al. führte in den Jahren 1988 bis 2009 eine Kohortenstudie mit 250.584 Traumapatienten durch. Die Studie zeigte, dass junge männliche

Patienten unter 45 Jahren besonders häufig, infolge eines Sturzes über zwei Metern oder Verkehrsunfällen, eine Rückenmarksverletzung erlitten. In unserem Patientenkollektiv waren 56% der Rückenmarksverletzungen auf Verkehrsunfälle zurückzuführen. Daher sollte in diesem Bereich eine zielgerichtete Prävention erfolgen. Auf diese Weise lässt sich laut Gehrman et al. ein Rückgang der Unfallzahlen erreichen [125]. Anders als in den vorangegangenen Studien zur Verletzungsursache von Rückenmarksverletzungen wurde in unserer Arbeit auch der Schweregrad der Rückenmarksläsion berücksichtigt. Unsere Ergebnisse zeigen, dass bei höhergradigen Verletzungen Stürze eine zunehmende Bedeutung als Ursache erlangen. Rückenmarksläsionen auf Höhe von C3 oder darüber (AIS 6) treten interessanterweise am häufigsten bei Stürzen <3 m auf. Während Studien in den USA zwischenmenschliche Gewalt als regelmäßige Ursache (Angaben variieren zwischen 9.8% und 19.8%) für Rückenmarksverletzungen aufführen, spielte dieser Verletzungsmechanismus bei unseren Analysen keine signifikante Rolle [119, 126].

85% der Patienten mit Rückenmarksläsionen wurden laut unseren Analysen in einem Krankenhaus der Versorgungsstufe I behandelt. Dies ist ein deutlich größerer Anteil, als bei den Patienten ohne Rückenmarksläsion (72,6 %). Varma et al. führte von 1993 bis 2003 eine retrospektive Kohortenstudie in South Carolina durch, um Einflussfaktoren für die 24-h-Mortalität bei Rückenmarksverletzungen zu erheben. Die Autoren kamen zu dem Ergebnis, dass 62% der Patienten in einem „Level I“ Krankenhaus versorgt wurden [127]. Unsere Daten suggerieren, dass in Deutschland im Vergleich zu den USA eine gute Versorgungsstruktur vorherrscht und dass Schwerstverletzte mit Rückenmarksverletzungen besonders häufig in Krankenhäusern der höchsten Versorgerstufe behandelt werden. Dies ist zu begrüßen, da Studien zeigen konnten, dass für Schwerstverletzte in einem „Level I“ Krankenhaus die Mortalität niedriger und die Langzeitprognose besser ist [128, 129].

Der Jahresbericht der DGU weist eine steigende Anzahl von Ganzkörper-CTs in den Traumazentren innerhalb Europas auf [130]. Dies gilt auch für die Bildgebung von Rückenmarksläsionen. In unserer Studie wurden im Jahre 2012 in 86,8% der Fälle ein Ganzkörper-CT durchgeführt. Mögliche Gründe für diese Entwicklung sind eine bessere Durchführbarkeit und Genauigkeit im Vergleich zur konventionellen Röntgendiagnostik [131, 132]. Vor allem im HWS-Bereich hat das Ganzkörper-CT die konventionelle Röntgendiagnostik abgelöst. Nach Harris et al. scheint bei Verletzungen im Bereich der HWS das konventionelle Röntgen nicht mehr ausreichend zu sein [133]. Auch Crim et al. führten

eine Studie durch, in der gezeigt wurde, dass durch seitliches konventionelles Röntgen nur 60-80% und mit dem CT 97-100% der HWS-Verletzungen erkannt wurden [134]. Studien von Van Beek et al. zeigten, dass bei 22% der Polytraumapatienten Wirbelsäulenläsionen im BWS-Bereich mittels konventioneller Röntgendiagnostik unbemerkt blieben, weshalb auch bei BWS- und LWS-Verletzungen CT Untersuchungen empfohlen werden [135, 136]. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass bei Verdacht auf eine Wirbelsäulenläsion bei Polytraumapatienten die Indiktion für ein Spiral-CT noch großzügiger gestellt werden sollte [137]. Eine konventionelle Röntgendiagnostik empfiehlt sich nur, wenn kein CT-Gerät verfügbar ist oder eine Aufnahme aus technischen Gründen nicht durchgeführt werden kann.

Patienten mit Rückenmarksläsionen des Schweregrades AIS 3-5 wiesen sowohl deutlich längere Krankenhausliegezeiten als auch längere Liegezeiten auf der Intensivstation auf, verglichen mit Patienten ohne Rückenmarksverletzungen ($p < 0,001$). Die Klinikaufenthaltsdauer der AIS 6 Patienten (22,8 d) war mit 22,8 Tagen relativ niedrig. Dies ist am ehesten auf die hohe Sterblichkeitsrate zurückzuführen. Kürzere Liegezeiten auf Intensivstation gehen mit einer schnelleren Erholung der Patienten einher. Dies konnte Schinkel et al. in einer Studie mit 8057 Patienten zeigen, welche auf Daten des Deutschen Trauma Registers beruhen [112]. Die Studie legte nahe, dass kürzere Liegezeiten auf Intensivstationen durch eine frühzeitige Stabilisation von Wirbelsäulenfrakturen erreicht werden können. Komplikationen wie Multiorganversagen, Schock und Sepsis stehen in wichtiger Beziehung zur Liegedauer, da sie einerseits durch ihr Auftreten den Krankenhausaufenthalt verlängern können und andererseits auch als Folge einer längeren Liegedauer auf Intensivstation resultieren können [50].

In einer von Stein et al. durchgeführten Studie wurden Daten von Januar 2007 bis März 2008 akquiriert und mittels Multiple Organ Dysfunction Score (MODS) und Sequential Organ Failure Assessment (SOFA) validiert. Bei den 1.028 untersuchten Patienten mit Rückenmarksverletzungen kam es bei 55% der Patienten im Verlauf zu einem Multiorganversagen. In 75% der Fälle kam es zum Ausfall eines einzelnen Organs [138]. DeVivo et al. führte eine Kohortenstudie mit 28.239 Patienten zwischen den Jahren 1973 und 1990 durch, um die Todesursachen bei Rückenmarksverletzungen zu evaluieren. Komplikationen des Respirationstrakts (28%), des kardiovaskulären Systems (23%), Pulmonalarterienembolie (9,7%) und Sepsis (7,5%) stellten diejenigen Komplikationen dar, die am häufigsten zum Tod führten [139]. Uns sind keine Angaben in der Literatur über das

Auftreten von Komplikationen in Abhängigkeit des Schweregrades einer Rückenmarksverletzung bekannt. Unsere Studie zeigt, dass es bei Patienten mit einer schwergradigen Rückenmarksverletzung (AIS 5 und 6) signifikant häufiger zu einem Multiorganversagen oder zu einer Sepsis kommt (AIS 5: 32.8%; AIS 6: 55.6%) als im Vergleichskollektiv ohne Rückenmarksverletzung. Mögliche Ursachen für die erhöhte Auftretswahrscheinlichkeit dieser Komplikationen sind eine erhöhte Liegedauer, eine muskuläre und respiratorische Schwäche sowie die begleitende vegetative Dysregulation bei Patienten mit schweren Rückenmarksläsionen. Die erhöhte Auftretswahrscheinlichkeit von Komplikationen bei AIS 5 und AIS 6 Patienten erhöht das Mortalitätsrisiko bei diesen Patienten. Patienten mit AIS 3 und AIS 4 Läsionen erfüllten seltener die Kriterien für eine Sepsis oder ein Multiorganversagen.

Der neurogene Schock wird über eine Bradykardie und einen Blutdruckabfall definiert [140, 141]. Guly et al. führten eine Studie mittels des „Trauma Audit and Research Network“ (TARN) zwischen den Jahren 1989 und 2003 durch. Dabei wurden 430 Patienten mit Rückenmarksverletzung in das Kollektiv miteinbezogen, die eine isolierte Rückenmarksläsion aufwiesen und älter als 16 Jahre waren. 19,3% der Patienten mit einer zervikalen Läsion entwickelten einen neurogenen Schock, bei thorakalen und lumbalen Läsionen war die Inzidenz niedriger (thorakal: 7% bzw. lumbal: 3%) [140]. In unserer Arbeit korrelierte der Schweregrad der Rückenmarksverletzung mit der Auftretswahrscheinlichkeit eines Schocks. Bei Patienten mit Rückenmarksverletzungen waren Schockereignisse signifikant häufiger als bei Patienten ohne Rückenmarksverletzung. Dies führt zu der Annahme, dass bei einem relevanten Teil der Schockereignisse ein neurogener Schock zugrunde liegt und die Versorgung der Patientin verkompliziert. Im Falle eines Schocks bei Polytraumapatienten sollte daher stets an eine Rückenmarksverletzung als möglich Ursache gedacht werden.

Die Sterblichkeitsquote von rückenmarksverletzten Patienten nahm in unserer Studie mit dem Schweregrad der Verletzung zu. Die Klassifikation nach AIS hat das Ziel die Mortalitätswahrscheinlichkeit vorherzusagen. Daher bestätigen unsere Ergebnisse diesen Score als valides Messinstrument. Rückenmarksverletzungen der Schweregrade 3-5 waren allesamt mit einer niedrigeren Mortalität assoziiert als Schwerstverletzungen ohne Rückenmarksläsion. Verletzungen, die als AIS 6 klassifiziert wurden, zeigten jedoch eine deutlich höhere Mortalität als das Vergleichskollektiv und als alle anderen Rückenmarksverletzungen. Die erhebliche Mortalität von hohen zervikalen

Rückenmarksverletzungen (AIS 6) lässt sich zu einem Großteil auf die Herz-Kreislauf-Instabilität an der Unfallstelle und die resultierende respiratorische Insuffizienz zurückführen [127].

In den meisten Studien zu Rückenmarksverletzungen wird die Prognose mittels Mortalitätsrate abgeschätzt. Da jedoch bei vielen Patienten mit Rückenmarksverletzungen, die das Trauma überleben, bleibende Schäden auftreten, erscheint es sinnvoll bei der Bewertung der Prognose neben der Mortalität auch den Grad der Erholung zu berücksichtigen. Die Glasgow Outcome Scale ermöglicht eine standardisierte Beschreibung des Grades der Erholung nach einem schweren Schädel-Hirn-Trauma oder einer Rückenmarksläsion und wurde in unserer Studie angewandt [28]. 43,1% der Rückenmarkverletzten wurden als GOS 3 eingestuft. Diese Gruppe wird vermutlich dauerhafte Hilfe bei Aktivitäten des täglichen Lebens benötigen. Dies führt zu einer enormen psychischen Belastung für die Betroffenen und zeitgleich zu einer medizinischen und gesellschaftlichen Herausforderung. Die GOS verschlechterte sich in unseren Analysen mit dem Schweregrad der Verletzung. Neben dem Grad der Verletzung hatten jedoch auch weitere Faktoren Einfluss auf das Outcome, die mittels logistischer Regression evaluiert wurden. Hierbei zeigte sich, dass hohes Alter der Patienten (>80 Jahre), Reanimationspflichtigkeit und das Auftreten von einem Schädel-Hirn-Trauma mit einem schlechteren Outcome einhergehen. Putz et al. führte eine retrospektive Kohortenstudie mit 24 Patienten von 2002 bis 2008 durch. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass polytraumatisierte Patienten sich schlechter erholen, als monotraumatisierte Patienten [142]. Dieses Kriterium wurde in unserer Studie nicht beachtet und Untersuchungen sollten mit einem größeren Patientenkollektiv wiederholt werden.

In der bereits erwähnten retrospektiven Kohorten Studie von Varma et al. wurden Einflussvariablen auf die 24-Stunden-Mortalität von Rückenmarksverletzten untersucht. Die amerikanische Studie kam zu dem Ergebnis, dass zunehmendes Alter, männliches Geschlecht und schwere systemische Verletzungen mit einer frühen Mortalität vergesellschaftet sind [127]. In unserer Studie wurden mögliche Einflussvariablen auf die Gesamtmortalität untersucht. Hierzu wurden die Gruppe der überlebenden Rückenmarksverletzten und die Gruppe der verstorbenen Rückenmarksverletzten verglichen. Es zeigte sich, dass die verstorbenen Patienten signifikant älter waren und eine höhere ISS-Punktzahl aufwiesen. Zusätzlich zeigte sich, dass der Punktwert auf der Glasgow Coma Scale signifikant niedriger

war als bei den Überlebenden. Die Glasgow Coma Scale fand bei der Studie von Varma et al. keine Berücksichtigung.

Ein Anteil von nur 19,2% der überlebenden Patienten mit Rückenmarksverletzungen konnte nach ihrer Behandlung direkt nach Hause entlassen werden. Dies entspricht rund der Hälfte des Wertes für die Patienten ohne Rückenmarksverletzung. Die Patienten mit Rückenmarksverletzungen brauchten signifikant öfter eine Rehabilitation zur Weiterbehandlung nach Entlassung. Dies zeigt, dass die Weiterbehandlung unter Schwerstverletzten sich drastisch ändert, wenn eine Rückenmarksverletzung vorliegt.

Limitationen

Diese Arbeit umfasst die Ergebnisse einer umfangreichen Studie mit 57.310 schwer verletzten Patienten aus verschiedenen Traumazentren. Da es sich hierbei um eine registergestützte Studie handelt, werden einige Daten zwangsläufig fehlen. Die Parameter und die detaillierten Informationen werden möglicherweise nicht alle wichtigen Variablen enthalten. Beispielsweise konnten urologische Probleme wie Blasenfunktionsstörungen und Störungen der Sexualfunktion als eine Folge der Rückenmarksverletzungen in dieser Studie nicht analysiert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass nicht alle schwer verletzten Patienten von den teilnehmenden Krankenhäusern registriert wurden. Von einem geringen Datenverlust muss ausgegangen werden.

Zusätzlich zeigt diese Studie inhärente Mängel, welche retrospektive Studien generell aufweisen. Die Aussagen über die AIS-Verteilung in unterschiedlichen Regionen breit verteilt. Es ist wünschenswert, dass weitere Studien zur AIS-Verteilung durchgeführt werden, um die Verteilung der AIS Läsionen und andere Faktoren zu beurteilen.

VI. Zusammenfassung

Hintergrund

Die jährliche Inzidenz von Rückenmarksläsionen wird in Europa mit 13.9 bis 19.4 Fällen pro 1 Million Einwohner beschrieben und stellt somit ein relevantes sozio-ökonomisches Problem dar [9, 10, 143]. Es gibt jedoch nur wenig Informationen über die Inzidenz von Rückenmarksverletzungen bei polytraumatisierten Patienten. Zwar befassen sich einige Arbeiten speziell mit Rückenmarksläsionen aber es gibt wenig Informationen die sich mit der Verletzungsverteilung und -schwere auseinandersetzen.

Material und Methoden

Aus dem Studienkollektiv von 57.310 dokumentierten Fällen wurden Rückenmarksläsionen bei Erwachsenen (Alter ≥ 16 Jahre) in Kombination mit schweren Traumata (ISS ≥ 16) analysiert. Des Weiteren wurden Patienten ausgewählt, die vom Unfallort innerhalb 48 Stunden früh weiterverlegt wurden (Primärversorgung). Das Ausmaß der Rückenmarksläsion wurde anhand des Abbreviated Injury Scale (AIS) identifiziert. Anhand des Diagnoseschlüssels wurden schwer verletzte Patienten ohne Rückenmarksläsion als AIS 0 und mit Rückenmarksläsion als AIS 3-6 klassifiziert. Weiterhin wurde das Outcome der Patienten mittels der Glasgow Outcome Scale und Faktoren die einen Einfluss auf das Outcome haben analysiert. Dazu wurde ein logistisches Regressionsmodell verwendet. Außerdem wurden Alter, Glasgow Coma Scale und ISS von Patienten mit einer Rückenmarksläsion, die als Folge des Traumas starben mit denjenigen verglichen die überlebten.

Ergebnisse

Insgesamt erfüllten von den 111.791 Patienten 57.310 die Einschlusskriterien und davon wurde bei 4.285 (7,5%) eine Rückenmarksläsion diagnostiziert. Das mittlere Alter aller Patienten betrug 48.9 ± 20.7 Jahre und der Injury Severity Score lag bei 28.0 ± 12.0 . In 72,7% waren Männer betroffen. Bei 2.222 (3,9%) Patienten lag eine Verletzung im Bereich der Halswirbelsäule vor, bei 1.388 (2,4%) im Bereich der Brustwirbelsäule und bei 791 (1,4%) im Bereich der Lendenwirbelsäule. 354 (8,3%) erlitten eine transiente Rückenmarkskontusion (AIS 3), 1224 (28,6%) eine inkomplette Querschnittsläsion (AIS 4), 2357 (55,0%) einen

kompletten Querschnitt (AIS 5) und 350 (8,2%) eine Rückenmarksläsion oberhalb von C-3 (AIS 6). Im Bereich der Halswirbelsäule lag in 7,2% (n= 159) eine Kontusion mit transienter Neurologie vor (AIS 3), in 27,5% (n = 612) eine inkomplette Querschnittsläsion (AIS 4), in 49,6% (n= 1.101) eine komplette Querschnittsläsion (AIS 5) und in 15,8% (n= 350) eine komplette Läsion oberhalb von C3 (AIS 6) vor. Im Bereich der Brustwirbelsäule lag in 6,7% (n = 93) eine Kontusion mit transienter Neurologie (AIS 3), in 23,9% (n= 332) eine inkomplette (AIS 4) und in 69,4% (n=963) eine komplette Querschnittsläsion (AIS 5) vor. Im Bereich der Lendenwirbelregion waren die Läsionen wie folgt verteilt: 18,3% (n = 145) erlitten eine Kontusion mit transienter Neurologie, 38,6% (n= 305) eine inkomplette (AIS 4) und 43,1% (n= 341) eine komplette Querschnittsläsion (AIS 5). Sepsis und Multiorganversagen wurde bei Patienten mit AIS 5 und AIS 6 Läsionen im Vergleich zu Nicht Rückenmarksverletzten signifikant häufiger gefunden. Die Krankenhausaufenthaltsdauer der Patienten mit AIS 3 – 5 Verletzungen (27.7 Tage, 37.0 Tage, 42.7 Tage) war deutlich länger als im Vergleich zu Patienten ohne Rückenmarksläsionen (22.8 Tage). Die meisten Patienten mit Rückenmarksläsionen wurden in Level I Trauma Zentren behandelt. Die Sterblichkeitsrate von Patienten betrug bei AIS 3 Patienten 6,5%, bei AIS 4 Patienten 8,5% und bei AIS 5 Patienten 13,5%. Die Sterblichkeitsrate ist damit signifikant niedriger als bei Patienten ohne Rückenmarksläsionen (19,4%) ($p < 0.001$). Nur die Sterblichkeit von AIS 6 Verletzten war mit 64,6% deutlich höher. Die logistische Regressionsanalyse zeigte, dass die folgenden Faktoren mit einem negativen Ausgang verbunden sind ($p \leq 0.02$): AIS 6, AIS 5, Alter ≥ 80 Jahre, Reanimation, AIS 4, Bluttransfusionen, schweres Schädel-Hirn-Trauma, Alter 60-69, Alter 70-79, Schock am Unfallsort, Schweregrad der Verletzung (ISS in Punkten).

Schlussfolgerung

Bei jedem 13. Schwerstverletzten Patienten finden sich Rückenmarksläsionen. Rückenmarksverletzungen stellen somit ein relevantes medizinisches sozio-ökonomisches Problem dar. Rückenmarksverletzungen, mit Ausnahme von AIS 6 Läsionen, haben nur eine begrenzte Auswirkung auf die Sterblichkeit. Allerdings sind Krankenhausaufenthaltsdauer und Komplikationen wie ein Multiorganversagen und eine Sepsis häufiger zu finden. Die Prognose wird neben anderen Faktoren wesentlich durch die Anatomie der Wirbelsäule per se bestimmt. Die Kenntnisse über die Inzidenz und das Risikoprofil tragen dazu bei, dass das medizinische Team solche Verletzungen besser einschätzen kann.

Literaturverzeichnis

1. Stephan, K., et al., *Spinal cord injury--incidence, prognosis, and outcome: an analysis of the TraumaRegister DGU*. Spine J, 2015. **15**(9): p. 1994-2001.
2. Organisation, W.H., *World Health Report*. 2009.
3. Krug, E.G., G.K. Sharma, and R. Lozano, *The global burden of injuries*. Am J Public Health, 2000. **90**(4): p. 523-6.
4. Pirouzmand, F., *Epidemiological trends of spine and spinal cord injuries in the largest Canadian adult trauma center from 1986 to 2006*. J Neurosurg Spine, 2010. **12**(2): p. 131-40.
5. Budh, C.N. and A.L. Osteraker, *Life satisfaction in individuals with a spinal cord injury and pain*. Clin Rehabil, 2007. **21**(1): p. 89-96.
6. Varma, A.K., et al., *Spinal cord injury: a review of current therapy, future treatments, and basic science frontiers*. Neurochem Res, 2013. **38**(5): p. 895-905.
7. Hasler, R.M., et al., *Epidemiology and predictors of spinal injury in adult major trauma patients: European cohort study*. Eur Spine J, 2011. **20**(12): p. 2174-80.
8. National Spinal Cord Injury Statistical, C., *Spinal cord injury facts and figures at a glance*. J Spinal Cord Med, 2013. **36**(1): p. 1-2.
9. Blumer, C.E. and S. Quine, *Prevalence of spinal cord injury: an international comparison*. Neuroepidemiology, 1995. **14**(5): p. 258-68.
10. Dryden, D.M., et al., *The epidemiology of traumatic spinal cord injury in Alberta, Canada*. Can J Neurol Sci, 2003. **30**(2): p. 113-21.
11. Kraus, J.F., *Injury to the head and spinal cord. The epidemiological relevance of the medical literature published from 1960 to 1978*. J Neurosurg, 1980. **Suppl**: p. S3-10.
12. Wick, M., A. Ekkernkamp, and G. Muhr, *[The epidemiology of multiple trauma]*. Chirurg, 1997. **68**(11): p. 1053-8.
13. A. Beck, F. Gebhard, and L. Kinzl, *Preclinica medical treatment in trauma patients*. Notfall und Rettungsmedizin, 2002. **Volume 5**, (Issue 1,): p. pp 57-71.
14. Norton, R. and O. Kobusingye, *Injuries*. N Engl J Med, 2013. **368**(18): p. 1723-30.
15. Tscherne, H., *Polytrauma und spezielle Verletzungen*, ed. T.H.R. G. Vol. 213. 1997, Unfallchirurgie Traumamanagement Springer.
16. J. A. Sturm, H.T., *Polytrauma*. Intensivmedizin, 1995: p. 666-698.
17. Haas, N.P., et al., *[Trauma center 2000. How many and which trauma centers does Europe need around the year 2000?]*. Unfallchirurg, 1997. **100**(11): p. 852-8.
18. Kuhne, C.A., et al., *[Trauma centers in Germany. Status report]*. Unfallchirurg, 2006. **109**(5): p. 357-66.
19. Liener, U.C., et al., *[Incidence of severe injuries. Results of a population-based analysis]*. Unfallchirurg, 2004. **107**(6): p. 483-90.
20. Ruchholtz, S., et al., *[Trauma network of the German Association of Trauma Surgery (DGU). Establishment, organization, and quality assurance of a regional trauma network of the DGU]*. Unfallchirurg, 2007. **110**(4): p. 373-9.
21. Bardenheuer, M., *Epidemiologie des Schwerverletzten*. 2000.
22. WHO, *Guidelines for essential trauma care 2004*.
23. DGU, *Jahresbericht des Traumaregisters der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie 2000 für die AG Polytrauma DGU gesamt*. 2000.
24. Ruchholtz, S., et al., *[Quality management in early clinical polytrauma management. II. Optimizing therapy by treatment guidelines]*. Unfallchirurg, 1997. **100**(11): p. 859-66.
25. Regel, G., et al., *[Results of treatment of polytraumatized patients. A comparative analysis of 3,406 cases between 1972 and 1991]*. Unfallchirurg, 1993. **96**(7): p. 350-62.

26. (DGU), D.G.f.r.U. and S.N.u.A.-A.d.U.G. Sektion Intensiv- & Notfallmedizin. *Jahresbericht 2015*. 2015; Available from: http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/traumaregister-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU-Jahresbericht_2015.pdf.
27. Teasdale, G. and B. Jennett, *Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale*. *Lancet*, 1974. **2**(7872): p. 81-4.
28. Jennett, B. and M. Bond, *Assessment of outcome after severe brain damage*. *Lancet*, 1975. **1**(7905): p. 480-4.
29. Sternbach, G.L., *The Glasgow coma scale*. *J Emerg Med*, 2000. **19**(1): p. 67-71.
30. Pal, J., R. Brown, and D. Fleiszer, *The value of the Glasgow Coma Scale and Injury Severity Score: predicting outcome in multiple trauma patients with head injury*. *J Trauma*, 1989. **29**(6): p. 746-8.
31. Kanz, K.G., et al., [*Standardized evaluation of trauma patients: requirements for diagnostic imaging*]. *Radiologe*, 2002. **42**(7): p. 515-21.
32. *Chirurgie Basisweiterbildung*. 2 ed, ed. W.M. Karl-Walter Jauch, Johannes N. Hoffmann, Karl-Georg Kanz. 2013: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
33. Gilpin, D.A. and P.G. Nelson, *Revised trauma score: a triage tool in the accident and emergency department*. *Injury*, 1991. **22**(1): p. 35-7.
34. Champion HR, S.W., Copes WS, Gann DS, Gennarelli TA, Flanagan ME, *A revision of the Trauma Score*. *J Trauma* 1989. **29**(5): p. 623-9.
35. Haasper, C., et al., [*The Abbreviated Injury Scale (AIS). Options and problems in application*]. *Unfallchirurg*, 2010. **113**(5): p. 366-72.
36. Hoffmann JN, J.K., Kanz KG, Mutschler *Chirurgie Basisweiterbildung*. 2013. **2. Auflage**: p. 381 f.
37. Baker, S.P., et al., *The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care*. *J Trauma*, 1974. **14**(3): p. 187-96.
38. Baker, S.P. and B. O'Neill, *The injury severity score: an update*. *J Trauma*, 1976. **16**(11): p. 882-5.
39. Deane, S.A., et al., *Trauma triage--a comparison of the trauma score and the vital signs score*. *Aust N Z J Surg*, 1986. **56**(3): p. 191-7.
40. Wilson, J.T., L.E. Pettigrew, and G.M. Teasdale, *Structured interviews for the Glasgow Outcome Scale and the extended Glasgow Outcome Scale: guidelines for their use*. *J Neurotrauma*, 1998. **15**(8): p. 573-85.
41. Kreutzer, J., DeLuca, John, Caplan, Bruce, *Encyclopedia of Clinical Neuropsychology*. Glasgow Outcome Scale 2011.
42. Wikipedia. *Glasgow Outcome Scale* Available from: https://de.wikipedia.org/wiki/Glasgow_Outcome_Scale.
43. Naderi S, A.F., Mertol T, et al, *Functional anatomy of the spine by Avicenna in his eleventh century treatise Al-Qanun fi al-Tibb (The Canons of Medicine)*. *Neurosurgery*, 2003. **52**: p. 1449-1454.
44. Nancy M. Crewe, P.D.J.S.K., Ph.D., *Spinal cord injury*
45. Maynard, F.M., Jr., et al., *International Standards for Neurological and Functional Classification of Spinal Cord Injury*. *American Spinal Injury Association*. *Spinal Cord*, 1997. **35**(5): p. 266-74.
46. AMBOSS. *Spinale Leitungsbahnen und Reflexe*. Available from: <https://amboss.miamed.de/library-xid=zp0rHS&anker=6db96325119ea0ba0d49d093eca78c6c>.
47. Trauma, A.C.o.S.C.o., *ATLS- Advanced Trauma Life Support* Ninth Edition ed. 2012. 366.
48. McDonald, J.W. and C. Sadowsky, *Spinal-cord injury*. *Lancet*, 2002. **359**(9304): p. 417-25.
49. Tator, C.H., *Update on the pathophysiology and pathology of acute spinal cord injury*. *Brain Pathol*, 1995. **5**(4): p. 407-13.

50. Sekhon, L.H. and M.G. Fehlings, *Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury*. Spine (Phila Pa 1976), 2001. **26**(24 Suppl): p. S2-12.
51. McIntosh, T.K., M. Juhler, and T. Wieloch, *Novel pharmacologic strategies in the treatment of experimental traumatic brain injury: 1998*. J Neurotrauma, 1998. **15**(10): p. 731-69.
52. Lee, J.M., G.J. Zipfel, and D.W. Choi, *The changing landscape of ischaemic brain injury mechanisms*. Nature, 1999. **399**(6738 Suppl): p. A7-14.
53. Tator, C.H. and M.G. Fehlings, *Review of the secondary injury theory of acute spinal cord trauma with emphasis on vascular mechanisms*. J Neurosurg, 1991. **75**(1): p. 15-26.
54. Tator, C.H., *Review of experimental spinal cord injury with emphasis on the local and systemic circulatory effects*. Neurochirurgie, 1991. **37**(5): p. 291-302.
55. Tator, C.H. and I. Koyanagi, *Vascular mechanisms in the pathophysiology of human spinal cord injury*. J Neurosurg, 1997. **86**(3): p. 483-92.
56. Waters, R.L., R.H. Adkins, and J.S. Yakura, *Definition of complete spinal cord injury*. Paraplegia, 1991. **29**(9): p. 573-81.
57. Kirshblum, S.C., et al., *International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011)*. J Spinal Cord Med, 2011. **34**(6): p. 535-46.
58. AMBOSS, *Bandscheibenprolaps: Konus-Syndrom, Kauda-Syndrom*. 2016.
59. K. und F. Masuhr, M.N., *Neurologie Duale Reihe, Konus- und Kauda-Syndrom*. 2007: Thieme Duale Reihe.
60. H. Grehl, F.R., *Checkliste Neurologie. Klinische Differenzierung zwischen Konus- und Kaudasyndrom*. 2008: Thieme.
61. Marino, R.J., et al., *International standards for neurological classification of spinal cord injury*. J Spinal Cord Med, 2003. **26 Suppl 1**: p. S50-6.
62. Young, W. *Spinal cord injury and classification*. 2006; Available from: <http://www.sci-info-pages.com/levels.html>.
63. Frankel, H.L., et al., *The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I*. Paraplegia, 1969. **7**(3): p. 179-92.
64. Pickett, W., et al., *Traumatic spinal cord injury in Ontario, Canada*. J Trauma, 2003. **55**(6): p. 1070-6.
65. Furlan, J.C., et al., *Global incidence and prevalence of traumatic spinal cord injury*. Can J Neurol Sci, 2013. **40**(4): p. 456-64.
66. Field-Fote, E.C., *Spinal cord injury rehabilitation*. 2009.
67. New PW, C.R., Bonne Lee B., *Global maps of non-traumatic spinal cord injury epidemiology: towards a living data repository*. Spinal Cord, 2014. **52**(2): p. 97-109.
68. Sabharwal, S., *Essentials of Spinal Cord Medicine*. 1st Edition ed.
69. Vock, B., *Praeklinische und klinische Erstversorgung von Wirbelsaeulenverletzungen*, in *OP-JOURNAL*. 2001. p. 113-118.
70. Woltmann, A. and V. Buhren, *[Shock trauma room management of spinal injuries in the framework of multiple trauma. A systematic review of the literature]*. Unfallchirurg, 2004. **107**(10): p. 911-8.
71. Büttner, J., *Management der Querschnittslähmung in Anästh Intensivmed 2004: CME Fort- und Weiterbildung* p. 190-204.
72. Hierholzer, C., V. Buhren, and A. Woltmann, *Operative Timing and Management of Spinal Injuries in Multiply Injured Patients*. Eur J Trauma Emerg Surg, 2007. **33**(5): p. 488-500.
73. Janda, V., *Manuelle Muskelfunktionsdiagnostik*. Vol. 4. 2000: Urban & Fischer in Elsevier.
74. Dag Moskopp, H.W., *Neurochirurgie: Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk*. 2015: Schattauer.
75. Buhren, V., *[Fractures and instability of the cervical spine]*. Unfallchirurg, 2002. **105**(11): p. 1049-66.

76. Buhren, V., [*Injuries to the thoracic and lumbar spine*]. Unfallchirurg, 2003. **106**(1): p. 55-68; quiz 68-9.
77. Franke, A., *Wirbelsäulenverletzungen - von der Präklinik bis zum Schockraum*, in *Der Notarzt*. 2016.
78. Sherman, S.W., J.; Schindlbeck, M.; Patwari, R., *Clinical Emergency Medicine*. Cervical spine injuries, DeKoning, E.P. 2014.
79. Wyatt, J.P.I., R.N.; Graham, C.A.; Hogg, K.; Robertson, C; Clancy, M., *Oxford Handbook of Emergency Medicine*. . 2012.
80. Office of Communications and Public Liaison, N.I.o.N.D.a.S., eds. *Spinal Cord Injury: Hope Through Research*. 2013.
81. Heuchemer, T., et al., [*The diagnosis of spinal trauma: the indication for CT and myelo-CT on the day of the injury*]. Rofo, 1992. **156**(2): p. 156-9.
82. Heyde, C.E., W. Ertel, and R. Kayser, [*Management of spine injuries in polytraumatized patients*]. Orthopade, 2005. **34**(9): p. 889-905.
83. Joosten C, K.S., *Radiologische Diagnostik bei Wirbelsäulenverletzungen*, in *Akutelle Traumatologie*. 2003. p. 157-164.
84. Ketterl, R., *Vorgehen bei Wirbelsäulen- verletzungen des polytraumatisierten Patienten*, in *Trauma Berufskrankheit*. 2010. p. 168-175.
85. Brown, C.V., et al., *Spiral computed tomography for the diagnosis of cervical, thoracic, and lumbar spine fractures: its time has come*. J Trauma, 2005. **58**(5): p. 890-5; discussion 895-6.
86. Acheson, M.B., et al., *High-resolution CT scanning in the evaluation of cervical spine fractures: comparison with plain film examinations*. AJR Am J Roentgenol, 1987. **148**(6): p. 1179-85.
87. Bondurant, F.J., et al., *Acute spinal cord injury. A study using physical examination and magnetic resonance imaging*. Spine (Phila Pa 1976), 1990. **15**(3): p. 161-8.
88. Flanders, A.E., et al., *Acute cervical spine trauma: correlation of MR imaging findings with degree of neurologic deficit*. Radiology, 1990. **177**(1): p. 25-33.
89. Schaefer, D.M., et al., *Prognostic significance of magnetic resonance imaging in the acute phase of cervical spine injury*. J Neurosurg, 1992. **76**(2): p. 218-23.
90. Lund, P.J., et al., *Traumatic thoracolumbar facet instability: characteristic imaging findings*. Skeletal Radiol, 1997. **26**(6): p. 360-5.
91. Burney, R.E., et al., *Incidence, characteristics, and outcome of spinal cord injury at trauma centers in North America*. Arch Surg, 1993. **128**(5): p. 596-9.
92. Stroke, N.I.o.N.D.a. *Spinal cord injury: Hope through research*. 2012; Available from: http://www.ninds.nih.gov/disorders/sci/detail_sci.htm [top].
93. Sabharwal, S., *Essentials of Spinal Cord Medicine*. 2013.
94. Kalbe P, S.A., Tscherne H. , *Tscherne Unfallchirurgie Trauma Management*.
95. Zuzan, M.L.G.M.H.-J.T.O., *Checkliste Intensivmedizin*. Vol. 4. 2013.
96. Leake, G.C., et al., *Methylprednisolone for acute spinal cord injury*. Am J Hosp Pharm, 1990. **47**(9): p. 1977-8.
97. Bracken, M.B., et al., *Administration of methylprednisolone for 24 or 48 hours or tirilazad mesylate for 48 hours in the treatment of acute spinal cord injury. Results of the Third National Acute Spinal Cord Injury Randomized Controlled Trial. National Acute Spinal Cord Injury Study*. JAMA, 1997. **277**(20): p. 1597-604.
98. Bracken, M.B., *Steroids for acute spinal cord injury*. Cochrane Database Syst Rev, 2002(3): p. CD001046.
99. Nesathurai, S., *Steroids and spinal cord injury: revisiting the NASCIS 2 and NASCIS 3 trials*. J Trauma, 1998. **45**(6): p. 1088-93.
100. Coleman, W.P., et al., *A critical appraisal of the reporting of the National Acute Spinal Cord Injury Studies (II and III) of methylprednisolone in acute spinal cord injury*. J Spinal Disord, 2000. **13**(3): p. 185-99.

101. Hugenholtz, H., et al., *High-dose methylprednisolone for acute closed spinal cord injury--only a treatment option*. Can J Neurol Sci, 2002. **29**(3): p. 227-35.
102. Sayer, F.T., E. Kronvall, and O.G. Nilsson, *Methylprednisolone treatment in acute spinal cord injury: the myth challenged through a structured analysis of published literature*. Spine J, 2006. **6**(3): p. 335-43.
103. Staff, M.C. *Spinal cord injury: Treatments and drugs* Available from: <http://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/spinal-cord-injury/basics/treatment/con-20023837>.
104. Anderson, L.D. and R.T. D'Alonzo, *Fractures of the odontoid process of the axis*. J Bone Joint Surg Am, 1974. **56**(8): p. 1663-74.
105. Kossmann, T., et al., *Damage control surgery for spine trauma*. Injury, 2004. **35**(7): p. 661-70.
106. McLain, R.F. and D.R. Benson, *Urgent surgical stabilization of spinal fractures in polytrauma patients*. Spine (Phila Pa 1976), 1999. **24**(16): p. 1646-54.
107. Schlegel, J., et al., *Timing of surgical decompression and fixation of acute spinal fractures*. J Orthop Trauma, 1996. **10**(5): p. 323-30.
108. Meinecke, F.-W., *Querschnittlähmungen Diagnostik und Behandlung der frischen Wirbelsäulenverletzung*. 1990: Springer Berlin Heidelberg.
109. Waters, R.L., et al., *Injury pattern effect on motor recovery after traumatic spinal cord injury*. Arch Phys Med Rehabil, 1995. **76**(5): p. 440-3.
110. Marino, R.J., et al., *Neurologic recovery after traumatic spinal cord injury: data from the Model Spinal Cord Injury Systems*. Arch Phys Med Rehabil, 1999. **80**(11): p. 1391-6.
111. Stauffer, E.S., *Neurologic recovery following injuries to the cervical spinal cord and nerve roots*. Spine (Phila Pa 1976), 1984. **9**(5): p. 532-4.
112. Schinkel, C., et al., *[Spinal fractures in multiply injured patients: an analysis of the German Trauma Society's Trauma Register]*. Unfallchirurg, 2007. **110**(11): p. 946-52.
113. Schwerdtfeger K., S.W.I., Pitzen T., Mautes A.E.M., *Spinales Trauma Epidemiologie, Versorgungsalgorithmus, Behandlung und Prognose*, in *Intensivmedizin*. 2004. p. 71-80.
114. Surgery., D.T.r.o.t.G.S.o.T., *"Scoring" study committee of the German Society of Trauma Surgery*. Unfallchirurg, 1994. **97**: p. 230-237.
115. Ruchholtz, S., *[The Trauma Registry of the German Society of Trauma Surgery as a basis for interclinical quality management. A multicenter study of the German Society of Trauma Surgery]*. Unfallchirurg, 2000. **103**(1): p. 30-7.
116. (DGU), D.G.f.r.U. and S.N.u.A.d.U.G.A. Sektion Intensiv- & Notfallmedizin. *Jahresbericht 2012*. Available from: http://www.traumaregister-dgu.de/fileadmin/user_upload/traumaregister-dgu.de/docs/Downloads/TR-DGU-Jahresbericht_2012.pdf.
117. Lenehan, B., et al., *Demographics of acute admissions to a National Spinal Injuries Unit*. Eur Spine J, 2009. **18**(7): p. 938-42.
118. Probst, C., Schlüter, T., Lange, U., Krettek, C., Pape, H., AG-Polytrauma der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, Hannover *Epidemiologie und Outcome der Wirbelsäulenverletzung bei Polytrauma: eine Datenanalyse anhand des DGU-Traumaregisters*. 2004.
119. Jackson, A.B., et al., *A demographic profile of new traumatic spinal cord injuries: change and stability over 30 years*. Arch Phys Med Rehabil, 2004. **85**(11): p. 1740-8.
120. Wyndaele, M. and J.J. Wyndaele, *Incidence, prevalence and epidemiology of spinal cord injury: what learns a worldwide literature survey?* Spinal Cord, 2006. **44**(9): p. 523-9.
121. Saboe, L.A., et al., *Spine trauma and associated injuries*. J Trauma, 1991. **31**(1): p. 43-8.
122. Smith, J.A., J.H. Siegel, and S.Q. Siddiqi, *Spine and spinal cord injury in motor vehicle crashes: a function of change in velocity and energy dissipation on impact with respect to the direction of crash*. J Trauma, 2005. **59**(1): p. 117-31.

123. Silver, J.R., W.R. Morris, and J.S. Otfinowski, *Associated injuries in patients with spinal injury*. Injury, 1980. **12**(3): p. 219-24.
124. Light, T.R., J.C. Wu, and J.A. Ogden, *Diagnosis and management of fractures in the multiply injured patient*. Surg Clin North Am, 1980. **60**(5): p. 1121-31.
125. D., G., *Unfallzahlen weiter rückläufig*. Deutsches Ärzteblatt, 2004. **101**: B2276.
126. Nobunaga, A.I., B.K. Go, and R.B. Karunas, *Recent demographic and injury trends in people served by the Model Spinal Cord Injury Care Systems*. Arch Phys Med Rehabil, 1999. **80**(11): p. 1372-82.
127. Varma, A., et al., *Predictors of early mortality after traumatic spinal cord injury: a population-based study*. Spine (Phila Pa 1976), 2010. **35**(7): p. 778-83.
128. Cai, B., et al., *Comprehensive level one trauma center could lower in-hospital mortality of severe trauma in China*. Biomed Environ Sci, 2014. **27**(7): p. 537-43.
129. Glance, L.G., et al., *Impact of trauma center designation on outcomes: is there a difference between Level I and Level II trauma centers?* J Am Coll Surg, 2012. **215**(3): p. 372-8.
130. (DGU), A.R.o.t.T.R.o.t.G.T.S., 2013.
131. Novelline, R.A., et al., *Helical CT in emergency radiology*. Radiology, 1999. **213**(2): p. 321-39.
132. Huber-Wagner, S., et al., *Whole-body CT in haemodynamically unstable severely injured patients--a retrospective, multicentre study*. PLoS One, 2013. **8**(7): p. e68880.
133. Harris, M.B., et al., *Evaluation of the cervical spine in the polytrauma patient*. Spine (Phila Pa 1976), 2000. **25**(22): p. 2884-91; discussion 2892.
134. Crim, J.R., K. Moore, and D. Brodke, *Clearance of the cervical spine in multitrauma patients: the role of advanced imaging*. Semin Ultrasound CT MR, 2001. **22**(4): p. 283-305.
135. Hauser, C.J., et al., *Prospective validation of computed tomographic screening of the thoracolumbar spine in trauma*. J Trauma, 2003. **55**(2): p. 228-34; discussion 234-5.
136. van Beek, E.J., et al., *Upper thoracic spinal fractures in trauma patients - a diagnostic pitfall*. Injury, 2000. **31**(4): p. 219-23.
137. Leidner, B., et al., *Standardized CT examination of the multitraumatized patient*. Eur Radiol, 1998. **8**(9): p. 1630-8.
138. Stein, D.M., et al., *Risk factors for organ dysfunction and failure in patients with acute traumatic cervical spinal cord injury*. Neurocrit Care, 2010. **13**(1): p. 29-39.
139. DeVivo, M.J., Krause, J.S., Lammertse D.P., *Recent Trends in Mortality and Causes of Death Among Persons With Spinal Cord Injury*. Arch Phys Med Rehabil, 1999. **80**: p. 1411-19.
140. Guly, H.R., et al., *The incidence of neurogenic shock in patients with isolated spinal cord injury in the emergency department*. Resuscitation, 2008. **76**(1): p. 57-62.
141. Mallek, J.T., et al., *The incidence of neurogenic shock after spinal cord injury in patients admitted to a high-volume level I trauma center*. Am Surg, 2012. **78**(5): p. 623-6.
142. Putz, C., et al., *The effect of polytrauma as a possible confounder in the outcome of monotraumatic vs polytraumatic paraplegic patients: a clinical cohort study*. Spinal Cord, 2011. **49**(6): p. 721-7.
143. Krause, J.S., et al., *Mortality after spinal cord injury: an 11-year prospective study*. Arch Phys Med Rehabil, 1997. **78**(8): p. 815-21.

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: VERLETZUNGSMUSTER, TRAUMA REGISTER DGU.....	9
ABBILDUNG 2: ASZENDIERENDE UND DESZENDIERENDE BAHNEN IM RÜCKENMARKSQUERSCHNITT.	15
ABBILDUNG 3: HÄUFIGSTE URSACHEN FÜR RÜCKENMARKSVERLETZUNGEN.	20
ABBILDUNG 4: ASIA- SCHEMA ZUR BEURTEILUNG EINER RÜCKENMARKSVERLETZUNG.....	23
ABBILDUNG 5: DAS STROBE DIAGRAMM DES STUDIENKOLLEKTIVS	31
ABBILDUNG 6: LOKALISATION DER RÜCKENMARKSVERLETZUNGEN.	35
ABBILDUNG 7: VERTEILUNG DER RÜCKENMARKSVERLETZUNG NACH SCHWEREGRAD.....	35
ABBILDUNG 8: LÄSIONSNIVEAU UND SCHWEREGRAD DER RÜCKENMARKSVERLETZUNG.	36
ABBILDUNG 9: VERTEILUNG DER MEHRFACHVERLETZUNGEN UND EINFACHVERLETZUNGEN IN ABHÄNGIGKEIT DER VERLETZUNGSSCHWERE DER RÜCKENMARSLÄSION.....	37
ABBILDUNG 10: VERTEILUNG DER BEGLEITVERLETZUNGEN (AIS \geq 3).....	38
ABBILDUNG 11: UNFALLHERGANG SCHWERVERLETZTER PATIENTEN MIT RÜCKENMARKSVERLETZUNG.....	39
ABBILDUNG 12: RETTUNGSZEIT IN MINUTEN IN ABHÄNGIGKEIT VON RÜCKENMARKSVERLETZUNG UND DEREN SCHWEREGRAD.....	41
ABBILDUNG 13: VERSORGUNG VON SCHWERSTVERLETZTEN IN ABHÄNGIGKEIT DER VERSORGERSTUFE	42
ABBILDUNG 14: VERGLEICH GANZKÖRPER CT UND RÖNTGENUNTERSUCHUNG DER WIRBELSÄULE.....	43
ABBILDUNG 15: RELATIVE HÄUFIGKEIT VON MULTIORGANVERSAGEN UND SEPSIS IN ABHÄNGIGKEIT VON DER VERLETZUNGSSCHWERE.....	44
ABBILDUNG 16: VERTEILUNG DER FRÜHMORTALITÄT UND GESAMTMORTALITÄT IN ABHÄNGIGKEIT VON DER VERLETZUNGSSCHWERE.....	45
ABBILDUNG 17: VERGLEICH ÜBERLEBENDE VS. VERSTORBENE IM BEZUG AUF ALTER, ISS UND GCS.....	
ABBILDUNG 18: ENTLASSUNGSART DER ÜBERLEBENDEN	50

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: GLASGOW COMA SCALE	10
TABELLE 2: REVISED TRAUMA SCORE.....	11
TABELLE 3: SCHWEREGRADEINTEILUNG NACH DER ABBREVIATED INJURY SCALE	11
TABELLE 4: GLASGOW OUTCOME SCALE	13
TABELLE 5: ASIA IMPAIRMENT SCALE	19
TABELLE 6: EINTEILUNG DER MUSKELKRAFT NACH JANEDA UND AUFLISTUNG DER KENNMUSKELN	22
TABELLE 7: ERLÄUTERUNG DER AIS CODIERUNGEN.....	32
TABELLE 8: URSACHEN FÜR SCHWERSTVERLETZUNG.	39
TABELLE 9: VERTEILUNG DES VERLETZUNGSGRADS IN ABHÄNGIGKEIT VON DEN VERLETZUNGSURSACHEN	40
TABELLE 10 : SCHOCKEREIGNISSE BEI PATIENTEN MIT RÜCKENMARKSLÄSIONEN.	44
TABELLE 11: EIGENSCHAFTEN SCHWER VERLETZTER PATIENTEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON RÜCKENMARKSVERLETZUNGEN UND DEREN SCHWEREGRAD	46
TABELLE 12: GRAD DER ERHOLUNG ZUR OBJEKTIVEN BEURTEILUNG MITTELS DES GLASGOW OUTCOME SCORE	47
TABELLE 13: LOGISTISCHE REGRESSION	48
TABELLE 14: ENTLASSUNGSART DER ÜBERLEBENDEN.	49

Abkürzungsverzeichnis

AIS	Abbreviated Injury Scale
bspw.	beispielsweise
BWS	Brustwirbelsäule
CI 95 %	Konfidenzintervall
CMV	Zytomegalievirus
CT	Computertomographie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
EK	Erythrozytenkonzentrate
GCS	Glasgow Coma Scale
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus
HWS	Halswirbelsäule
HSV	Herpes-simplex-Virus
ISS	Injury Severity Score
LWS	Lendenwirbelsäule
RTS	Revised Trauma Score
SCI	Spinal cord injury: Rückenmarksverletzung
TARN	Trauma Audit and Research Network
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
VZV	Varizella-Zoster-Virus
WHO	Weltgesundheitsorganisation
ZNS	Zentrales Nervensystem

Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit an Eides statt,
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

„Rückenmarksläsionen: Inzidenz, Prognose und Outcome –

Eine Analyse des Trauma Registers DGU“

selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 17.03.2018

Katharina Stephan

Ort, Datum

Danksagung

Aus Gründen des Datenschutzes wurde die Danksagung entfernt.