

Outcome von Halswirbelsäulenverletzungen
Retrospektive Datenerhebung mit prospektiver
Nachbeobachtung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Paul David Stoll

aus Heidelberg

2022

Angefertigt mit der Genehmigung
der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: PD Dr. Koroush Kabir, MBA
2. Gutachter: Prof. Dr. Steffen Manekeller

Tag der Mündlichen Prüfung: 03.05.2022

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Dieter Christian Wirtz

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	7
1.1 Die Halswirbelsäule	8
1.2 Diagnostik	8
1.3 Klassifikationen von Frakturen der Halswirbelsäule	9
1.4 Die neue AO-Klassifikation	11
1.4.1 Obere HWS	11
1.4.2 Untere HWS	11
1.5 Unfallmechanismen	13
1.6 Therapie	14
1.7 Outcome	15
1.8 Zielsetzung	17
2. Material und Methoden	18
2.1 Studiendesign	18
2.2. Epidemiologische Auswertung	18
2.2.1 Statistische Auswertung	19
2.3 Erhebung der Scores zur Lebensqualität	19
2.3.1 Neck Disability Index	20
2.3.2 Hospital Anxiety and Depression Scale	20
2.3.3 Beck-Depressions-Inventar	21
2.3.4 Euroqol	22

2.3.5 Statistische Auswertung	22
3. Ergebnisse	23
3.1 Epidemiologie	23
3.1.1 Altersverteilung	23
3.1.2 Geschlechterverhältnis	24
3.1.3 Übernahmen und Wohnort der Patienten	25
3.1.4 Schätzung der Inzidenz von operativ versorgten HWS-Verletzungen	25
3.1.5 Unfallmechanismen	26
3.1.6 Begleitverletzungen	29
3.1.7 Frakturlevel	30
3.1.8 Therapie	33
3.1.9 AO-Klassifikation der Frakturen	35
3.1.10 Neurologie	37
3.2. Nachbeobachtung	38
3.2.1 Neck Disability Index	40
3.2.2 Hospital Anxiety and Depression Scale	41
3.2.3 Beck Depressions Inventar	43
3.2.4 Euroqol	44
3.2.5 Ergebnis der Fragebögen in Abhängigkeit von der Lokalisation der HWS-Verletzung	46
3.2.6 Ergebnis der Fragebögen in Abhängigkeit von der Therapie	47
3.2.7 Zusammenhang zwischen Hinweisen auf Depressivität und HWS-Einschränkungen	47
4. Diskussion	49
4.1 Epidemiologie	49

4.2 Nachbeobachtung	55
5. Zusammenfassung	58
8. Anhang	60
6. Abbildungsverzeichnis	82
7. Tabellenverzeichnis	84
9. Literaturverzeichnis	85
10. Danksagung	96

Abkürzungsverzeichnis

HWS	Halswirbelsäule
BWS	Brustwirbelsäule
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
CT	Computertomographie
MRT	Magnetresonanztomographie
BDI	Beck Depressions Inventar
HADS	Hospital Anxiety and Depression Scores
NDI	Neck Disability Index
EQ-5D-3L	Euroqol-Index

1. Einleitung

Verletzungen der Halswirbelsäule (HWS) treten beim traumatisierten Patienten mit 2-4 % verhältnismäßig selten auf (Hasler et al., 2012; Lowery et al., 2001; Milby et al., 2008). Aufgrund ihrer anatomischen Komplexität und der Gefahr schwerwiegender neurologischer Schäden stellen HWS-Verletzungen jedoch eine große Herausforderung dar. Die Einteilung der Verletzungen in stabile und instabile Frakturen mit dem davon abhängigen Handlungsbedarf ist selten mit so folgenschweren Konsequenzen für das spätere Leben der Patienten verbunden wie bei HWS-Verletzungen. Das genaue Verständnis dieser Verletzungen ist für die Behandlung unabdingbar. Nur eine dezidierte Kenntnis der Unfallmechanismen, der Frakturmorphologien und der klinischen Erscheinungsbilder lassen eine Einteilung in stabile und instabile Verletzungen zu, aus denen sich Behandlungsalternativen für die Patienten ableiten lassen.

Die Häufigkeit von HWS-Verletzungen folgt einer Verteilung mit zwei Häufigkeitsgipfeln (Yadollahi et al., 2016). Besonders häufig treten HWS-Verletzungen bei jungen (15-45 Jahre) und älteren Patienten (65-85 Jahre) auf (Lowery et al., 2001; Negrelli et al., 2018; Wang et al., 2016). Darüber hinaus nimmt die Inzidenz der HWS-Frakturen mit steigendem Alter zu (Fredø et al., 2012). Insgesamt sind Männer häufiger von HWS-Verletzungen betroffen als Frauen. Das Geschlechterverhältnis zwischen Männern und Frauen liegt bei 1,5-4,3:1 (Brolin und von Holst, 2002; Clayton et al., 2012; Kamravan et al., 2014; Passias et al., 2018; Wang, Xiang, et al., 2013). Das Durchschnittsalter der betroffenen Männer ist geringer als das der betroffenen Frauen (Brolin und von Holst, 2002; Fredø et al., 2012; Jackson et al., 2004). Mit steigendem Alter nimmt jedoch der Anteil der Frauen mit HWS-Verletzungen zu (Tian et al., 2016). Dies ist sowohl auf den zunehmenden Bevölkerungsanteil der Frauen im Alter als auch auf ihre höhere Neigung zur Osteoporose zurückzuführen, welche häufig zu HWS-Frakturen nach Niedrigenergie-Traumen führt (Natella et al., 2019). Das Verstehen von HWS-Verletzungen und die damit verbundenen Herausforderungen in Bezug auf die Diagnostik und Therapie erfordern einen Blick auf die anatomischen Gegebenheiten.

1.1 Die Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule verbindet am oberen Ende Schädel und Wirbelsäule durch den okzipito-zervikalen Übergang und setzt sich nach kaudal als Brustwirbelsäule fort. Die Halswirbelsäule setzt sich aus sieben Wirbeln zusammen, wobei die zwei oberen Wirbel (C1 und C2) durch ihre abweichende Anatomie eine Sonderstellung einnehmen. Während die subaxialen Wirbel (C3-7) entsprechend dem allgemeinen und auch für die Brustwirbelsäule (BWS) und Lendenwirbelsäule (LWS) gültigen Konzept bestehend aus Corpus, Lamina und Processus aufgebaut sind, weichen Atlas (C1) und Axis (C2) davon ab. Der Atlas bildet als oberster Halswirbel mit den Condylen des Occiputs das Atlantookzipitalgelenk und nach kaudal das Atlantoaxialgelenk. Als ringförmiger Wirbel besitzt er weder Wirbelkörper noch einen Dornfortsatz. Im Gegensatz dazu ist der Axis den übrigen Wirbelkörpern deutlich ähnlicher und verfügt über Wirbelkörper und Dornfortsatz. Die Besonderheit des Axis ist der Dens, welcher nach kranial gerichtet ist und in die Ringstruktur des Atlas reicht, wo er durch einen Bandapparat gehalten wird (Sobotta, 2000). Das Ineinandergreifen von Atlas und Axis ermöglicht ein hohes Bewegungspotential der HWS, wodurch beteiligte Strukturen wie der Dens Axis anfälliger für Frakturen sind (Dowdell et al., 2018). Verlieren diese Strukturen durch Verletzungen ihre Stabilität, drohen Schädigungen der Medulla oblongata und ihren Zentren für Atmung und Kreislauf.

1.2 Diagnostik

Die radiologische Basisdiagnostik der HWS erfolgt durch Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen. Zusätzlich zur statischen Aufnahme der HWS können Funktionsaufnahmen in Reklination beziehungsweise Inklination angefertigt werden (Schleicher et al., 2017). Bei Verdacht auf Frakturen des Dens Axis können transorale Röntgenaufnahmen nach Sandberg/Gutmann (Gutmann, 1981) zur Anwendung kommen. Eine deutlich sensitivere Diagnostik ist mit der Computertomographie (CT) als Schnittbildgebung möglich. Neben der radiologischen Bildgebung ist die neurologische Untersuchung zum Ausschluss einer spinalen Schädigung von großer Bedeutung. Besonders zu beachten sind motorische und sensible Ausfallserscheinungen, Radikulopathien, Schluckbeschwerden und neu

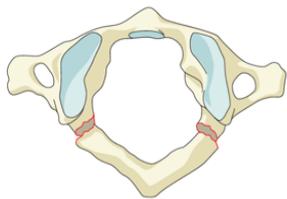
aufgetretener Nackenschmerz (Barnsley et al., 1994; Laurer et al., 2010). Liegen klinisch neu aufgetretene neurologische Defizite vor oder besteht der Verdacht einer diskoligamentären Verletzung, ist eine Magnetresonanztomographie (MRT) der HWS indiziert. Diese ermöglicht eine präzisere Darstellung der Weichteilstrukturen und lässt somit eine bessere Aussage über die Einengungen des Spinalkanals und eine mögliche Myelonschädigung zu als die Computertomographie (Muchow et al., 2008). Auch können sich okkulte Frakturen mittels Bone Bruise im MRT demaskieren. (Rangger et al., 2006)

1.3 Klassifikationen von Frakturen der Halswirbelsäule

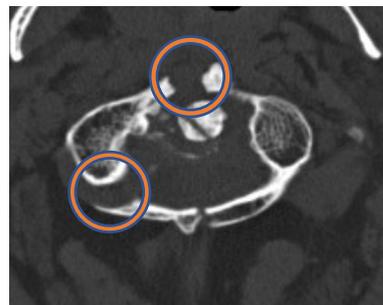
Für die Wirbelsäule wurden im Laufe der Jahre verschiedene Klassifikationssysteme entwickelt. Dabei waren lange Zeit Modelle vorherrschend, die eine Aufteilung in Säulen entsprechend ihrer Rolle in Bezug auf die Stabilität vornahmen (Denis, 1983). Spätere Ansätze teilten Frakturen anhand biomechanischer Muster in Distraktions-, Kompressions- und Rotationsverletzungen ein (Magerl et al., 1994). Das Thoracolumbar Injury Classification and Severity System (TLICS) (Vaccaro et al., 2005) und der Subaxial Cervical Spine Injury Classification and Severity Score (SLIC) (Vaccaro et al., 2007) berücksichtigten in ihren Klassifikationen zusätzlich den neurologischen Status der Patienten, was sowohl für das funktionale Outcome als auch die Therapie präzisere Aussagen ermöglicht. Jedoch ergaben sich hinsichtlich der Interobserver-Reliabilität in neueren Studien Einschränkungen (van Middendorp et al., 2013).

Im Jahr 2013 wurde durch die Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) ein neues Klassifikationssystem für thorakolumbale Wirbelsäulenverletzungen vorgestellt. 2016 folgte ein Klassifikationssystem für die subaxiale HWS und 2018 eine Klassifikation der oberen HWS ("AO Classification Systems," 2020). Die Klassifikation der unteren HWS orientiert sich dabei an der Klassifikation der thorakolumbalen Wirbelsäule. Ziel dieser neuen Klassifikationen ist es, bei einfacher klinischer Anwendung neben der reinen Frakturmorphologie auch Neurologie, Stabilität und modifizierende Faktoren einzubeziehen, um so eine bessere Aussagekraft über die Klinik des Patienten und den therapeutischen Handlungsbedarf zu erreichen. Diese sogenannten Modifikatoren umfassen unter anderem Verletzungen der Arteria vertebralis, Anomalien des

diskoligamentären Apparates sowie chronische Erkrankungen der Wirbelsäule (Divi et al., 2019). Aufgrund ihrer anatomischen Besonderheiten nahm die obere HWS in der Vergangenheit auch in Bezug auf ihre Klassifikationssysteme eine Sonderstellung ein. Verletzungen von Condylen des Occiputs, Atlas und Axis wurden jeweils individuell nach Anderson und D'Alonzo, Anderson und Montesano, Benzel und Gehweiler klassifiziert (Anderson und D'Alonzo, 2004; Anderson und Montesano, 1988; Benzel et al., 1994; Gehweiler et al., 1976) (vergleiche Abbildungen 1-4), wodurch die Frakturen präzise beschrieben werden konnten. Die klinische Handhabung sowie Aussagen über therapeutische Konsequenzen wurden durch die Vielzahl an Klassifikationen jedoch erschwert. Um dies zu vereinheitlichen, wurde von der AO eine neue, einheitliche Klassifikation für die gesamte obere HWS erstellt, welche in Teilen von der subaxialen und thorakolumbalen Klassifikation abweicht, jedoch ähnlichen Grundprinzipien folgt. Im Gegensatz zu den bisher gängigen Klassifikationssystemen der oberen HWS berücksichtigt die neue AO-Klassifikation neben rein knöchernen Frakturen auch ligamentäre Verletzungen sowie die Stellung der Wirbel zueinander.



AO

Abb. 1: Atlas**Abb. 2:** Atlasfraktur (Gehweiler III)
AO: C1 Typ A M2 N0

AO

Abb. 3: Axis**Abb. 4:** Dens-Fraktur (Typ II nach
Anderson und Alonso)
AO: C2 Typ A M1 N0

Mit freundlicher Genehmigung der AO-Foundation, Davos, Schweiz (Abb. 1,3) und der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie der Universitätsklinik Bonn (Abb.2,4)

1.4 Die neue AO-Klassifikation

1.4.1 Obere HWS

Die Klassifikation der oberen HWS bezieht sich immer auf den entsprechenden Wirbel beziehungsweise die okzipitalen Condylen sowie das kaudale Zwischenwirbelgelenk ("AO Classification Systems," 2020; Vaccaro et al., 2016). Es werden drei verschiedene Typen unterschieden. Bei Typ A-Frakturen handelt es sich um Frakturen ohne bedeutende ligamentäre Beteiligung. Typ B-Frakturen sind ligamentäre Verletzungen mit oder ohne Frakturen. Als Typ C-Verletzungen werden alle Verletzungen bezeichnet, bei denen eine signifikante Translation zweier benachbarter Wirbel vorliegt. Die Neurologie wird nach aufsteigender Schwere der Verletzung von N0 (keine neurologischen Auffälligkeiten) bis N4 (komplette Rückenmarksschädigung) bewertet. Darüber hinaus kommen vier verschiedene Modifikatoren zur Anwendung. Diese beschreiben Verletzungen mit dem Risiko zur Pseudarthrosenbildung und Instabilität (M1 und M2) sowie Faktoren, die die Therapie beeinflussen, (M3) und vaskuläre Verletzungen oder Abnormalitäten (M4). Anwendungsstudien, welche sich mit diesen Modifikatoren auseinandersetzen, existieren bislang nicht.

1.4.2 Untere HWS

Die Klassifikation einer Fraktur der unteren HWS setzt sich aus den drei Aspekten Morphologie, Neurologie und Modifikatoren zusammen, die wiederum aufsteigend entsprechend der Schwere der Verletzung geordnet sind ("AO Classification Systems," 2020). Die Morphologie wird entsprechend der drei Hauptgruppen A (Kompressionsfrakturen), B (Verletzungen des Bandapparats), C (Translationsverletzungen) und der Nebengruppe F (Facettengelenkverletzungen) eingeteilt. Die Klassifikation beinhaltet somit nicht nur Frakturen, sondern auch diskoligamentäre Verletzungen und luxierte Facettengelenke. Die Neurologie der Patienten wird analog zur Klassifikation der oberen HWS von N0 bis N4 bewertet (vergleiche 1.4.1 Obere HWS). Die verfügbaren Modifikatoren weichen jedoch leicht von denen der oberen HWS ab und beinhalten Verletzungen des posterioren

kapsuloligamentären Komplexes ohne komplette Ruptur (M1), kritische Bandscheibenvorfälle (M2), vorbestehende metabolische Wirbelsäulenerkrankungen mit einer Ankylose, wie beispielsweise eine Ankylosierende Spondylitis (M. Bechterew) oder Diffuse idiopathische Skeletthyperostose (DISH, M. Forestier), (M3) sowie Veränderungen der Arteria vertebralis (M4).

Die AO-Klassifikation wurde bezüglich der Intra- und Interobserver-Reliabilität für den klinischen Gebrauch validiert (Maeda et al., 2020; Vaccaro et al., 2016). Bisherige Daten deuten darauf hin, dass die neuen AO-Klassifikationen der bisher gängigen Subaxial Cervical Spine Injury Classification (SLIC) bezüglich ihrer Interobserver-Reliabilität überlegen sind, wie Tabelle 1 zeigt. Groß angelegte prospektive Studien stehen jedoch noch aus.

Tab. 1: Reliabilität von HWS-Klassifikationen

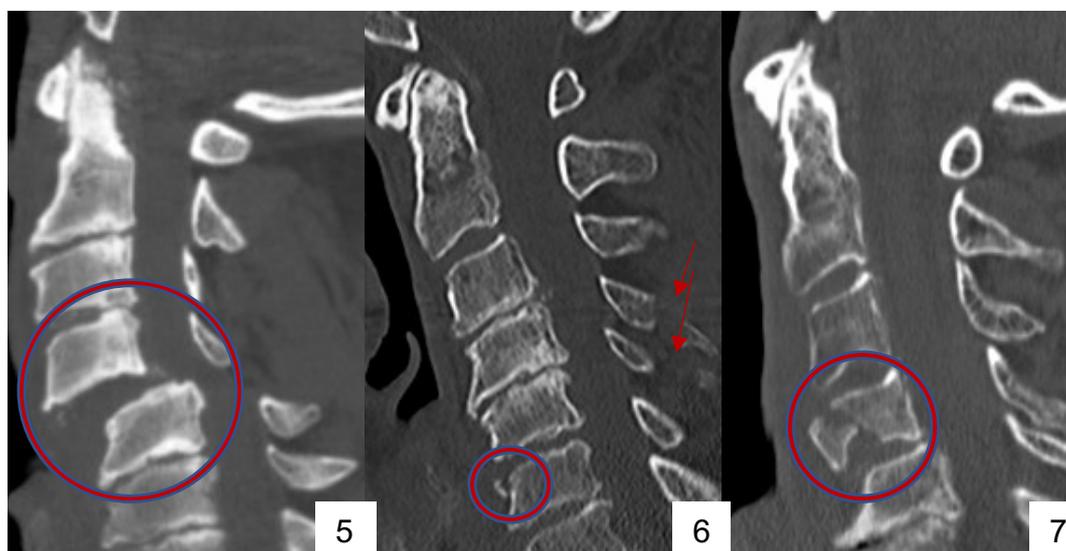
Klassifikation	Intraobserver Reliabilität	Interobserver Reliabilität
AO Upper Cervical	K= 0,68-0,98 (Maeda et al., 2020)	K= 0,66 (Maeda et al., 2020)
AO Subaxial	K= 0,75 (Vaccaro et al., 2016)	K= 0,64 (Vaccaro et al., 2016)
SLIC	K= 0,79-0,92 (Lee und Qiu, 2017; Stone et al., 2010)	K= 0,29-0,60 (Lee et al., 2012; van Middendorp et al., 2013)

Tab. 2: Bewertung des Reliabilitätskoeffizienten nach Landis und Koch (Landis und Koch, 1977)

Intervall	Bewertung
0,0-0,20	Gering (slight)
0,21-0,40	Ausreichend (fair)
0,41-0,60	Mäßig (moderate)
0,61-0,80	Beträchtlich (substantial)
0,81-1,00	Fast perfekt (almost perfect)

Für den klinischen Gebrauch soll die neue AO Klassifikation ein einfach zu verwendendes und zunehmend verbreitetes Klassifikationssystem darstellen. Die höhere klinische Relevanz und die einfachere Anwendung soll die AO-Klassifikation zu einem System

machen, das seinen Vorgängern möglicherweise überlegen ist (Feuchtbaum et al., 2016). Bisher liegen nur wenige epidemiologische Studien vor, welche die neue AO-Klassifikation der Halswirbelsäule auf ein großes Patientenkollektiv anwenden (Vaněk, 2018).



CT-Bilder von drei Patienten mit Verletzungen der unteren HWS:

Abb. 5: 77-jähriger Patient nach Sturz aus dem Stand mit Translationsverletzung C4-5, disloziertem Facettengelenk und kompletter Querschnittssymptomatik: AO C4-5 C (C4 F4) N4

Abb. 6: 83-jährige Patientin nach Treppensturz, zwei frakturierten Processi spinosi C4 und C6 und Absprengung der Deckplatte von C6: AO C6 A1, C4 A0, C5 A0 N0

Abb. 7: 83-jähriger Patient nach Sturz aus Rollstuhl und Berstungsfraktur von C4 sowie begleitender Facettenfraktur: AO C4 A4 F1 N0

1.5 Unfallmechanismen

Frakturen der HWS werden sowohl durch hoch- als auch niedrigenergetische Unfälle verursacht. Hierzu zählen Hochrasanztraumata mit Verkehrsunfällen und Stürzen aus großen Höhen sowie niedrigenergetische Traumata mit Stürzen aus dem Stand oder Bett, die insbesondere im Bereich der Alterstraumatologie vorkommen. Insgesamt stellen Verkehrsunfälle und Stürze die häufigsten Traumamechanismen dar (Brolin und von Holst, 2002; Clayton et al., 2012; den Ouden et al., 2019; Guo et al., 2016; Hu et al., 1996; Jackson et al., 2005; Kamravan et al., 2014; Kattail et al., 2009; Leucht et al., 2009;

Passias et al., 2018; Tafida et al., 2018; Wang, Xiang, et al., 2013; Watanabe et al., 2010). Durch die inhomogene Definition der Unfallmechanismen variieren die genauen Angaben hinsichtlich der Häufigkeiten der Unfallmechanismen jedoch studienabhängig. So werden Stürze in 23-60 % der Fälle als Traumaursache angegeben, wobei die Sturzhöhe von einem Sturz aus dem Stand bis zu Stürzen aus mehr als 3 m Höhe reicht (Hasler et al., 2011; Negrelli et al., 2018). Ähnlich werden Verkehrsunfälle in 20-29 % der Fälle als ursächlich angegeben (Fredø et al., 2012; Passias et al., 2018).

1.6 Therapie

Die Therapie der HWS-Verletzung richtet sich nach ihrem Ausmaß sowie der Stabilität und beinhaltet sowohl konservative als auch operative Behandlungsoptionen. Die Versorgung von Patienten mit HWS-Verletzungen sollte nur durch Kliniken mit Expertise auf dem Gebiet der Wirbelsäulenchirurgie erfolgen. Patienten sollten daher bei Verdacht auf eine HWS-Verletzung direkt an einer solchen Klinik vorgestellt oder nach Sicherung einer HWS-Verletzung zur weiteren Behandlung an ein solches Zentrum verlegt werden (DGU Leitlinie: Verletzungen der oberen Halswirbelsäule, 2017). Stabile HWS-Verletzungen können in der Regel konservativ, beispielsweise mittels sechswöchiger Ruhigstellung durch Halsorthesen, therapiert werden. Das operative Spektrum ist breiter und reicht von einer isolierten Schraubenosteosynthese über monosegmentale Stabilisierungen bis hin zu langstreckigen Versteifungsoperationen und dem alloplastischen Ersatz ganzer Wirbelkörper. Die Operationen können abhängig von der Fraktur und betroffenen Etage über einen rein ventralen, dorsalen oder kombiniert dorsoventralen Zugang adressiert werden. Hierbei können ein- oder mehrzeitige Operationsverfahren notwendig werden (Laurer et al., 2010; O'Dowd, 2010). Als Implantate kommen Zugschrauben, beispielsweise bei der Densverschraubung, Plattenosteosynthesen, Cages, und Schrauben-Stab-Systeme im Sinne eines Fixateur interne zum Einsatz (Anderson und Albert, 2002). Bei einer Einengung des Spinalkanals und Kompression des Myelons erfolgt zusätzlich eine Dekompression.



Abb. 8: C1-2 dorsale operative Stabilisation einer Dens-Fraktur nach Goel-Harms bei Dens-Fraktur (Anderson und Alonso III)
AO: C2 Typ A M1 N0



Abb. 9: Densschraube als Zugschraubenosteosynthese bei Dens-Fraktur (Anderson und Alonso II)
AO: C2 Typ A M1 N0

1.7 Outcome

Das Outcome von Patienten mit HWS-Verletzungen ist entscheidend durch das Vorhandensein und das Ausmaß von neurologischen Schäden bedingt. Daneben können Langzeitfolgen mit Schluckbeschwerden, Bewegungseinschränkungen und chronischen Schmerzen das Outcome bestimmen. Die Schwere der Verletzung, die gewählte Therapieform und mögliche Komplikationen sind weitere Einflussfaktoren, die das Outcome beeinflussen können. Auch das Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen und Begleitverletzungen können einen Effekt auf das Resultat haben. Die Lokalisation der Fraktur ist ein weiterer Prädikationsfaktor für das Langzeitergebnis. Durch die unterschiedlichen Ausprägungen der Bewegungsgrade der oberen und unteren HWS ist davon auszugehen, dass eine Verletzung und Behandlung der jeweiligen Wirbelsäulenabschnitte unterschiedliche Auswirkung hat.

Die gesamte HWS hat einen Bewegungsumfang in Extension/Flexion von 70/0/45°, Seitneigung 45/0/45° und Rotation 80/0/80° (Aumüller, 2010). Dabei haben die einzelnen Wirbelsegmente jedoch ein unterschiedliches Bewegungsausmaß. Während der Atlas gegenüber dem Occiput eine Flexions-/Extensionsbewegung durchführen kann, jedoch nur eine sehr geringe Rotation ausübt, hat das Atlantoaxialgelenk mit 40,5° den größten

Anteil an der Rotation der HWS (Dowdell et al., 2018). Die übrigen Zwischenwirbelgelenke ermöglichen jeweils etwa 7° Rotation (Penning, 1978; Penning und Wilmink, 1987; Swartz et al., 2005). Der Anteil an Flexions- und Extensionsbewegungen ist zwischen den Wirbeln ausgeglichener als in der Rotationsbewegung, wobei das Segment C5/6 mit 28° den größten Anteil hat (Aho et al., 1955). Dieser Wert gibt jedoch den Bewegungsumfang zwischen den einzelnen Wirbelsegmenten im Verlauf einer physiologischen Bewegung und nicht das maximale Bewegungspotential in einem einzelnen Segment an. Die Gesamtbewegung der HWS ist kein Resultat der Summe der einzelnen maximalen Bewegungsmöglichkeiten zwischen den Segmenten sondern das Bewegungsausmaß, das die Segmente im Zusammenspiel ausüben können. Das heißt, dass die Beweglichkeit der einzelnen Segmente in der Komplettbewegung der HWS nicht vollständig ausgeschöpft wird. Dies führt auch dazu, dass beispielsweise nach operativer Versteifung von Atlas und Axis andere Segmente die Einschränkung in der Beweglichkeit kompensieren können (Laurer et al., 2010). Diese vermehrte Be- und dann Überlastung einzelner Segmente kann jedoch zu Fehlbelastungen und im Verlauf zu Beschwerden führen (Laurer et al., 2010).

So konnte gezeigt werden, dass Patienten mit operativ versorgten Verletzungen der unteren HWS zu 20 % an Nackenschmerzen (>3 auf der Visuellen Analogskala (VAS)), zu 74 % an einer leichten bis schweren Nackensteifheit, zu 6-28 % an Schluckbeschwerden und zu 6-9 % an Heiserkeit leiden (Fountas et al., 2007; Fredø et al., 2016; Mehra et al., 2014; Radcliff et al., 2013). Andere Studien haben das Outcome von Patienten mit subaxialen Frakturen in Abhängigkeit von der erfolgten Therapie verglichen und kamen zu dem Ergebnis, dass operativ versorgte Patienten seltener zu Nackenschmerzen neigen als konservativ therapierte Patienten (Koivikko et al., 2004). Da sich die einzelnen Studien jedoch nur isoliert auf die obere oder untere HWS beziehungsweise nur auf operierte oder konservativ behandelte Patienten beziehen, ist das genaue Outcome nach HWS-Verletzungen nicht bekannt. Große, flächendeckende Studien oder Registerstudien liegen bislang nicht vor.

1.8 Zielsetzung

Für die Diagnostik und Therapie von HWS-Verletzungen ist ein besseres Verständnis der Ursachen, des Verletzungsmusters und des Behandlungserfolges wesentlich. Das Ziel dieser Arbeit ist folglich, die Epidemiologie von HWS-Verletzungen in einem Krankenhaus der Maximalversorgung abzubilden und gemäß der aktuellen AO-Klassifikation einzuteilen. Des Weiteren sollen Begleitverletzungen, Unfallmechanismen sowie der Vorstellungsweg erfasst werden. Die vorliegende Arbeit legt dabei besonderes Augenmerk auf altersspezifische Unterschiede sowie auf Unterschiede zwischen oberer und unterer HWS. Zusätzlich sollen die Behandlung und das Outcome nach einer HWS-Verletzung anhand einer prospektiven Nachuntersuchung in Form von standardisierten Fragebögen hinsichtlich Einschränkungen der Lebensqualität untersucht werden. Auch dieser zweite Teil geht auf Unterschiede ein, welche aus der gewählten Therapie und der Lokalisation der Verletzung resultieren. Es wird der Frage nachgegangen, ob sich die eingangs beschriebene besondere Rolle der oberen HWS auch in der durchgeführten Nachuntersuchung widerspiegelt und Verletzungen der oberen HWS zu einem höheren Maß an funktionellen Einschränkungen führen.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign

Der epidemiologische Teil dieser Arbeit entspricht einer retrospektiven einarmigen, monozentrischen Studie, während die Nachbeobachtung im Rahmen einer prospektiven fragebogengestützten und klinischen Nachuntersuchung erfolgte. Beide Teile der Studie wurden durch die Ethikkommission des Universitätsklinikums Bonn positiv bewertet (Ethikvotum Nr. 250/18). Alle Probanden, die an der Nachuntersuchung teilgenommen haben, haben zuvor ihre mündliche und schriftliche Einwilligung erteilt.

2.2. Epidemiologische Auswertung

Im Zeitraum von Januar 2012 bis Dezember 2017 wurden alle Patienten, die sich mit einer HWS-Verletzung am Universitätsklinikum Bonn vorgestellt haben, in die Studie eingeschlossen. Ausgeschlossen wurden alle Patienten, die sich am Universitätsklinikum Bonn im entsprechenden Zeitraum ohne HWS-Verletzung vorgestellt haben. Die Patienten wurden zunächst mit Hilfe der aktuellen Codes der International Classification of Diseases (ICD-10) „S12.“, „S13.“, „S14.0“ und „S14.1“ und der Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) „5-836“, „5-837“, „5-838“, „5-839“, „5-83b“, „5-030“, „5-033“ und „5-034“ aus der klinikeigenen Datenbank (System Orbis, Agfa Healthcare, Belgien) identifiziert. Anhand der Krankenakten wurden dann alle identifizierten Patienten gescreent und die Patienten, die den Einschlusskriterien entsprachen, in die Studie eingeschlossen. Bei allen Probanden wurden Alter, Geschlecht, Unfallmechanismus, Verletzung, Begleitverletzungen, neurologische Ausfälle, Vorerkrankungen, die Behandlung und Komplikationen erfasst. Des Weiteren wurden der Weg der Vorstellung (Verlegung aus einem externen Krankenhaus und direkte Vorstellung eigenständig oder über den Rettungsdienst) und die räumliche Nähe des Wohnortes zum behandelnden Krankenhaus dokumentiert. Anhand der Röntgen-, CT- und MRT-Bildgebung erfolgte bei allen Probanden die Beurteilung der Verletzung und Einteilung anhand der AO-Klassifikation. Pathologische Frakturen in Folge von Knochenmetastasen sowie osteoporotische Sinterungsfakturen wurden von der Klassifikation ausgeschlossen.

Anhand der erfassten neurologischen Befunde, Vorerkrankungen sowie Anlagevarianten erfolgte dabei die Zuweisung des neurologischen Grades nach AO-Klassifikation und Modifikatoren. Bei Vorliegen von mehreren HWS-Verletzungen wurde allen Verletzungen der gleiche neurologische Befund zugewiesen. Um Aussagen über altersspezifische Unterschiede treffen zu können, wurden die Probanden anhand ihres Alters in 10 Altersgruppen entsprechend der Lebensdekaden von 0 bis 100 Jahren eingeteilt.

2.2.1 Statistische Auswertung

Die Auswertung erfolgte deskriptiv. Mit dem Datenverarbeitungsprogramm SPSS Version 25 für Microsoft (IBM, Armonk, NY, USA) wurden relative und absolute Häufigkeiten, Standardabweichungen, Mittelwerte und Signifikanzen mittels Chi-Quadrat-Test und einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) errechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

2.3 Erhebung der Scores zur Lebensqualität

Bei der Untersuchung des Outcomes nach HWS-Verletzungen wurden alle Patienten, die sich im Zeitraum von Januar 2012 bis Dezember 2017 mit einer HWS-Verletzung in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonns vorgestellt haben und behandelt wurden, eingeladen, im Rahmen einer einmaligen routinemäßigen ambulanten Vorstellung an einer fragebogengestützten Nachuntersuchung teilzunehmen. Eingeschlossen wurden alle Patienten, die sich im Universitätsklinikum Bonn mit traumatischen Verletzungen der HWS vorgestellt hatten und im ambulanten oder stationären Rahmen konservativ und/oder operativ behandelt wurden. Ausgeschlossen wurden alle Patienten, die in eine andere Klinik verlegt wurden und deren Behandlungsführung somit abgegeben wurde oder die keine traumatische HWS-Verletzung aufwiesen. Alle eingeschlossenen Patienten wurden mündlich und schriftlich aufgeklärt und es lag eine schriftliche Einwilligung vor. Die Befragung wurde mindestens ein Jahr nach dem Trauma durchgeführt. Im Rahmen der Nachuntersuchung erfolgte die Erhebung der Lebensqualität anhand des Euroqol (EQ-5D-3L), der Depression anhand des Beck Depressions Inventars (BDI) II und Hospital Anxiety and Depression Scores (HADS) und der Beeinträchtigung der HWS anhand des Neck

Disability Index (NDI). Die Erhebung und Auswertung der Fragebögen erfolgte gemäß Herstellerangaben oder Herausgeberangaben oder -anleitung. Darüber hinaus wurden die Ergebnisse der Fragebögen auf signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Lokalisation der HWS-Verletzung (obere/untere HWS) und der Therapie (operativ/konservativ) überprüft.

2.3.1 Neck Disability Index

Der Neck Disability Index (NDI) erfasst Schmerzen und Beeinträchtigungen des täglichen Lebens in Bezug auf die Funktion der HWS (Vernon und Mior, 1991). Er umfasst 10 Items, wovon sich 2 mit Schmerzen (Schmerzintensität und Kopfschmerzen) befassen. Die übrigen Items erfassen Einschränkungen in alltäglichen Tätigkeiten wie persönliche Körperpflege, Heben von Gegenständen, Lesen, Arbeit, Auto fahren, Schlafen und Freizeitaktivität. Jedem Item sind 6 Antwortmöglichkeiten zugeordnet, die mit einem Punktwert von 0-5 bewertet werden. Ein Wert von 0 Punkten entspricht keinen Einschränkungen und ein Wert von 5 Punkten der höchsten Einschränkung. Daraus ergibt sich ein maximaler Punktwert von 50 Punkten. Der NDI wird häufig als Prozentwert angegeben, wobei 100 % der maximalen Einschränkung entspricht. Um diesen prozentualen Wert zu errechnen, wird die Summe der einzelnen Items mit 2 multipliziert, wodurch der maximale Wert 100 beträgt (Cramer et al., 2014). Der NDI wurde in seiner deutschen Version verwendet, welcher zur Anwendung in klinischen Studien validiert wurde (Swanenburg et al., 2014). Interpretiert wurden die Ergebnisse anhand der im Folgenden abgebildeten Grenzwerte (MacDermid et al., 2009).

Tab. 3: Interpretation des NDI

Score in Punkten	Score in %	Interpretation
0-4	0-8	Keine Einschränkung
5-14	10-28	Leichte Einschränkung
15-24	30-48	Mittelgradige Einschränkung
25-34	50-68	Schwere Einschränkung
35-50	70-100	Vollständige Einschränkung

2.3.2 Hospital Anxiety and Depression Scale

Bei der Hospital Anxiety and Depression Scale (HADS) handelt es sich um eine

Selbstbeurteilungsskala zum Screening von Angst und Depression in der klinischen Praxis (Zigmond und Snaith, 1983). Das Instrument umfasst 14 Items, wovon sich je 7 mit Depressions- und Angstsymptomen befassen. Jede Aussage lässt 4 Antwortmöglichkeiten zu, die mit 0 bis 3 Punkten bewertet werden, wobei 0 Punkte keiner oder einer sehr gering ausgeprägten Symptomatik entsprechen und 3 Punkte die stärkste Symptomatik ausdrücken. Aus den 7 Items für Angst und Depression können entweder Einzelskalen gebildet werden oder aber eine Gesamtskala mit insgesamt 0-42 Punkten.

Als Screeningtest gibt die HADS nur einen Hinweis auf eine möglicherweise vorliegende Angsterkrankung oder Depression, jedoch keine Therapieempfehlung. Beim Erreichen eines Wertes ≥ 13 wurde der Test als auffällig bewertet und die Probanden hatten Anzeichen für eine Depression oder einen Angstzustand (Hoyer et al., 2018). Die HADS verfügt über eine Sensitivität von 0,75 und eine Spezifität von 0,60 (Singer et al., 2009). Die Hospital Anxiety and Depression Scale wurde sowohl für psychisch als auch für somatisch erkrankte Patienten als Ganzes wie auch in Form seiner Unterskalen validiert (Bjelland et al., 2002). Verwendet wurde die deutsche Version der Skala, die ebenso für den klinischen Gebrauch validiert wurde (Herrmann et al., 1994).

2.3.3 Beck-Depressions-Inventar

Das Beck-Depressions-Inventar (BDI) wurde 1961 zur Messung der Schwere von Depressionen entwickelt und im Laufe der Jahre aktualisiert (Beck et al., 1961). Verwendet wurde der BDI in seiner aktuellen Version (BDI II) und deutschen Übersetzung, welche für den klinischen Gebrauch zugelassen ist (Kühner et al., 2007). Im Gegensatz zur HADS, welche wie oben beschrieben nur zwischen „auffällig“ und „unauffällig“ unterscheidet, erlaubt das BDI ein Urteil über die Schwere der Depressivität. Das BDI II enthält 21 Items mit je 4 Antwortmöglichkeiten, die mit einem Punktwert von 0-3 Punkten bewertet werden, wobei ein Wert von 0 für fehlende depressive Symptomatik steht. Die Werte steigen analog zur Schwere der Symptomatik an. Interpretiert wird das BDI anhand der in Tabelle 4 dargestellten Grenzwerte (Köllner und Schauenburg, 2012).

Tab. 4: Interpretation des BDI

Punktwert	Grad der Depressivität
0-8	Keine Depression
9-13	Minimale Depression
14-19	Leichte Depression
20-28	Mittelschwere Depression
29-63	Schwere Depression

2.3.4 Euroqol

Der Euroqol-Index (EQ-5D-3L) beinhaltet 5 Items zu „Beweglichkeit/Mobilität“, „Schmerzen/körperliche Beschwerden“, „Selbstversorgung“, „Alltägliche Tätigkeiten“ und „Angst / Niedergeschlagenheit“. Zu jedem Item stehen von „keine Probleme“ über „mäßige Probleme“ bis zu „extreme Probleme“ 3 Antwortmöglichkeiten zur Verfügung, welche mit einem Punktwert von 1 bis 3 bewertet werden. Daraus ergibt sich ein fünfstelliger Zahlencode, bei dem „11111“ den bestmöglichen und „33333“ den schlechtesten Gesundheitszustand darstellt (Euroqol.org, 2020). Dieser Code kann in einen einstelligen Index umgerechnet werden, der den Gesundheitszustand von Patienten auf einer Skala von 0 bis 1 erfasst, wobei 0 für den schlechtmöglichen Gesundheitszustand und 1 für den bestmöglichen Gesundheitszustand steht. Es ist theoretisch auch ein Index im negativen Bereich möglich, welcher als Zustand „schlimmer als der Tod“ definiert wird. Zusätzlich beinhaltet der Euroqol eine visuelle Analogskala (VAS), auf der Patienten ihren Gesundheitszustand von 0 bis 100 einschätzen. Der Euroqol wurde für den klinischen Gebrauch validiert (Shaw et al., 2005) und ermöglicht es mit einem einfachen Instrument, den Gesundheitszustand von Patienten zu vergleichen.

2.3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte unter Verwendung von SPSS Version 25 für Microsoft (IBM, Armonk, NY, USA). Zur Überprüfung auf Normalverteilung der Stichproben wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test verwendet. Es wurden Mittelwerte sowie relative und absolute Häufigkeiten errechnet. Der Vergleich unabhängiger, nicht normalverteilter Stichproben wurde mittels des Mann-Whitney-U-Test vorgenommen. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Im Folgenden werden die verwendeten Fragebögen zur Erhebung der Scores beschrieben.

3. Ergebnisse

3.1 Epidemiologie

Im Zeitraum von 2012 bis 2017 wurden insgesamt 465 Patienten in die Studie eingeschlossen. Von diesen wurden 231 Patienten in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie und 234 Patienten in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie des Universitätsklinikums Bonn behandelt.

3.1.1 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter der Patienten betrug $66,2 \pm 20,9$ Jahre (min:7, max: 96 Jahre) und der Median lag bei 73 Jahren. Abbildung 10 stellt die absolute und relative Verteilung aller Patienten bezogen auf die einzelnen Lebensdekaden dar. Den größten Anteil haben mit 25 % (N=114) die Patienten im Alter von 81-90 Jahren. Mehr als die Hälfte der Patienten (54 %, N=251) waren 71 Jahre und älter.

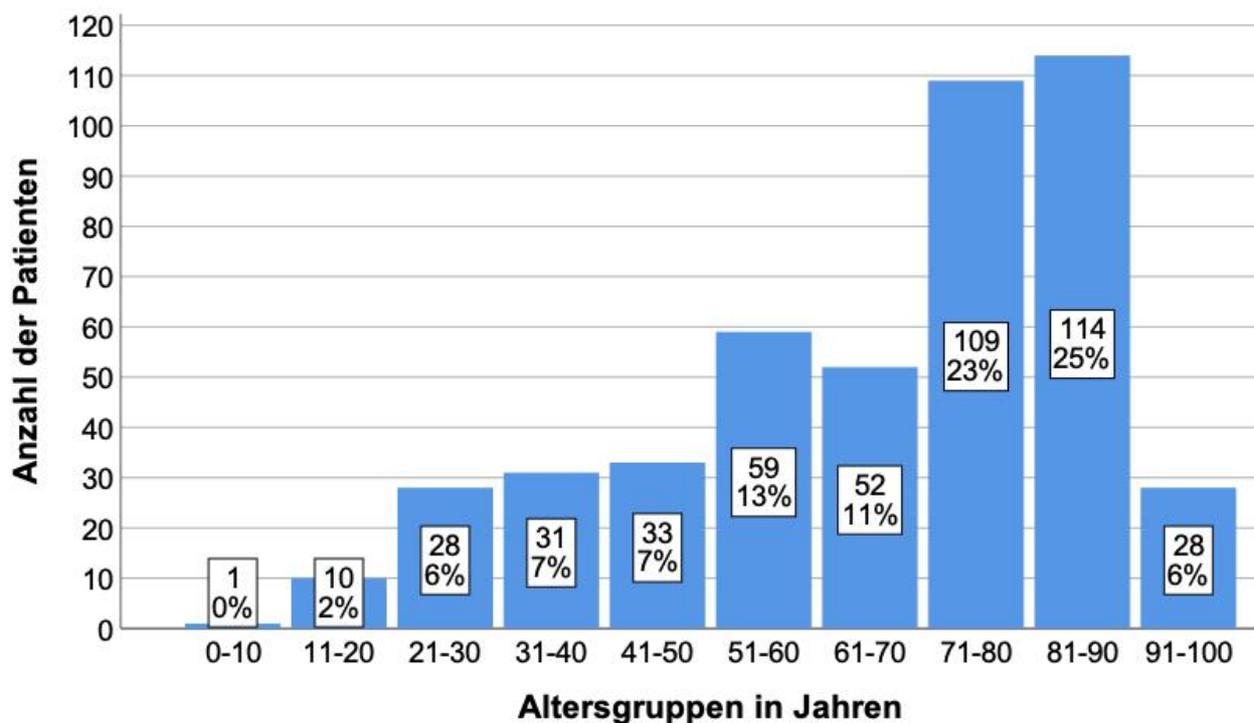


Abb. 10: Verteilung der Patienten bezogen auf die Altersgruppen

3.1.2 Geschlechterverhältnis

Von den 465 eingeschlossenen Patienten waren 55,7 % (N=259) männlich, 44,3 % (N=206) weiblich und 0 % (N=0) divers. Abbildung 11 stellt die Geschlechterverteilung in Abhängigkeit der Lebensdekaden in Form eines Balkendiagramms dar. In den Altersgruppen 21 bis 70 Jahren ist der Anteil der Männer im Vergleich zu den Frauen signifikant größer ($p < 0,001$), während im Alter von 81 bis 100 Jahren der Anteil an Frauen signifikant höher ist ($p < 0,001$). Die größte Differenz zwischen den Geschlechtern findet sich in der Altersgruppe der 41- bis 50-jährigen mit einem Anteil von männlichen Probanden von 79 % (N=26) versus 21% Frauen (N=7). Dieses Verhältnis kehrt sich ab einem Alter von 81 Jahren um, sodass in diesen Altersklassen mehr Frauen betroffen sind. Bei den Patienten im Alter über 91 Jahren stellen weiblichen Patienten einen Anteil von 71 % (N=20) und Männer einen Anteil von 29 % (N=8) dar. In der Altersgruppe der 11- bis 20-jährigen und 71-bis 80-jährigen liegt ein ausgeglichenes Verhältnis vor, jedoch ist die Fallzahl bei den 11- bis 20-jährigen (N=10) gering.

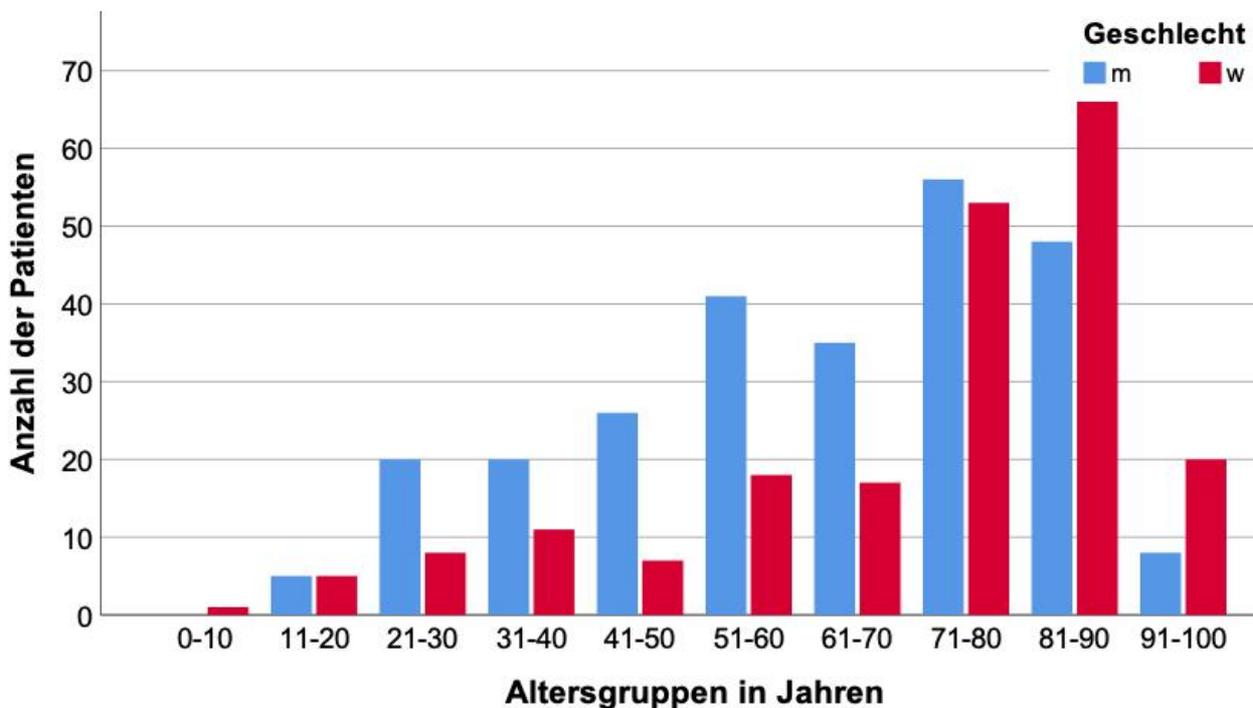


Abb. 11: Geschlechterverteilung von Patienten mit HWS-Verletzungen bezogen auf das Alter

3.1.3 Übernahmen und Wohnort der Patienten

297 der 465 Patienten (63,9 %) wurden initial am Universitätsklinikum Bonn vorgestellt und aufgenommen. Die übrigen 168 Patienten (36,1 %) wurden im Rahmen einer Übernahme aus einem externen Krankenhaus am Universitätsklinikum Bonn vorgestellt. 57,2 % (N=170) der direkt vorgestellten Patienten wurden in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie und 42,8 % (N=127) der Patienten in der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie behandelt. 36,9 % (N=62) der Patienten, die im Rahmen einer Verlegung aus einem externen Krankenhaus vorgestellt wurden, wurden von der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie und 63,1 % (N=106) der Patienten von der Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie übernommen. Bei interdisziplinärer Vorstellung über die Notaufnahme besteht der interklinische Konsens, dass Patienten mit HWS-Verletzungen und neurologischen Ausfällen oder einer begleitenden intrakraniellen Blutung durch die Klinik und Poliklinik für Neurochirurgie übernommen und behandelt werden, während Patienten mit HWS-Verletzungen ohne neurologische Ausfälle und ohne begleitende intrakranielle Blutung als Nebendiagnose von der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie übernommen und weiterbehandelt werden. 83 % (N=387) der Patienten hatten ihren Wohnort in einer Entfernung von weniger als 25 km zum Universitätsklinikum. 94,2 % (N=437) wohnten in einem Umkreis von weniger als 50 km.

3.1.4 Schätzung der Inzidenz von operativ versorgten HWS-Verletzungen

Grundsätzlich kann angenommen werden, dass Patienten aus dem Stadtgebiet der Stadt Bonn (nach Wohnort in Postleitzahl 53111–53129, 53173–53179, 53225, 53227 und 53229) ausschließlich durch die stadteigene Universitätsklinik operativ versorgt wurden. Bei bekannten Bevölkerungsdaten (Landesdatenbank Nordrhein-Westfalen, 2020) lässt sich auf dieser Grundlage die jährliche Inzidenz von operativ versorgten HWS-Verletzungen schätzen. Diese lag für Operationen bei Verletzungen der HWS durchschnittlich bei 3,2/100 000 Einwohner. 1,8/100.000 Einwohner erlitten jährlich eine Verletzung der oberen und 1,5/100.000 eine Verletzung der unteren HWS. Über den Zeitraum der Jahre 2012 bis 2017 blieb die Inzidenz ohne signifikante Veränderungen ($p > 0,05$).

Tab. 5: Schätzung der jährlichen Inzidenz von Operationen der HWS für Bewohner der Stadt Bonn

Jahr	Einwohner der Stadt Bonn	HWS-Verletzungen mit operativer Therapie		Operationen an der oberen HWS		Operationen an der unteren HWS	
		Total N	Inzidenz/ 100.000 Einwohner	Total N	Inzidenz/ 100.000 Einwohner	Total N	Inzidenz/ 100.000 Einwohner
2012	309.000	11	3,56	3	0,97	8	2,59
2013	310.000	10	3,23	5	1,61	5	1,61
2014	312.000	7	2,24	4	1,28	3	0,96
2015	315.000	11	3,49	9	2,86	2	0,63
2016	320.000	10	3,13	6	1,88	4	1,25
2017	318.000	12	3,77	6	1,89	7	2,20
Ø/ Jahr	314.000	10,1 7	3,24	5,50	1,75	4,83	1,54

3.1.5 Unfallmechanismen

Bezüglich der Unfallmechanismen wurde eine Einteilung in die folgenden 6 Kategorien vorgenommen:

- Sturz aus geringer Höhe (<1 m)
- Sturz aus großer Höhe (>1 m)
- Treppensturz
- Verkehrsunfall
- Sportunfall
- Sonstige

Zu den Verletzten durch Verkehrsunfälle wurden alle Patienten gezählt, die aktiv ein Fahrzeug oder Fahrrad führten oder als Fußgänger am Straßenverkehr teilnahmen. Unter der Kategorie Sonstige wurden alle Ereignisse zusammengefasst, die keiner der übrigen Kategorien zugeordnet werden konnten. Dazu zählten Verletzungen durch Gewaltdelikte, herabstürzende Gegenstände oder angreifende Tiere. Die Unterteilung in die drei Sturzformen wurde durch den hohen Anteil dieses Unfallmechanismus und seine große Variabilität der auf den Patienten einwirkenden Kräfte während des Unfalls vorgenommen. Zu den Stürzen aus geringer Höhe (<1 m) zählen Stürze aus sitzender Position, aus dem Bett, einfache Sturzereignisse aus dem Stand oder aus der Bewegung heraus.

70,1 % (N=326) aller eingeschlossenen Patienten erlitten einen Sturz (Sturz aus geringer Höhe, großer Höhe und Treppensturz), wobei der Sturz aus geringer Höhe mit 45,6 % (N=212) den häufigsten Unfallmechanismus darstellte. Mit 23,2 % (N=108) waren Verkehrsunfälle die zweithäufigste Unfallursache, gefolgt von Treppenstürzen (17,2 %; N=80), Sturzereignisse aus großer Höhe (7,3 %; N=34), Sonstigen (5,2 % N=24) und Sportverletzungen (1,5 %; N=7) als Kategorie mit der geringsten Fallzahl (siehe Abbildung 12).

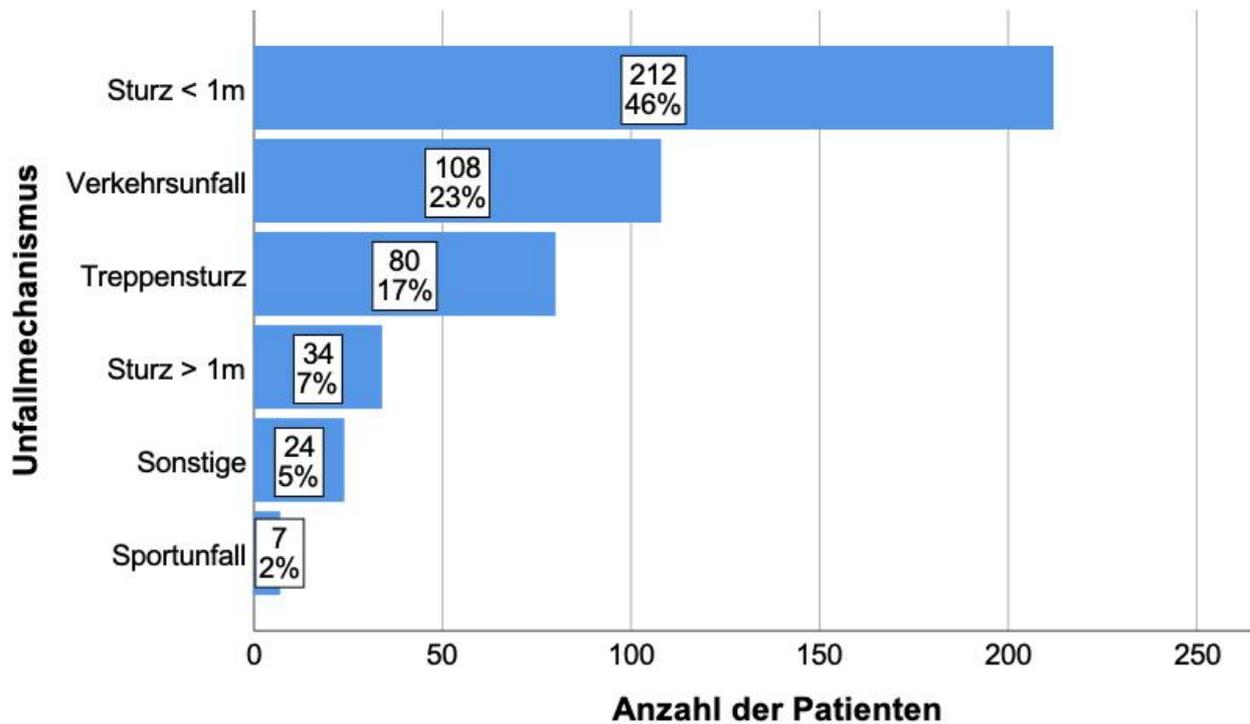


Abb. 12: Relative und absolute Häufigkeit der Unfallmechanismen

Die Analyse der Unfallmechanismen in Abhängigkeit des Alters zeigt, dass in den frühen Lebensdekaden der Verkehrsunfall die häufigste Ursache für HWS-Verletzungen ist. 71,4 % (N=20) der HWS-Verletzungen im Alter von 21 bis 30 Jahren sind auf Verkehrsunfälle zurückzuführen. Auch die Verletzungen durch Sport waren in dieser Altersgruppe mit 14,3 % (N=4) am höchsten. Mit steigendem Alter verringert sich der Anteil der Verkehrsunfälle stetig (41- bis 50-Jährige 33,3 %; 71- bis 80-Jährige 8,3 %), während die Bedeutung von Stürzen zunimmt. Stürze aus geringer Höhe sind ab der Altersgruppe der 71- bis 80-Jährigen die häufigste Unfallursache (46,2 %; N= 24) und erreichen ihr Maximum in der Altersgruppe der über 90-Jährigen, in der sie für 75 % (N=21) der HWS-Verletzungen verantwortlich sind. Stürze aus großen Höhen (>1 m), die vor allem auf Arbeitsunfällen sowie Suiziden beruhen, sind im mittleren Lebensalter am häufigsten und erreichen ihr Maximum in der Lebensdekade vom 51. bis zum 60. Lebensjahr mit 18,6 % (N=11). Abbildung 13 stellt die Unfallursachen in Abhängigkeit der Altersgruppen dar.

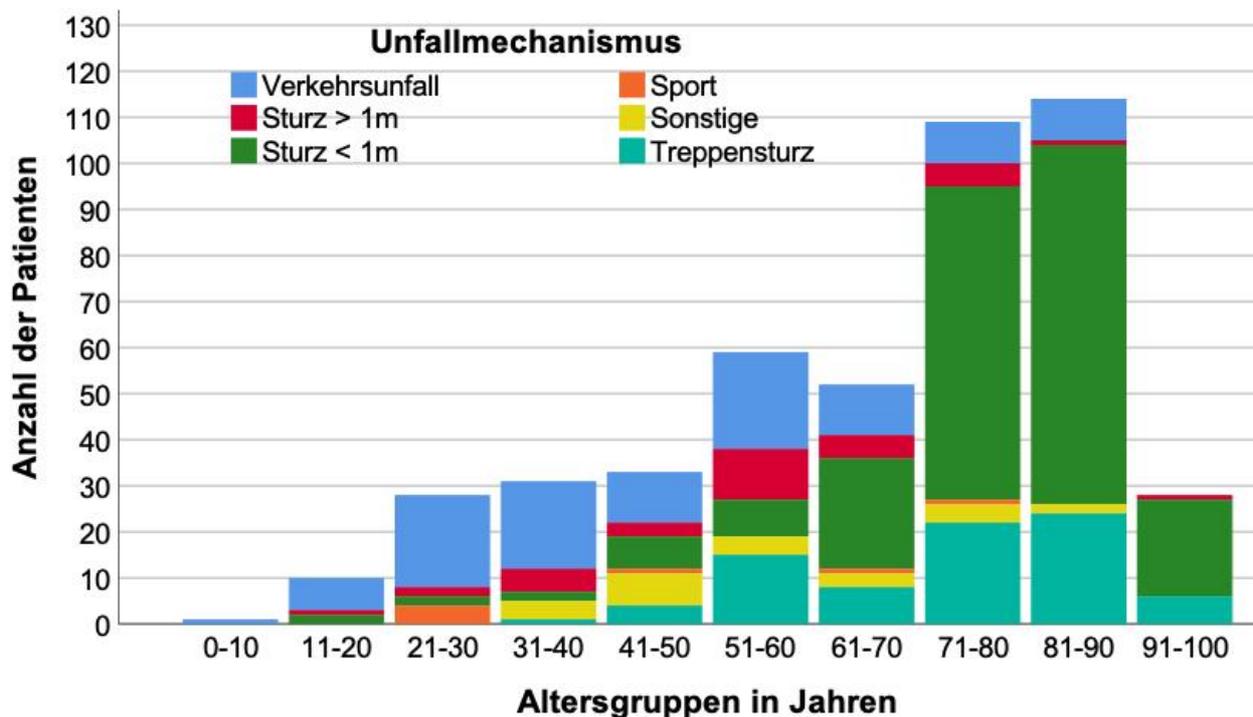


Abb. 13: Verteilung der Unfallursachen von HWS-Verletzungen in Abhängigkeit vom Alter

3.1.6 Begleitverletzungen

Von den 465 eingeschlossenen Patienten erlitten 253 Patienten (54,4 %) eine der in Tabelle 6 beschriebenen Begleitverletzungen. Unter den Begleitverletzungen traten Kopfplatzwunden mit 27,1 % (N=126) am häufigsten auf. Patienten, die sich mit Kopfplatzwunden vorstellten, wiesen in 15,1 % der Fälle (N=19) zusätzlich intrakranielle Blutungen auf. Bei Betrachtung des Gesamtkollektivs handelte es sich bei den intrakraniellen Blutungen mit 12,7 % (N=59) um die dritthäufigste Begleitverletzung. Bei 8,6 % (N=40) traten intrakranielle Blutungen im Rahmen von HWS-Verletzung ohne äußerliche Verletzungen des Schädels auf. Weitere häufige Verletzungen betrafen die oberen Extremitäten (15,3 %; N= 71) sowie den Thorax (13,8 %; N= 64).

Tab. 6: Begleitverletzungen

Begleitverletzung	Anzahl (n)	Anteil (%)
Kopfplatzwunde	126	27,1
Obere Extremität	71	15,3
Thorax	64	13,8
Intrakranielle Blutung	59	12,7
Brustwirbelsäule	44	9,5
Untere Extremität	34	7,3
Lendenwirbelsäule	26	5,6
Becken	18	3,9
Abdomen	13	2,8

3.1.7 Frakturlevel

Von 465 Patienten wiesen 423 (91,0 %) Patienten Frakturen der HWS auf, während die restlichen Patienten (N=42) isoliert ligamentäre Verletzungen hatten. Insgesamt erlitten die 423 Patienten 552 Frakturen, wobei einzelne Patienten zwei oder mehr Frakturen aufwiesen. Die Anzahl der Frakturen pro Patient ist in Abbildung 14 dargestellt. Patienten mit einer (N=318 75,2 %) und zwei (N=87 20,6 %) Frakturen waren am häufigsten. In 4,3 % (N=18) der Fälle waren drei oder mehr Wirbelkörper frakturiert.

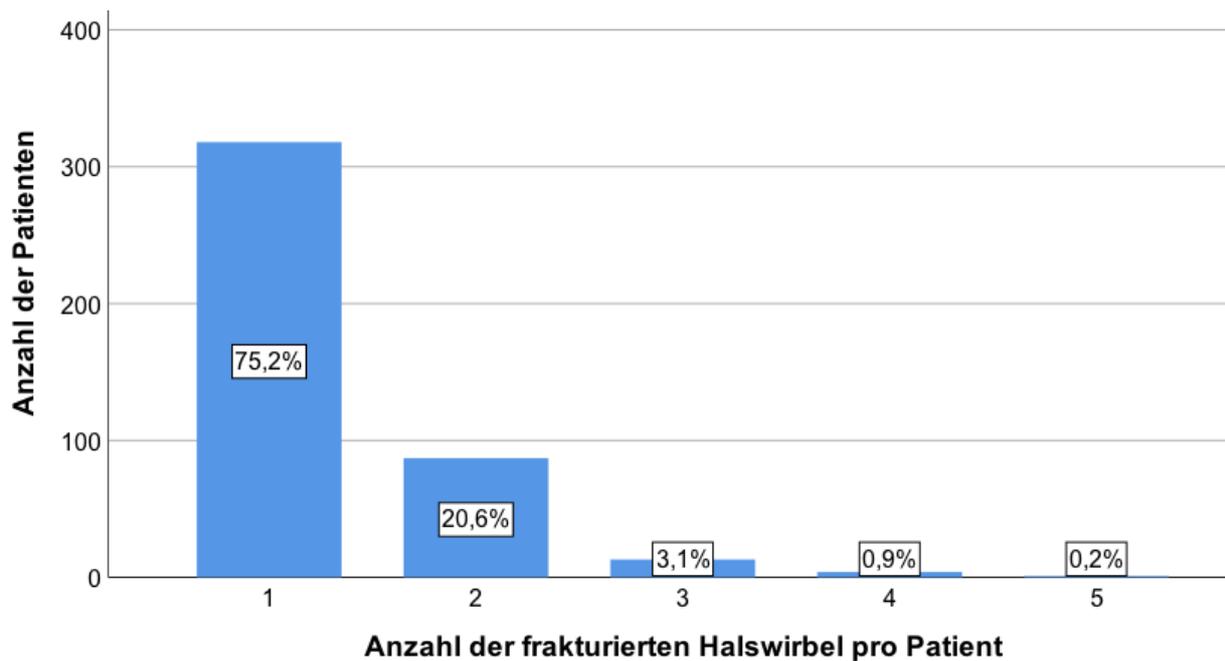


Abb. 14: Anzahl der frakturierten Halswirbel pro Patient

Der Axis (C2) war mit 40,0 % (N=221) der am häufigsten betroffene Wirbelkörper. Mehr als die Hälfte der Frakturen (52,2 %; N=288) betrafen die obere HWS (Occiputcondylen, Axis oder Atlas). Die Wirbelkörper C3 und C4 waren mit 5,8 % (N=32) und 5,6 % (N=31) am seltensten betroffen, während die untere HWS im Bereich der Wirbelkörper C5-7 am zweithäufigsten betroffen war mit einem Maximum des Wirbelkörpers C6 (15,4 %; N=85). Der Wirbelkörper C6 war nach dem Axis der am zweithäufigsten frakturierte Wirbelkörper der HWS. Abbildung 15 gibt den Anteil der frakturierten Wirbelkörper wieder.

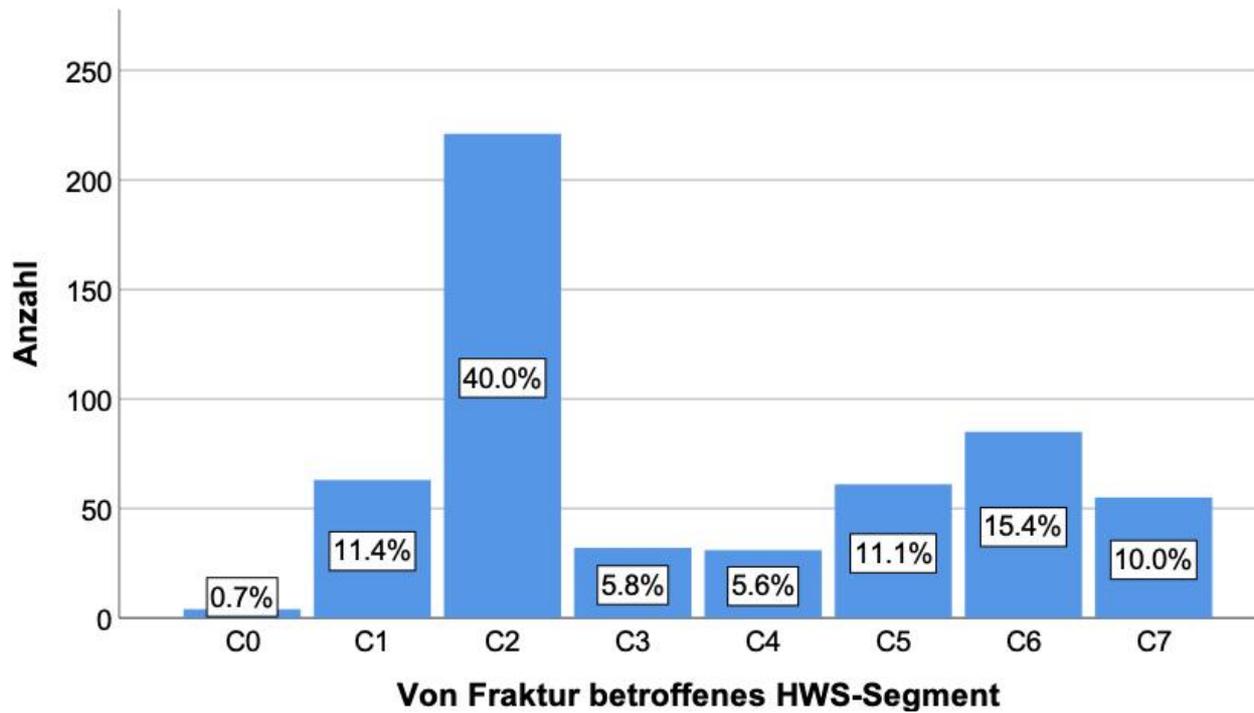


Abb. 15: Verteilung der HWS-Frakturen nach betroffenem HWS-Segment

Die Verteilung der frakturierten Wirbel mit zwei lokalen Maxima (C1-2 und C5-7) trifft auch innerhalb der Altersgruppen zu, jedoch nimmt mit steigendem Alter insgesamt die Häufigkeit an C2-Frakturen zu. Die Unterteilung in obere HWS (C1-2) und untere HWS (C3-7) verdeutlicht diese Entwicklung. So ist bis zur Altersgruppe der 61- bis 70-Jährigen die untere HWS häufiger von Frakturen betroffen und verliert mit zunehmendem Alter der Patienten an Bedeutung. Bei Patienten im Alter über 91 Jahre erreichen die Frakturen der oberen HWS ihr Maximum mit einem Anteil von 68,6 % (N=24).

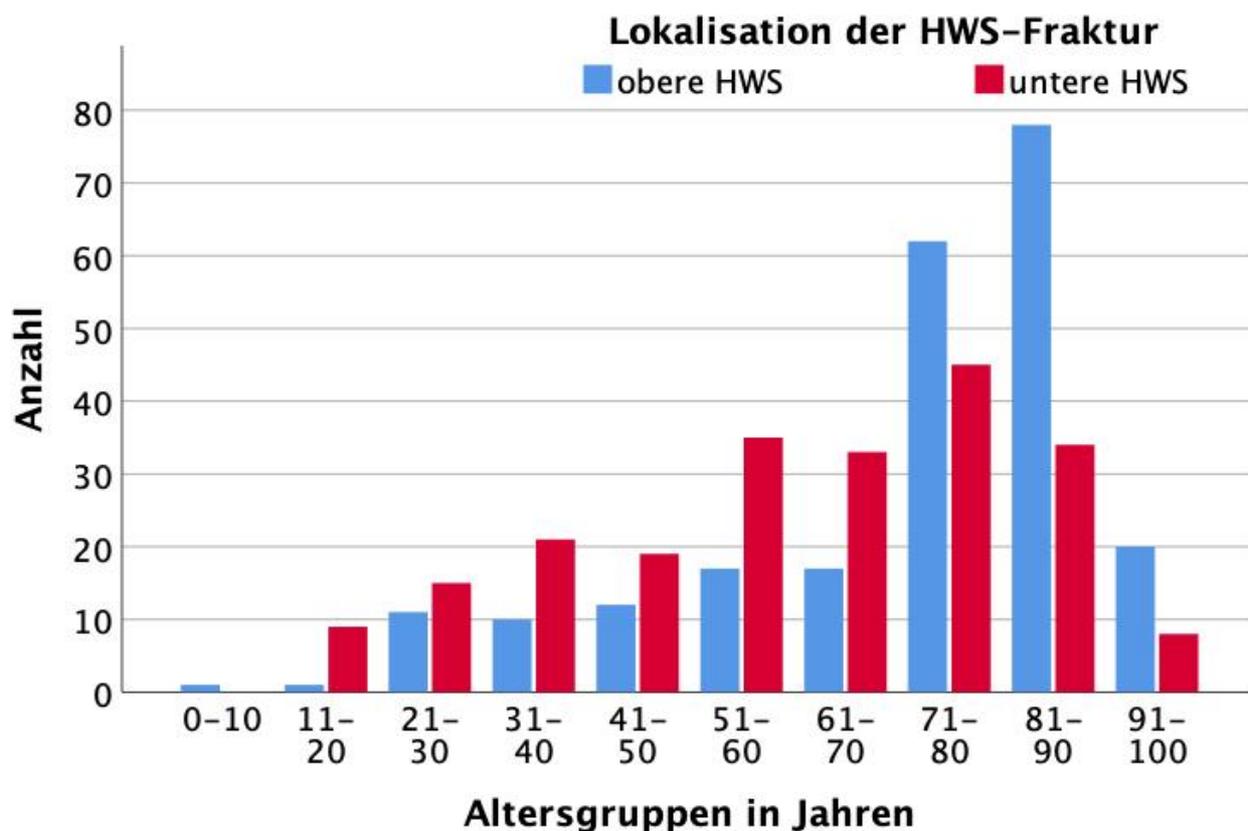


Abb. 16: Verteilung der oberen und unteren HWS-Frakturen in Abhängigkeit vom Alter der Patienten

3.1.8 Therapie

Die Patienten mit Verletzungen der HWS wurden zu 52,9 % (N=246) operativ und zu 44,7 % (N= 208) konservativ behandelt. Bei 2,4 % der Patienten (N=11) wurde die Indikation zur Operation gestellt, jedoch verstarben diese vor Zuführen zu einer operativen Therapie. Obwohl die Indikation zu einer Operation bestand, lehnten 8 Patienten (1,7 %) ein solches Vorgehen ab. Bei 4 Patienten kam es zu einem Therapiewechsel von einem initial konservativen Vorgehen zu einer operative Therapie bei Versagen der konservativen Therapie.

8,1 % der Operationen wurden revidiert. Die häufigsten Indikationen, die zu einem Revisions Eingriff führten, waren Implantat-Dislokationen (N=6; 2,4 %), insuffiziente Stabilisierung durch den Ersteingriff (N=6; 2,4 %) und Nachblutungen (N=2; 0,8 %). Kein Patient

verstarb perioperativ. Zur Verletzung der Arteria vertebralis kam es in einem dokumentierten Fall. Im Verlauf ihres Aufenthalts im Krankenhaus verstarben 6,5 % (N=30) der Patienten.

Im Hinblick auf die Altersgruppen zeigte sich für das operative Vorgehen die größte Häufigkeit bei Patienten im Alter von 71 bis 80 Jahren (16,7 %; N=76). Der Anteil sank auf 2,2 % (N=10) in der Gruppe der über 90-Jährigen. Auch im Bereich der unter 50-Jährigen überwog das konservative Vorgehen mit einem lokalen Maximum der 31- bis 40-Jährigen (4,4 % N=20). Abbildung 17 gibt die Therapieverfahren in Abhängigkeit vom Alter der Patienten wieder.

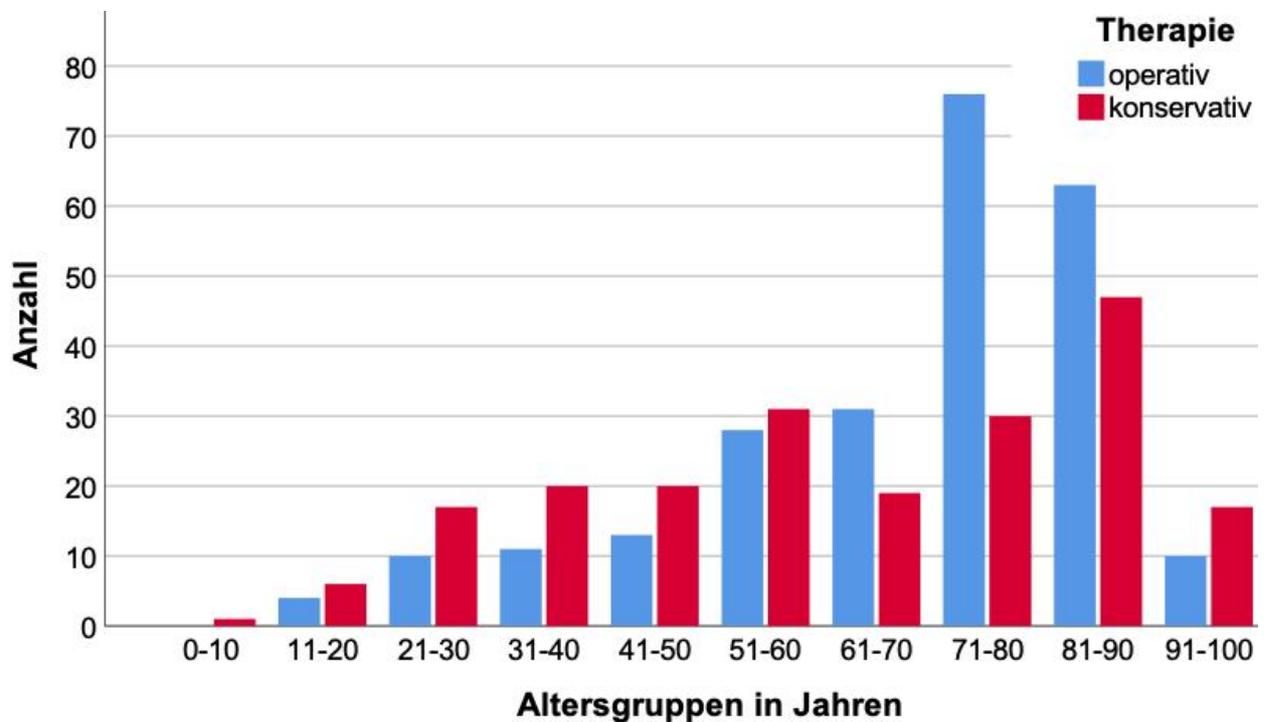


Abb. 17: Therapie von HWS-Verletzungen in Abhängigkeit vom Alter der Patienten

Die durchschnittliche Liegezeit aller 465 Patienten betrug $16,1 \pm 19,8$ Tage (min: 1 Tag, max: 180 Tage). Die durchschnittliche Liegezeit der operativ behandelten Patienten betrug $21,0 \text{ Tage} \pm 19,2$ Tage, während die Liegezeit der konservativ behandelten Patienten mit durchschnittlich $10,6 \text{ Tage} \pm 19,4$ Tage signifikant ($p < 0,001$) kürzer war.

3.1.9 AO-Klassifikation der Frakturen

Die Klassifikation der HWS wurde anhand der neuen AO-Klassifikation getrennt nach oberer und unterer HWS vorgenommen. Bei Patienten mit mehreren Verletzungen wurde jede Verletzung getrennt betrachtet. Somit ergaben sich aus 552 Frakturen und 57 ligamentären Verletzungen 609 HWS-Verletzungen. Von der Klassifikation ausgeschlossen wurden pathologische Frakturen, die durch Metastasen im Wirbelkörper (N=9) auftraten, und Verletzungen, bei denen keine CT- oder MRT-Aufnahme, sondern nur ein Röntgenbild vorlag (N=2). Die übrigen 598 Verletzungen, wovon 293 auf die obere HWS und 305 auf die subaxiale HWS entfielen, wurden entsprechend der AO-Klassifikation eingeteilt. Eine vollständige Auflistung der AO-Klassifikation findet sich im Anhang. Bei Betrachtung der gesamten HWS zeigten sich gemäß AO am häufigsten Typ A-Verletzungen (N=423; 70,7 %), gefolgt von Typ B-Verletzungen (N=105; 17,6 %) und Typ C-Verletzungen (N=37; 6,2 %), wie Abbildung 18 zu entnehmen ist.

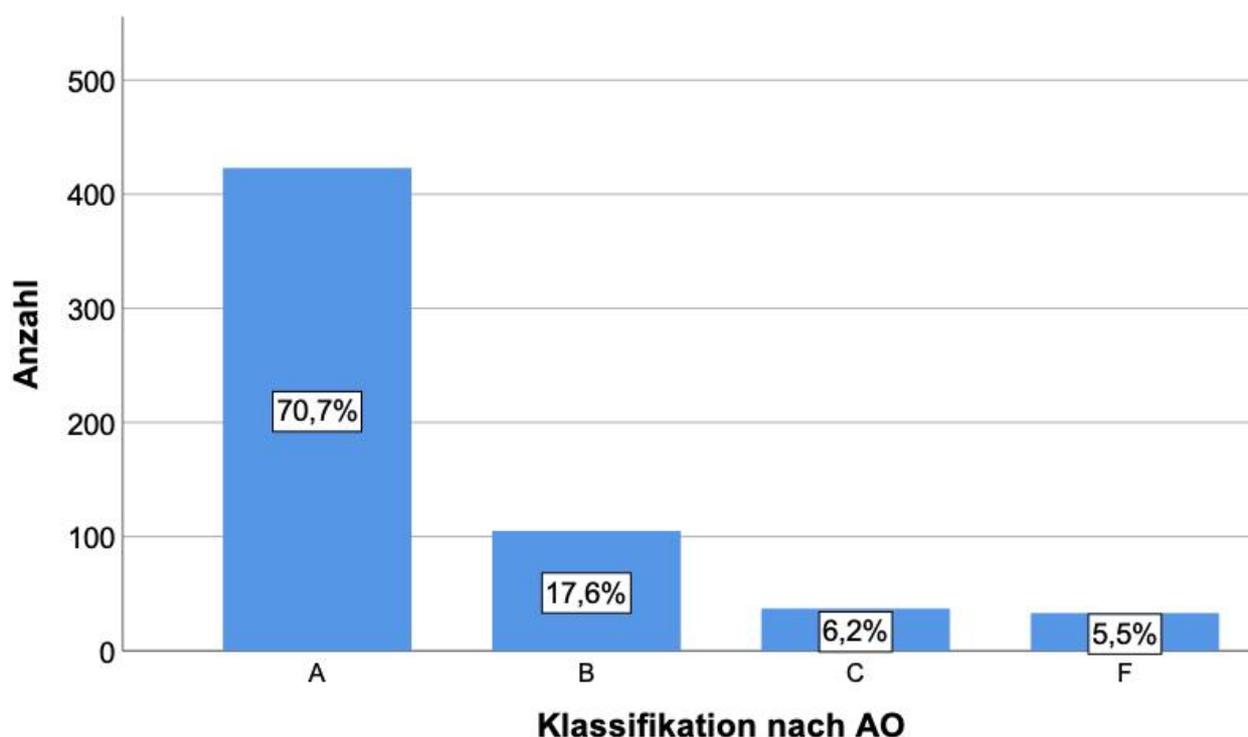


Abb. 18: Klassifikation aller HWS-Verletzungen (N=598) nach AO

Die Verteilung der Verletzungstypen nach AO-Klassifikation auf die obere und untere HWS ist in Abbildung 19 dargestellt. Auch bei dieser Betrachtung ist die Typ-A-Verletzung am häufigsten und Typ-C-Verletzung am seltensten. In der oberen HWS wurden 83,9 % (N=243) als Typ-A-Verletzung klassifiziert. In der unteren HWS waren es 59,0 % (N=180). Typ B-Verletzungen hatten in der oberen HWS einen Anteil von 14,0 % (N=41) und subaxial von 21,0 % (N=64). Bei Typ-C-Verletzungen waren es 3,1 % in der oberen HWS (N=9) und 9,2 % in der unteren HWS (N=28). Isolierte Facettenfrakturen (F1-3) fanden sich bei 10,8 % (N=33) der Patienten mit Verletzungen der subaxialen HWS.

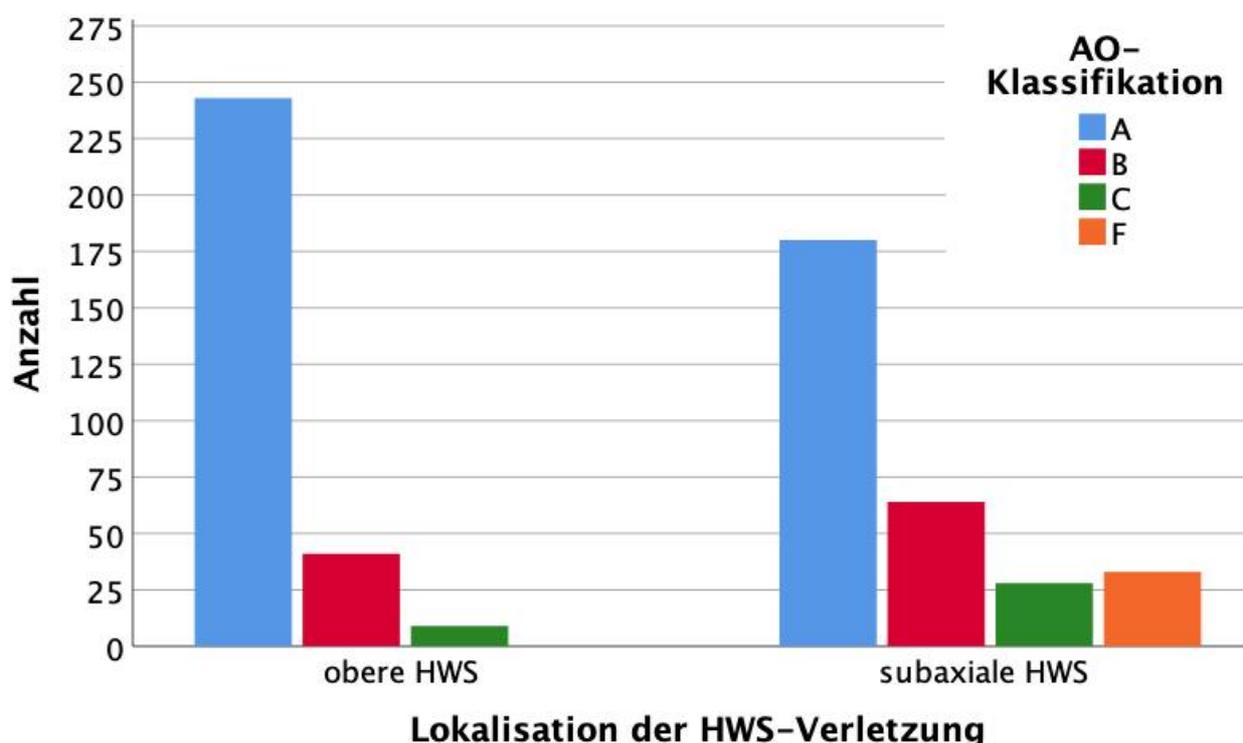


Abb. 19: Klassifikation der oberen und unteren HWS-Verletzungen nach AO

3.1.10 Neurologie

Der Großteil der Patienten (N=392; 84,3 %) wies keine neurologische Auffälligkeit auf entsprechend der AO Klassifikation N0. Von den neurologischen Ausfallserscheinungen waren am häufigsten, wie in Tabelle 7 dargestellt, Radikulopathien (AO N2), welche sich meist durch Dysästhesien oder Parästhesien der oberen Extremitäten äußerten, und komplette Rückenmarksschädigungen (AO N4). Beide traten bei jeweils 25 Patienten (5,4 %) auf. Patienten mit Verletzungen der unteren HWS wiesen zu 24,7 % (N=54) eine Neurologie (N1-4) auf, während es bei Patienten mit Verletzungen der oberen HWS mit 7,4 % (N=17) signifikant seltener zu neurologischen Ausfällen kam ($p < 0,001$).

Tab. 7: Neurologische Befunde aller Patienten mit HWS-Verletzungen

AO-Verletzung	Anzahl (N)	Anteil (%)
Keine (N0)	392	84,3
Temporäres neurologisches Defizit (N1)	2	0,4
Radikulopathie (N2)	25	5,4
Inkomplette Rückenmarksschädigung (N3)	21	4,5
Komplette Rückenmarksschädigung (N4)	25	5,4
Total	465	100

Bei der Betrachtung der einzelnen Frakturtypen gemäß AO zeigten sich auch bezogen auf alle Frakturtypen eine signifikant häufigere Assoziation mit neurologischen Ausfällen in der unteren HWS im Vergleich zur oberen HWS (vergleiche Tabelle 8). Typ C-Verletzungen waren sowohl insgesamt als auch aufgeteilt in die untere und obere HWS am häufigsten mit neurologischen Ausfällen vergesellschaftet. Eine Darstellung der einzelnen Verletzungs-Typen und der damit einhergehenden neurologischen Defizite findet sich in Tabelle 8.

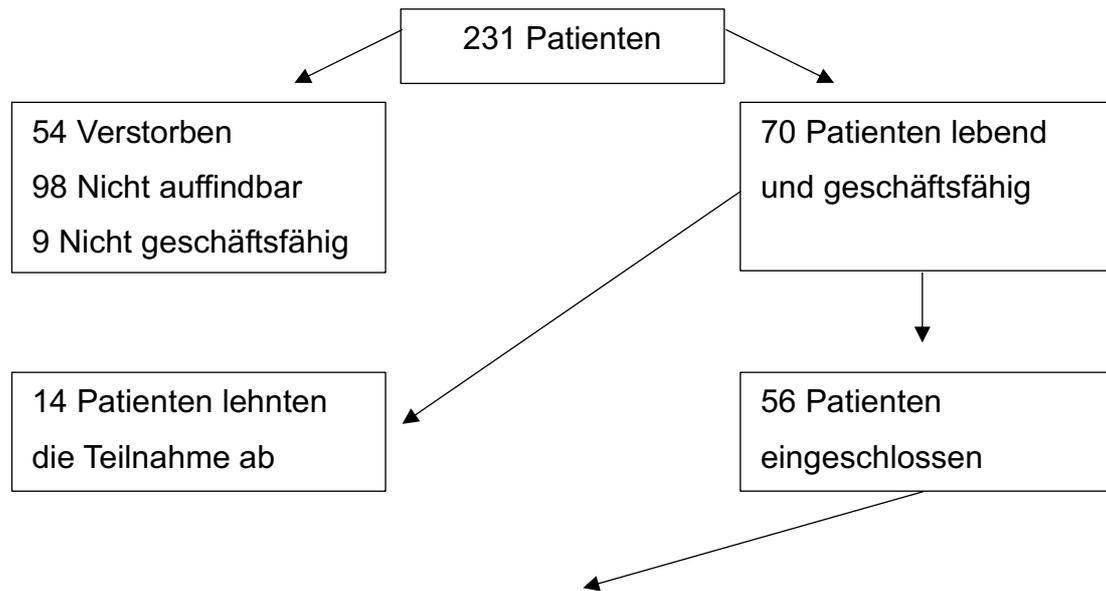
Tab. 8: Neurologie nach AO-Verletzung und Lokalisation

AO-Verletzung	Abschnitt der HWS	Anzahl [N]	N1-N4 [N; %]		
A	C0-C2	243	18	(7.4 %)	p=0.003
	C3-C7	180	30	(16.7 %)	
	C0-C7	423	48	(11.3 %)	
B	C0-C2	41	4	(9.8 %)	p=0.011
	C3-C7	64	20	(31.3 %)	
	C0-C7	105	24	(22.9 %)	
C	C0-C2	9	1	(11.1 %)	p=0.006
	C3-C7	28	18	(64.3 %)	
	C0-C7	37	19	(51.4 %)	
F	C3-C7	33	8	(24.2 %)	
Total	C0-C2	293	23	(7.8 %)	p<0.001* (p=0,00000002)
	C3-C7	305	76	(24.9 %)	
	C0-C7	598	99	(16.6 %)	

3.2. Nachbeobachtung

Von den 231 in der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Bonn vorgestellten und behandelten Patienten waren 54 Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (mindestens 1 Jahr nach Trauma und Therapie) verstorben. 98 Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nicht nachverfolgbar, sodass nicht eruiert werden konnte, ob diese verstorben waren oder ein Ortswechsel vorlag. 9 Patienten waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung aufgrund einer Nebenerkrankung nicht geschäftsfähig und wurden bei fehlender Geschäftsfähigkeit in den Studienteil der Nachbeobachtung nicht eingeschlossen. Von den übrigen 70 Patienten willigten 56 Patienten mündlich und schriftlich ein und wurden in die fragebogengestützte Nachbeobachtung eingeschlossen. 14 Patienten lehnten die Teilnahme ohne Angabe von Gründen ab.

Von den 56 Patienten, die an der Befragung teilnahmen, waren 66,1 % (N=37) männlich, 33,9 % (N=19) weiblich und 0 % (N=0) divers. 44,6 % (N=25) erlitten Verletzungen der oberen HWS, 51,8 % (N=29) der unteren HWS und 3,6 % (N=2) eine kombinierte Verletzung der oberen und unteren HWS. Die Behandlung von 57,1 % der Patienten (N=32) erfolgte operativ und 42,9 % (N=24) wurden konservativ versorgt.



Patientencharakteristik		N=	%
Geschlecht	Männlich	37	66,1
	Weiblich	19	33,9
Lokalisation der HWS-Verletzung	Obere HWS	25	44,6
	Untere HWS	29	51,8
	Kombiniert	2	3,6
Therapie	Operativ	32	57,1
	Konservativ	24	42,9
		Ø	σ
Alter in Jahren	Gesamt	59,7	17,4
	Obere HWS	64,6	18,2
	Untere HWS	55,9	18,5

Abb. 20: Einschlussverfahren und Patientencharakteristika zur Erhebung der Scores zur Lebensqualität

3.2.1 Neck Disability Index

Im Neck Disability Index zur Einschätzung der Einschränkungen durch die HWS im alltäglichen Leben erzielten die 56 eingeschlossenen Patienten einen Durchschnittswert von $21 \pm 18,3$ %. Somit lagen durchschnittlich leichte Einschränkungen im alltäglichen Leben vor. Abbildung 21 stellt die Verteilung der erzielten Werte dar.

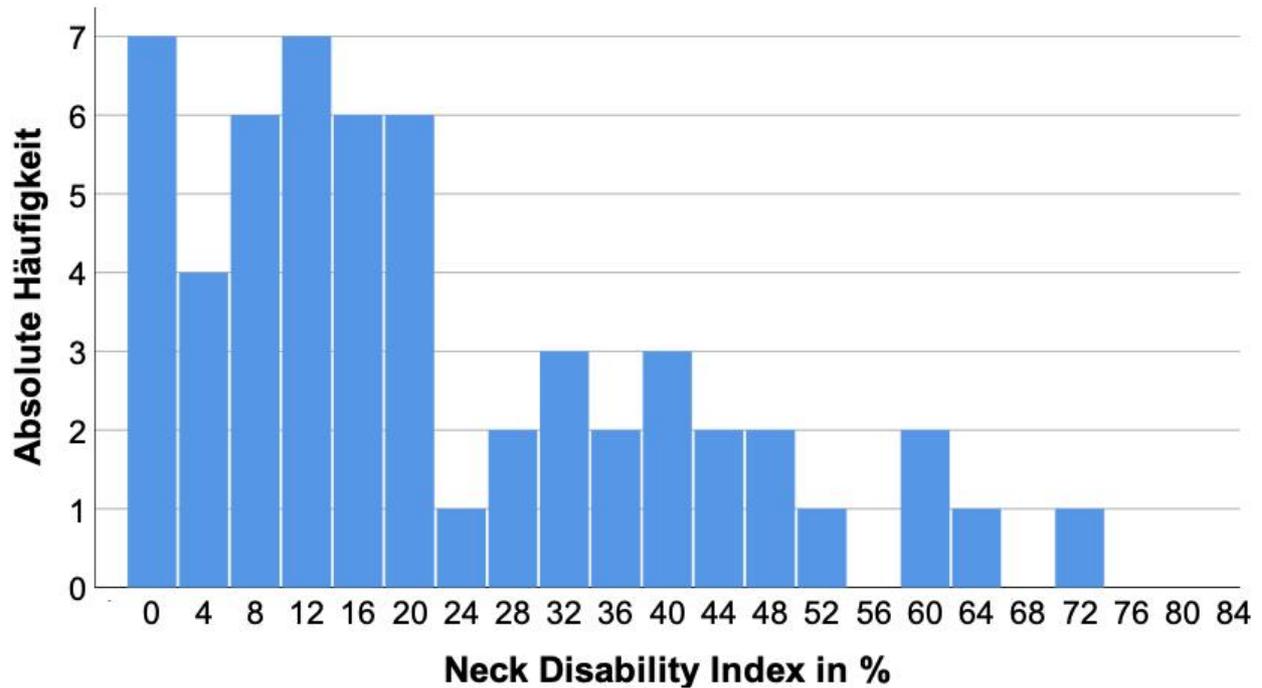


Abb. 21: Verteilung der Ergebnisse des Neck Disability Index

Somit wiesen 30,4 % der Patienten (N=17) im alltäglichen Leben keine Einschränkung durch die HWS-Verletzung auf. 39,3 % der Patienten (N=22) und somit der größte Teil der Patienten hatte leichte Einschränkungen. Als vollständig eingeschränkt stufte sich nur ein Patient (1,8 %) ein. Dies stellt Abbildung 22 dar.

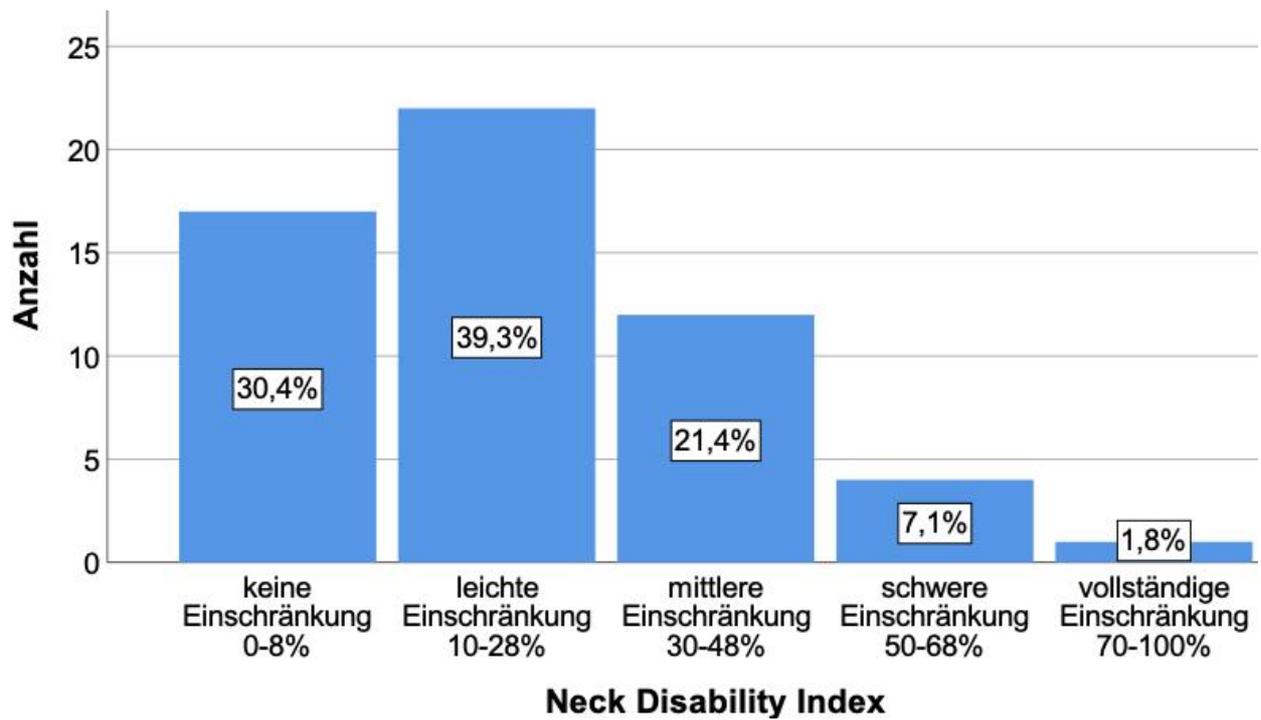


Abb. 22: Einschränkungen im alltäglichen Leben nach HWS-Verletzung gemäß Neck Disability Index

3.2.2 Hospital Anxiety and Depression Scale

55 Patienten evaluierten sich hinsichtlich einer Depression und einem Angstzustand anhand der HADS. Der durchschnittliche Punktwert betrug $8,3 \pm 7,2$ Punkte und lag somit im unauffälligen Bereich (<13 Punkte). Abbildungen 23 und 24 zeigen die Verteilung der Ergebnisse sowie die Verteilung einer potenziell vorliegenden Depression oder eines potenziell vorliegenden Angstzustandes.

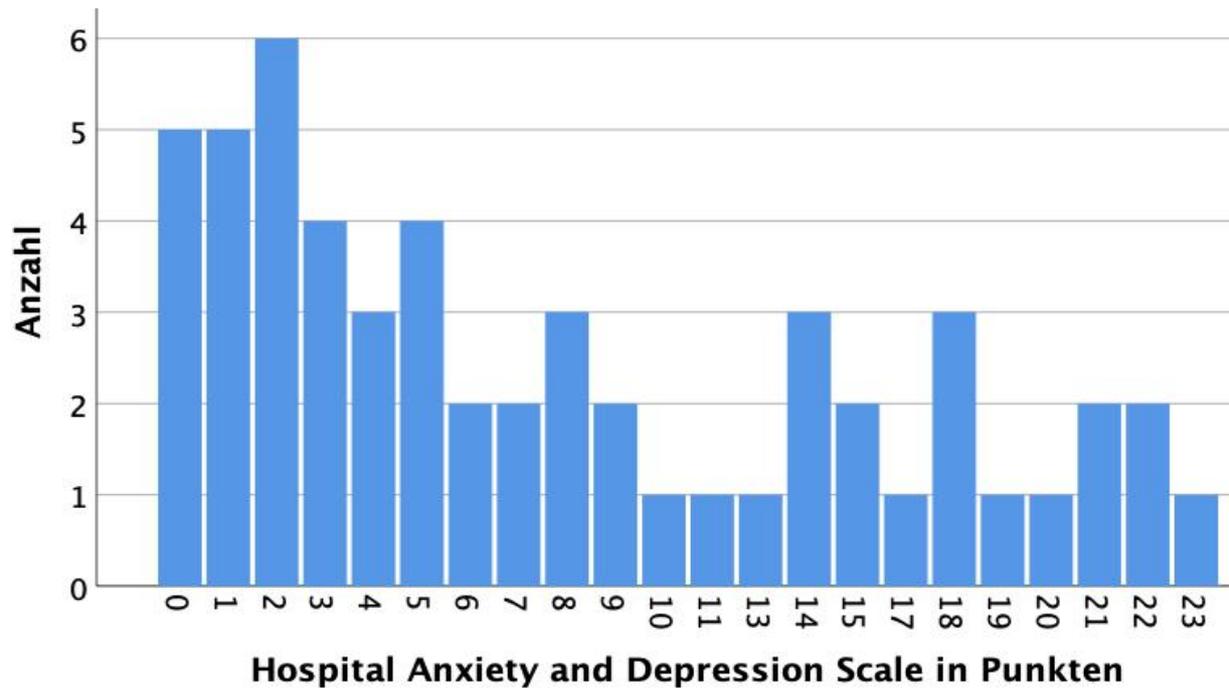


Abb. 23: Verteilung der Ergebnisse der Hospital Anxiety and Depression Scale

Bei Berücksichtigung des Grenzwertes von ≥ 13 Punkten für einen auffälligen Wert konnten 30,9 % (N=17) der Patienten als auffällig in Bezug auf Angst und Depression eingestuft werden (Abbildung 24).

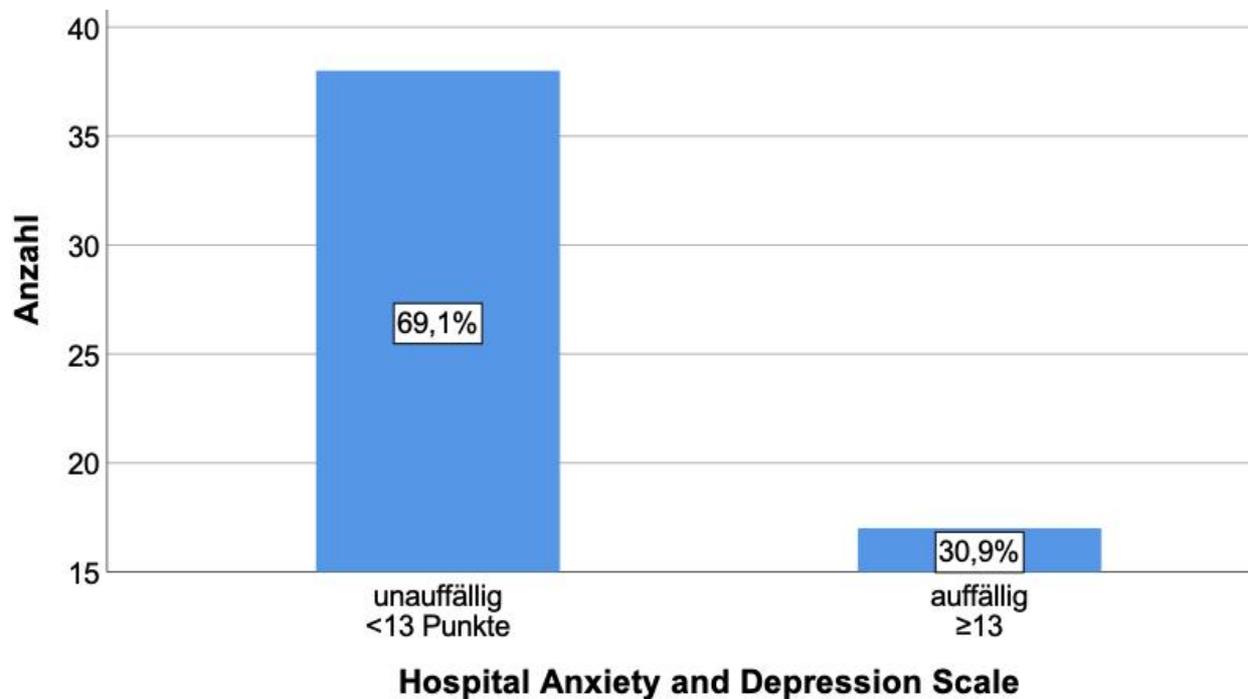


Abb. 24: Interpretation der Ergebnisse der Hospital Anxiety and Depression Scale

3.2.3 Beck Depressions Inventar

Das BDI wurde von 55 Patienten beantwortet, die einen durchschnittlichen Wert von $7,0 \pm 6,8$ Punkte erreichten. Somit lag der Durchschnittswert im unauffälligen Bereich (<10 Punkte). In Abbildung 25 ist die Verteilung der Testergebnisse des BDI dargestellt.

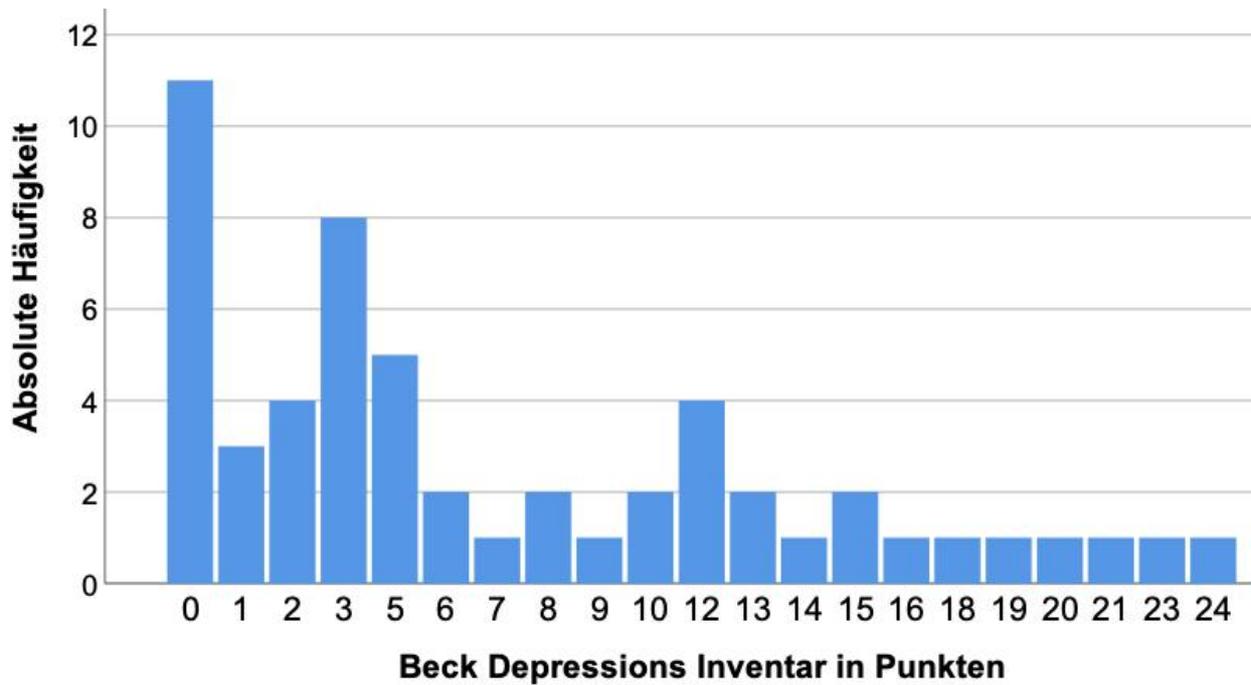


Abb. 25: Verteilung der Ergebnisse des Beck Depressions Inventars

Insgesamt wiesen 65,5 % (N=36) der Patienten keine Depressivität auf (Abbildung 26). Minimale Hinweise auf Depressionen zeigten sich bei 16,4 % (N=9). Als leicht bis mittelgradig depressiv wurden 18,1 % (N=10) der Patienten eingestuft. Kein Patient wies eine schwere Depression auf.

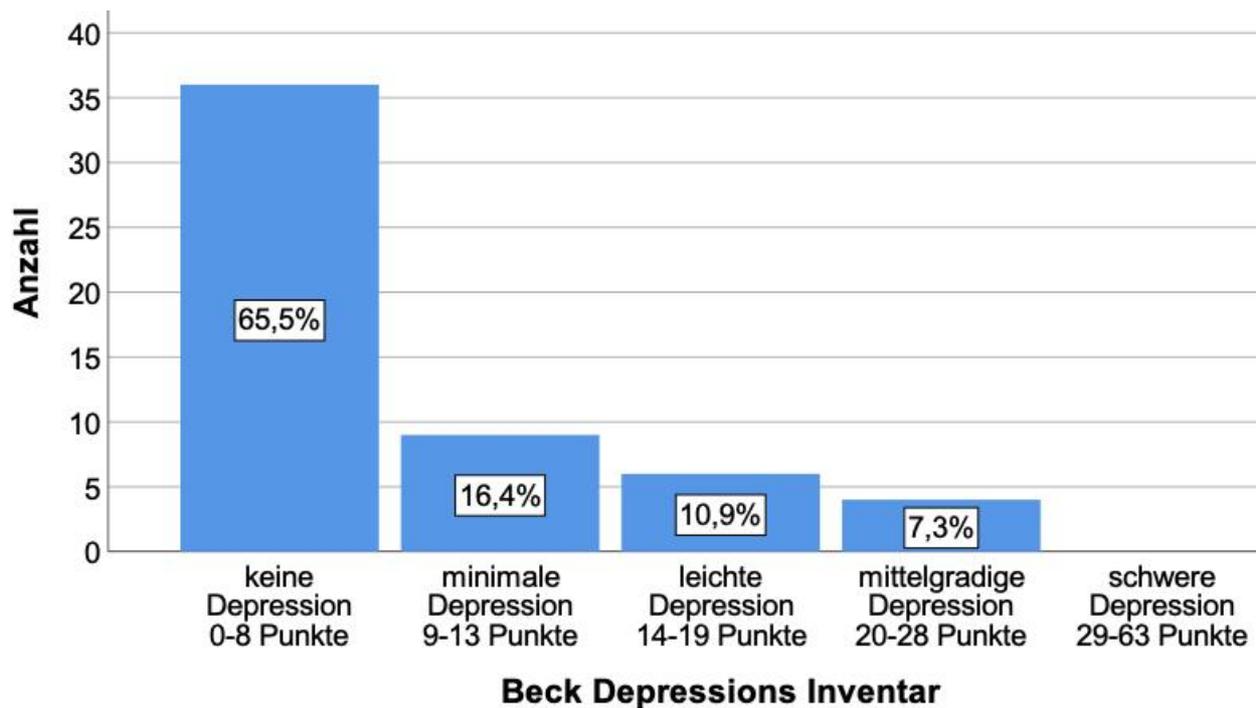


Abb. 26: Interpretation des Beck Depressions Inventars

3.2.4 Euroqol

Mit Hilfe des Euroqol-Fragebogens (EQ-5D-3L) wurde der Gesundheitszustand von 55 Patienten erfasst. Die Betrachtung der einzelnen Dimensionen ergibt, wie in Tabelle 9 dargestellt, dass die meisten Patienten unter Schmerzen und körperlichen Einschränkungen leiden. Mehr als die Hälfte der Patienten (N=29;52,7 %) litt unter leichten oder starken Schmerzen und körperlichen Einschränkungen. Am wenigsten Beschwerden gaben die Patienten im Bereich der Selbstversorgung an, bei dem sich nur 12,7 % (N=7) als eingeschränkt einschätzten.

Tab. 9: Deskriptive Auswertung der fünf Dimensionen des Euroqol-Index

Dimensionen des Euroqol-Index	Beschwerden					
	keine		leichte		starke	
	N=	%	N=	%	N=	%
Beweglichkeit/Mobilität	34	61,8	18	32,7	3	5,5
Selbstversorgung	48	87,3	5	9,1	2	3,6
Alltägliche Tätigkeiten	34	61,8	17	30,9	4	7,3
Schmerzen/körperliche Beschwerden	26	47,3	25	45,3	4	7,3
Angst/ Niedergeschlagenheit	38	69,1	16	29,1	1	1,8

Bei der Bestimmung des Euroqol-Index betrug der Durchschnittswert $0,82 \pm 0,27$. Das geringste Ergebnis lag mit $-0,21$ bei einem Patienten im negativen Bereich der Skala, während 40 % der Patienten ($N=22$) einen Wert von 1 erreichten, welcher der bestmöglichen Gesundheit entspricht. Einen Index $\geq 0,70$ erreichten 87,3 % ($N=48$). Die Verteilung der Testergebnisse ist in Abbildung 27 abgebildet.

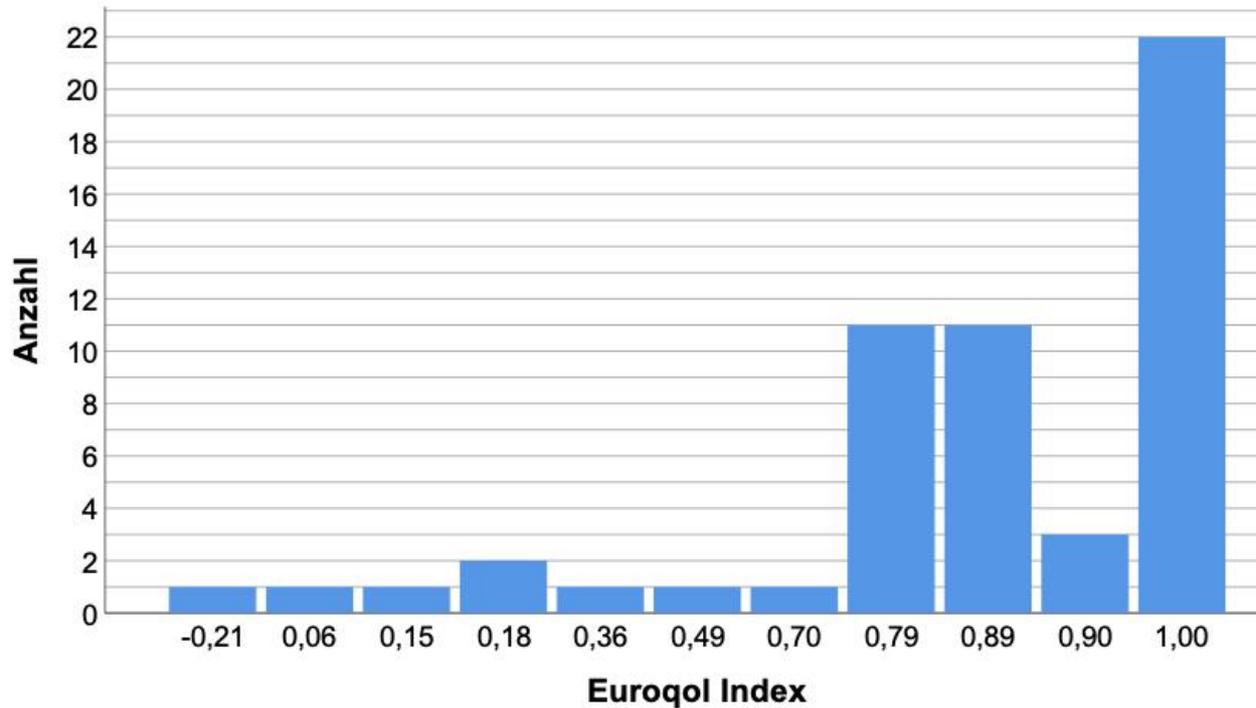


Abb. 27: Verteilung der Ergebnisse des Euroquol Index

3.2.5 Ergebnis der Fragebögen in Abhängigkeit von der Lokalisation der HWS-Verletzung

Tab. 10: Überprüfung der Fragebogen-Scores auf signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Lokalisation der HWS-Verletzung

Variable	HWS (Gruppe)	N=	Mittelwert ±STD	p=
NDI	Obere	25	26±21	0,029
	Untere	29	16±14	
	Gesamt	54		
BDI II	Obere	25	7,56±6,65	0,178
	Untere	28	6,11±6,81	
	Gesamt	53		
HADS	Obere	25	10,20±7,59	0,017
	Untere	28	6,21±6,11	
	Gesamt	53		
Euroqol (EQ-5D-3L)	Obere	25	0,80±0,31	0,427
	Untere	28	0,85±0,21	
	Gesamt	53		

Bezüglich des Neck Disability Index ($Z=-1,59$; $p=0,029$) und der Hospital Anxiety and Depression Scale ($Z=-2,134$; $p=0,017$) erzielen Patienten mit Verletzungen der oberen HWS signifikant schlechtere Ergebnisse als Patienten mit Verletzungen der unteren HWS, weisen somit eine signifikant größere Einschränkung der HWS im alltäglichen Leben auf und neigten häufiger zu Angst. Für das BDI ($Z=-0,923$; $p=0,178$) und den Euroqol ($Z=-0,186$; $p=0,427$) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in Abhängigkeit von der Lokalisation der Verletzung.

3.2.6 Ergebnis der Fragebögen in Abhängigkeit von der Therapie

Tab. 11: Überprüfung der Fragebogen-Scores auf signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Therapie der HWS-Verletzung

Variable	Therapie	N=	Mittelwert ±STD	p=
NDI	OP	24	19±17	0,601
	Konservativ	32	22±19	
	Gesamt	56		
BDI	OP	24	7,00±6,34	0,733
	Konservativ	31	6,92±7,58	
	Gesamt	55		
HADS	OP	24	8,52±7,47	0,832
	Konservativ	31	7,92±7,03	
	Gesamt	55		
Euroqol	OP	24	0,81±0,30	0,972
	Konservativ	31	0,83±0,24	
	Gesamt	55		

Mittels der Fragebögen NDI ($Z=-0,523$ $p=0,601$), BDI ($Z=-0,342$ $p=0,733$), HADS ($Z=-0,213$ $p=0,832$) und Euroqol ($Z=-0,035$ $p=0,972$) ließen sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Lebensqualität in Abhängigkeit vom gewählten therapeutischen Verfahren darstellen. Es zeigen sich auch keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf Einschränkungen der HWS im alltäglichen Leben, Angst oder Depressivität.

3.2.7 Zusammenhang zwischen Hinweisen auf Depressivität und HWS-Einschränkungen

Um einen statistischen Zusammenhang zwischen auffälligen Werten im BDI und NDI zu untersuchen, wurden zwei Gruppen gebildet und auf einen signifikanten Unterschied hinsichtlich der Werte des NDI untersucht. Dabei wurde das Kollektiv in eine Gruppe mit und eine ohne Hinweise auf eine depressive Symptomatik nach BDI-II aufgeteilt (0-8 und 9-63 Punkte). Mittels Rangsummenberechnung und Mann-Whitney-U-Test konnte gezeigt werden, dass Patienten mit Hinweisen auf eine Depression signifikant höhere Werte im NDI erreichten und somit unter stärkeren Einschränkungen im Bereich der HWS litten als solche mit niedrigeren Werten im BDI.

Tab. 12: Berechnung eines statistischen Zusammenhangs zwischen Werten des NDI und BDI

Variable	Depressivität nach BDI	N=	Mittelwert des NDI \pm STD	p=
NDI	Keine Depression (0-8 Punkte)	36	13 \pm 13	0,000009
	Minimale bis schwere Depression (9-63 Punkte)	19	35 \pm 18	
	Gesamt	55		

4. Diskussion

4.1 Epidemiologie

Während altersabhängige Unterschiede im Hinblick auf grundsätzliche Pathomechanismen von HWS-Verletzungen bereits in biomechanischen Modellen aufgezeigt wurden, sind bisher keine Studien veröffentlicht, welche Epidemiologie und Verletzungsmuster in Abhängigkeit vom Alter der Patienten betrachten (Pintar et al., 1998; Yoganandan et al., 2018). Die in dieser Studie gezeigte geschlechtsunabhängige Häufigkeitsverteilung von HWS-Verletzungen auf zwei Maxima bei C2 und C5 bis C7 wurde bereits durch Lowery et al. und Fredo et al. beschrieben und wird durch die vorliegende Studie erneut bestätigt (Fredo et al., 2016; Lowery et al., 2001). Das verhältnismäßig hohe Durchschnittsalter der Patienten von $66,2 \pm 20,9$ Jahren in der präsentierten Studie kann durch einen zunehmenden Anteil älterer Patienten mit Wirbelsäulenverletzungen, insbesondere HWS-Verletzungen, über die letzten Jahrzehnte bedingt sein (Brolin und von Holst, 2002; Jackson et al., 2005; Passias et al., 2018; Wang, Xiang, et al., 2013). Im Jahr 1992 war der Großteil der Patienten mit HWS-Verletzungen noch im Alter zwischen 20 und 29 Jahren (Ryan und Henderson, 1992). In späteren Studien entwickelte sich das Durchschnittsalter auf 32,5-42,5 Jahre, während aktuelle Studien einen Wert von 59,1 Jahren angegeben haben (Clayton et al., 2012; Kamravan et al., 2014; Passias et al., 2018; Wang, Xiang, et al., 2013). Fast ein Viertel aller Patienten der vorliegenden Studie war zwischen 81 und 90 Jahre alt und ein weiteres Viertel zwischen 71 und 80 Jahren. Somit waren 54 % der Patienten mit HWS-Verletzungen in einem Alter >70 Jahre. Dieser Anteil an Patienten im höheren Alter war deutlich ausgeprägter als in bisherigen Studien beschrieben, in denen Patienten >50 Jahre 32,3 % und >65 Jahre 30 % aller Frakturen hatten (Brolin und von Holst, 2002; Goldberg et al., 2001). Die vorliegende Studie zeigte somit einen weiteren Trend mit einem zunehmenden Anteil älterer Patienten, die HWS-Verletzungen erleiden.

Alle vorausgegangenen epidemiologischen Studien zu HWS-Verletzungen kamen zu dem Ergebnis, dass der Anteil männlicher Patienten mit HWS-Verletzungen überwiegt. Dies trifft sowohl für Wirbelsäulenverletzungen insgesamt als auch für isolierte HWS-

Verletzungen zu. So wird in bisherigen Studien ein Geschlechterverhältnis männlich:weiblich von 1,5-4:1 für alle Wirbelsäulenverletzungen (den Ouden et al., 2019; Jackson et al., 2005; Kattail et al., 2009; Leucht et al., 2009; Tafida et al., 2018) und von 1,5-4,3:1 im Falle von HWS-Verletzungen angegeben (Brolin und von Holst, 2002; Clayton et al., 2012; Kamravan et al., 2014; Passias et al., 2018; Wang, Xiang, et al., 2013) mit einem höheren Anteil an Männern, als in unserer Studie beobachtet wurde (1.3:1).

Die vorliegende Studie zeigt, dass Patienten mit HWS-Verletzungen im Alter unter 70 Jahren signifikant häufiger männlich waren. Besonders viele männliche Patienten gehörten der Gruppe der 41- bis 50-Jährigen an. Im Alter über 80 Jahren waren signifikant mehr Frauen von HWS-Verletzungen betroffen. Mit steigendem Alter stieg auch der Anteil der Frauen im Patientenkollektiv. Das im Gegensatz zu oben genannten Studien relativ ausgeglichene Geschlechterverhältnis lässt sich möglicherweise durch das hohe Durchschnittsalter der Patienten und den höheren Frauenanteil in den höheren Altersklassen erklären.

Bei dem häufigsten Traumamechanismus in der präsentierten Studie handelte es sich um Stürze, insbesondere solche aus geringen Höhen (<1 m), gefolgt von Treppenstürzen und Verkehrsunfällen. Die Definition von Verkehrsunfällen ist in der Literatur dahingehend sehr unterschiedlich, dass sie teilweise nur Fahrer motorisierter Fahrzeuge oder aber alle Verkehrsteilnehmer inklusive Fußgängern und Fahrradfahrern einbezieht. Ähnlich uneinheitlich wird die Definition von Stürzen aus geringen Höhen gehandhabt und variiert je nach Studie zwischen Stürzen aus Höhen <1 m bis <3 m. Unabhängig davon besteht jedoch Konsens, dass es sich bei Stürzen und Verkehrsunfällen um die häufigsten Ursachen von Wirbelsäulen- und HWS-Verletzungen handelt (Brolin und von Holst, 2002; Clayton et al., 2012; den Ouden et al., 2019; Guo et al., 2016; Hu et al., 1996; Jackson et al., 2005; Kamravan et al., 2014; Kattail et al., 2009; Leucht et al., 2009; Passias et al., 2018; Tafida et al., 2018; Wang, Xiang, et al., 2013; Watanabe et al., 2010). Der Anteil von Verkehrsunfällen und Sportunfällen war bei jüngeren Patienten der vorliegenden Studie deutlich höher, während Stürze aus geringen Höhen besonders ältere Patienten betrafen. Dies entspricht vorausgegangenen Erkenntnissen, welche Verkehrsunfälle als häufigste Unfallursache bei Patienten im jüngeren Lebensalter und eine sinkende Inzidenz mit

steigendem Lebensalter zeigten (Brolin und von Holst, 2002; Jackson et al., 2005; Passias et al., 2018; Watanabe et al., 2010).

Diese Verschiebung der Traumaursache mit steigendem Alter zu Stürzen zeigt sich in den vorliegenden Daten deutlicher als in vorausgegangenen Publikationen. So waren in der präsentierten Studie 80,7 % im Vergleich zu 46 % (Brolin und von Holst, 2002) der gestürzten Patienten älter als 60 Jahre. Die steigende Bedeutung dieser Stürze aus geringen Höhen ist möglicherweise auf das zunehmend höhere Alter von Patienten mit HWS-Verletzungen zurückzuführen.

54,4 % aller Patienten wiesen Begleitverletzungen auf, wobei Kopfverletzungen im Sinne von Riss-Quetsch-Wunden am häufigsten waren, gefolgt von Verletzungen der oberen Extremitäten, Brustverletzungen und intrakraniellen Blutungen. Diese Ergebnisse stimmen mit vorausgegangenen Publikationen überein (Clayton et al., 2012; Passias et al., 2018; Wang, Xiang, et al., 2013). Der hohe Anteil an Begleitverletzungen der oberen Extremitäten in dem Patientenkollektiv ist möglicherweise auf das hohe Alter der Patienten und die damit verbundene Häufigkeit von Stürzen aus dem Stand oder sitzender Position zurückzuführen.

Die Verteilung der von Frakturen betroffenen Halswirbel zeigte eine Häufung in der oberen HWS im Axis und in der unteren HWS auf Höhe C6. Besonders deutlich zeigte sich in der präsentierten Studie, dass der Axis (C2) mit 37,4 % der am häufigsten von Frakturen betroffene Wirbel war, gefolgt von C6 mit 14,9 %. Die Angaben zu den häufigsten von Frakturen betroffenen Halswirbeln schwanken je nach Studie zwischen C2 und C5-7. Die Häufigkeiten von Frakturen dieser Wirbel werden für C2 mit 18,9-37,5 % (Brolin und von Holst, 2002; Goldberg et al., 2001; Passias et al., 2018), C6 mit 12,0-29,1 % (den Ouden et al., 2019; Kamravan et al., 2014) und C7 mit 17,3-24,3 % angegeben (Ryan und Henderson, 1992). Die Betrachtung der betroffenen Halswirbel nach Patientenalter zeigte, dass Frakturen bei C3-C7 bei jungen Patienten häufiger sind und es mit zunehmendem Alter vermehrt zu Frakturen der oberen HWS kommt (Lomoschitz et al., 2002; Ryan und Henderson, 1992). Goldberg et al. kamen zu dem Ergebnis, dass 45,3 % der Patienten mit Verletzungen der oberen HWS älter als 50 Jahre waren und 42,9 % der Patienten über

50 Jahre eine Verletzung von C1 oder C2 aufwiesen (Goldberg et al., 2001). Eine noch deutlichere Ausprägung dieser Entwicklung zu Verletzungen der oberen HWS im höheren Alter zeigte sich bei Brolin et al, bei denen 65 % der Patienten mit C2-Verletzungen ≥ 65 Jahre waren und Patienten im Alter < 50 Jahre überwiegend Verletzungen der unteren HWS aufwiesen. Die vorliegenden Auswertungen ergaben, dass 70 % der Patienten mit C2-Frakturen > 70 Jahre alt waren. Der Anteil älterer Patienten mit HWS-Verletzungen wird nicht nur immer größer, sondern führt auch dazu, dass Verletzungen der oberen HWS häufiger werden.

In vorausgegangenen Studien konnte ein signifikanter Zusammenhang von niedrigenergetischen Traumen und Verletzungen der oberen HWS sowie zwischen Frauen im höheren Lebensalter mit Verletzungen der oberen HWS gezeigt werden (Lomoschitz et al., 2002; Scheidt et al., 2019; Wang, Coppola, et al., 2013). Weitere mögliche Ursachen dieser Entwicklung zu einem immer älteren Patientenkollektiv mit mehr Verletzungen der oberen HWS könnten in anatomischen Ursachen wie Osteoporose, geschwächten ligamentären Strukturen, degenerativ veränderter Wirbelkörper mit verminderter Toleranz gegenüber traumatischen Bewegungen oder im Unfallmechanismus mit Stürzen auf den Kopf ohne adäquate Abstützreaktion zu finden sein (Blauth et al., 2000; Kaesmacher et al., 2017; Malik et al., 2008). Auch eine zunehmende degenerative Versteifung der unteren HWS bei relativ dazu erhaltener Mobilität der oberen HWS wurde als mögliche Erklärung dieser Häufung von Verletzungen der oberen HWS im Alter diskutiert (Malik et al., 2008). Zur abschließenden Klärung genauer Kausalitäten sind jedoch weitere Studien notwendig.

In den vorgelegten Ergebnissen zeigten sich neurologische Defizite bei 14,9 % aller Patienten mit HWS-Verletzungen sowie ein signifikanter Unterschied zwischen Patienten mit Verletzung der oberen HWS (7,4 % mit neurologischen Ausfällen) und solchen mit Verletzungen der unteren HWS (24,7 % mit neurologischen Ausfällen). Diese Ergebnisse beschreiben etwas höhere Häufigkeiten neurologischer Defizite als zwei norwegische Registerstudien, welche eine Inzidenz von 7 % bezogen auf alle HWS-Frakturen aufzeigten (Fredø et al., 2014; Fredø et al., 2012). Passias et. al. konnten analog zu den präsentierten Ergebnissen eine etwas niedrigere Inzidenz in der oberen HWS im Vergleich

zur unteren HWS zeigen (5,0 % und 6,9 %), wobei auch deren Ergebnisse insgesamt eine niedrigere Inzidenz für neurologische Ausfälle ergaben. Einige Studien, die neurologische Defizite bei 23-34,2 % (Hu et al., 1996; Leucht et al., 2009) oder 64,9 % (Wang, Xiang, et al., 2013) der Patienten mit HWS-Verletzungen verzeichneten, weichen erheblich von den präsentierten Ergebnissen sowie den Ergebnissen der drei zitierten Studien ab. Ein Vergleich mit diesen Studien zeigt jedoch, dass sich das jeweilige Studienkollektiv unterscheidet. Im Falle von Wang et. al. beispielsweise ist das Kollektiv deutlich jünger und der führende Unfallmechanismus sind Verkehrsunfälle. Wie in der vorliegenden Studie gezeigt werden konnte, kommt es in jüngeren Altersgruppen häufiger zu Verletzungen der unteren HWS nach Hochrasanztraumen, die wiederum häufiger mit neurologischen Defiziten assoziiert sind (Wang, Coppola, et al., 2013). Diese Erkenntnisse decken sich mit bisherigen Publikationen, welche Verkehrsunfälle und Stürze aus großen Höhen sowie ein niedriges Patientenalter als Risikofaktoren für Verletzungen mit erhöhtem Risiko für neurologische Ausfälle erwähnen (Jackson et al., 2005; Wang, Xiang, et al., 2013).

Grundsätzlich muss darauf hingewiesen werden, dass sich die vorliegenden Untersuchungen nur auf Patienten beziehen, welche einer klinischen Versorgung zugeführt werden konnten. Insbesondere Patienten mit schweren neurologischen Ausfällen im Bereich der HWS, welche zu einem präklinischen Versterben führten, konnten nicht in die Berechnungen einbezogen werden.

Alle Verletzungen der präsentierten Studie wurden entsprechend der neuen AO-Klassifikation für die obere und untere HWS klassifiziert. Da dies die erste Studie ist, welche diese Klassifikation auf ein großes Kollektiv von Patienten mit HWS-Verletzungen und auf beide HWS-Abschnitte anwendet, ist ein Vergleich mit bisherigen Publikationen nicht möglich.

Bezogen auf alle HWS-Verletzungen fanden sich in der vorliegenden Studie Typ A-Verletzungen bei 70,7 %, Typ B-Verletzungen bei 17,2 % und Typ C-Verletzungen bei 6,2 %. Neurologische Defizite wiesen 11,3 % aller Patienten mit Typ A-Verletzungen, 22,9 % mit Typ B-Verletzungen und 51,4 % mit Typ C-Verletzungen auf. Als Einschränkung der

Studie muss angegeben werden, dass jedem Patienten nur eine Neurologie zugeordnet werden konnte, auch wenn dieser mehrere Frakturen erlitten hat. Das kann in Einzelfällen dazu geführt haben, dass leichtere Verletzungen mit einem höheren Grad an neurologischen Ausfallserscheinungen verbunden waren, da bei diesen Kombinationsverletzungen nicht sicher differenziert werden konnte, welche Verletzung zu welchem Anteil zu der neurologischen Ausfallserscheinung beigetragen hat oder ob die Kombination diese verursacht hat.

In der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass nach der neuen AO-Klassifikation in der oberen HWS sowie der subaxialen HWS Typ-A-Verletzungen am häufigsten und Typ-C-Verletzungen am seltensten sind, was vorausgegangen Ergebnissen der AO-Klassifikation für die thorakolumbale Wirbelsäule entspricht (Leucht et al., 2009).

Die durchschnittliche Inzidenz von HWS-Verletzungen liegt gemäß skandinavischen Studien bei 9,2-16,5/100 000 Einwohnern pro Jahr (Brolin und von Holst, 2002; Clayton et al., 2012). Die Inzidenz für Operationen wurde von Fredø et al. auf 3,0/100 000 Einwohnern pro Jahr geschätzt. In der hier präsentierten Studie konnte mit 3,4/100 000 Einwohner in der Stadt Bonn eine ähnliche Inzidenz geschätzt werden (Fredø et al., 2014). Die Inzidenz kann jedoch nur als Schätzung interpretiert werden und kann unterschätzt sein, denn es wurden nur Patienten eingeschlossen, die im Stadtgebiet wohnten und im dortigen einzigen Maximalversorgerklinikum behandelt wurden. Patienten, die möglicherweise wohnortfern eine HWS-Verletzung erlitten und/oder in einem außerstädtischen Klinikum operativ versorgt wurden, konnten in der Studie nicht erfasst werden. Auch wurden Patienten, die sich nur zu Besuch oder beruflich innerhalb der Stadt aufhielten, folglich einen Wohnort außerhalb des Stadtgebietes hatten, und eine HWS-Verletzung erlitten, nicht eingeschlossen.

4.2 Nachbeobachtung

Durch eine Nachbeobachtung retrospektiv anhand von validierten Fragebögen NDI, HADS, BDI II und Euroquol (EQ-5D-3L) zu Angst, Depression, Einschränkungen der HWS sowie dem allgemeinen Gesundheitszustand wurde die Lebensqualität von Patienten nach traumatischen HWS-Verletzungen abgebildet, indem die Patienten sich selbst einschätzten und die Fragebögen bearbeiteten.

Die Erhebung anhand des Neck Disability Index zu Einschränkungen und Beschwerden der HWS zeigte, dass nur 30,4 % (N=17) der Patienten beschwerdefrei waren und 69,6 % (N=39) auch nach über einem Jahr unter Einschränkungen der HWS litten. Die größte Gruppe (39,3 % N=22) wies jedoch nur leichte Einschränkungen auf.

Bei der Messung von Schmerzen und Einschränkungen der HWS muss allerdings berücksichtigt werden, dass ein Großteil der Bevölkerung auch unabhängig von einem Unfall unter derartigen Beschwerden leidet und nur etwa ein Drittel davon traumatisch bedingt ist (Guez et al., 2002). Die Prävalenz von Nackenschmerzen wird in der Literatur mit 20 % für chronische Schmerzen und 16-40 % für akute Schmerzen angegeben (Côté et al., 1998; Guez et al., 2002; Patel et al., 2013; Picavet und Schouten, 2003; Pleis et al., 2009). Verglichen mit der Allgemeinbevölkerung weisen die Patienten in der präsentierten Studie nach HWS-Verletzungen dennoch deutlich häufiger Einschränkungen der HWS auf, sodass davon ausgegangen werden kann, dass Patienten nach HWS-Verletzungen ein erhöhtes Risiko für langfristige Einschränkungen der HWS haben (Kato et al., 2012). Gemessen am Euroqol-Index bewerteten die befragten Patienten ihren Gesundheitszustand nur geringfügig schlechter als der Durchschnitt der deutschen Bevölkerung (EQ-Index(Patientenkollektiv): 0,82; (Durchschnittlicher EQ-Index der deutschen Bevölkerung): 0,90 (Janssen et al., 2019)).

Die Ergebnisse des BDI ergaben, dass es bei dem Großteil der Patienten (65,5 %; N=36) keinen Anhalt auf eine Depressivität gab, jedoch wurden 16,4 % der Patienten als leicht bis mittelgradig depressiv eingestuft. Auch der HADS-Score fiel bei 30,9 % (N=17) der Patienten hinsichtlich Angst und Depression auffällig aus (≥ 13 Punkten). Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen auffälligen Werten im BDI und erhöhten

Beeinträchtigungen der HWS nach dem NDI gezeigt werden.

Es ist möglich, dass die im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung stärkeren Beeinträchtigungen der HWS eine depressive Symptomatik begünstigen und umgekehrt. Des Weiteren besteht auch die Möglichkeit, dass Patienten mit vorbestehender Depression ein schlechteres postoperatives Outcome aufweisen, wie in vorausgegangen Studien gezeigt werden konnte (Alvin et al., 2015; Atay et al., 2016; Phan et al., 2017). Auch eine Verstärkung der postoperativen Schmerzwahrnehmung durch eine vorbestehende Depression konnte gezeigt werden (He et al., 2017). Depressive Patienten gaben vor operativen Eingriffen an der HWS erhöhte Schmerzen an und waren insgesamt deutlich unzufriedener mit ihrer Behandlung (Khan et al., 2021; Levin et al., 2020). Auch eine durch Depressionen erschwerte postoperative Rehabilitation könnte für eine vermehrte Einschränkung der HWS im alltäglichen Leben nach HWS-Verletzung ursächlich sein. Der hohe Anteil an Patienten mit Hinweisen auf Depressionen ist neben den starken Einschränkungen, die eine traumatische HWS-Verletzung mit sich bringt, möglicherweise auch dadurch bedingt, dass Patienten mit Depressionen zu geringerer Knochendichte neigen, was sie besonders anfällig für Frakturen macht und so zu einer Stichprobenverzerrung im vorliegenden Studienkollektiv geführt haben könnte (Cizza et al., 2010). Der hier gezeigte Zusammenhang zwischen HWS-Einschränkungen und Depressionen legt jedoch die Vermutungen nahe, dass HWS-Verletzungen auf der einen Seite gravierende Folgen auf physiologischer und psychologischer Ebene mit sich bringen und auf der anderen Seite Patienten mit vorbestehender Depression ein schlechteres subjektives Outcome nach HWS-Verletzungen aufweisen. Zur abschließenden Klärung sind größer angelegte prospektive Studien notwendig, die den Zustand hinsichtlich der alltäglichen Einschränkungen und einer Depressivität vor einer HWS-Verletzung mit dem Zustand nach einer solchen vergleichen.

Im Vergleich der Lebensqualität der Patienten in Abhängigkeit von der Lokalisation ihrer HWS-Verletzung gemessen an HADS und NDI ergaben sich signifikant schlechtere Ergebnisse bei Patienten mit Verletzungen der oberen HWS. Die Ursache dafür könnte in dem zur unteren HWS vergleichsweise hohen Bewegungsausmaß der oberen HWS liegen. So erfolgt die initiale Rotationsbewegung fast ausschließlich im Segment C1/2

(Laurer et al., 2010) und finden insgesamt 70 % der gesamten Rotationsbewegungen der HWS in der oberen HWS statt (Mimura et al., 1989). Verletzungen in diesem Bereich mit anschließender operativer Versteifung können zwar durch die angrenzenden Halswirbelgelenke teilkompensiert werden, führen jedoch insgesamt zu einer deutlichen Einschränkung des Rotationsaufmaßes und können im Verlauf zu einer Fehlbelastung und Anschlussdegeneration mit entsprechender Schmerzsymptomatik führen. Wie im vorausgegangenen Teil gezeigt wurde, sind Patienten mit Verletzungen der oberen HWS im Durchschnitt älter. Das Kollektiv der Patienten, die in die Nachuntersuchung eingeschlossen wurden, war mit durchschnittlich $59,7 \pm 17,4$ Jahren nur geringfügig jünger als das Gesamtkollektiv, an dem die epidemiologischen Erhebungen vorgenommen wurden und bei dem das Durchschnittsalter $66,2 \pm 20,9$ Jahre betrug. In beiden Kollektiven war die Gruppe der Patienten mit Verletzungen der oberen HWS im Durchschnitt älter (Gesamtkollektiv: obere HWS $72,4 \pm 19,3$ Jahre; untere HWS $60,5 \pm 20,9$ Jahre; Nachuntersuchung: obere HWS $64,6 \pm 18,2$ Jahre; untere HWS $55,9 \pm 18,5$ Jahre). Das hohe Durchschnittsalter von Patienten mit Verletzungen der oberen HWS führt dazu, dass im Falle von Fusionsoperationen eine altersbedingt degenerativ veränderte HWS zusätzlich kompensatorisch fehlbelastet wird. Dieser Pathomechanismus und die daraus resultierenden Einschränkungen und Schmerzen sind eine mögliche Erklärung für das schlechtere Outcome von Patienten mit Verletzungen der oberen HWS.

5. Zusammenfassung

Die vorliegende Studie bildet die Epidemiologie von HWS-Verletzungen an einem Krankenhaus der Maximalversorgung ab. Über den Zeitraum von 2012 bis 2017 wurden alle 465 Patienten, die mit einer Verletzung der HWS durch die Universitätsklinik Bonn behandelt wurden, in eine retrospektive Untersuchung eingeschlossen und hinsichtlich verschiedener epidemiologischer Kriterien ausgewertet. In einem zweiten Schritt wurden 56 Patienten einer prospektiven Nachuntersuchung mittels gängiger Fragebögen zu Beschwerden der HWS, Einschränkungen des Gesundheitszustands und Depression unterzogen. Das Kollektiv der Patienten lässt sich vereinfacht in zwei Gruppen unterteilen. Bei der ersten Gruppe handelt es sich hauptsächlich um junge Männer, die sich aufgrund von hochenergetischen Traumen im Rahmen von Verkehrsunfällen Verletzungen der HWS mit einer Häufung im Bereich der Wirbel C5-7 zuziehen, die mit einer hohen Rate an Begleitverletzungen und neurologischen Ausfällen einhergehen. Auf der anderen Seite steht die Gruppe der Patienten und besonders häufig Patientinnen in höherem Lebensalter, die im Rahmen von niedrigenergetischen Traumen, wie Stürzen aus geringen Höhen, Verletzungen der oberen HWS, insbesondere des Axis, erleiden. Der demographische Wandel wird dazu führen, dass der Anteil der Patienten aus der zweiten Gruppe weiter zunimmt. In der klinischen Praxis sollte daher bei Patienten in höherem Lebensalter nach vermeintlich unspektakulären Traumen stets eine Verletzung der HWS in Erwägung gezogen werden.

Erstmals wurde die neue AO-Klassifikation auf ein Patientenkollektiv dieser Größe angewendet. Insgesamt sind Typ-A-Verletzungen am häufigsten, gefolgt von Typ-B und C-Verletzungen. Neurologische Ausfälle finden sich signifikant häufiger bei Verletzungen im Bereich der unteren HWS und bei Typ-C-Verletzungen vor.

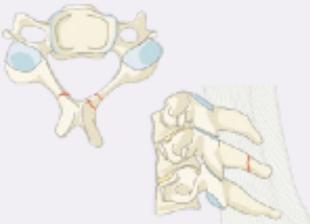
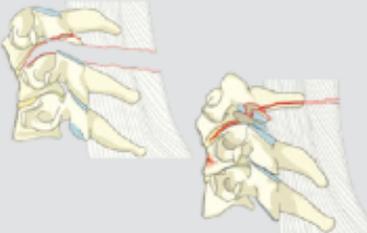
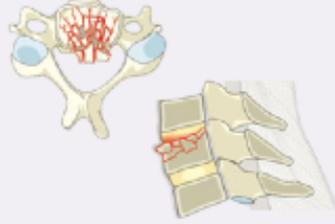
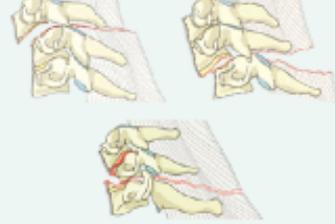
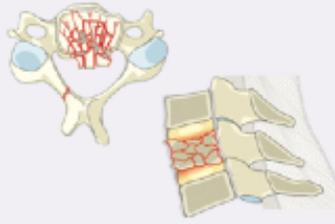
In der Nachuntersuchung konnte gezeigt werden, dass das klinische und subjektiv empfundene Outcome der Patienten bei Verletzungen der HWS in besonderem Maße von der Lokalisation der Verletzung abhängig ist, wobei Verletzungen der oberen HWS signifikant häufiger mit Einschränkungen der HWS einhergehen. Des Weiteren konnte ein

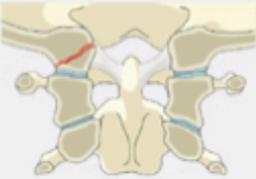
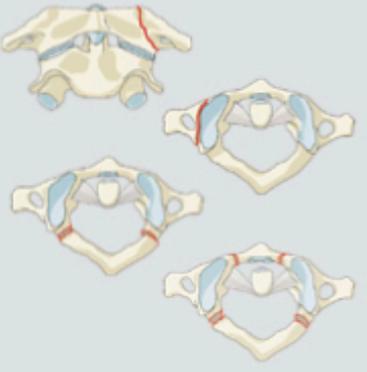
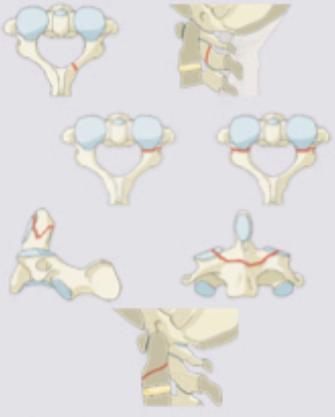
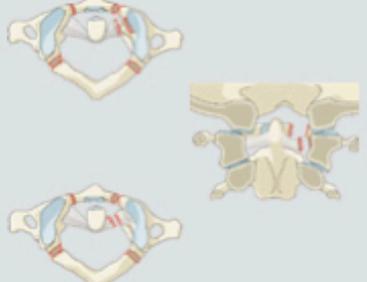
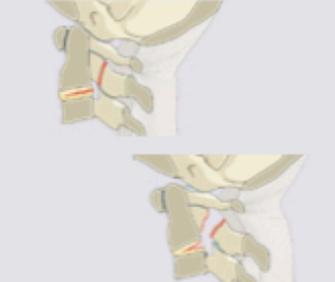
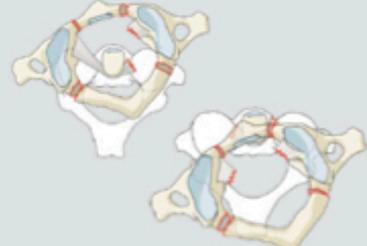
signifikanter Zusammenhang zwischen einer depressiven Symptomatik in Zusammenhang mit Verletzungen der oberen HWS sowie Schmerzen und Beeinträchtigungen der HWS gezeigt werden. Eine genaue Aussage über die Kausalität dieser Beobachtung zu treffen, war im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich. Insbesondere das hohe Durchschnittsalter und die damit einhergehenden Begleiterkrankungen der Patienten lassen vermuten, dass in vielen Fällen die in dieser Studie abgebildeten Einschränkungen der Lebensqualität nicht einzig auf ihre HWS-Verletzung zurückzuführen sind. Zur weiteren Klärung dieser Fragestellung bedarf es weiterer Studien, welche nach Möglichkeit den Gesundheitszustand der Patienten vor ihrer Verletzung einbeziehen.

8. Anhang



AO Spine Subaxial Classification System

Type A Compression Injuries	Type B Tension Band Injuries	Type C Translation Injuries
<p>A0 Minor, nonstructural fractures</p> 	<p>B1 Central Fracture— involves spinal canal</p> 	<p>C Translational injury in any axis-displacement or translation of one vertebral body relative to another in any direction</p> 
<p>A1 Wedge-compression</p> 	<p>B2 Transalar Fracture— does not involve foramina or spinal canal</p> 	<p>Type F Facet Injuries</p> <p>F1 Nondisplaced facet fracture</p> 
<p>A2 Split</p> 	<p>B3 Transforaminal Fracture— involves foramina but not spinal canal</p> 	<p>F2 Facet fracture with potential for instability</p> 
<p>A3 Displaced transverse fractures below the S-I joint</p> 	<p>BL Bilateral Injuries</p> <p>BL Bilateral injury</p> 	<p>F3 Floating lateral mass</p>  <p>F4 Pathologic subluxation or perched/dislocated facet</p> 
<p>A4 Complete burst</p> 		

I. Occipital Condyle and Craniocervical junction	II. C1 Ring and C1-2 Joint	III. C2 and C2-3 Joint
<p>Type A Isolated bony injury (condyle)</p> 	<p>Type A Isolated bony only (arch)</p> 	<p>Type A Bony injury only without ligamentous, tension band, discal injury</p> 
<p>Type B Non-displaced ligamentous injury (craniocervical)</p> 	<p>Type B Ligamentous injury (transverse atlantal ligament)</p> 	<p>Type B Tension band / Ligamentous injury with or without bony injury</p> 
<p>Type C Any injury with displacement on spinal imaging</p> 	<p>Type C Atlantoaxial instability / Translation in any plane</p> 	<p>Type C Any injury that leads to vertebral body translation in any directional plane</p> 

Mit freundlicher Genehmigung der AO-Foundation, Davos, Schweiz

AO Klassifikation von 293 Verletzungen der oberen HWS											
Wirbelkörper			AO Klassifikation			Neurologie			Modifizier*		
	(n)	(%)		(n)	(%)		(n)	(%)		(n)	(%)
C0	4	1,4	A	3	50	N0:	3	100	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	0	0	M3:	1	100
						N3	0	0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
			B	0	0	N0:	0	0	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	0	0	M3	0	0
						N3	0	0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
			C	1	50	N0:	0	0	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	0	0	M3	0	0
						N3	0	0	M4	0	0
						N4	1	100			
						NX	0	0			
C1	67	22,9	A	50	74,6	N0:	46	92,0	M1	1	2,0
						N1	0	0	M2	1	2,0
						N2	1	2,0	M3	20	39,2
						N3	1	2,0	M4	2	3,9
						N4	2	4,0			
						NX	0	0			
			B	13	19,4	N0:	13	100	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	0	0	M3	2	18,2
						N3	0	0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
			C	4	6,0	N0:	4	100	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	0	0	M3	2	66,7
						N3	0	0	M4	1	33,3
						N4	0	0			
						NX	0	0			
C2	222	75,8	A	190	85,6	N0:	176	92,6	M1	89	44,9
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	8	4,2	M3	42	21,2
						N3	4	2,1	M4	6	3,0
						N4	2	1,1			
						NX	0	0			
			B	28	12,6	N0:	24	85,7	M1	0	0
						N1	0	0	M2	1	5,3
						N2	2	7,1	M3	4	21,1
						N3	1	3,6	M4	1	5,3
						N4	1	3,6			
						NX	0	0			
			C	4	1,8	N0:	4	100	M1	0	
						N1	0	0	M2	0	
						N2	0	0	M3	2	66,7
						N3	0	0	M4	0	
						N4	0	0			

						NX	0	0			
Total	293			100			293			175	59,7
Gesamt	293		A	243	83,9	N0:	225		M1	90	3,6
						N1	0		M2	1	0,46
						N2	9		M3	63	25,2
						N3	5		M4	8	3,2
						N4	4				
						NX	0				
			B	41	14,0	N0:	37		M1	0	0
						N1	0		M2	1	3,3
						N2	2		M3	6	0,2
						N3	1		M4	0	0
						N4	1				
						NX	0				
			C	9	3,1	N0:	8		M1	0	0
						N1	0		M2	0	0
						N2	0		M3	4	57,1
						N3	0		M4	1	14,3
						N4	1				
						NX	0				
* Für den Modifikator M3 („Patient Specific Factors Affecting Tx) wurden folgende Kriterien festgelegt:											
<ul style="list-style-type: none"> • Metabolische Knochenkrankheit (Diffuse idiopathische Skeletthyperostose, Rheumatoide Arthritis, Psoriasis Arthritis, Morbus Bechterew, Osteoporose) • Demenz • Alter > 80 											

AO Klassifikation von 305 Verletzungen der subaxialen HWS											
Wirbelkörper			AO Klassifikation				Neurologie			Modifizier	
	(n)	(%)		(n)	(%)		(n)	(%)		(n)	(%)
C3-7	305	100	A0	103	33,8	N0	91	88,3	M1	104	99
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	4	3,9	M3:	0	0
						N3	0	0	M4	1	1
						N4	8	7,8			
						NX	0	0			
			A1	56	18,4	N0	44	78,6	M1	50	96,2
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	4	7,1	M3	1	1,9
						N3	1	1,8	M4	1	1,9
						N4	7	12,5			
						NX	0	0			
			A2	3	1,0	N0	3	100	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	0	0	M3	0	0
						N3	0	0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
			A3	13	4,3	N0	8	61,5	M1	0	0
						N1	0	0	M2	2	15,4
						N2	0	0	M3	0	0
						N3	2	15,4	M4	0	0
						N4	3	23,1			
						NX	0	0			
			A4	5	1,6	N0	4	80,0	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0

						N2	0	0	M3	1	14,3
						N3	1	20,0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
			B1	21	6,9	N0	15	71,4	M1	0	0
						N1	0	0	M2	2	13,3
						N2	1	4,8	M3	0	0
						N3	4	19,0	M4	2	13,3
						N4	1	4,8			
						NX	0	0			
			B2	15	4,9	N0	12	80,0	M1	0	0
						N1	0	0	M2	2	13,3
						N2	0	0	M3	0	0
						N3	2	13,3	M4	2	13,3
						N4	1	6,7			
						NX	0	0			
			B3	28	9,2	N0	17	60,7	M1	0	0
						N1	3	10,7	M2	0	0
						N2	4	14,3	M3	5	17,9
						N3	0	0	M4	2	7,1
						N4	3	14,3			
						NX	0	0			
			C (F4)	28	9,2	N0:	10	35,7	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	3	10,7	M3	3	6,9
						N3	8	28,6	M4	0	0
						N4	7	25,0			
						NX	0	0			
			F1 (isoliert)	23	7,5	N0:	19	82,6	M1	0	0
						N1	1	4,3	M2	0	0
						N2	3	13,0	M3	0	0
						N3	0	0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
			F2 (isoliert)	4	1,3	N0:	4	100	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	0	0	M3	0	0
						N3	0	0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
			F3 (isoliert)	6	2,0	N0	2	33,3	M1	0	0
						N1	0	0	M2	1	20,0
						N2	3	50,0	M3	0	0
						N3	1	16,7	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
Total	305			100			305	100		175	61,0
Gesamt	302		A	180	59,0	N0	150	83,3	M1	0	0
						N1	0	0	M2	2	1,1
						N2	8	4,4	M3	2	1,1
						N3	4	2,2	M4	2	1,1
						N4	18	10,0			
						NX	0	0			
			B	64	21,0	N0	44	68,8	M1	0	0
						N1	3	4,7	M2	2	3,2
						N2	5	7,8	M3	11	17,5
						N3	6	9,4	M4	4	6,3

						N4	6	9,4			
						NX	0	0			
			C	28	9,2	N0	10	35,7	M1	0	0
						N1	0	0	M2	0	0
						N2	3	10,7	M3	2	6,9
						N3	8	28,6	M4	0	0
						N4	7	25,0			
						NX	0	0			
			F	33	10,8	N0	25	75,8	M1	0	0
						N1	1	3,0	M2	1	3,3
						N2	6	18,2	M3	0	0
						N3	1	3,0	M4	0	0
						N4	0	0			
						NX	0	0			
<p>* Für den Modifikator M3 („Patient Specific Factors Affecting Tx) wurden folgende Kriterien festgelegt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metabolische Knochenkrankheit (Diffuse idiopathische Skeletthyperostose, Rheumatoide Arthritis, Psoriasis Arthritis, Morbus Bechterew, Osteoporose) • Demenz • Alter > 80 											



Fragebogen

Sehr geehrte Studienteilnehmerin,
sehr geehrter Studienteilnehmer,

wir danken Ihnen schon vorab dafür, dass Sie sich die Zeit für das Ausfüllen unserer Fragen nehmen! Damit die Daten sinnvoll ausgewertet werden können, bitten wir Sie möglichst vollständige Angaben zu machen.

Zur praktischen Durchführung gehen wir beim Ausfüllen des Fragebogens in drei Schritten vor:

In einem ersten Schritt bitten wir Sie um das Ausfüllen der persönlichen Angaben auf Seite 2 des Fragebogens (1. Persönliche Daten).

Im zweiten Teil des Fragebogens bitten wir Sie Angaben zu Ihrer Krankengeschichte zu machen und, soweit es Ihnen möglich ist.

Im dritten Teil des Fragebogens bitten wir Sie um das Ausfüllen von Fragebogenscores, die uns dazu dienen, Ihre Angaben in standardisierter Form aufzunehmen, um eine Vergleichbarkeit mit den anderen Studienteilnehmern zu gewährleisten.

Sollten Sie eine Frage nicht verstehen, oder zusätzliche Informationen wünschen, können Sie uns gerne kontaktieren. Ihr Ansprechpartner ist:

Dr. med. K. Kabir e-mail: Koroush.Kabir@ukbonn.de

Telefonisch erreichen Sie uns über unser Sekretariat: 0228 / 287 15477.

Wir bitten Sie nun den folgenden Fragebogen zu beantworten!

Fragebogen: HWS – Verletzungen

Patienten Nummer |__|__|__|

1. Persönliche Daten

Alter: _____

Vor der Behandlung:

Nach der Behandlung:

Größe: _____ Gewicht: _____ Größe: _____ Gewicht: _____

 weiblich männlichSchulbildung:

- noch Schüler / Azubi / Student
- kein Schulabschluss
- Volksschule, Hauptschule
- Realschule
- Fachabitur
- Abitur
- Studium abgebrochen
- Studium abgeschlossen

Beruf:

- Schüler / Azubi / Student
- Angestellter
- Beamter
- Arbeiter
- Selbstständig
- Hausfrau / Hausmann
- Aushilfe
- Arbeitslos
- Arbeitsunfähig
- Rentnerin / Rentner
- sonstiges: _____

Familienstand:

2. Anamnese

- Sind Sie nach der Behandlung an der Uniklinik Bonn andernorts an der Halswirbelsäule behandelt worden? Falls ja: Was wurde wann und wo gemacht?

- Haben/hatten Sie erneute Verletzungen/Erkrankungen an der Halswirbelsäule?

ja	nein		wann?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unfallbedingt Bruch (Wo? z.B. Oberschenkel, Knöchel, etc.)	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tumor	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Entzündung	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Verschleiß	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Andere	_____

- Mussten Sie sich noch zusätzlichen Operationen an der Halswirbelsäule unterziehen?

ja	nein		wann?
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Metallentfernung	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Versteifung	_____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Andere	_____

- Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein?

Ja Nein

Welche?.....

- Nehmen Sie regelmäßig Schmerzmittel ein?

Ja Nein

Welche?.....

- Wie oft?

mehrmals täglich 1x täglich mehrmals wöchentlich 1x wöchentlich
 mehrmals im Monat seltener

- Nehmen Sie Schmerzmittel wegen der Halswirbelsäulenverletzung?

Ja Nein

Allgemeine Anamnese:

- Sind Sie...
 - ...gegenwärtig Raucher(in)
 - ...ein(e) ehemalige(r) Raucher(in)
 - ...noch nie Raucher(in) gewesen
- Wenn ja, wie viele Zigaretten rauchen Sie pro Tag?

- Sind bei Ihnen noch folgende Veränderungen oder Erkrankungen **an der Wirbelsäule** bekannt? *(Bei Unklarheiten wenden Sie sich bitte an uns oder an Ihren Hausarzt!)*

- | | seit wann: | aktuell bestehend: |
|---|------------|---|
| <input type="checkbox"/> Osteoporose | _____ | Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Wirbelsäulenschmerzen | _____ | Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> Wirbelsäulenerkrankung | _____ | Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> |
| wenn ja, Operation an der Wirbelsäule? | | Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> |

wenn ja welche und wann _____

- | | | |
|--|-------|---|
| <input type="checkbox"/> Sonstige: _____ | _____ | Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> |
| _____ | _____ | Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> |
| _____ | _____ | Ja <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> |

- Haben Sie andere Erkrankungen, die nicht Ihr Wirbelsäule betreffen?
 - Erkrankungen des Herzens
 - Herzinfarkt Gefäßverkalkung Angina pectoris Herzklappenfehler
 - Sonstige.....
 - Erkrankungen der Lunge
 - Asthma Chronische Bronchitis Chronisch obstruktive Lungenerkrankung
 - Tumore
 - Sonstige
 - Erkrankungen des Magen-Darm-Traktes
 - Magengeschwür Tumore
 - Sonstige.....

- Erkrankungen des Gehirns
 - Multiple Sklerose Parkinson-Krankheit Alzheimer-Krankheit
 - Sonstige.....
- Sonstige Erkrankungen.....
.....
.....

Lebensumstände:

- Wie lange waren Sie nach der Verletzung arbeitsunfähig?
.....
- Über welchen Zeitraum verlief die Wiedereingliederung ins Arbeitsleben?
.....
- Konnten Sie nach der Verletzung in ihren alten Beruf zurückkehren?
 Ja Nein
 Beruf vorher:.....
 Beruf nachher:
- Beziehen Sie aufgrund der Verletzung eine Rente?
 Ja Nein
- Wenn nicht, haben Sie vor einen Rentenantrag zu stellen oder haben Sie einen gestellt?
 Ja Nein
- Welche Sportarten haben Sie vor der Verletzung betrieben? Wie intensiv?
 (z.B. 1 Stunde 3 mal pro Woche)

- Welche Sportarten betreiben Sie jetzt? Wie intensiv?
(z.B. 1 Stunde 3 mal pro Woche)
.....
.....
.....
- Falls die Verletzung bei Ihnen ausgeheilt ist, welche Arbeiten und Sportaktivitäten können Sie jetzt durchführen?

- Inwieweit hat die Verletzung Sie in Ihren Lebensplänen (schulisch / beruflich, sportlich, sozial) beeinflusst? Bitte beschreiben sie die Umstände kurz in ihren eigenen Worten:

- Welche Beschwerden haben Sie zurzeit?

- Wie zufrieden sind Sie mit dem Ergebnis der Behandlung / der Operation?
 sehr zufrieden zufrieden weniger zufrieden unzufrieden

3. Evaluierung der Lebensqualität mit den etablierten Fragebögen:

Bitte kreuzen Sie für jede der folgenden Fragen das Kästchen der Antwortmöglichkeit an, die am besten auf Sie zutrifft.

I. Neck Disability Index**1. Schmerzintensität**

- Momentan habe ich keine Schmerzen
- Ich habe im Moment sehr geringe Schmerzen
- Ich habe im Moment mäßige Schmerzen
- Ich habe im Moment ziemlich starke Schmerzen
- Ich habe im Moment sehr starke Schmerzen
- Ich habe im Moment die stärksten Schmerzen, die ich mir vorstellen kann

2. Persönliche Körperpflege (z.B. Waschen, Anziehen)

- Ich kann meine Körperpflege erledigen, ohne dass dies zusätzliche Schmerzen verursacht
- Ich kann meine Körperpflege erledigen, aber es verursacht mir zusätzliche Schmerzen
- Das Erledigen der Körperpflege ist schmerzhaft, und ich bin dabei langsam und vorsichtig
- Ich brauche etwas Hilfe, aber ich kann den größten Teil meiner Körperpflege selbst besorgen
- Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Verrichtungen meiner Körperpflege
- Ich ziehe mich nicht an, wasche mich nur mit Mühe und bleibe im Bett

3 Heben

- Ich kann schwere Gegenstände ohne zusätzliche Schmerzen heben
- Ich kann schwere Gegenstände heben, aber dies verursacht zusätzliche Schmerzen
- Meine Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden aufzuheben. Aber ich kann schwere Gegenstände heben, wenn sie günstig positioniert sind (z.B. auf dem Tisch)
- Meine Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden aufzuheben. Aber ich kann mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie günstig positioniert sind
- Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben
- Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen

4 Lesen

- Ich kann lesen, soviel ich will, ohne Nackenschmerzen zu bekommen
- Ich kann lesen, soviel ich will, aber ich bekomme davon leichte Nackenschmerzen
- Ich kann lesen, soviel ich will, aber ich bekomme davon mäßige Nackenschmerzen
- Ich kann wegen mäßiger Nackenschmerzen nicht soviel lesen, wie ich will
- Ich kann wegen starker Nackenschmerzen kaum lesen
- Ich kann überhaupt nicht mehr lesen

5 Kopfschmerzen

- Ich habe überhaupt keine Kopfschmerzen
- Ich habe leichte Kopfschmerzen, die unregelmäßig auftreten
- Ich habe mäßige Kopfschmerzen, die unregelmäßig auftreten
- Ich habe mäßige Kopfschmerzen, die regelmäßig auftreten
- Ich habe starke Kopfschmerzen, die regelmäßig auftreten
- Ich habe die meiste Zeit Kopfschmerzen

6 Konzentration

- Ich kann mich, wenn ich will, ohne Schwierigkeiten voll konzentrieren
- Ich kann mich, wenn ich will, mit leichten Schwierigkeiten voll konzentrieren
- Ich habe ziemliche Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will
- Ich habe große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will
- Ich habe sehr große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will
- Ich kann mich überhaupt nicht konzentrieren

7 Arbeit

- Ich kann soviel Arbeit erledigen, wie ich möchte
- Ich kann nur meine übliche Arbeit erledigen, aber nicht mehr
- Ich kann den größten Teil meiner üblichen Arbeit verrichten, aber nicht mehr
- Ich kann meine übliche Arbeit nicht erledigen
- Ich kann kaum eine Arbeit erledigen
- Ich kann überhaupt keine Arbeit erledigen

8 Auto fahren

- Ich kann Auto fahren ohne Nackenschmerzen zu bekommen
- Ich kann Auto fahren, so lange ich will, mit leichten Nackenschmerzen
- Ich kann Auto fahren, so lange ich will, mit mäßigen Nackenschmerzen
- Ich kann wegen mäßiger Nackenschmerzen nicht Auto fahren, solange ich will
- Ich kann wegen starker Nackenschmerzen kaum Auto fahren
- Ich kann überhaupt nicht Auto fahren

9 Schlafen

- Ich habe keine Schlafprobleme
- Mein Schlaf ist kaum gestört (weniger als 1 Stunde schlaflos)
- Mein Schlaf ist leicht gestört (1-2 Stunden schlaflos)
- Mein Schlaf ist mäßig gestört (2-3 Stunden schlaflos)
- Mein Schlaf ist stark gestört (3-5 Stunden schlaflos)
- Mein Schlaf ist komplett gestört (5-7 Stunden schlaflos)

10 Freizeitaktivität

- Ich kann alle meine Freizeitaktivitäten ohne Nackenschmerzen ausüben
- Ich kann, wenn auch mit einigen Nackenschmerzen, alle meine Freizeitaktivitäten ausüben
- Wegen Nackenschmerzen kann ich die meisten, aber nicht alle meiner täglichen Freizeitaktivitäten ausüben
- Ich kann wegen meiner Nackenschmerzen nur einige meiner Freizeitaktivitäten ausüben
- Ich kann wegen meiner Nackenschmerzen kaum irgendwelche Freizeitaktivitäten ausüben
- Ich kann überhaupt keine Freizeitaktivitäten ausüben

II. SF-12

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

1. Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
▼	▼	▼	▼	▼
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

2. Die folgenden Fragen beschreiben Tätigkeiten, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
	▼	▼	▼
A <u>Mittelschwere Tätigkeiten</u> , z.B. einen Tisch verschieben, Staubsaugen, Kegeln, Golf spielen	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
B <u>Mehrere Treppenabsätze steigen</u>	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3

3. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
	▼	▼	▼	▼	▼
A Ich habe <u>weniger geschafft</u> als ich wollte	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
B Ich konnte <u>nur bestimmte Dinge tun</u>	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

4. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
A Ich habe <u>weniger geschafft</u> als ich wollte	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
B Ich konnte nicht so <u>sorgfältig</u> wie üblich arbeiten	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

5. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagsaktivitäten zu Hause und im Beruf behindert?

Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

6. In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht). Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
a ruhig und gelassen ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
b voller Energie ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
c entmutigt und traurig ?	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

7. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?

Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5

III. Euroquol

Bitte geben Sie an, welche Aussagen Ihren heutigen Gesundheitszustand am besten beschreiben, indem Sie ein Kreuz in ein Kästchen jeder Gruppe machen.

1. Beweglichkeit / Mobilität:

- Ich habe keine Probleme herumzugehen
- Ich habe einige Probleme herumzugehen
- Ich bin ans Bett gebunden

2. Für sich selbst sorgen:

- Ich habe keine Probleme, für mich selbst zu sorgen
- Ich habe einige Probleme, mich selbst zu waschen oder mich anzuziehen
- Ich bin nicht in der Lage, mich selbst zu waschen oder anzuziehen

3. Alltägliche Tätigkeiten (z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten):

- Ich habe keine Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen
- Ich habe einige Probleme, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen
- Ich bin nicht in der Lage, meinen alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen

4. Schmerzen / Körperliche Beschwerden:

- Ich habe keine Schmerzen oder Beschwerden
- Ich habe mäßige Schmerzen oder Beschwerden
- Ich habe extreme Schmerzen oder Beschwerden

5. Angst / Niedergeschlagenheit:

- Ich bin nicht ängstlich oder deprimiert
- Ich bin mäßig ängstlich oder deprimiert
- Ich bin extrem ängstlich oder deprimiert

Um Sie bei der Einschätzung, wie gut oder wie schlecht Ihr Gesundheitszustand ist, zu unterstützen, haben wir eine Skala gezeichnet, ähnlich einem Thermometer. Der best denkbare Gesundheitszustand ist mit einer "100" gekennzeichnet, der schlechteste mit "0".

Wir möchten Sie nun bitten, auf dieser Skala zu kennzeichnen, wie gut oder schlecht Ihrer Ansicht nach Ihr persönlicher Gesundheitszustand heute ist. Bitte verbinden Sie dazu den untenstehenden Kasten mit dem Punkt auf der Skala, der Ihren heutigen Gesundheitszustand am besten wiedergibt.



IV. BDI

Suchen Sie die eine Aussage in jeder Gruppe heraus, die am besten beschreibt, wie Sie sich in dieser Woche einschließlich heute gefühlt haben und kreuzen Sie die dazugehörige Ziffer (0, 1, 2 oder 3) an. Falls mehrere Aussagen einer Gruppe gleichermaßen zutreffen, können Sie auch mehrere Ziffern markieren. Lesen Sie auf jeden Fall alle Aussagen in jeder Gruppe, bevor Sie Ihre Wahl treffen.

A

- [0] Ich bin nicht traurig.
- [1] Ich bin traurig.
- [2] Ich bin die ganze Zeit traurig und komme nicht davon los.
- [3] Ich bin so traurig oder unglücklich, dass ich es kaum noch ertrage.

B

- [0] Ich sehe nicht besonders mutlos in die Zukunft.
- [1] Ich sehe mutlos in die Zukunft
- [2] Ich habe nichts, worauf ich mich freuen kann.
- [3] Ich habe das Gefühl, dass die Zukunft hoffnungslos ist, und dass die Situation nicht besser werden kann.

C

- [0] Ich fühle mich nicht als Versager.
- [1] Ich habe das Gefühl, öfter versagt zu haben als der Durchschnitt.
- [2] Wenn ich auf mein Leben zurückblicke, sehe ich bloß eine Menge Fehlschläge.
- [3] Ich habe das Gefühl, als Mensch ein völliger Versager zu sein.

D

- [0] Ich kann die Dinge genauso genießen wie früher.
- [1] Ich kann die Dinge nicht mehr so genießen wie früher.
- [2] Ich kann aus nichts mehr eine echte Befriedigung ziehen.
- [3] Ich bin mit allem unzufrieden oder gelangweilt.

E

- [0] Ich habe keine Schuldgefühle.
- [1] Ich habe häufig Schuldgefühle.
- [2] Ich habe fast immer Schuldgefühle.
- [3] Ich habe immer Schuldgefühle.

F

- [0] Ich habe nicht das Gefühl, gestraft zu sein.
- [1] Ich habe das Gefühl, vielleicht bestraft zu werden.
- [2] Ich erwarte, bestraft zu werden.
- [3] Ich habe das Gefühl, bestraft zu sein.

G

- [0] Ich bin nicht von mir enttäuscht.
- [1] Ich bin von mir enttäuscht.
- [2] Ich finde mich fürchterlich.
- [3] Ich hasse mich.

H

- [0] Ich habe nicht das Gefühl, schlechter zu sein als alle anderen.
- [1] Ich kritisiere mich wegen kleiner Fehler und Schwächen.
- [2] Ich mache mir die ganze Zeit Vorwürfe wegen meiner Mängel.
- [3] Ich gebe mit für alles die Schuld, was schief geht.

I

- [0] Ich denke nicht daran, mir etwas anzutun.
- [1] Ich denke manchmal an Selbstmord, aber ich würde es nicht tun.
- [2] Ich möchte mich am liebsten umbringen.
- [3] Ich würde mich umbringen, wenn ich die Gelegenheit dazu hätte.

J

- [0] Ich weine nicht öfter als früher.
- [1] Ich weine jetzt mehr als früher.
- [2] Ich weine jetzt die ganze Zeit.
- [3] Früher konnte ich weinen, aber jetzt kann ich es nicht mehr, obwohl ich es möchte.

K

- [0] Ich bin nicht reizbarer als sonst.
- [1] Ich bin jetzt leichter verärgert oder gereizt als früher.
- [2] Ich fühle mich dauernd gereizt.
- [3] Die Dinge, die mich früher geärgert haben, berühren mich jetzt nicht mehr.

L

- [0] Ich habe nicht das Interesse an Menschen verloren.
- [1] Ich interessiere mich jetzt weniger für Menschen als früher.
- [2] Ich habe mein Interesse an anderen Menschen zum größten Teil verloren.
- [3] Ich habe mein ganzes Interesse an anderen Menschen verloren.

M

- [0] Ich bin so entschlossen wie immer.
- [1] Ich schiebe Entscheidungen jetzt öfter als früher auf.
- [2] Es fällt mir jetzt schwerer als früher, Entscheidungen zu treffen.
- [3] Ich kann überhaupt keine Entscheidungen mehr treffen.

N

- [0] Ich habe nicht das Gefühl, schlechter auszusehen als früher.
- [1] Ich mache mir Sorgen, dass ich alt oder unattraktiv aussehe.
- [2] Ich habe das Gefühl, dass Veränderungen in meinem Aussehen auftreten, die mich hässlich machen.
- [3] Ich finde mich hässlich.

O

- [0] Ich kann so gut arbeiten wie früher.
- [1] Ich muss mir einen Ruck geben, bevor ich eine Tätigkeit in Angriff nehme.
- [2] Ich muss mich zu jeder Tätigkeit zwingen
- [3] Ich bin unfähig zu arbeiten.

P

- [0] Ich schlafe so gut wie sonst.
- [1] Ich schlafe nicht mehr so gut wie früher.
- [2] Ich wache 1 bis 2 Stunden früher auf als sonst, und es fällt mir schwer, wieder einzuschlafen.
- [3] Ich wache mehrere Stunden früher auf als sonst und kann nicht mehr einschlafen.

Q

- [0] Ich ermüde nicht stärker als sonst.
- [1] Ich ermüde schneller als früher.
- [2] Fast alles ermüdet mich.
- [3] Ich bin zu müde, um etwas zu tun.

R

- [0] Mein Appetit ist nicht schlechter als sonst.
- [1] Mein Appetit ist nicht mehr so gut wie früher.
- [2] Mein Appetit hat stark nachgelassen.
- [3] Ich habe überhaupt keinen Appetit mehr.

S

- [0] Ich habe in der letzten Zeit kaum abgenommen.
- [1] Ich habe mehr als 2 Kilo abgenommen.
- [2] Ich habe mehr als 5 Kilo abgenommen.
- [3] Ich habe mehr als 8 Kilo abgenommen.

Ich esse absichtlich weniger, um abzunehmen: Ja Nein

T

- [0] Ich mache mir keine größeren Sorgen um meine Gesundheit als sonst.
- [1] Ich mache mir Sorgen um körperliche Probleme, wie Schmerzen, Magenbeschwerden oder Verstopfung.
- [2] Ich mache mir so große Sorgen um gesundheitliche Probleme, dass es mir schwer fällt, an etwas anderes zu denken.
- [3] Ich mache mir so große Sorgen um gesundheitliche Probleme, dass ich an nichts anderes mehr denken kann.

U

- [0] Ich habe in der letzten Zeit keine Veränderungen meines Interesses an Sex bemerkt.
- [1] Ich interessiere mich weniger für Sex als früher.
- [2] Ich interessiere mich jetzt viel weniger für Sex.
- [3] Ich habe das Interesse an Sex völlig verloren.

V. HADS-Fragebogen

Bitte geben Sie an, welche Aussagen am besten auf Sie zu trifft, indem Sie ein Kreuz in ein Kästchen jeder Frage machen.

- 1) Ich fühle mich angespannt oder überreizt
 meistens oft von Zeit zu Zeit / gelegentlich überhaupt nicht
- 2) Ich kann mich heute noch so freuen wie früher
 ganz genau so nicht ganz so sehr nur noch ein wenig kaum oder gar nicht
- 3) Mich überkommt eine ängstliche Vorahnung, dass etwas Schreckliches passieren konnte
 ja, sehr stark ja, aber nicht allzu stark
 etwas, aber es macht mir keine Sorgen überhaupt nicht
- 4) Ich kann lachen und die lustige Seite der Dinge sehen
 ja, so viel wie immer nicht mehr ganz so viel
 inzwischen viel weniger überhaupt nicht
- 5) Mir gehen beunruhigende Gedanken durch den Kopf
 einen Großteil der Zeit verhältnismäßig oft
 von Zeit zu Zeit, aber nicht allzu oft nur gelegentlich/nie
- 6) Ich fühle mich glücklich
 überhaupt nicht selten manchmal meistens
- 7) Ich kann behaglich dasitzen und mich entspannen
 ja, natürlich gewöhnlich schon nicht oft überhaupt nicht
- 8) Ich fühle mich in meinen Aktivitäten gebremst
 fast immer sehr oft manchmal überhaupt nicht
- 9) Ich habe manchmal ein ängstliches Gefühl in der Magengegend
 überhaupt nicht gelegentlich ziemlich oft sehr oft
- 10) Ich habe das Interesse an meiner äußeren Erscheinung verloren
 ja, stimmt genau
 ich kümmere mich nicht so sehr darum, wie ich sollte
 möglicherweise kümmere ich mich zu wenig darum
 ich kümmere mich so viel darum wie immer
- 11) Ich fühle mich rastlos, muss immer in Bewegung sein
 ja, tatsächlich sehr ziemlich nicht sehr überhaupt nicht
- 12) Ich blicke mit Freude in die Zukunft
 ja, sehr eher weniger als früher viel weniger als früher kaum bis gar nicht
- 13) Mich überkommt plötzlich ein panikartiger Zustand
 ja, tatsächlich sehr oft ziemlich oft nicht sehr oft überhaupt nicht
- 14) Ich kann mich an einem guten Buch, einer Radio- oder Fernsehsendung erfreuen
 oft manchmal eher selten sehr selten

Falls Sie sonstige Anmerkungen haben oder Ihnen etwas wichtig erscheint, das nicht in unserem Fragebogen berücksichtigt wurde, notieren Sie dies bitte hier:

Sehr geehrte Studienteilnehmerin,
sehr geehrter Studienteilnehmer,

Sie haben das Ende des Fragebogens erreicht.

Wir danken Ihnen sehr für Ihre Hilfe!

Ihre

Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
Universitätsklinikum Bonn
Sigmund-Freund-Str. 25
53127 Bonn

6. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Atlas	10
Abb. 2: Atlasfraktur (Gehweiler III) AO: C1 Typ A M2 N0.....	10
Abb. 3: Axis.....	10
Abb. 4: Dens-Fraktur (Typ II nach Anderson und Alonso) AO: C2 Typ A M1 N0	10
Abb. 5: 77-jähriger Patient nach Sturz aus dem Stand mit Translationsverletzung C4-5, disloziertem Facettengelenk und kompletter Querschnittssymptomatik: AO C4-5 C (C4 F4) N4	13
Abb. 6: 83-jährige Patientin nach Treppensturz, zwei frakturierten Processi spinosi C4 und C6 und Absprengung der Deckplatte von C6: AO C6 A1, C4 A0, C5 A0 N0.....	13
Abb. 7: 83-jähriger Patient nach Sturz aus Rollstuhl und Berstungsfraktur von C4 sowie begleitender Facettenfraktur: AO C4 A4 F1 N0.....	13
Abb. 8: C1-2 dorsale operative Stabilisation einer Dens-Fraktur nach Goel-Harms bei Dens-Fraktur (Anderson und Alonso III) AO: C2 Typ A M1 N0.....	15
Abb. 9: Densschraube als Zugschraubenosteosynthese bei Dens-Fraktur (Anderson und Alonso II) AO: C2 Typ A M1 N0	15
Abb. 10: Verteilung der Patienten bezogen auf die Altersgruppen	23
Abb. 11: Geschlechterverteilung von Patienten mit HWS-Verletzungen bezogen auf das Alter.....	24
Abb. 12: Relative und absolute Häufigkeit der Unfallmechanismen.....	28
Abb. 13: Verteilung der Unfallursachen von HWS-Verletzungen in Abhängigkeit vom Alter.....	29
Abb. 14: Anzahl der frakturierten Halswirbel pro Patient.....	31
Abb. 15: Verteilung der HWS-Frakturen nach betroffenem HWS-Segment.....	32
Abb. 16: Verteilung der oberen und unteren HWS-Frakturen in Abhängigkeit vom Alter der Patienten.....	33
Abb. 17: Therapie von HWS-Verletzungen in Abhängigkeit vom Alter der Patienten.....	34
Abb. 18: Klassifikation aller HWS-Verletzungen (N=598) nach AO.....	35
Abb. 19: Klassifikation der oberen und unteren HWS-Verletzungen nach AO	36
Abb. 20: Einschlussverfahren und Patientencharakteristika zur Erhebung der Scores zur Lebensqualität.....	39

Abb. 21: Verteilung der Ergebnisse des Neck Disability Index.....	40
Abb. 22: Einschränkungen im alltäglichen Leben nach HWS-Verletzung gemäß Neck Disability Index.....	41
Abb. 23: Verteilung der Ergebnisse der Hospital Anxiety and Depression Scale.....	42
Abb. 24: Interpretation der Ergebnisse der Hospital Anxiety and Depression Scale.....	42
Abb. 25: Verteilung der Ergebnisse des Beck Depressions Inventars	43
Abb. 26: Interpretation des Beck Depressions Inventars	44
Abb. 27: Verteilung der Ergebnisse des Euroquol Index.....	45

7. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Reliabilität von HWS-Klassifikationen.....	12
Tab. 2: Bewertung des Reliabilitätskoeffizienten nach Landis und Koch (Landis und Koch, 1977).....	12
Tab. 3: Interpretation des NDI.....	20
Tab. 4: Interpretation des BDI.....	22
Tab. 5: Schätzung der jährlichen Inzidenz von Operationen der HWS für Bewohner der Stadt Bonn	26
Tab. 6: Begleitverletzungen	30
Tab. 7: Neurologische Befunde aller Patienten mit HWS-Verletzungen.....	37
Tab. 8: Neurologie nach AO-Verletzung und Lokalisation	38
Tab. 9: Deskriptive Auswertung der fünf Dimensionen des Euroqol-Index.....	44
Tab. 10: Überprüfung der Fragebogen-Scores auf signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Lokalisation der HWS-Verletzung.....	46
Tab. 11: Überprüfung der Fragebogen-Scores auf signifikante Unterschiede in Abhängigkeit von der Therapie der HWS-Verletzung	47
Tab. 12: Berechnung eines statistischen Zusammenhangs zwischen Werten des NDI und BDI	48

9. Literaturverzeichnis

Aho, A., Vartiainen, O., Salo, O. Segmentary antero-posterior mobility of the cervical spine. *Annales medicinae internae Fenniae* 1955; 44: 287-299

Alvin, M. D., Miller, J. A., Sundar, S., Lockwood, M., Lubelski, D., Nowacki, A. S., Scheman, J., Mathews, M., McGirt, M. J., Benzel, E. C., Mroz, T. E. The impact of preoperative depression on quality of life outcomes after posterior cervical fusion. *Spine J* 2015; 15: 79-85

Anderson, D. G., Albert, T. J. Bone grafting, implants, and plating options for anterior cervical fusions. *The Orthopedic clinics of North America* 2002; 33: 317-328

Anderson, L. D., D'Alonzo, R. T. Fractures of the odontoid process of the axis. 1974. *J Bone Joint Surg Am* 2004; 86: 2081

Anderson, P. A., Montesano, P. X. Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 1988; 13: 731-736

AO Spine International 2020: AO Classification Systems.
https://aospine.aofoundation.org/clinical-library-and-tools/ao-spine-classification-systems?_ga=2.1034613.576880604.1610185767-1163165597.1610185767
 (Zugriffdatum: 13.4.2020)

Atay, İ. M., Aslan, A., Burç, H., Demirci, D., Atay, T. Is depression associated with functional recovery after hip fracture in the elderly? *J Orthop* 2016; 13: 115-118

Aumüller, G. (2010). *Duale Reihe Anatomie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Barnsley, L., Lord, S., Bogduk, N. Whiplash injury. *Pain* 1994; 58: 283-307

Beck, A. T., Ward, C. H., Mendelson, M., Mock, J., Erbaugh, J. An inventory for measuring depression. *Arch Gen Psychiatry* 1961; 4: 561-571

Benzel, E. C., Hart, B. L., Ball, P. A., Baldwin, N. G., Orrison, W. W., Espinosa, M. Fractures of the C-2 vertebral body. *J Neurosurg* 1994; 81: 206-212

Bjelland, I., Dahl, A. A., Haug, T. T., Neckelmann, D. The validity of the Hospital Anxiety and Depression Scale. An updated literature review. *J Psychosom Res* 2002; 52: 69-77

Blauth, M., Lange, U. F., Knop, C., Bastian, L. Wirbelsäulenfrakturen im Alter und ihre Behandlung. *Orthopade* 2000; 29: 302-317

Brolin, K., von Holst, H. Cervical injuries in Sweden, a national survey of patient data from 1987 to 1999. *Inj Control Saf Promot* 2002; 9: 40-52

Cizza, G., Primma, S., Coyle, M., Gourgiotis, L., Csako, G. Depression and osteoporosis: a research synthesis with meta-analysis. *Horm Metab Res* 2010; 42: 467-482

Clayton, J. L., Harris, M. B., Weintraub, S. L., Marr, A. B., Timmer, J., Stuke, L. E., McSwain, N. E., Duchesne, J. C., Hunt, J. P. Risk factors for cervical spine injury. *Injury* 2012; 43: 431-435

Côté, P., Cassidy, J. D., Carroll, L. The Saskatchewan Health and Back Pain Survey. The prevalence of neck pain and related disability in Saskatchewan adults. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998; 23: 1689-1698

Cramer, H., Lauche, R., Langhorst, J., Dobos, G. J., Michalsen, A. Validation of the German version of the Neck Disability Index (NDI). *BMC Musculoskelet Disord* 2014; 15: 91

den Ouden, L. P., Smits, A. J., Stadhouder, A., Feller, R., Deunk, J., Bloemers, F. W. Epidemiology of Spinal Fractures in a Level One Trauma Center in the Netherlands: A 10 Years Review. *Spine (Phila Pa 1976)* 2019; 44: 732-739

Denis, F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)* 1983; 8: 817-831

DGU Leitlinien Kommission Berlin, 2017: Leitlinien Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-032l_S1_Verletzungen-der-sububaxialen-HWS_2018-01.pdf (Zugriffdatum: 5.April.2020)

Divi, S. N., Schroeder, G. D., Oner, F. C., Kandziora, F., Schnake, K. J., Dvorak, M. F.,

Benneker, L. M., Chapman, J. R., Vaccaro, A. R. AOSpine-Spine Trauma Classification System: The Value of Modifiers: A Narrative Review With Commentary on Evolving Descriptive Principles. *Global spine journal* 2019; 9: 77S-88S

Dowdell, J., Kim, J., Overley, S., Hecht, A. Biomechanics and common mechanisms of injury of the cervical spine. *Handb Clin Neurol* 2018; 158: 337-344

EuroQol Research Foundation, 2020: Euroqol User Guide. <https://euroqol.org/publications/user-guides/> (Zugriffdatum: 2.Juni 2020)

Feuchtbaum, E., Buchowski, J., Zebala, L. Subaxial cervical spine trauma. *Curr Rev Musculoskelet Med* 2016; 9: 496-504

Fountas, K. N., Kapsalaki, E. Z., Nikolakakos, L. G., Smisson, H. F., Johnston, K. W., Grigorian, A. A., Lee, G. P., Robinson, J. S., Jr. Anterior cervical discectomy and fusion associated complications. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32: 2310-2317

Fredø, H. L., Bakken, I. J., Lied, B., Rønning, P., Helseth, E. Incidence of traumatic cervical spine fractures in the Norwegian population: a national registry study. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2014; 22: 78

Fredø, H. L., Rizvi, S. A., Lied, B., Rønning, P., Helseth, E. The epidemiology of traumatic cervical spine fractures: a prospective population study from Norway. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2012; 20: 85

Fredo, H. L., Rizvi, S. A., Rezai, M., Ronning, P., Lied, B., Helseth, E. Complications and long-term outcomes after open surgery for traumatic subaxial cervical spine fractures: a consecutive series of 303 patients. *BMC Surg* 2016; 16: 56

Fredø, H. L., Rizvi, S. A., Rezai, M., Rønning, P., Lied, B., Helseth, E. Complications and long-term outcomes after open surgery for traumatic subaxial cervical spine fractures: a consecutive series of 303 patients. *BMC Surg* 2016; 16: 56

Gehweiler, J. A., Duff, D. E., Martinez, S., Miller, M. D., Clark, W. M. Fractures of the atlas vertebra. *Skeletal Radiology* 1976; 1: 97-102

Goldberg, W., Mueller, C., Panacek, E., Tigges, S., Hoffman, J. R., Mower, W. R., Group, N. Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. *Ann Emerg Med* 2001; 38: 17-21

Guez, M., Hildingsson, C., Nilsson, M., Toolanen, G. The prevalence of neck pain: a population-based study from northern Sweden. *Acta Orthop Scand* 2002; 73: 455-459

Guo, Q., Zhang, M., Wang, L., Lu, X., Guo, X., Ni, B. Comparison of Atlantoaxial Rotation and Functional Outcomes of Two Nonfusion Techniques in the Treatment of Anderson-D'Alonzo Type II Odontoid Fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 2016; 41: E751-758

Gutmann, G. (1981). Funktionelle Pathologie und Klinik der Wirbelsäule. Bd. 1, Halswirbelsäule: T. 1. Die funktionsanalytische Röntgendiagnostik der Halswirbelsäule und der Kopfgelenke: G. Fischer.

Hasler, R. M., Exadaktylos, A. K., Bouamra, O., Benneker, L. M., Clancy, M., Sieber, R., Zimmermann, H., Lecky, F. Epidemiology and predictors of cervical spine injury in adult major trauma patients: a multicenter cohort study. *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 72: 975-981

Hasler, R. M., Exadaktylos, A. K., Bouamra, O., Benneker, L. M., Clancy, M., Sieber, R., Zimmermann, H., Lecky, F. Epidemiology and predictors of spinal injury in adult major trauma patients: European cohort study. *Eur Spine J* 2011; 20: 2174-2180

He, J., Xiong, W., Li, F., Luo, W., Gao, S. C. Depression influences pain and function after cervical disc arthroplasty. *J Neurosurg Sci* 2017; 61: 39-45

Herrmann, C., Buss, U., Lingen, R., Kreuzer, H. Erfassung von Angst und Depressivität in der medizinischen Routineversorgung. *Dtsch Med Wochenschr* 1994; 119: 1283-1286

Hoyer, J., Schneider, S., Margraf, J. (2018). Fragebögen, Ratingskalen und Tagebücher. In *Lehrbuch der Verhaltenstherapie, Band 1* (pp. 299-311): Springer.

Hu, R., Mustard, C. A., Burns, C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. *Spine (Phila Pa 1976)* 1996; 21: 492-499

Jackson, A. B., Dijkers, M., Devivo, M. J., Poczatek, R. B. A demographic profile of new traumatic spinal cord injuries: change and stability over 30 years. *Arch Phys Med Rehabil* 2004; 85: 1740-1748

Jackson, A. P., Haak, M. H., Khan, N., Meyer, P. R. Cervical spine injuries in the elderly: acute postoperative mortality. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005; 30: 1524-1527

Janssen, M. F., Szende, A., Cabases, J., Ramos-Goñi, J. M., Vilagut, G., König, H. H. Population norms for the EQ-5D-3L: a cross-country analysis of population surveys for 20 countries. *The European Journal of Health Economics* 2019; 20: 205-216

Kaesmacher, J., Schweizer, C., Valentinitzsch, A., Baum, T., Rienmüller, A., Meyer, B., Kirschke, J. S., Ryang, Y. M. Osteoporosis Is the Most Important Risk Factor for Odontoid Fractures in the Elderly. *J Bone Miner Res* 2017; 32: 1582-1588

Kamravan, H. R., Haghnegahdar, A., Paydar, S., Khalife, M., Sedighi, M., Ghaffarpasand, F. Epidemiological and Clinical Features of Cervical Column and Cord Injuries; A 2-Year Experience from a Large Trauma Center in Southern Iran. *Bull Emerg Trauma* 2014; 2: 32-37

Kato, S., Takeshita, K., Matsudaira, K., Tonosu, J., Hara, N., Chikuda, H. Normative score and cut-off value of the Neck Disability Index. *J Orthop Sci* 2012; 17: 687-693

Kattail, D., Furlan, J. C., Fehlings, M. G. Epidemiology and clinical outcomes of acute spine trauma and spinal cord injury: experience from a specialized spine trauma center in Canada in comparison with a large national registry. *J Trauma* 2009; 67: 936-943

Khan, H. A., Rabah, N. M., Winkelman, R. D., Levin, J. M., Mroz, T. E., Steinmetz, M. P. The Impact of Preoperative Depression on Patient Satisfaction With Spine Surgeons in the Outpatient Setting. *Spine (Phila Pa 1976)* 2021; 46: 184-190

Koivikko, M. P., Myllynen, P., Santavirta, S. Fracture dislocations of the cervical spine: a review of 106 conservatively and operatively treated patients. *Eur Spine J* 2004; 13: 610-616

Köllner, V., Schauenburg, H. (2012). *Psychotherapie im Dialog - Diagnostik und Evaluation:*

Thieme.

Kühner, C., Bürger, C., Keller, F., Hautzinger, M. Reliabilität und Validität des revidierten Beck-Depressionsinventars (BDI-II). *Der Nervenarzt* 2007; 78: 651-656

Landis, J. R., Koch, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977; 33: 159-174

Laurer, H., Sander, A., Maier, B., Marzi, I. Frakturen der Halswirbelsäule. *Orthopäde* 2010; 39: 237-246

Lee, K. H., Qiu, M. Characteristics of Alcohol-Related Facial Fractures. *J Oral Maxillofac Surg* 2017; 75: 786 e781-786 e787

Lee, W. J., Yoon, S. H., Kim, Y. J., Kim, J. Y., Park, H. C., Park, C. O. Interobserver and Intraobserver Reliability of Sub-Axial Injury Classification and Severity Scale between Radiologist, Resident and Spine Surgeon. *J Korean Neurosurg Soc* 2012; 52: 200-203

Leucht, P., Fischer, K., Muhr, G., Mueller, E. J. Epidemiology of traumatic spine fractures. *Injury* 2009; 40: 166-172

Levin, J. M., Rabah, N. M., Winkelman, R. D., Mroz, T. E., Steinmetz, M. P. The Impact of Preoperative Depression on Hospital Consumer Assessment of Healthcare Providers and Systems Survey Results in a Cervical Spine Surgery Setting. *Spine (Phila Pa 1976)* 2020; 45: 65-70

Lomoschitz, F. M., Blackmore, C. C., Mirza, S. K., Mann, F. A. Cervical spine injuries in patients 65 years old and older: epidemiologic analysis regarding the effects of age and injury mechanism on distribution, type, and stability of injuries. *AJR Am J Roentgenol* 2002; 178: 573-577

Lowery, D. W., Wald, M. M., Browne, B. J., Tigges, S., Hoffman, J. R., Mower, W. R., Group, N. Epidemiology of cervical spine injury victims. *Ann Emerg Med* 2001; 38: 12-16

MacDermid, J. C., Walton, D. M., Avery, S., Blanchard, A., Etruw, E., McAlpine, C., Goldsmith, C. H. Measurement properties of the neck disability index: a systematic

review. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009; 39: 400-417

Maeda, F. L., Formentin, C., de Andrade, E. J., Rodrigues, P. A. S., Goyal, D. K. C., Shroeder, G. D., Patel, A. A., Vaccaro, A. R., Joaquim, A. F. Reliability of the New AOSpine Classification System for Upper Cervical Traumatic Injuries. *Neurosurgery* 2020; 86: E263-e270

Magerl, F., Aebi, M., Gertzbein, S. D., Harms, J., Nazarian, S. A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J* 1994; 3: 184-201

Malik, S. A., Murphy, M., Connolly, P., O'Byrne, J. Evaluation of morbidity, mortality and outcome following cervical spine injuries in elderly patients. *Eur Spine J* 2008; 17: 585-591

Mehra, S., Heineman, T. E., Cammisa, F. P., Jr., Girardi, F. P., Sama, A. A., Kutler, D. I. Factors predictive of voice and swallowing outcomes after anterior approaches to the cervical spine. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2014; 150: 259-265

Milby, A. H., Halpern, C. H., Guo, W., Stein, S. C. Prevalence of cervical spinal injury in trauma. *Neurosurg Focus* 2008; 25: E10

Mimura, M., Moriya, H., Watanabe, T., Takahashi, K., Yamagata, M., Tamaki, T. Three-dimensional motion analysis of the cervical spine with special reference to the axial rotation. *Spine (Phila Pa 1976)* 1989; 14: 1135-1139

Muchow, R. D., Resnick, D. K., Abdel, M. P., Munoz, A., Anderson, P. A. Magnetic Resonance Imaging (MRI) in the Clearance of the Cervical Spine in Blunt Trauma: A Meta-Analysis. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery* 2008; 64: 179-189

Natella, L., Bronsard, N., Allia, J., Hekayem, L., Euler-Ziegler, L., De Peretti, F., Breuil, V. A Case Series Study of Odontoid Fracture in the Elderly: A Severe Fracture Occurring Most Frequently in Osteoporotic Subjects. *JBMR Plus* 2019; 3: e10076

Negrelli, M. A. C., Oliveira, R. G., Rocha, I. D. D., Cristante, A. F., Marcon, R. M., Barros, T. F. Traumatic Injuries of the Cervical Spine: Current Epidemiological Panorama. *Acta Ortop Bras* 2018; 26: 123-126

Information und Technik Nordrhein-Westfalen, 2020: www.landesdatenbank.nrw.de.
<https://www.landesdatenbank.nrw.de/ldb NRW/online?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1610653310144&code=12491#abreadcrumb> (Zugriffsdatum: 21. Oktober 2020)

O'Dowd, J. K. Basic principles of management for cervical spine trauma. *Eur Spine J* 2010; 19 Suppl 1: S18-22

Passias, P. G., Poorman, G. W., Segreto, F. A., Jalai, C. M., Horn, S. R., Bortz, C. A., Vasquez-Montes, D., Diebo, B. G., Vira, S., Bono, O. J., De La Garza-Ramos, R., Moon, J. Y., Wang, C., Hirsch, B. P., Zhou, P. L., Gerling, M., Koller, H., Lafage, V. Traumatic Fractures of the Cervical Spine: Analysis of Changes in Incidence, Cause, Concurrent Injuries, and Complications Among 488,262 Patients from 2005 to 2013. *World Neurosurg* 2018; 110: e427-e437

Patel, K. V., Guralnik, J. M., Dansie, E. J., Turk, D. C. Prevalence and impact of pain among older adults in the United States: findings from the 2011 National Health and Aging Trends Study. *Pain* 2013; 154: 2649-2657

Penning, L. Normal movements of the cervical spine. *American Journal of Roentgenology* 1978; 130: 317-326

Penning, L., Wilmink, J. T. Rotation of the cervical spine. A CT study in normal subjects. *Spine (Phila Pa 1976)* 1987; 12: 732-738

Phan, K., Moran, D., Kostowski, T., Xu, R., Goodwin, R., Elder, B., Ramhmdani, S., Bydon, A. Relationship between depression and clinical outcome following anterior cervical discectomy and fusion. *J Spine Surg* 2017; 3: 133-140

Picavet, H. S., Schouten, J. S. Musculoskeletal pain in the Netherlands: prevalences, consequences and risk groups, the DMC(3)-study. *Pain* 2003; 102: 167-178

Pintar, F. A., Yoganandan, N., Voo, L. Effect of age and loading rate on human cervical spine injury threshold. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998; 23: 1957-1962

Pleis, J. R., Lucas, J. W., Ward, B. W. Summary health statistics for U.S. adults: National Health Interview Survey, 2008. *Vital Health Stat* 10 2009: 1-157

Radcliff, K. E., Koyonos, L., Clyde, C., Sidhu, G. S., Fickes, M., Hilibrand, A. S., Albert, T. J., Vaccaro, A. R., Rihn, J. A. What is the incidence of dysphagia after posterior cervical surgery? *Spine (Phila Pa 1976)* 2013; 38: 1082-1088

Rangger, C., Kabir, K., Goost, H., Burger, C. Bone bruise - Morphologische Veränderungen und klinische Relevanz. *Trauma und Berufskrankheit* 2006: 178-181

Ryan, M. D., Henderson, J. J. The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Injury* 1992; 23: 38-40

Scheidt, S., Roessler, P. P., Pedrood, S., Marinova, M., Jaenisch, M., Cucchi, D., Hischebeth, G., Burger, C., Jacobs, C. Einfluss des Unfallmechanismus auf die Verletzungen der Halswirbelsäule. *Unfallchirurg* 2019; 122: 958-966

Schleicher, P., Scholz, M., Kandziora, F., Badke, A., Brakopp, F. H., Ekkerlein, H. K. F., Gercek, E., Hartensuer, R., Hartung, P., Jarvers, J. G., Kobbe, P., Matschke, S., Morrison, R., Müller, C. W., Pishnamaz, M., Reinhold, M., Schnake, K. J., Schmeiser, G., Stein, G., Ullrich, B., Weiß, T., Zimmermann, V. Therapieempfehlungen zur Versorgung von Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule. *Z Orthop Unfall* 2017; 155: 556-566

Shaw, J. W., Johnson, J. A., Coons, S. J. US valuation of the EQ-5D health states: development and testing of the D1 valuation model. *Med Care* 2005; 43: 203-220

Singer, S., Kuhnt, S., Götze, H., Hauss, J., Hinz, A., Liebmann, A., Krauss, O., Lehmann, A., Schwarz, R. Hospital anxiety and depression scale cutoff scores for cancer patients in acute care. *Br J Cancer* 2009; 100: 908-912

Sobotta, J. (2000). *Atlas der Anatomie des Menschen / Sobotta Band 2 Rumpf, Eingeweide, untere Extremität* (21. Auflage ed.). Jena: Urban and Fischer Verlag München.

Stone, A. T., Bransford, R. J., Lee, M. J., Vilela, M. D., Bellabarba, C., Anderson, P. A., Agel, J. Reliability of classification systems for subaxial cervical injuries. *Evidence-based spine-care journal* 2010; 1: 19-26

Swanenburg, J., Humphreys, K., Langenfeld, A., Brunner, F., Wirth, B. Validity and

reliability of a German version of the Neck Disability Index (NDI-G). *Man Ther* 2014; 19: 52-58

Swartz, E. E., Floyd, R. T., Cendoma, M. Cervical spine functional anatomy and the biomechanics of injury due to compressive loading. *J Athl Train* 2005; 40: 155-161

Tafida, M. A., Wagatsuma, Y., Ma, E., Mizutani, T., Abe, T. Descriptive epidemiology of traumatic spinal injury in Japan. *J Orthop Sci* 2018; 23: 273-276

Tian, Y., Zhu, Y., Yin, B., Zhang, F., Liu, B., Chen, W., Zhang, Y. Age- and gender-specific clinical characteristics of acute adult spine fractures in China. *International Orthopaedics* 2016; 40: 347-353

Vaccaro, A. R., Hulbert, R. J., Patel, A. A., Fisher, C., Dvorak, M., Lehman, R. A., Jr., Anderson, P., Harrop, J., Oner, F. C., Arnold, P., Fehlings, M., Hedlund, R., Madrazo, I., Rehtine, G., Aarabi, B., Shainline, M. The subaxial cervical spine injury classification system: a novel approach to recognize the importance of morphology, neurology, and integrity of the disco-ligamentous complex. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007; 32: 2365-2374

Vaccaro, A. R., Koerner, J. D., Radcliff, K. E., Oner, F. C., Reinhold, M., Schnake, K. J., Kandziora, F., Fehlings, M. G., Dvorak, M. F., Aarabi, B., Rajasekaran, S., Schroeder, G. D., Kepler, C. K., Vialle, L. R. AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur Spine J* 2016; 25: 2173-2184

Vaccaro, A. R., Lehman, R. A., Jr., Hurlbert, R. J., Anderson, P. A., Harris, M., Hedlund, R., Harrop, J., Dvorak, M., Wood, K., Fehlings, M. G., Fisher, C., Zeiller, S. C., Anderson, D. G., Bono, C. M., Stock, G. H., Brown, A. K., Kuklo, T., Oner, F. C. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005; 30: 2325-2333

van Middendorp, J. J., Audigé, L., Bartels, R. H., Bolger, C., Deverall, H., Dhoke, P., Diekerhof, C. H., Govaert, G. A., Guimerá, V., Koller, H., Morris, S. A., Setiobudi, T., Hosman, A. J. The Subaxial Cervical Spine Injury Classification System: an external agreement validation study. *Spine J* 2013; 13: 1055-1063

- Vaněk, P. New AOSpine subaxial cervical spine injury classification and its clinical usage. *Rozhl Chir* 2018; 97: 273-278
- Vernon, H., Mior, S. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity. *J Manipulative Physiol Ther* 1991; 14: 409-415
- Wang, H., Coppola, M., Robinson, R. D., Scribner, J. T., Vithalani, V., de Moor, C. E., Gandhi, R. R., Burton, M., Delaney, K. A. Geriatric Trauma Patients With Cervical Spine Fractures due to Ground Level Fall: Five Years Experience in a Level One Trauma Center. *J Clin Med Res* 2013; 5: 75-83
- Wang, H., Ou, L., Zhou, Y., Li, C., Liu, J., Chen, Y., Yu, H., Wang, Q., Zhao, Y., Han, J., Xiang, L. Traumatic upper cervical spinal fractures in teaching hospitals of China over 13 years: A retrospective observational study. *Medicine (Baltimore)* 2016; 95: e5205
- Wang, H., Xiang, Q., Li, C., Zhou, Y. Epidemiology of traumatic cervical spinal fractures and risk factors for traumatic cervical spinal cord injury in China. *J Spinal Disord Tech* 2013; 26: E306-313
- Watanabe, M., Sakai, D., Yamamoto, Y., Sato, M., Mochida, J. Upper cervical spine injuries: age-specific clinical features. *J Orthop Sci* 2010; 15: 485-492
- Yadollahi, M., Paydar, S., Ghaem, H., Ghorbani, M., Mousavi, S. M., Taheri Akerdi, A., Jalili, E., Niakan, M. H., Khalili, H. A., Haghnegahdar, A., Bolandparvaz, S. Epidemiology of Cervical Spine Fractures. *Trauma Mon* 2016; 21: e33608
- Yoganandan, N., Chirvi, S., Voo, L., Pintar, F. A., Banerjee, A. Role of age and injury mechanism on cervical spine injury tolerance from head contact loading. *Traffic Injury Prevention* 2018; 19: 165-172
- Zigmond, A. S., Snaith, R. P. The hospital anxiety and depression scale. *Acta Psychiatr Scand* 1983; 67: 361-370

10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meinem Doktorvater Herrn PD Dr. med. Koroush Kabir, MBA, für die Überlassung des Themas und die gute Zusammenarbeit bedanken.

Bei der Datenerhebung und Abfassung der Arbeit stand mir in besonderem Maße Frau Dr. med. Roslind Hackenberg zur Seite. Für ihre unermüdliche Betreuung über den gesamten Zeitraum der Arbeit und ihre zahllosen Ratschläge bin ich sehr dankbar.

Nicht zuletzt gilt mein besonderer Dank meinen Eltern Susanne Hüttmann-Stoll und Prof. Dr. Peter-Tobias Stoll, welche mich im gesamten Prozess, der nun in dieser Arbeit seinen Abschluss findet, ständig unterstützt und gefördert haben.