

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

**Aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädische Chirurgie
Zentrum für Hand- und Wirbelsäulenchirurgie Traunstein**

**Langzeiterfahrungen nach Verletzungen der
Halswirbelsäule**

Sabine Ewender

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen
Grades eines

Doktors der Medizin

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. R. L. Ketterl
2. Univ.- Prof. Dr. P. Biberthaler

Die Dissertation wurde am 06.06.2011 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin
am 26.10.2011 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung.....	6
1.1 Fragestellung und Allgemeines	6
1.2 Geschichtlicher Überblick	8
2 Grundlagen	11
2.1 Anatomie.....	11
2.1.1 Obere Halswirbelsäule	12
2.1.2 Untere Halswirbelsäule.....	14
2.2 Biomechanik.....	17
2.3 Diagnostik	17
2.4 Verletzungsklassifikationen	19
2.4.1 Obere Halswirbelsäule	19
2.4.2 Untere Halswirbelsäule.....	26
2.5 Behandlung von Halswirbelsäulenverletzungen.....	31
2.5.1 Konservative Behandlung.....	31
2.5.2 Halofixateur	31
2.5.3 Operative Behandlung.....	32
2.6 Posttraumatische Veränderungen an der HWS	39
2.6.1 Funktionelle Veränderungen.....	39
2.6.2 Radiologische Veränderungen	39
3 Material und Methoden	40
3.1 Studiendesign	40
3.2 Patienten	40
3.3 Studienablauf	41
3.3.1 Aktenauswertung.....	41
3.3.2 Anamnese	42
3.3.3 Klinische Untersuchung.....	42
3.3.4 Radiologische Diagnostik	43
4 Ergebnisse.....	45
4.1 Aktenauswertung.....	45
4.1.1 Patientengut.....	45
4.1.2 Unfallursache	46
4.1.3 Verletzungen	47
4.1.4 Begleitverletzungen.....	51
4.1.5 Neurologischer Status	52

4.1.6	Therapie	54
4.1.7	Komplikationen.....	59
4.1.8	Mortalität	61
4.2	Anamnese	62
4.2.1	Allgemeiner Gesundheitszustand	62
4.2.2	Patientenzufriedenheit.....	63
4.2.3	Schmerzen	63
4.2.4	Beruflicher Status	66
4.2.5	Sportfähigkeit	67
4.2.6	Pflegebedürftigkeit.....	68
4.3	Klinische Untersuchung.....	69
4.3.1	Inspektion und Palpation	69
4.3.2	Klinische Tests	69
4.3.3	Bewegungsumfang.....	70
4.3.4	Neurologischer Status	72
4.4	Radiologische Diagnostik	74
4.4.1	Allgemeine Langzeitergebnisse.....	74
4.4.2	Degenerative Veränderungen.....	75
5	Diskussion	83
5.1	Limitierungen.....	83
5.2	Patientenkollektiv	84
5.3	Behandlungsstrategie im gesamten Patientengut.....	86
5.4	Komplikationen und Mortalität im gesamten Patientengut	87
5.5	Soziale Aspekte der nachuntersuchten Patienten.....	88
5.6	Schmerzverlauf der nachuntersuchten Patienten	89
5.7	Bewegungsausmaß der nachuntersuchten Patienten.....	90
5.8	Neurologischer Verlauf der nachuntersuchten Patienten	91
5.9	Radiologische Ergebnisse der nachuntersuchten Patienten	92
6	Zusammenfassung.....	94
7	Literaturverzeichnis	96
8	Abbildungsverzeichnis	103
9	Diagrammverzeichnis	105
10	Tabellenverzeichnis	106
11	Lebenslauf	107
12	Danksagung.....	109

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
a.p.	anterior – posterior Strahlengang beim Röntgen
Abb.	Abbildung
ASIA	American Spinal Injury Association
BWS	Brustwirbelsäule
bzw.	beziehungsweise
C	cervicale Wirbelsäule
ca.	circa
CT	Computertomografie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
Diagr.	Diagramm
DV	Degenerative Veränderungen
et al.	et alii
HWS	Halswirbelsäule
L	Lendenwirbelsäule
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	Musculus
Mm.	Musculi
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomografie
n. Chr.	nach Christus
N.	Nervus
Nr.	Nummer
NU	Nachuntersuchung
S.	Seite(n)
Tab.	Tabelle
Th	thorakale Wirbelsäule

v. Chr.	vor Christus
V.	Vena
z.B.	zum Beispiel

1 Einleitung

1.1 Fragestellung und Allgemeines

Noch in heutiger Zeit ist eine Verletzung der Wirbelsäule, insbesondere der Halswirbelsäule, mit Angst und Schrecken verbunden. Jeder weiß, dass ein „gebrochenes Genick“ weitreichende Folgen wie zum Beispiel eine Querschnittslähmung, eine chronische Schmerzbelastung oder gar den Tod mit sich bringen kann [Blauth and Tscherne, 1998a, S. 1]. Zudem befinden wir uns in einer Zeit, in der die Fortbewegung im Hochgeschwindigkeitsbereich im Verkehr und im Sport alltäglich ist. Die resultierenden Unfälle erfordern eine adäquate Traumaversorgung. Die Halswirbelsäule ist aufgrund ihrer biomechanisch ungünstigen Lage zwischen Kopf und Thorax besonders gefährdet. Verletzungen der Wirbelsäule und ihrer begleitenden Strukturen haben trotz der Entwicklung neuer Therapieoptionen weiterhin das niedrigste funktionelle Outcome [Laurer et al., 2010, S. 237].

Frakturen, Luxationen und Luxationsfrakturen der HWS stellen mit bis zu 60% aller Wirbelsäulenverletzungen ein häufiges Geschehen dar [Zeilinger et al., 1998, S. 3]. Über 40% der HWS-Verletzungen gehen mit schwerwiegenden Komplikationen einer Querschnittslähmung einher. Verletzungen der oberen HWS bringen einen Anteil von gut 12% neurologischer Ausfälle mit sich, Verletzungen der unteren HWS dagegen 40%. Dies ist damit zu erklären, dass die Mortalität bei Verletzungen der oberen HWS höher liegt und viele Patienten noch am Unfallort versterben. Die Obduktion von primär verstorbenen Verkehrstoten zeigt eine Inzidenz von 25% gravierender Verletzungen der oberen HWS [Bühren, 2002, S. 1049].

Diese Arbeit stellt eine Langzeituntersuchung von Patienten des Klinikum Traunsteins dar, die in den Jahren 1995 bis 2004 aufgrund einer Verletzung der Halswirbelsäule eine operative Stabilisierung erhielten. Mit dieser Arbeit soll ein Beitrag zur Bewertung der unfallchirurgischen Therapie von HWS-Verletzungen geleistet werden. Zu diesem Zweck werden die Patienten hinsichtlich verschiedener Einflussfaktoren in nachfolgender Langzeitstudie nachuntersucht. Der Nachuntersuchungszeitpunkt liegt im Durchschnitt bei 8,5 Jahren nach der Operation. Durch die Auswertung der Langzeitergebnisse soll die Wertigkeit der Behandlungsstrategie überprüft werden. Die untersuchten Einflussfaktoren sind Alter und Geschlecht, Unfallursache und Art der Verletzung sowie Begleitverletzungen. Außerdem wird das Auftreten neurologischer Ausfälle sowie der neurologische Verlauf zwischen Aufnahmen und Entlassung analysiert. Des Weiteren werden die Operationstechnik, die Komplikationen und die Mortalität ausgewertet.

Im Rahmen der Nachuntersuchung werden die Patientenzufriedenheit, der Schmerzverlauf, die Arbeitsfähigkeit, die Sportfähigkeit und die Pflegebedürftigkeit festgehalten. Außerdem werden die Beweglichkeit der HWS und der neurologische Status dokumentiert. Jeder Patient erhält bei der Nachuntersuchung eine Röntgenaufnahme der HWS in zwei Ebenen. Zur Beurteilung der Langzeitergebnisse werden die Materiallage und die knöcherne Konsolidierung bewertet. Darüber hinaus wird im Röntgenbild eine eventuell vorhandene Stufenbildung, Gefügelockerung oder Fehllagerung erfasst. Ferner ist die Entwicklung von degenerativen Veränderungen in den Nachbarsegmenten des operativen Eingriffs von großer Bedeutung. Dazu zählen die Verschmälerung des Bandscheibenfachs, die Osteochondrose und die spontane Fusion.

Abschließend werden in der Diskussion die Ergebnisse dieser Arbeit mit denen anderer Autoren in der medizinischen Literatur verglichen. Zum besseren Verständnis wird zunächst die historische Entwicklung dargestellt und anschließend auf die allgemeinen Grundlagen der Halswirbelsäulentraumatologie eingegangen.

1.2 Geschichtlicher Überblick

Die Geschichte der Behandlung von Halswirbelsäulenverletzungen geht auf das Papyrus Smith zurück, welches auf ca. 2500 v. Chr. datiert wird. Darin beschrieb Imhoptep unter anderem Symptome, Diagnosen und Prognosen von Halswirbelsäulenverletzungen. Es stehen dort bereits Empfehlungen über Zerrungen der HWS, bis Verrenkungen und Berstungsbrüche von Halswirbeln mit Tetraplegie. Nach diesen Aufzeichnungen sollte der Arzt Behandlungen von Patienten mit neurologischen Ausfällen vermeiden, da er bei der als damals sicher geltenden Erfolglosigkeit mit Bestrafung rechnen musste [Breasted, 1930, S. 316-342, S. 425-428], [Blauth and Tscherne, 1998a, S. 2].

Hippokrates entwickelte um 1400 v. Chr. eine Extensionsbank, mit der er Wirbelbrüche und Deformitäten durch Streckung behandelte [Wiltse, 1991, S. 5]. Um 1210 n. Chr. betonte Roland von Parma die manuelle Repositionsbehandlung. Bei Verletzungen der HWS platzierte der Therapeut seine Füße auf den Schultern des Patienten und zog ruckartig an einem Tuch, das dem Patienten unter sein Kinn gelegt wurde [Guttman, 1976, S. 4-7]. Im 7. Jahrhundert n. Chr. beschrieb Paulus von Aegina erstmals, dass Knochenstücke, die auf das Rückenmark drücken, entfernt werden müssten [Schneider, 1990, S. 13-14].

Die erste (erfolglose) operative Stabilisierung einer Luxationsfraktur wurde Hadra zugeschrieben. Er stabilisierte das Bewegungssegment C6/C7 mit einer mehrfachen Umschlingung der Dornfortsätze mit Silberdraht [Hadra, 1975, S. 4-8].

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen und die damit einhergehenden neuen diagnostischen Möglichkeiten stellten einen Meilenstein im Verständnis vieler Frakturen und Luxationen dar. Ab 1925 konnte man verwertbare Röntgenbilder der gesamten Wirbelsäule herstellen [Blauth and Tscherne, 1998a, S. 3].

L. Böhler betonte 1929, dass Wirbelfrakturen unbedingt unter der Berücksichtigung der Fehlstellung in drei Schritten Einrichten, Ruhigstellung in Gipsverbänden und einer ausgefeilten Übungsbehandlung behandelt werden müssen [Schneider, 1990, S. 13-14]. Da aber viele Verletzungsarten mit Böhlers konservativer Therapie unbefriedigende Ergebnisse brachten, wurden erfolgreiche operative Therapieoptionen gesucht.

Gallie entwickelte 1939 für die obere HWS eine Methode der dorsalen atlantoaxialen Fusion mit singulärem Knochenspan und Drahtcerclage [Gallie, 1939, S. 495-499]. Von Brooks und Jenkins wurde dieses Verfahren 1978 biomechanisch verbessert, indem sie zwei Knochenspäne und eine etwas andere Art der Drahtzugurtung wählten [Brooks and Jenkins, 1978, S. 279-284]. Beide Verfahren der dorsalen Drahtcerclage werden bis heute noch verwendet (siehe Abb. 1, 2) .

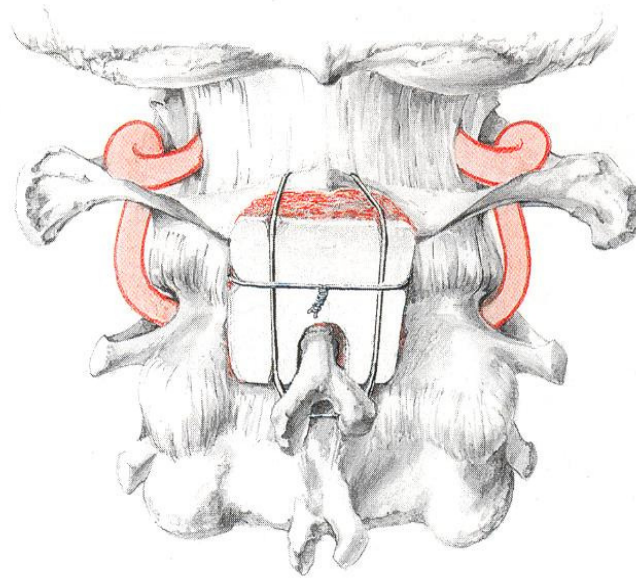


Abbildung 1: Technik der atlantoaxialen Fusion nach Gallie mit singulärem Knochenspan und Drahtcerclage [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 129]

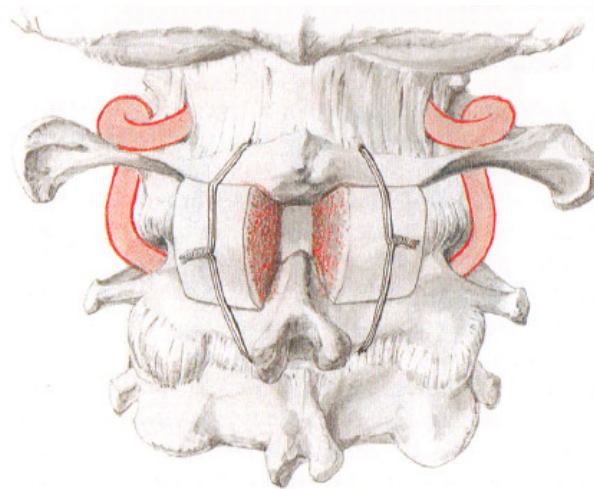


Abbildung 2: Technik der atlantoaxialen Fusion nach Brooks mit zwei Knochenblocks und Drahtzugurtung [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 128]

1970 beschrieb Judet als Erster die dorsale bilaterale Verschraubung des Axis [Judet et al., 1970, S. 155-164]. Eine Fraktur des Dens Axis wurde von Magerl 1978 zum ersten Mal mit einer Zugschraubenosteosynthese behandelt [Grob and Magerl, 1987a, S. 46-54]. Diese Methode wurde aber erst 1981 durch J. Böhler in der modernen Wirbelsäulen Chirurgie bekannt [Böhler, 1981, S. 221-223], [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 139].

An der unteren HWS wurde 1958 die interkorporelle Sponylodese mit Knochenspan zunächst für degenerative und rheumatische Erkrankungen angewandt [Cloward, 1958, S. 602-617], [Smith and Robinson, 1958, S. 607-624]. Wenige Jahre später wurde die Technik auch bei traumatischen Läsionen eingesetzt. Doch ohne ventrales Implantat führten die Operationen eher zu unbefriedigenden Ergebnissen, weshalb ab 1967 über Fusionen mit ventralen Platten berichtet wird. Böhler, Orozco und Llovet, Tscherne et al., Senegas und Gauzere leisteten damit einen großen Beitrag zur modernen Wirbelsäulenchirurgie [Böhler, 1971, S. 132-136], [Orozco and Llovet, 1970, S. 285-288], [Tscherne et al., 1971, S. 142-144], [Senegas and Gauzere, 1976, S. 123-128]. Mittlerweile stehen dafür viele verschiedene Implantatsysteme zur Verfügung.

2 Grundlagen

2.1 Anatomie

Fundierte Kenntnisse der Anatomie sind Voraussetzung für das Verständnis traumatischer Läsionen und einer optimalen unfallchirurgischen Behandlung. Zur Bezeichnung der Halswirbelkörper und Bewegungssegmente bietet die Abkürzung C für cervicale Wirbelsäule eine einfache Terminologie. Die Hinterhauptskondylen werden mit C0 bezeichnet, der erste Halswirbel mit C1, der Zweite mit C2 und so fort. Das Bewegungssegment zwischen dem sechsten und dem siebten Halswirbel lässt sich zum Beispiel als Bewegungssegment C6/C7 beschreiben [Bühren, 2002, S. 1049-1066]. Analog dazu steht die Abkürzung Th für thorakale Wirbelsäule bzw. L für Lendenwirbelsäule.

Insgesamt besteht die Wirbelsäule des Menschen aus 33 – 34 Wirbeln. Von den 24 beweglichen Wirbeln sind die ersten sieben Wirbel der Halswirbelsäule zugeordnet. Die HWS wird aus funktionellen Gründen in der Traumatologie in einen oberen und unteren Abschnitt eingeteilt.

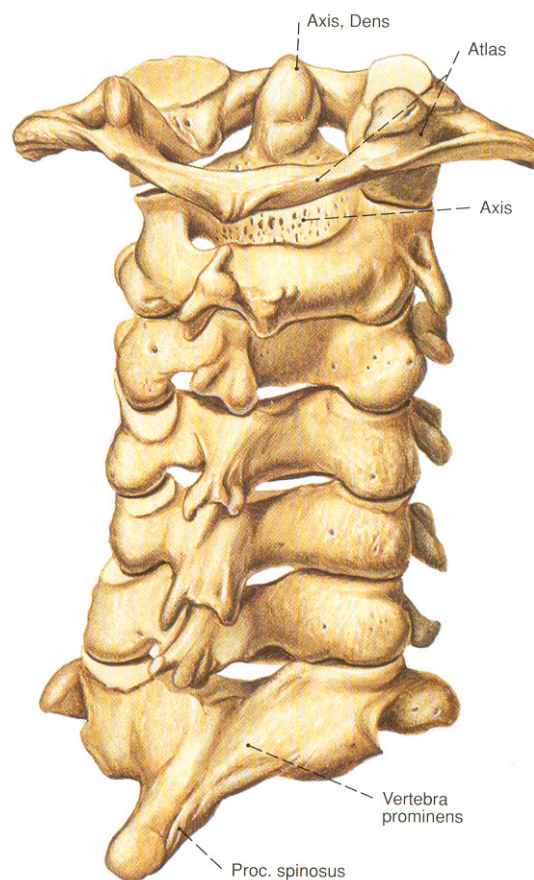


Abbildung 3: Erster bis siebter Halswirbel; von lateral dorsal [Sobotta, 2000, S. 7]

2.1.1 Obere Halswirbelsäule

Zur oberen HWS gehören die ersten beiden Halswirbel Atlas (C1) und Axis (C2) mit den jeweiligen Anschlüssen nach cranial, die Okzipitalkondylen (C0), und nach caudal, das Bewegungssegment C2/C3. Der Atlas unterscheidet sich durch den fehlenden Wirbelkörper grundsätzlich von den übrigen Halswirbeln. Daher beschreibt man bei ihm einen kleineren *Arcus anterior* und einen größeren *Arcus posterior*. Seitlich des großen *Foramen vertebrale* liegen die *Massae laterales*, die jeweils eine Gelenkfläche nach kranial und nach caudal tragen. An der Innenseite des *Arcus anterior* befindet sich die *Fovea dentis*, die ebenfalls eine Gelenkfläche darstellt (siehe Abb. 4, 5).

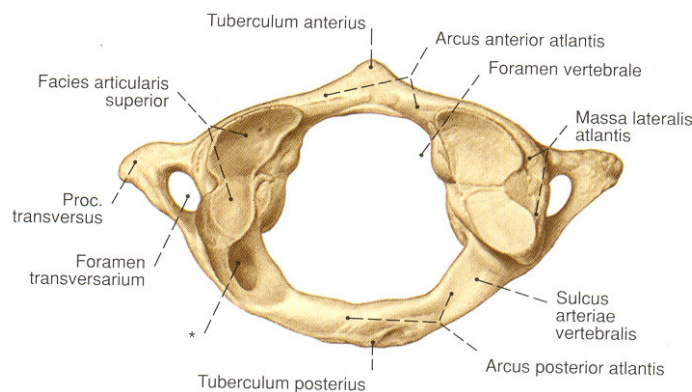


Abbildung 4: Erster Halswirbel, Atlas; von kranial [Sobotta, 2000, S. 6]

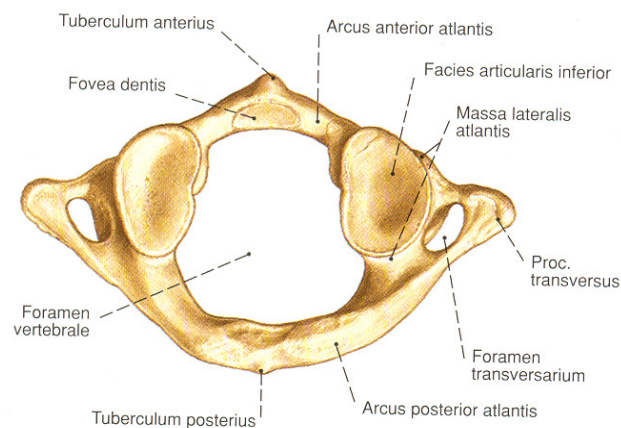


Abbildung 5: Erster Halswirbel, Atlas; von kaudal [Sobotta, 2000, S. 6]

Die Besonderheit des zweiten Halswirbels, Axis, ist der *Dens axis*, der einen zahnartigen Fortsatz des Körpers darstellt. An der Vorderseite des Dens findet sich eine Gelenkfläche, die mit der *Fovea dentis* des Atlas artikuliert. Wie die restlichen Halswirbel besitzt auch der Axis einen *Processus spinosus* nach dorsal. Dieser weist eine zweigeteilte Spitze auf (siehe Abb. 6, 7).

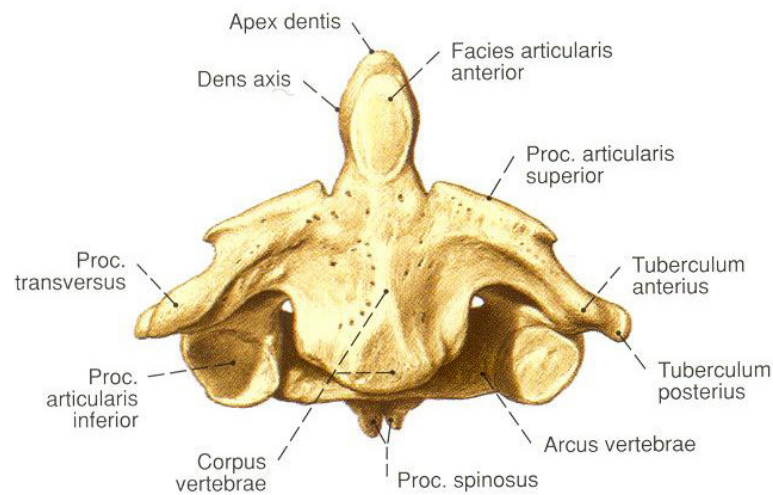


Abbildung 6: Zweiter Halswirbel, Axis; von ventral [Sobotta, 2000, S. 6]

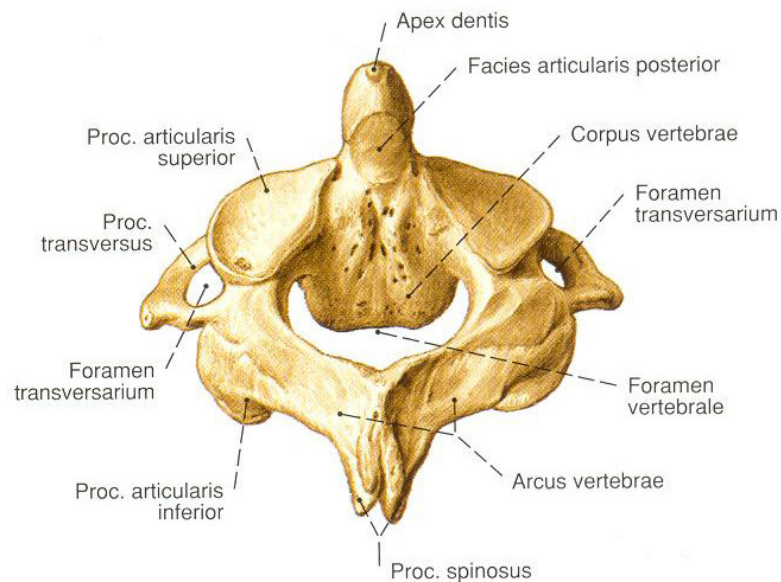


Abbildung 7: Zweiter Halswirbel, Axis; von dorsal kranial [Sobotta, 2000, S. 6]

Bei der oberen HWS lassen sich folgende Gelenke unterscheiden: Das paarige obere Kopfgelenk (*Articulatio atlantooccipitalis*) und das untere Kopfgelenk. Dieses setzt sich aus den *Articulationes atlantoaxialis laterales* (paarige gelenkige Verbindung zwischen den unteren Gelenkflächen des Atlas und den oberen Gelenkflächen des Axis) und der *Articulatio atlantoaxialis mediana* (unpaariges Gelenk zwischen *Dens axis* und *Fovea dentis atlantis*) zusammen. Das obere Kopfgelenk entspricht als paarige Gelenkcombination einem Eigelenk mit schlaffen Gelenkkapseln. Die oberen Gelenkflächen des Atlas sind konkav und von anterior nach posterior orientiert und ermöglichen so eine maximale Inklination und Reklination. Bei dem unteren Kopfgelenk handelt es sich funktionell um ein Drehgelenk, welches den größten Anteil zur axialen Rotation beiträgt [Platzer, 2003, S. 36-58].

Die wichtigsten Bänder, die den occipito-atlanto-axialen Komplex stabilisieren, sind folgende:

- Das *Ligamentum nuchae*, das vom Okziput zu den Dornfortsätzen zieht.
- Das *Ligamentum transversum atlantis*, welches die beiden *Massae laterales* verbindet. Es verläuft hinter dem Dens, fixiert ihn dadurch und verhindert auch ein Ventralgleiten des Axis. Es ist neben der knöchernen C1/Dens-Verbindung der wichtigste Stabilisator den C1/C2 Gelenks [White and Panjabi, 1978, S. 867-878]. Verstärkt wird dieses quere Band durch die *Fasciculi longitudinale*, die aufsteigend das Foramen magnum, absteigend den *Corpus axis* erreichen.
- Die *Ligamenta alaria*, die als paarige Bänder vom Dens jeweils zum gleichseitigen *Condylus occipitalis* und zu den *Massae laterales atlantis* ziehen. Sie limitieren die axiale Rotation im C1/C2 Gelenk durch Anspannung des jeweils gegenseitigen Ligamentes [Dvorak et al., 1988, S. 748-755].

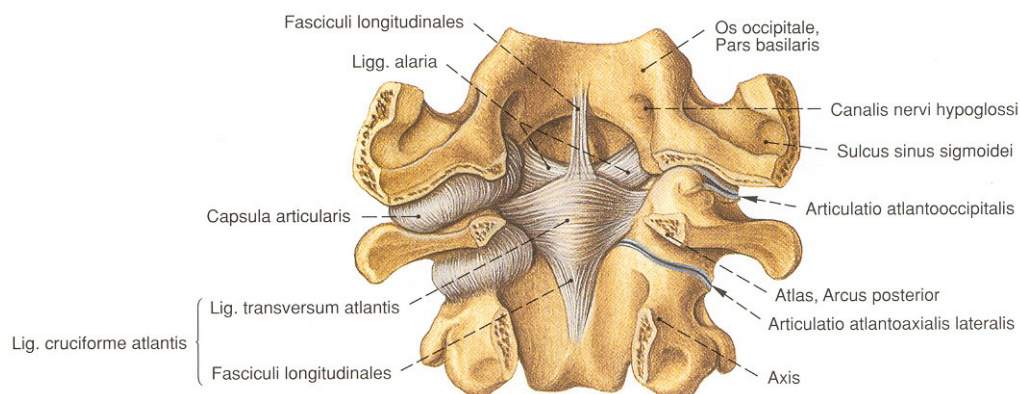


Abbildung 8: Kopfgelenke; tiefe Bänder nach Eröffnung des Hinterhauptslochs und des Wirbelkanals; Gelenkkapsel auf der rechten Seite zum Teil entfernt; von dorsal [Sobotta, 2000, S. 18]

2.1.2 Untere Halswirbelsäule

Die untere HWS umfasst den Abschnitt vom dritten Halswirbel bis zum siebten Halswirbel einschließlich des Bewegungssegments C7/Th1 am Übergang zur thorakalen Wirbelsäule. Der Aufbau dieser fünf Wirbel ist sehr einheitlich (siehe Abb. 7). Der Wirbelkörper setzt sich nach hinten in den Wirbelbogen, *Arcus vertebrae*, fort. Am Übergang beider Anteile befindet sich nach kranial und nach kaudal der *Processus articularis superior* und der *Processus articularis inferior*. Diese Gelenkfortsätze tragen Gelenkflächen, die die gelenkige Verbindung zum oberen und unteren Wirbel herstellen. Der Wirbelbogen endet in einem nach dorsal gerichteten Dornfortsatz, *Processus spinosus*, der beim dritten bis sechsten Halswirbel an seiner Spitze meist

zweigeteilt ist. Der Dornfortsatz von C7 ist länger und leicht zu tasten, weshalb der siebte Halswirbel auch als *Vertebra prominens* bezeichnet wird (siehe Abb. 10). Das Rückenmark mit Liquor und Meningen liegt im *Foramen vertebrale*. Seitlich wölbt sich auf beiden Seiten der *Processus transversus* mit dem *Foramen transversarium* hervor. Dadurch verlaufen die *A. und V. vertebralis* sowie Fasern des *Plexus sympathicus*. An den Deckplatten der Wirbelkörper findet man seitlich zwei Höcker, die *Processus uncinati*.

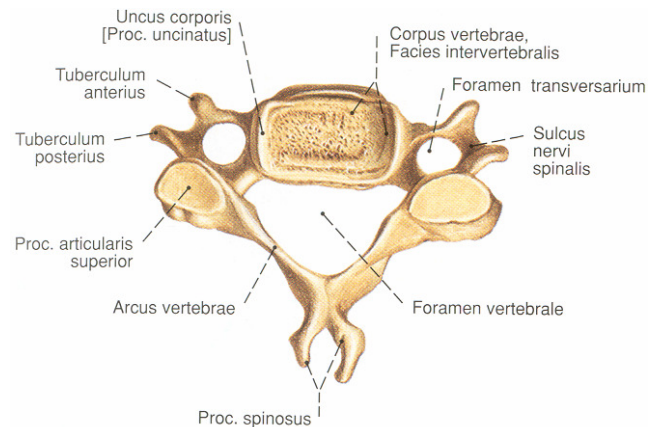


Abbildung 9: Fünfter Halswirbel; von kranial [Sobotta, 2000, S. 7]

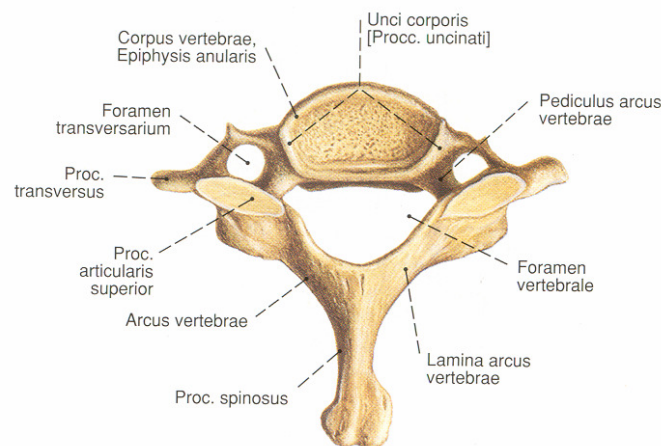


Abbildung 10: Siebter Halswirbel; von kranial [Sobotta, 2000, S. 7]

Die *Processus uncinati* sind bei Geburt noch nicht vorhanden und entwickeln sich erst mit dem Wachstum des Menschen. Zwischen den Höckern und den Bandscheiben entstehen synoviale Gelenke, die *Unkovertebralgelenke*. Es bleibt aber umstritten, ob es sich um echte Gelenke handelt [Daffner, 1999, S. 11-38]. Außerdem sind die Bandscheiben als Amphiarthrosen zu nennen. Je dicker die Bandscheibe, desto größer der Freiheitsgrad der Bewegung. Die wichtigsten Gelenke der unteren HWS (einschließlich C2/C3) sind die Facettengelenke der *Processus articulares*. Sie werden

klinisch auch als kleine Wirbelgelenke bezeichnet. Die Gelenkkapseln werden von kranial nach kaudal zu straffer. Die Bewegung zwischen zwei Wirbeln ist allerdings sehr gering. Erst die Gesamtheit aller Bewegungsglieder führt zu einem großen Bewegungsumfang. Den größten Beitrag zur Seitneigung, Inklination und Reklination leisten die Gelenke der unteren HWS.

Stabilisiert wird die untere HWS vor allem durch folgende Bänder:

- Das *vordere Längsband*, *Ligamentum longitudinale anterius*, erstreckt sich als dünne, durchscheinende Struktur ohne Unterbrechung von der Vorderfläche des Atlas entlang der Wirbelkörpervorderflächen bis zum Kreuzbein. Es ist fest mit den Wirbelkörpern verbunden.
- Das *hintere Längsband*, *Ligamentum longitudinale posterius*, verläuft über die Hinterflächen der Wirbelkörper bis zum Lendenwirbelbereich. Es stellt ein dickes Band aus dichtem Bindegewebe dar und ist wesentlich kräftiger als das vordere Längsband. Mit den Hinterseiten der Wirbelkörper ist das Band mit den Zwischenwirbelscheiben verwachsen [Platzer, 2003, S. 56]
- Die *Ligamenta flava* sind zwischen den Wirbelbögen segmental ausgespannt. Dieses dicke Band liegt größtenteils innerhalb des Spinalkanals, wo es etwa die Hälfte der Lamina des oberen und ein Drittel der des unteren Wirbelkörpers bedeckt [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 154-155]
- Die *Kapselbänder* der Facettengelenke stabilisieren die kleinen Wirbelgelenke als relativ dicke, feste Bandstruktur.

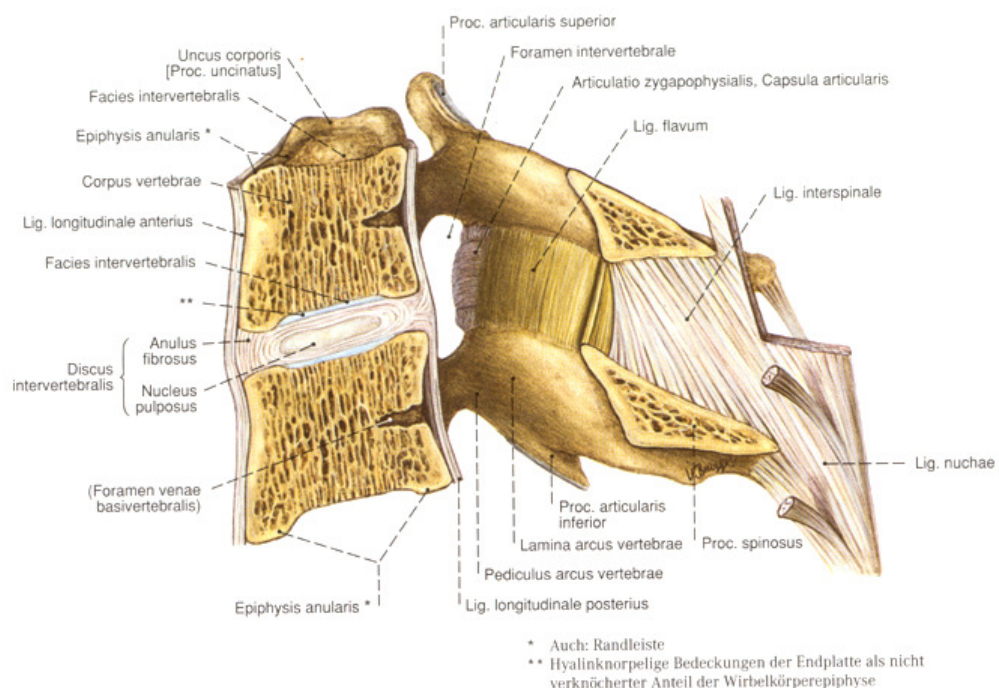


Abbildung 11: Zervikales Bewegungssegment; Schema, Medianschnitt [Sobotta, 2000, S. 25]

2.2 Biomechanik

Die Biomechanik der unteren als auch der oberen HWS wird im Wesentlichen durch die Weichteilverbindungen vermittelt, insbesondere durch den Kapsel-Band-Komplex. Das Bewegungsausmaß der einzelnen Wirbelsegmente ist folgendermaßen ermittelt worden: Das Segment C0/C1 besitzt relativ wenig ligamentäre Stabilität. Die knöchernen Führung wird durch die becherartige Form der Gelenkflächen bestimmt. Die Inklination und Reklination erlauben eine Bewegung von 25°, die Seitneigung von 5° und die axiale Rotation von je 3-8°. Im Segment C1/C2 haben beide Gelenkflächen eine konvexe Form in der sagittalen Ebene, die Bänder sind insgesamt eher locker. In diesem Segment beträgt die Inklination und die Reklination 20°, die Seitneigung je 5° und die axiale Rotation 34-47°. Von C2 bis C7 ist die Inklination und die Reklination bei 10-20°, die Seitneigung bei 7-11° und die axiale Rotation bei 2-7°. Die Inklination und die Reklination nehmen in den tieferen Segmenten ab, wohingegen die Seitneigung, je tiefer das Segment, zunimmt. Die axiale Rotation wird in erster Linie durch das Segment C1/C2 ermöglicht [Maiman and Yoganandan, 1991, S. 543-570], [Penning, 1978, S. 317-326].

2.3 Diagnostik

Die Diagnostik der HWS-Verletzungen beruht auf drei Säulen: Anamnese, klinische Untersuchung und bildgebende Diagnostik. Die Anamnese gibt wichtige Hinweise zur Entstehung und Art einer Verletzung. Neben dem Unfallhergang sind Angaben zur Fallhöhe oder Fahrgeschwindigkeit zu erfragen. Schmerzlokalisierung, Bewegungseinschränkung, Empfindungsstörungen und Lähmungserscheinungen sind unbedingt zu dokumentieren. Bei polytraumatisierten oder schwer intoxikierten Patienten ist auf eine Unfallanamnese von Begleitpersonen zu achten, ansonsten erfolgt gleich eine radiologische Abklärung als Screeningmethode. Ebenso sollte fremdanamnestisch der neurologische Status insbesondere hinsichtlich Spontanbewegungen erfasst werden [Bühren, 2002, S. 1049-1066]. Risikofaktoren für eine Wirbelsäulenverletzung sind stumpfe Rasantrauma, mehrfache Frakturen, direkte Verletzungen der Nackenregion, Sprünge ins unbekannte, flache Gewässer und Stürze aus großer Höhe [Benzel, 1994, S. 224-241].

Kernstück der klinischen Untersuchung ist die neurologische Abklärung. Ein geeignetes Instrument zur Einteilung ist die von der *American Spinal Injury Association* entwickelten *ASIA-Klassifikation* [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 401-413]. Damit ist die systematische Erfassung von sensiblen und motorischen Ausfällen gewährleistet. Daneben sollten sichtbare Verletzungen, Schwellungen, Hämatome und Fehlstellungen protokolliert werden.

Konventionelle Röntgenaufnahmen sind die Grundlage der bildgebenden Diagnostik. Schilling et al. betonen in ihrer Arbeit über moderne bildgebende Diagnostik, dass in der HWS-Diagnostik neben den a.p.- und lateralen Aufnahmen auch die Schräg-

aufnahmen und Zielaufnahmen immer noch als Standard gelten [Schilling et al., 2006, S. 237-243]. Diese Serie ist bereits richtungsweisend mit einer Sensitivität von 83,3% für HWS-Verletzungen [West et al., 1997, S. 819-823]. Die Übergangsregionen occipito-cervical und cervico-thorakal sind wegen Überlagerungen des Schädel bzw. des Schulter skeletts nur eingeschränkt oder gar nicht zu beurteilen. Eine Verbesserung bringt das Herunterziehen beider Arme nach kaudal. Bei allen unklaren und pathologischen Befunden ist die Computertomografie (CT) der nächste diagnostische Schritt. Das Spiral-CT mit multiplanaren Rekonstruktionen ist für schwer beurteilbare Bereiche wie auch präoperativ unverzichtbar. Ebenso ist bei Nichtdarstellbarkeit des cervikothorakalen Übergangs in der konventionellen Röntgenaufnahme eine Abklärung mittels CT erforderlich. Eine hohe Aussagekraft, besonders für rein discoligamentäre Läsionen, haben aktiv gehaltene Aufnahmen unter Bildwandlerkontrolle. Bei dieser funktionellen Untersuchung hält der Arzt den Kopf des Patienten mit beiden Händen und führt kontrolliert Flexion, Extension und axialen Zug aus. In einem viel besseren Maße kann hiermit die Lokalisation und das Ausmaß der Instabilität dargestellt werden. Mit der Magnetresonanztomografie (MRT) haben sich die diagnostischen Möglichkeiten an der HWS wesentlich erweitert. Prinzipielle Vorteile liegen darin, dass Weichteilläsionen einschließlich frischer Läsionen am Rückenmark und vaskuläre Strukturen gut abgebildet werden.



Abbildung 12: MRT der HWS; Discoligamentäre Instabilität C4/C5 [Klinikum Traunstein]

2.4 Verletzungsklassifikationen

2.4.1 Obere Halswirbelsäule

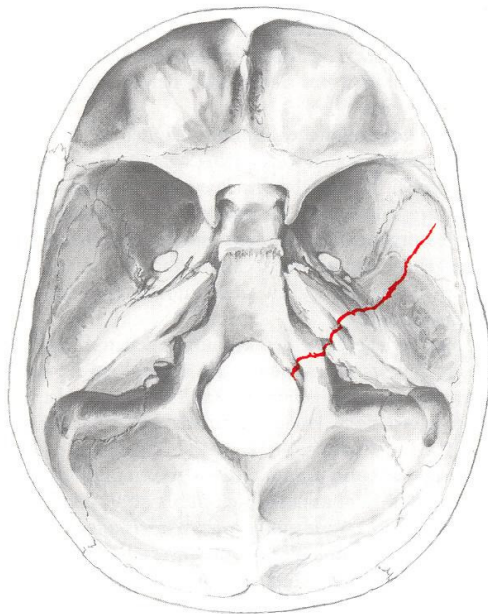
Etwa ein Drittel aller HWS-Verletzungen betreffen die oberen HWS [Kortmann et al., 2000, S. 134]. Ihre komplexe Anatomie erlaubt keine einheitliche Klassifikation, weshalb es Sinn macht, jedes Bewegungssegment und jeden Wirbel einzeln zu klassifizieren. Da die obere HWS einen dreiteiligen Gelenkkomplex darstellt, kommen Kombinationsverletzungen sehr häufig vor. Begleitende neurologische und vaskuläre Komplikationen führen überdurchschnittlich häufig zu einem letalen Ausgang. In einer Studie mit 300 Patienten wurden atlantookzipitale Dislokationen nur von 0,7% der Patienten überlebt, dagegen überlebten immerhin 23% atlantoaxiale Verletzungen [Bohlman, 1979, S. 1119-1142].

2.4.1.1 C0-Frakturen

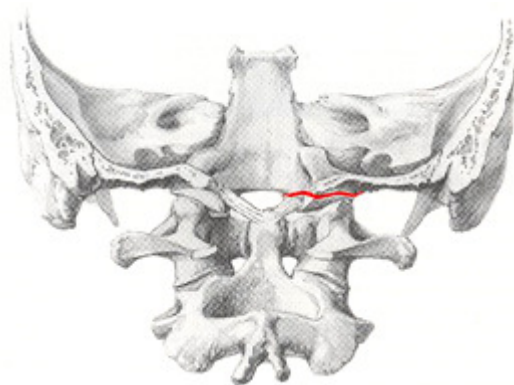
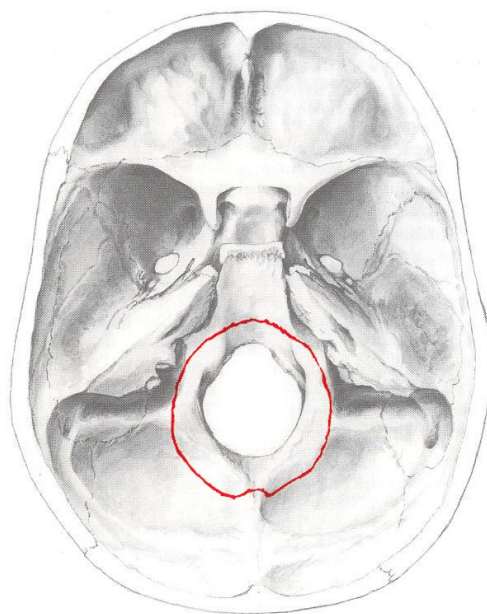
Zu den Verletzungen des kraniozervikalen Übergangs gehören die Frakturen der Okzipitalkondylen. Diese sind schwierig zu diagnostizieren und entsprechend selten beschrieben worden. Bis 1994 wurden weltweit etwa 45 Fälle beschrieben [Young et al., 1994, S. 257-261]. Jedoch konnten Alker et al. bei nahezu jedem vierten (24,4%) verstorbenen Unfallopfer radiologische Verletzungen der HWS nachweisen, die wiederum fast immer (93%) die Okzipitalkondylen betrafen [Alker et al., 1978, S. 1003-1010]. Ursachen sind meist Verkehrsunfälle mit sehr hoher Geschwindigkeit oder Stürze auf den Kopf. Zur verbreiteten Klassifikation nach Anderson und Montesano fügte Jeanneret einen weiteren Frakturtyp, die Ringfraktur der Schädelbasis, hinzu [Anderson and Montesano, 1988, S. 731-736], [Jeanneret, 1994, S. 31-37]. Nach Jeanneret werden nun folgende Frakturtypen unterschieden:

- Typ I als einstrahlende Schädelbasisfraktur, die entsprechende Hirnnervenausfälle zur Folge haben kann.
- Typ II entspricht einer Schädelbasisringfraktur.
- Typ III stellt eine Kompressionsfraktur der Gelenkfläche dar, die in der Regel keine neurologischen Komplikationen nach sich zieht.
- Typ IV als begleitende Abrissfraktur der Ligamenta alaria bei atlanto-occipitaler Distraktionsverletzung, die insbesondere in der kompletten Ausprägung massive und häufig letale neurologische Läsionen mit sich zieht.

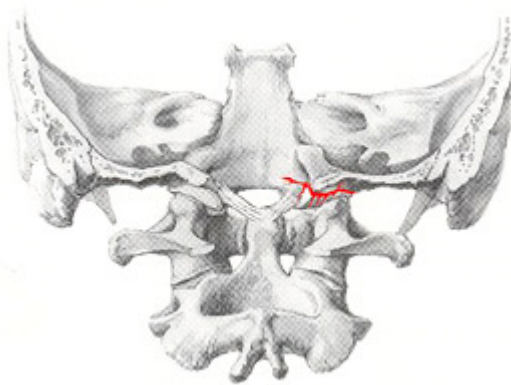
Typ I



Typ II



Typ III



Typ IV

Abbildung 13: Einteilung von Frakturen der Okzipitalkondylen in vier Typen nach Jeanneret [Jeanneret, 1994, S. 31-37], [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 62-63]

2.4.1.2 C0/C1-Atlanto-okzipitale Dislokationen

Auch bei der atlantookzipitalen Dislokation handelt es sich um eine seltene Verletzung, die entweder direkt am Unfallort oder wenige Stunden später zum Tod führt [Alker et al., 1975, S. 611-617], [Bucholz and Burkhead, 1979, S. 248-250], [Georgopoulos et al., 1987, S. 429-436]. Hummel und Plaue konnten jedoch anhand einer Literaturrecherche über 18 Patienten berichten, die aus einem Kollektiv von 28 Verletzten diese Dislokation langfristig überlebten [Hummel and Plaue, 1988, S. 311-319]. Auffallend häufig handelt es sich bei den Verletzten um Kinder, Jugendliche und vom Auto angefahrene Verkehrsteilnehmer. Anatomisch lässt sich die Häufigkeit durch die

nahezu horizontale Lage des Atlantookzipitalgelenks und die geringere Konkavität der Gelenkflächen beim Kind erklären [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 66-67]. Traynelis unterscheidet drei Verletzungsarten [Traynelis et al., 1986, S. 863-870]:

- Typ I beschreibt die ventrale Dislokation.
- Typ II beschreibt die dorsale Dislokation.
- Typ III beschreibt die axiale Dislokation.

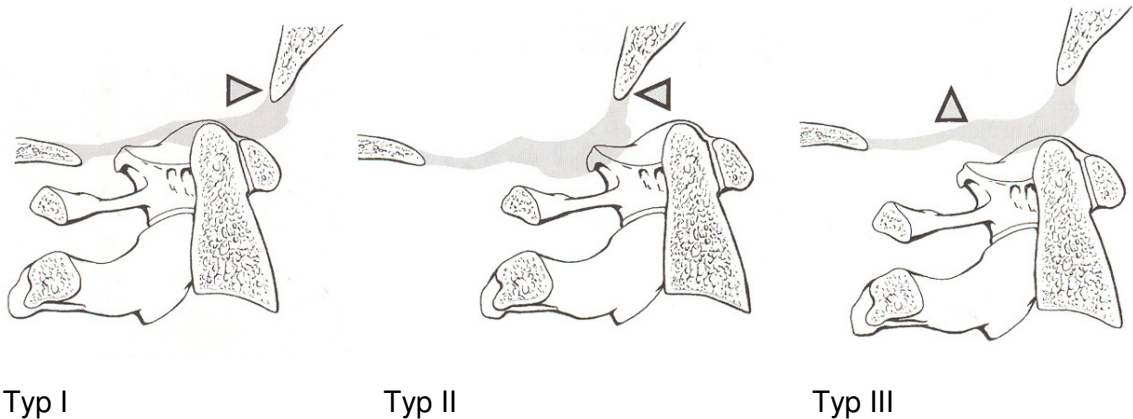


Abbildung 14: Einteilung der atlantookzipitalen Dislokation in drei Typen nach Traynelis [Traynelis et al., 1986, S. 863-870], [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 67]

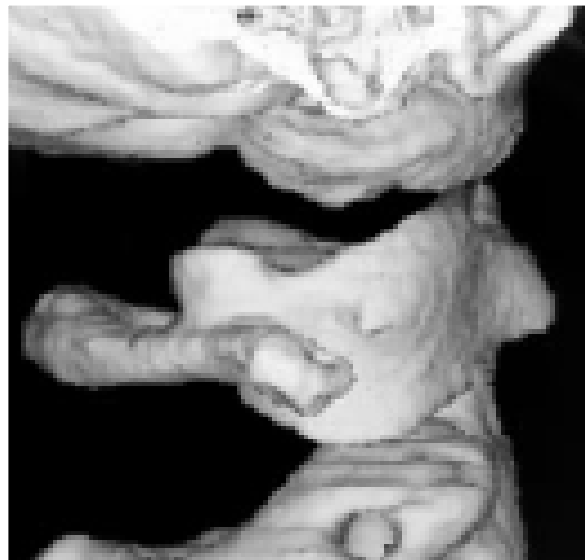


Abbildung 15: CT mit multiplanarer Rekonstruktion einer atlanto-okzipitalen Dislokation [Klinikum Traunstein]

2.4.1.3 C1-Frakturen des Atlas

Bis zu 13% aller HWS-Verletzungen betreffen den ersten Halswirbel und in 30-70% sind diese mit anderen Läsionen der HWS kombiniert [Sherk and Nicholson, 1970, S. 1017-1024], [Sonntag et al., 1988, S. 63-68]. Fowler beobachtete Frakturen des hinteren Atlasbogens besonders bei älteren Patienten, wohingegen Mehrfragmentfrakturen mit Beteiligung des vorderen und hinteren Bogens vorwiegend bei jüngeren Menschen auftraten [Fowler et al., 1990, S. 19-24]. Häufigste Ursachen sind Verkehrsunfälle und Stürze [Sonntag et al., 1988, S. 63-68]. Die bekannteste Klassifikation stammt von Gehweiler und unterscheidet fünf Frakturtypen [Gehweiler et al., 1980, S. 97-102]:

- Typ I beschreibt die isolierte Fraktur des vorderen Atlasbogens, die als stabile Abrissfraktur durch Zug des M. longus colli im Rahmen eines Hyperextensionstraumas entsteht.
- Typ II entspricht der isolierten, stabilen Fraktur des hinteren Atlasbogens, die nach mechanischen Gesichtspunkten immer beidseitig auftreten muss.
- Typ III bezeichnet die kombinierte Fraktur des hinteren und vorderen Atlasbogens und wird nach dem Erstbeschreiber auch Jefferson-Fraktur genannt. Bei unverschobenen Massae laterales atlantis handelt es sich um eine stabile Verletzung. Sind hingegen die Massae laterales disloziert liegt eine instabile Verletzung vor. 2-, 3-, 4- oder Mehrfragmentfrakturen sind möglich (siehe Abb. 16).
- Typ IV entspricht einer extrem seltenen isolierten, stabilen Fraktur einer Massa lateralis.
- Typ V ist eine ebenfalls seltene stabile, isolierte Fraktur eines Processus transversus atlantis.

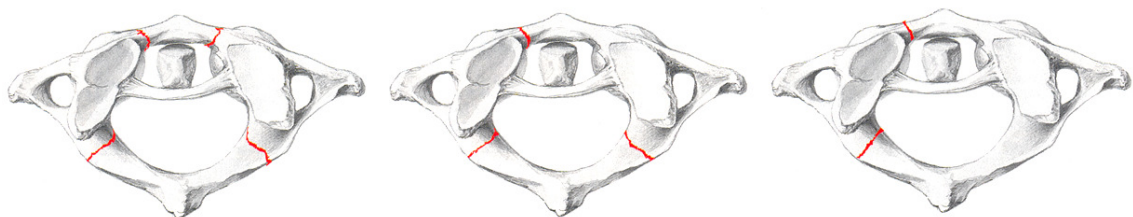


Abbildung 16: Stabile, kombinierte Frakturen des Atlas von links nach rechts als 4-, 3-, 2-Teile Fraktur [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 73]

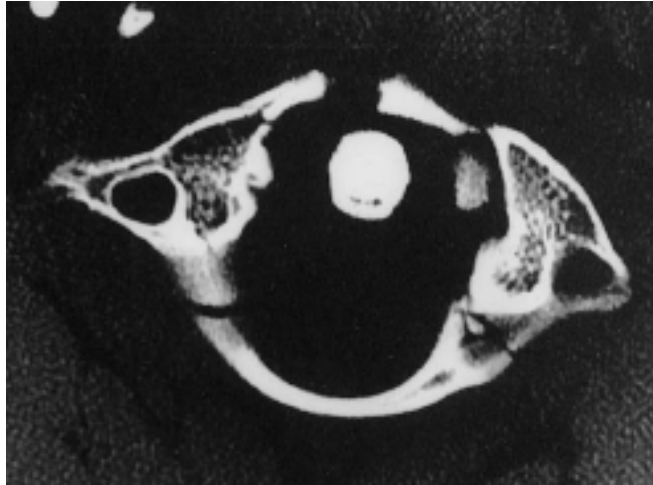


Abbildung 17: Instabile, dislozierte C1-Fraktur [Klinikum Traunstein]

2.4.1.4 C1/C2-Atlanto-axiale Dislokationen

Traumatische Luxationen zwischen den ersten beiden Halswirbeln kommen als translatorische Dislokation mit Sagittalverschiebung der Wirbel und als rotatorische Dislokation mit dem Dens axis als Drehzentrum vor. Am häufigsten kommt die translatorische instabile Dislokation nach ventral mit Zerreißung des Lig. transversum vor [Kortmann et al., 2000, S. 134-147]. Die Definition besagt, dass der atlantodentale Abstand auf röntgenologischen Funktionsaufnahmen mindestens 3 mm betragen muss [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 78-88].

Die rotatorische Dislokation unterteilten Fielding und Hawkins in vier Typen, von denen zwei nur im Zusammenhang mit degenerativen Krankheitsbildern beschrieben wurden [Fielding and Hawkins, 1977, S. 37-44]. Aufgrund der Komplexität dieser Verletzungen und dem teilweisen Zusammenhang mit degenerativen Erkrankungen soll an dieser Stelle auf eine detailliertere Darstellung verzichtet werden.

2.4.1.5 C2-Frakturen des Corpus und Dens axis

Die Frakturen des zweiten Halswirbelkrpers betreffen 17 – 27% aller Verletzungen der HWS [Gehweiler et al., 1980, S. 97-102], [Hadley et al., 1985, S. 281-290]. In zwei Drittel der Fälle handelt es sich um Frakturen vom Typ II und in ein Drittel der Fälle um Frakturen vom Typ III. Bei älteren Patienten stellt die Densfraktur die häufigste isolierte HWS-Verletzung dar. Bei Patienten über 79 Jahren kommt sie sogar häufiger vor als alle anderen HWS-Frakturen zusammen [Ryan and Henderson, 1992, S. 38-40]. Hyperextension und Hyperflexion sowie sagittale Scherkräfte mit axialer Kompression sind Hauptursache für C2-Frakturen [Schatzker et al., 1971, S. 392-405], [Althoff, 1979, S. 1-95]. Verbreitet und allgemein anerkannt ist die Einteilung der C2-Frakturen nach Anderson und D'Alonzo [Anderson and D'Alonzo, 1974, S. 1663-1674].

- Beim Typ I handelt es sich um eine Fraktur der Densspitze, die bisher nur selten beschrieben wurde. Vereinzelt wird dies als Abriss der Ligg. alaria bei instabilen Dislokationen beobachtet.
- Die Typ II-Fraktur repräsentiert die eigentliche Fraktur des Dens an der Densbasis. Die Frakturlinie läuft unterschiedlich von ventro-kranial nach dorso-kaudal oder umgekehrt, abhängig davon ob die Unfallursache zu einer Hyperextension oder zu einer Hyperflexion geführt hat. Atypische Frakturen mit sagittalen Frakturlinien sowie Trümmerzonen der Densbasis sind möglich [Kortmann et al., 2000, S. 140-143].
- Die Typ III-Fraktur beschreibt genau genommen keine Fraktur des Dens, da die Frakturlinie im Axiskörper verläuft. Selten sind Sagittalbrüche und Frakturen im Sinne einer Tear-drop-Verletzung.

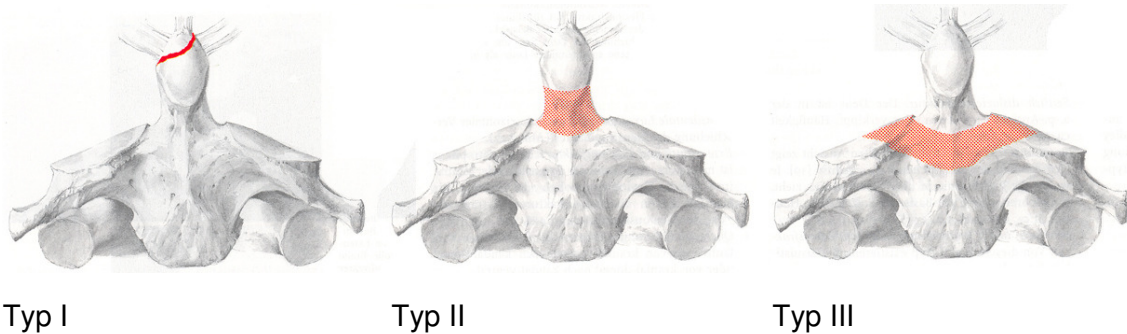


Abbildung 18: Einteilung der Densfrakturen nach anatomischen Gesichtspunkten in drei Typen nach Anderson und D'Alonzo 1974 [Anderson and D'Alonzo, 1974, S. 1663-1674], [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 89]

2.4.1.6 C2/C3-traumatische Spondylolisthese des Axis

Bei etwa 7% aller HWS-Verletzungen handelt es sich um eine Spondylolisthese des Axis [Gehweiler et al., 1980, S. 97-102]. Häufigste Unfallmechanismen sind Hyperextension kombiniert mit axialer Stauchung beim Autounfall und Hyperextension zusammen mit massiver und ruckartiger Distraction beim Erhängen. Der Begriff *hangman-fracture*, der die Instabilität C2/C3 mit begleitender Bogenfraktur C2 beschreibt, wurde von Schneider et al. geprägt [Schneider et al., 1965, S. 141-154]. Die am häufigsten verwendete Einteilung ist die von Effendi [Effendi et al., 1981, S. 319-327].

- Typ I bezeichnet eine nicht oder wenig dislozierte Spondylolyse mit minimaler Verschiebung des Wirbelkörpers C2. Die Fraktur kann den Axisring betreffen und auch in den Corpus C2 ziehen. Die Bandscheibe verbleibt intakt und das Gesamtbild ist als stabil anzusehen.

- Typ II fasst drei Untergruppen zusammen, die eine ventrale Dislokation des Corpus C2 und eine Verletzung des Bandscheibensegmentes C2/C3 gemeinsam haben. Beim ersten Untertyp befinden sich Corpus und Dens in Extension, beim zweiten in Flexion und beim dritten besteht nur eine Verschiebung nach vorne.
- Typ III bleibt der schwersten und instabilsten Verletzungsform mit Dislokation des Corpus in Hyperflexion vorbehalten und ist durch eine zusätzliche Verrenkung der kleinen Wirbelgelenke gekennzeichnet.

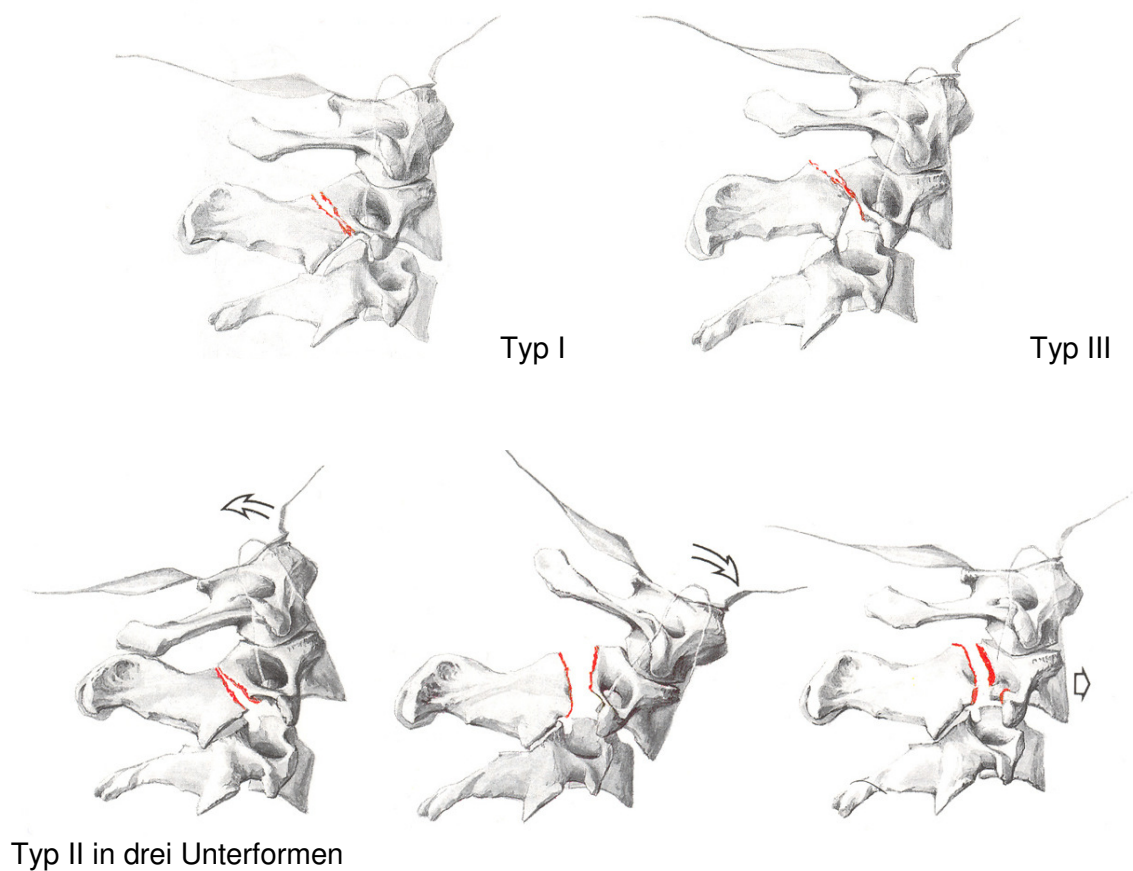


Abbildung 19: Traumatische Spondylolisthesis in drei Typen nach Effendi [Effendi et al., 1981, S. 319-327], [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 101]



Abbildung 20: links: Traumatische Spondylolisthesis C2/C3; rechts: operative Versorgung mit ventraler Spondylodese C2/C3 [Klinikum Traunstein]

2.4.2 Untere Halswirbelsäule

Verletzungen der unteren HWS machen knapp 80% aller Läsionen der gesamten HWS aus [Aebi et al., 1986, S. 244-257], [Bohlman, 1979, S. 1119-1142]. Die Segmente C5/C6 und C6/C7 sind die am häufigsten verletzten Segmente. Eine allgemein akzeptierte Klassifikation gibt es für die untere HWS noch nicht [Aebi and Nazarian, 1987, S. 27-36]. Aebi und Nazarian unterteilten Verletzungen in ossäre, osteo-ligamentäre und ligamentäre Verletzungen. Es zeichnet sich jedoch ab, dass die von Magerl et al. für die Brust- und Lendenwirbelsäule entwickelte Klassifikation auf Grundlage der AO-Einteilung für lange Röhrenknochen auch für die untere HWS sinnvoll angewendet werden kann, denn sie erfasst den Großteil aller Verletzungen, berücksichtigt den Schweregrad und gibt Hinweise auf therapeutisches Vorgehen [Magerl et al., 1994, S. 184-201]. Diese Klassifikation basiert auf bildgebenden Verfahren und auf morphologischen Kriterien [Reinhold et al., 2006a, S. 474]. In Anlehnung an die Magerl-Klassifikation der Brust- und Lendenwirbelsäule lassen sich die Verletzungen der unteren HWS in drei Hauptgruppen einteilen (siehe Abb. 21).

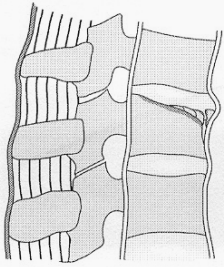
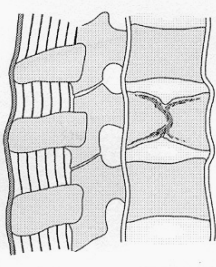
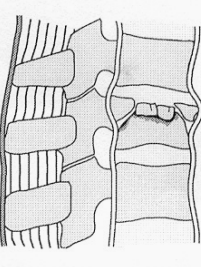
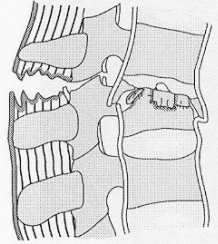
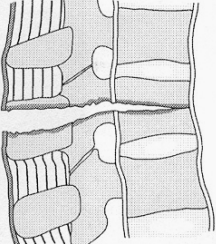
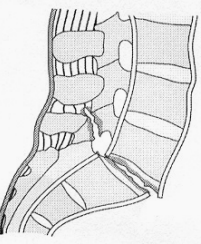
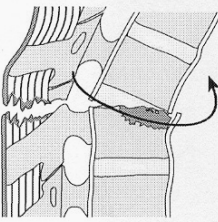
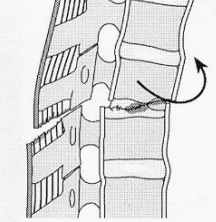
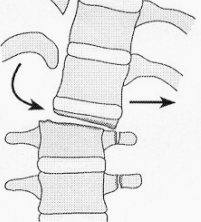
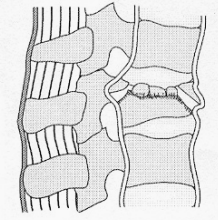
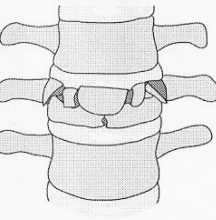
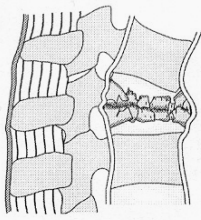
<p>Typ A</p> <p>Mechanismus: Kompression</p> <p>Radiologische Merkmale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wirbelkörper-Höhenminderung • Wirbelkörperspaltung • vergrößerter Interpedikelabstand • intraspinale Fragmente 	<p>A 1: Impaktionsbrüche¹</p> 	<p>A 2: Spaltbrüche²</p> 	<p>A 3: Berstungsbrüche</p> 
<p>Stabilität:</p>	<p>stabil</p>	<p>meist stabil²</p>	<p>siehe Untergruppen</p>
<p>Typ B</p> <p>Mechanismus: Distraction</p> <p>Radiologische Merkmale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vergrößerter Dornfortsatzabstand • (Sub-)Luxation der Facettengelenke • Überhöhung der Wirbelkörper-Hinterkante • Querfrakturen • Abrissfragmente dorsaler Wirbelkörperecken 	<p>B 1: dorsale Bandzerreiung mit ...³</p> 	<p>B 2: dorsale ossäre Zerreißung mit ...⁴</p> 	<p>B 3: Zerreißung der Bandscheibe mit ...⁵</p> 
<p>Stabilität:</p>	<p>instabil</p>		
<p>Typ C</p> <p>Mechanismus: Rotation</p> <p>Radiologische Merkmale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lateralversetzung der Wirbelkörper • Pedikelasymmetrie • Versetzung der Dornfortsätze • Frakturen der Querfortsätze • einseitige (Sub-)Luxation/Fraktur von hinteren Wirbelabschnitten • unilaterale Rippenfraktur/Exartikulationen 	<p>C 1: Typ-A-Verletzung mit Rotation</p> 	<p>C 2: Typ-B-Verletzung mit Rotation</p> 	<p>C 3: Rotationscherbrüche</p> 
<p>Stabilität:</p>	<p>hochgradig instabil</p>		
<p>Untergruppen Typ A3</p> <p>Kennzeichen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • typisches oberes, nach dorsal verlagertes Hinterkantenfragment • Fraktur des Bogens oder Dornfortsatzes • Verletzung einer oder beider angrenzender Bandscheiben • intakter dorsaler Bandapparat 	<p>A 3.1: inkompletter Berstungsbruch</p> 	<p>A 3.2: Berstungsspaltbruch</p> 	<p>A 3.3: kompletter Berstungsbruch</p> 
<p>Stabilität:</p>	<p>unklar, wahrscheinlich stabil</p>	<p>unklar, wahrscheinlich stabil</p>	<p>unklar, wahrscheinlich instabil</p>
<p>¹ Sonderformen: Deckplattenimpression (A 1.1), Keilbruch (A 1.2), Wirbelkörperimpaktion („Fischwirbel“, A 1.3) ² sagittale (A 2.1) und frontale (A 2.2) gelten als stabil, frontale Spaltbrüche mit gleichzeitiger Wirbelkörper-Zertrümmerung und Einbruch von Bandscheibengewebe („Kneifzangenfraktur“, A 2.3) als instabil ³ mit Zerreißung der Bandscheibe (B 1.1) oder begleitender Typ-A-Fraktur (B. 1.2) ⁴ mit Zerreißung des Wirbelkörpers (B 2.1) oder der Bandscheibe (B 2.2) oder begleitender Typ-A-Fraktur (B 2.3) ⁵ mit Subluxation oder Fraktur der Gelenkfortsätze (B 3.1), mit Spondylose (B 3.2) oder hinterer Luxation (B 3.3)</p>			

Abbildung 21: Synoptische Einteilung der Wirbelsäulenverletzungen nach Magerl [Magerl et al., 1994, S. 184-201], [Bohndorf, 2006, S. 57]

2.4.2.1 Typ-A-Verletzungen: Verletzungen vorderer Elemente durch Kompression

Typ A beinhaltet die Verletzungen des Wirbelkörpers ohne wesentliche Läsion dorsaler Strukturen [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 156-158]. A1 bezeichnet die reine Impaktion mit Deckplatteneinbruch oder Keilwirbelbildung. Die vordere Wirbelkörperwand kann bis auf 50% ihrer ursprünglichen Höhe komprimiert sein, wohingegen die Höhe der Hinterwand erhalten bleibt. Die Wirbelkörper und die kleinen Wirbelgelenke sind nicht gegeneinander verschoben. A2 ist durch eine Spaltbildung des Wirbelkörpers in der Frontal- oder Sagittalebene gekennzeichnet. Frontale Spaltfrakturen entsprechen der einfacheren Form einer Tear-drop-Verletzung [Kahn and Schneider, 1956, S. 985-997]. Sie kommen typischerweise auf Höhe von C5 vor. A3 steht für die Berstungsbrüche in inkompletter und kompletter Ausdehnung. Es kommt zu einer Verlagerung der Hinterwand eines Wirbelkörpers in den Spinalkanal und einer sagittalen Spaltbildung des Wirbelbogens. Der Befund geht häufig mit einer inkompletten oder kompletten Tetraplegie einher [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 156-158]. Der typische Unfallmechanismus ist der Sprung in zu flaches Gewässer. Die Typ A-Verletzungen können als vordere Verletzungskomponente in den folgenden Typen B und C vorkommen.

Tabelle 1: Typ-A-Verletzungen der unteren HWS [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 156]

Typ-A-Verletzung vorwiegend vorderer Elemente durch Kompression		
A1	Impaktion	A1.1 Deckplatteneinbruch A1.2 Keilwirbelbildung A1.3 Kollaps des Wirbelkörpers (Osteoporose)
A2	Spaltbildung	A2.1 Spaltung in der Frontalebene ohne Dislokation A2.2 Spaltung in der Frontalebene mit Dislokation A2.3 Spaltung in der Sagittalebene mit/ohne Spaltung in der Frontalebene
A3	Berstung	A3.1 Inkompletter Berstungsbruch A3.2 Kompletter Berstungsbruch

2.4.2.2 Typ-B-Verletzungen: Verletzungen vorderer und/oder hinterer Elemente durch Distraction

Typ B-Formen sind durch Zerreißen dorsaler Strukturen infolge übermäßiger Distractionskräfte mit entsprechender Instabilität charakterisiert. B1 steht für vorwiegend knöcherne Verletzungen der hinteren Bögen, Pedikel und Facettengelenke. Sie entstehen durch axiale Krafteinwirkung in Flexionsstellung und haben typischerweise eine Erweiterung des Dornfortsatzabstandes [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 159-164]. B2 kennzeichnet die klassische discoligamentäre Verletzungsform, wobei die Untergruppen den Grad der Dislokation bis hin zur beidseitigen Verrenkung

der kleinen Wirbelgelenke und Translation der Wirbel gegeneinander angeben [Bühren, 2002, S. 1049-1066]. Besonders gering ausgeprägte discoligamentäre Instabilitäten können auf den ersten Röntgenbildern unbemerkt bleiben, da sie sich z.B. nur durch einen gering erweiterten Bandscheibenraum bemerkbar machen können. Rizzolo et al. konnten zeigen, dass HWS-Luxationen mit hohen Raten an neurologischen Komplikationen einhergehen [Rizzolo et al., 1994, S. 2288-2298]. Eine komplette Querschnittslähmung wiesen 40% dieser Patienten auf und weitere 40% eine inkomplette Querschnittslähmung. In B3 sind die Hyperextensionsverletzungen zusammengefasst, die durch Zerreißung der Bandscheibe und der angrenzenden Endplatten der Wirbelkörper charakterisiert sind. Typischer Verletzungsmechanismus ist die axiale Kompression in Extensionsstellung der HWS bei einem Sturz auf Gesicht oder Stirn. Am häufigsten zerreißt das Segment C6/C7. In einigen Arbeiten machen Hyperextensionsverletzungen den Großteil der HWS-Verletzungen aus [Marar, 1974, S. 1648-1654]. In dieser Studie wiesen fast alle dieser Patienten Gesichtsverletzungen und 37 von 49 Patienten (75,5%) Myelonschdigungen auf.

Tabelle 2: Typ-B-Verletzungen der unteren HWS [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 159]

Typ-B-Verletzungen hinterer und/oder vorderer Elemente durch Distraction (können mit Typ A-Verletzungen der vorderen Säule kombiniert sein)		
B1 <i>Vorwiegend ossäre Verletzungen der hinteren Elemente</i>	„Knöcherne Distractionsverletzung“ „Luxationsfraktur“	B1.1 Querfraktur durch den Bogen B1.2 Fraktur durch die Facettengelenke beidseits B1.3 Fraktur durch die Pedikel
B2 <i>Vorwiegend ligamentäre Verletzungen der hinteren Elemente</i>	„diskoligamentre Instabilität“ „Luxation“ „Luxationsfraktur“	B2.1 Zerreißung des hinteren Ligamentkomplexes mit <i>Subluxation</i> der kleinen Wirbelgelenke beidseits bis zur <i>reitenden Verrenkung</i> B2.2 Zerreißung des hinteren Ligamentkomplexes mit <i>Luxation</i> der kleinen Wirbelgelenke beidseits (<i>verhakete Gelenke</i>) B2.3 Zerreißung des hinteren Ligamentkomplexes mit <i>Luxation und/oder Fraktur</i> der kleinen Wirbelgelenke beidseits und <i>Translation nach vorne</i>
B3 <i>Ventrale Dislokation durch die Bandscheibe mit Extension</i>	„Hyperextensionsverletzung“	B3.1 Zerreißung der Bandscheibe mit knöchernem Ab-/Ausri von Grund- oder Deckplatten B3.2 Reine Zerreißung der Bandscheibe B3.3 Zerreißung der Bandscheibe mit Isthmusfraktur und dorsaler Dislokation

2.4.2.3 Typ-C-Verletzungen: Verletzungen hinterer und vorderer Elemente durch Rotation

Beim Typ C handelt es sich um eine inhomogene Gruppe. Neben speziellen, nicht klassifizierbaren Verletzungen (C3) gehen die Typen C1 und C2 immer mit Zerreißung dorsaler Elemente einher [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 164-167]. C1 kennzeichnet die Kombination einer rotatorischen Komponente mit dem Typ A im Sinne einer Luxationsfraktur. C2 steht für eine Kombination mit Typ B im Sinne einer einseitigen Subluxation oder verhakten Verrenkung, sog. Rotationssubluxation. Entstehungs-

mechanismus ist eine übermäßige Beugung, Rotation und Distraktion [Young et al., 1989, S. 103-107]. C3 fasst spezielle Verletzungsformen mit hoch instabilen queren knöchernen Separationen zusammen.

Tabelle 3: Typ-C-Verletzungen der unteren HWS [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 165]

Typ-C-Verletzungen hinterer und vorderer Elemente durch Rotation (immer mit einer Typ B- und/oder Typ A-Verletzung kombiniert)		
C1 <i>Mit Verletzungen vom Typ A kombiniert</i>	„Luxationsfraktur“	
C2 <i>Mit Verletzungen vom Typ B kombiniert</i>	„einseitige Verrenkung“ „Rotations(sub)luxation“ „traumatische rotatorische Dislokation“	C2.1 Unifacettale Fraktur C2.2 Unifacettale Subluxation C2.3 Unifacettale Luxation mit Verhakung
C3 <i>Spezielle Verletzungen</i>	C3.1: „Separation eines Gelenkmassives“	C3.1 Unilaterale Frakturdislokation der Massa lateralis C3.2 „Slice fracture“ C3.3 Trennung der Wirbelkörper über mehrere Segmente



Abbildung 22: CT mit multiplanarer Rekonstruktion: Luxationsfraktur C6/C7 Typ C1 [Klinikum Traunstein]

2.5 Behandlung von Halswirbelsäulenverletzungen

Die Behandlung eines wirbelsäulenverletzten Patienten beginnt am Unfallort. Bei Patienten mit dem geringsten Verdacht auf eine HWS-Läsion ist eine professionelle Erstbehandlung mit Immobilisation der HWS und einer schonenden Lagerung erforderlich. Voraussetzung für eine optimale Versorgung ist ein rascher Transfer des Patienten in eine entsprechend ausgestattete Klinik. In einer Studie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) wurden 29% der relevanten HWS-Verletzungen konservativ und 71% operativ behandelt [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 401-413]. An der oberen HWS gibt es zahlreiche gute Indikationen für eine äußere und zeitlich begrenzte Stabilisation, während an der unteren HWS dauerhafte operative Verfahren zur Stabilisation bevorzugt werden [Bühren et al., 1998, S. 907-913].

2.5.1 Konservative Behandlung

Die konservative Therapie umfasst die äußere Ruhigstellung durch weiche, harte und steife Zervikalstützen. Orthesen werden präklinisch bei Verdacht auf eine Läsion der HWS oder später zur Behandlung von stabilen Verletzungen und zur postoperativen Ruhigstellung benutzt. Da die konservativen Behandlungen in dieser Arbeit nicht eingeschlossen sind, soll an dieser Stelle auf eine nähere Erläuterung verzichtet werden.

2.5.2 Halofixateur

Der Halofixateur wurde 1959 das erste Mal von Perry und Nickel aus dem *Respiratory and Rehabilitation Center for Poliomyelitis, Los Angeles*, verwendet [Perry and Nickel, 1959, S. 37-60]. Der Haloring wurde über ein Gestell an einem Rumpfgipsverband befestigt und half vor allem Patienten, die an Lähmungen der Halsmuskulatur litten [Nickel et al., 1989, S. 4-11]. Heute gibt es eine Vielzahl von Halofixateuren mit Halowesten in unterschiedlichen Größen. Vorteile sind die fast vollständige Immobilisation, die variablen Verstellmöglichkeiten während der Behandlung und die Möglichkeit einer ambulanten Weiterbehandlung. Anwendung findet der Halofixateur zur notfallmäßigen Ruhigstellung bei Patienten mit Kontraindikationen zu operativen Versorgung oder therapeutisch bei einigen Verletzungen der oberen HWS. Dazu zählen laut Kortmann C0-Frakturen Typ III und IV nach Jeanneret, atlantookzipitale Dislokationen, C1-Frakturen, C2-Frakturen Typ I und III nach Anderson and D'Alonzo und die traumatische Spondylolisthesis des Axis Typ II nach Effendi [Kortmann et al., 2000, S. 134-147], [Jeanneret, 1994, S. 3.1-3.37], [Anderson and D'Alonzo, 1974, S. 1663-1674], [Effendi et al., 1981, S. 319-327].

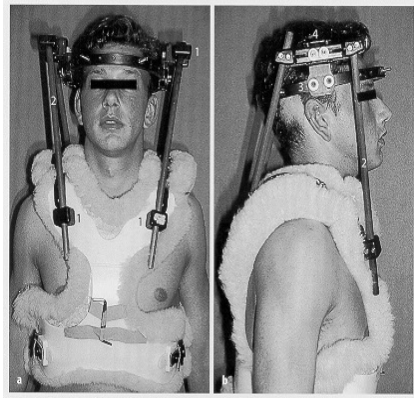


Abbildung 23: Halofixateur [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 117]

2.5.3 Operative Behandlung

Wesentliche Operationsziele sind die Reposition der Fehlstellung, die effektive Dekompression des Spinalkanals und die dauerhafte Stabilisierung des verletzten Abschnitts [Bühren, 2002, S. 1049-1066]. Nach Bühren lassen sich folgende Richtlinien für einen günstigen Operationszeitpunkt formulieren:

- Dringlich (möglichst sofort) werden alle Verletzungen mit neurologischen Ausfällen versorgt, wenn das Verletzungsmuster eine Besserung durch Dekompression verspricht. Eine Dekompression wird durch eine Reposition der Fehlstellung und ggf. direkter Freilegung des Spinalkanals erreicht. Offene Verletzungen und Begleitverletzungen der Halsorgane werden ebenfalls mitversorgt.
- Eine zügige operative Versorgung (innerhalb von 24 Stunden) erfordern hochgradig instabile Verletzungen, insbesondere bei starker Dislokation und wenn sekundär neurologische Ausfälle zu erwarten sind. Außerdem sollten alle Polytrauma- und Schädel-Hirn-Trauma-Patienten möglichst rasch versorgt werden, um eine sichere Lagerung des Patienten auf der Intensivstation zu gewährleisten und um komprimierende Halsverbände zu vermeiden. Gleiches gilt auch für Tetraplegien, da eine zügige Versorgung einen nachweisbaren positiven Effekt auf Überlebensquote, Komplikationsrate und Rehabilitationsmöglichkeiten hat [Bühren et al., 1999, S. 2-12].
- Elektiv werden alle Frakturen und Instabilitäten operiert, die keine neurologischen Auffälligkeiten aufweisen und die sich über äußere Ruhigstellung (Halo-Fixateur) temporär sicher retinieren lassen.

2.5.3.1 Dorsaler Zugangsweg

Der dorsale Zugang eignet sich besonders für Fusionsoperationen des okzipito-zervikalen Übergangs und der oberen HWS. Der Patient befindet sich in Bauchlage.

Der Hautschnitt erfolgt streng in der Mittellinie direkt über den tastbaren Dornfortsätzen. Bei richtiger mittiger Präparation bis auf die Dornfortsätze müssen keine Muskelfasern durchtrennt werden. Die sehnigen Ansätze der tiefen Nackenmuskulatur werden scharf abpräpariert, um subperiostal auf die Wirbelbögen zu gelangen. Wesentliche Komplikationen sind die Verletzung der A. vertebralis, der V. cervicalis profunda und des N. occipitalis major. Anwendungsgebiete nach Tscherne und Blauth sind [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 62-150, 154-238]:

- Okzipitozervikale Fusion mit Y-Platte nach Grob mit autogener, kortikospongiöser Knochentransplantation [Grob et al., 1991, S. 17-S24]
- Dorsale atlantoaxiale Fusion mit Cerclage und Knochenspänen nach Brooks oder Gallie [Brooks and Jenkins, 1978, S. 279-284], [Gallie, 1939, S. 495]
- Dorsale atlantoaxiale Fusion mit transartikulärer Verschraubung nach Magerl [Magerl and Seemann, 1986, S. 322-327]
- Dorsale Verschraubung der traumatischen Spondylolisthesis nach Judet et al. [Judet et al., 1970, S. 155-164]
- Dorsale Spondylodese mit Cerclage an der unteren HWS [Bohlman, 1985, S. 163-187]
- Dorsale Plattenfixation der unteren HWS [Judet et al., 1970, S. 155-164]
- Hakenplattenspondylodese der unteren HWS [Grob and Magerl, 1987b, S. 55-61]
- Dorsale Spondylodese mit CerviFix [Jeanneret, 1996, S. 350-356]

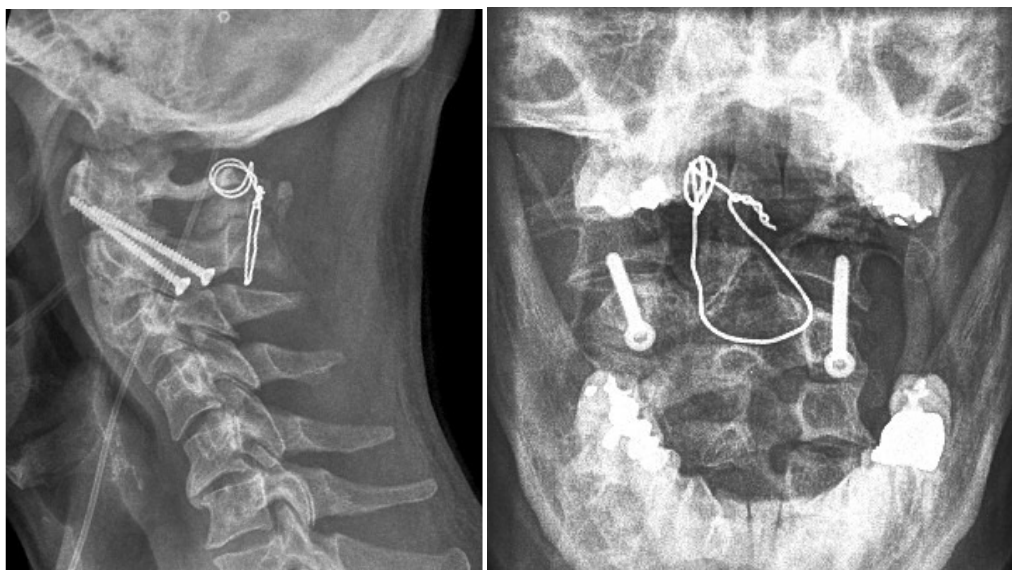


Abbildung 24: Dorsale atlantoaxiale Densverschraubung und Galliefusion [Klinikum Traunstein]

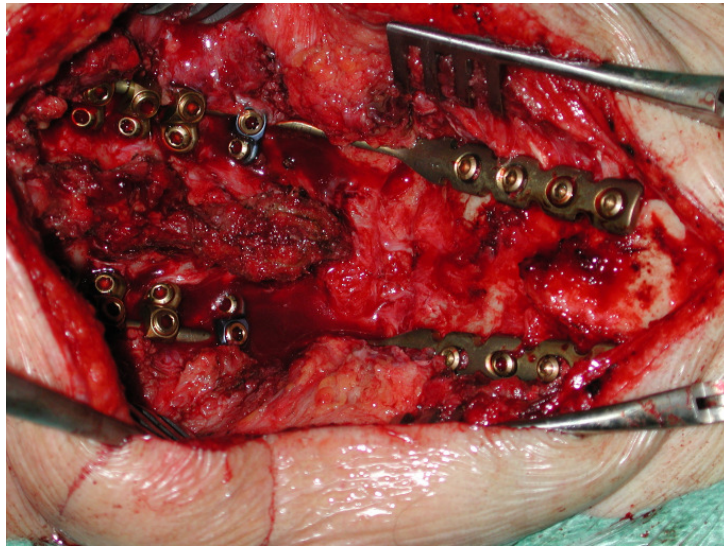


Abbildung 25: Dorsale Spondylodese des okzipitozervikalen Übergangs mit CerviFix: intraoperativer Situs [Klinikum Traunstein]

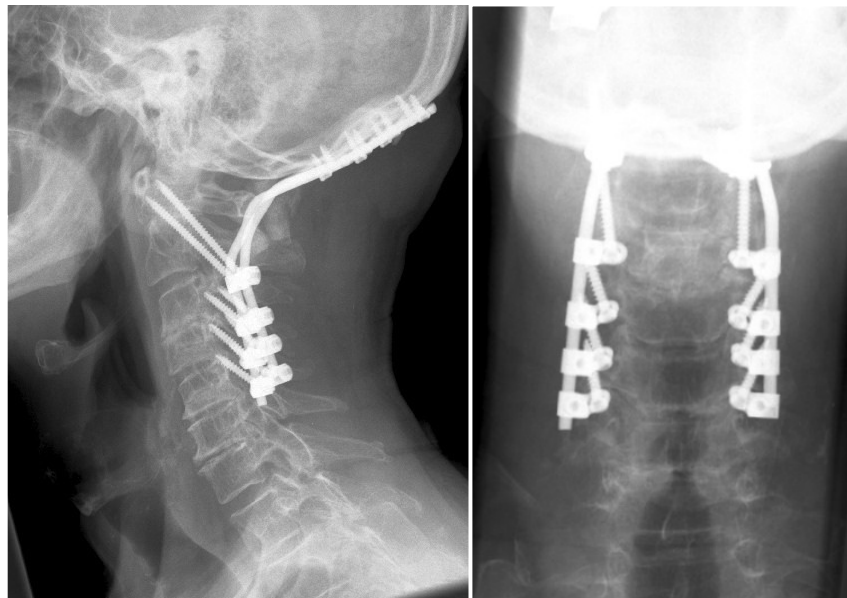


Abbildung 26: Dorsale Spondylodese des okzipitozervikalen Übergangs mit CerviFix [Klinikum Traunstein]

2.5.3.2 Ventraler Zugangsweg

Der Patient befindet sich in Rückenlage. Der ventrale Standardzugang erfolgt durch wahlweise rechts- oder linksseitige Inzision von Haut und Platysma. Die Inzisionshöhe von unterhalb des Kieferwinkels bis ein Fingerbreit proximal der Klavikula richtet sich nach der Höhe des zu versorgenden Segmentes [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 200-209]. Das unmittelbar unter dem subkutanen Fettgewebe liegende Platysma wird quer durchtrennt, bis die Fascia colli superficialis sichtbar wird. Der mediale Rand des M. sternocleidomastoideus wird als erste Leitstruktur aufgesucht und der Raum zur infrahyoidalen Muskulatur eröffnet. An der zweiten Leitstruktur, dem Gefäßnervenbündel mit der A. carotis communis, gelangt man medial direkt auf die tiefe Halsfaszie. Nach deren vollständiger Spaltung in Längsrichtung kommen die Muskelfaszien der Mm. longus colli zum Vorschein. Gelegentlich müssen die zwischen viszeraler und vaskulärer Halsachse verlaufenden Gefäße durchtrennt werden. Im unteren Teil sind es A. und V. thyreoidea inferior, im oberen Teil die entsprechenden Superiorgefäße. Ist man unter die prävertebrale Faszie gelangt, können die Weichteile leicht nach kaudal und kranial abgeschoben werden. Die Hauptgefäß- und Nervenstraße verbleibt also lateral und die Halseingeweide wie Ösophagus, Trachea und Schilddrüse werden nach medial weggehalten. Im Situs ist vor allem der N. reccurens durch Hakendruck gefährdet. Weitere Gefahren sind Verletzungen der A. vertebralis, des Ösophagus und der Trachea sowie bedrohliche Puls- und Blutdruckdepressionen durch übermäßigen Druck auf die großen Halsgefäße. Während der Operation erfolgt eine ständige Röntgenkontrolle mit zwei Bildwandlern in zwei Ebenen.

Das wichtigste ventrale Operationsverfahren an der oberen HWS besteht in der Kompressionsosteosynthese des Dens axis mit ein oder zwei Zugschrauben [Grob and Magerl, 1987b, S. 55-61], [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 139-149]. Der Patient wird mit Halo-Ring und Haltegerät gelagert. Fehlstellungen werden damit indirekt reponiert. Der Zugang ist der gleiche wie oben beschrieben. Nach dem Bohren prüft der Operateur mit einem langen Spickdraht und den Bildwandlern, ob die gewünschte Schraubenrichtung eingehalten wurde. Nun folgt das Einbringen der ersten Schraube zur Kompression, dann das Einbringen der zweiten Schraube zur Verhinderung der Rotation. Jedoch kann es beim Einbringen der zweiten Schraube mit eventuell mehreren Bohrversuchen zu einer Verschlechterung der Stabilität kommen [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 142-143].



Abbildung 27: Ventrale Verschraubung des Dens Axis [Klinikum Traunstein]

Die ventrale interkorporelle Spondylodese wird am Segment C2/C3 gleichermaßen häufig angewandt wie an der kompletten unteren HWS. Die Technik unterscheidet sich nicht wesentlich. Southwick und Robinson berichten 1957 über erste Erfahrungen der ventralen Spondylodese bei HWS-Verletzungen [Southwick and Robinson, 1957, S. 631-644]. Anfang der 70er Jahre begann die Etablierung dieser Technik in der Wirbelsäulenchirurgie [Böhler, 1971, S. 132-136], [Orozco and Llovet, 1970, S. 285-288], [Senegas and Gauzere, 1976, S. 123-128]. Im ersten Operationsschritt wird die zerstörte Bandscheibe ausgeräumt, bei Trümmerbrüchen wird der Wirbelkörper mit oberem und unterem Bandscheibenanschluss resiziert. Das Ziel ist die Dekompression des Spinalkanals. Im zweiten Operationsschritt wird die vordere Säule druckstabil rekonstruiert. Dies erfolgt durch Einpressen eines entsprechend vorbereitet autologen Beckenkammspans oder aber unter der Verwendung eines Wirbelkörperersatz-implantats. Im dritten Operationsschritt wird der zu fusionierende Abschnitt mit einer Plattenosteosynthese überspannt.

Zur Verfügung stehen zwei Titan-Plattensysteme. Zunächst die in den 70er Jahren von Orozco und Llovet entwickelte winkelinstante H-Platte [Orozco and Llovet, 1970, S. 285-288]. Für diese Platte ist es notwendig die Schrauben bikortikal und somit unter Durchbohrung der Wirbelkörperhinterwand zu fixieren.

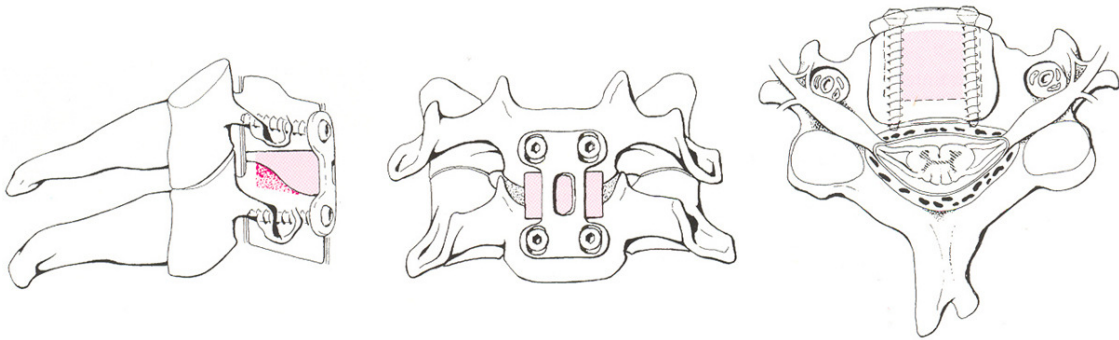


Abbildung 28: Plattenlage bei monosegmentaler interkorporeller Spondylodese mit H-Platte nach Orozco [Orozco and Llovet, 1970, S. 285-288], [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 218].

Wegen des Risikos einer Verletzung neurogener Strukturen durch den Bohrvorgang oder durch überstehende Schrauben haben sich mittlerweile die monokortikalen Verankerungen durchgesetzt [Bühren, 2002, S. 1049-1066]. Diese werden mit dem Verriegelungssystem von Morscher et al. verwendet: Cervical Spine Locking Plate (CSLP) [Morscher et al., 1986, S. 702-707]. Je nach Anzahl der zu fusionierenden Segmente gibt es unterschiedlich lange Platten. Als Beispiel für eine bisegmentale Versteifung siehe Abb. 29. Die winkelstabile Verbindung zwischen Schraube und Platte kommt durch Eindrehen eines Spreizkonus in den Schraubenkopf zustande. Dies ist die im Klinikum Traunstein am meisten verwendete Platte.



Abbildung 29: 6-Loch Morscherplatte zur bisegmentalen ventralen interkorporellen Spondylodese [Synthes, 2011]

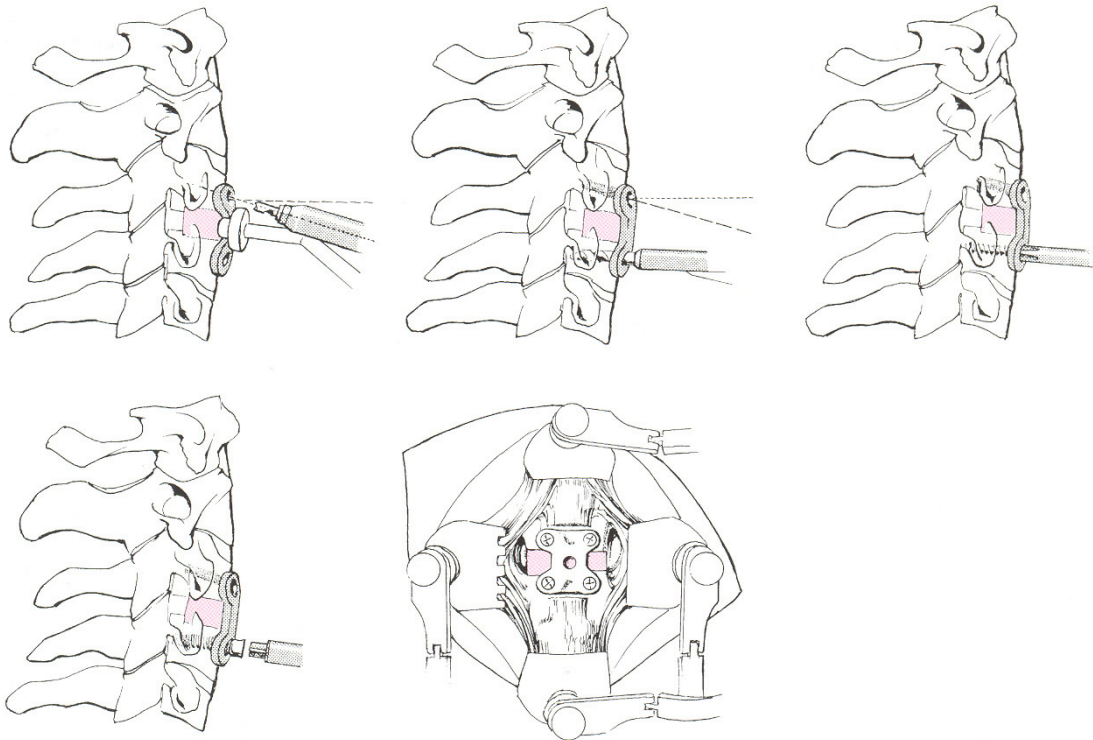


Abbildung 30: Die Halswirbel-Verriegelungsplatte nach Morscher. Von links oben nach rechts unten: sorgfältiges Anpassen einer Platte, Bohren mit Anschlag auf 14 mm, Gewindeschneiden, Verriegelung der Schraube mit einem Spreizkonus, endgültige Spondylodese [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 220]

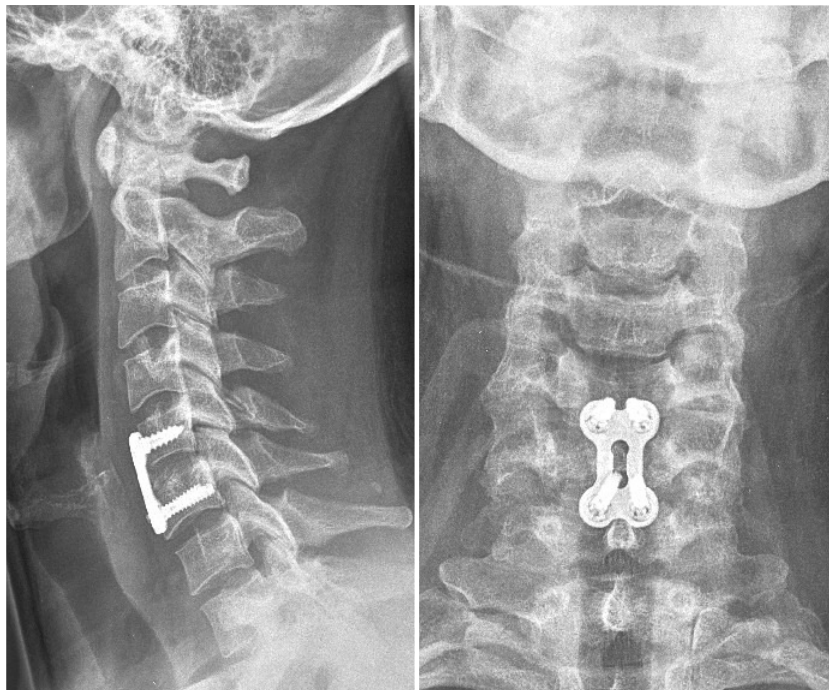


Abbildung 31: Monosegmentale Fusion C5/C6 mit 4-Loch-Morscherplatte [Klinikum Traunstein]

2.6 Posttraumatische Veränderungen an der HWS

Nicht nur die Halswirbelsäulenverletzung selbst, auch der operative Eingriff trägt zur Entwicklung posttraumatischer Veränderungen an der HWS bei. Den größten Einfluss darauf hat die Schwere der Verletzung mit den knöchernen und discoligamentären Läsionen. Eine posttraumatische Spinalkanalstenose kann ferner zu einer Myelopathie führen. Der operative Eingriff, insbesondere von dorsal, birgt die Gefahr von zusätzlichen Läsionen der muskulären und ligamentären Strukturen. Ausschlaggebend für posttraumatische Veränderungen ist außerdem die Anzahl der versteiften Segmente. Das Ausmaß der posttraumatischen Veränderungen ist auch abhängig vom degenerativen Zustand der HWS zum Unfallzeitpunkt. Es werden funktionelle und radiologische Veränderungen an den kranialen und kaudalen Nachbarsegmenten unterschieden.

2.6.1 Funktionelle Veränderungen

Das Prinzip der unfallchirurgischen Versorgung von HWS-Verletzungen besteht darin, Instabilitäten mittels Schrauben, Draht und/oder Platten zu fixieren. Dies führt bei Versteifungen eines oder mehrerer Segmente zu einem Bewegungsverlust des fusionierten Segmentes. Ausnahmen stellen die direkte Verschraubungen des Dens Axis und die direkte Verschraubungen der traumatischen Spondylolyse C2 dar. Je nach Lokalisation entsteht ein Bewegungsdefizit in allen drei Bewegungsachsen (Rotation, Seitneigung, Inklination und Reklination). Blauth et al. untersuchten 57 Patienten mit Verletzungen der unteren HWS mindestens 10 Jahre postoperativ und stellten folgende Einschränkung der Beweglichkeit fest: Die Rotation war um etwa 15% vermindert, die Inklination und Reklination um etwa 25% und die Seitneigung sogar um 50% [Blauth et al., 1996, S. 930].

2.6.2 Radiologische Veränderungen

Ursachen von radiologisch-morphologischen Veränderungen sind neben den oben genannten auch posttraumatische Fehlstellungen und Schonhaltungen der HWS. Aufgrund der Versteifung kommt es zu einer Überbeanspruchung der Nachbarsegmente. Somit kann dies zu Bandscheibenfachverschmälerungen, Osteochondrosen und überbrückenden Spondylophyten führen. Ein weiteres Zeichen von posttraumatischen degenerativen Veränderungen ist eine Spondylarthrose kranial und kaudal des Operationsgebietes. In der Studie von Blauth et al. wiesen 17 von 57 Patienten Spondylophyten im Bereich der Nachbarsegmente auf und bei zehn Patienten zeigten sich überbrückende Spondylophyten an den Nachbarsegmenten [Blauth et al., 1996, S. 935].

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

In einer retrospektiven Studie erfolgte in der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädische Chirurgie Traunstein (Zentrum für Hand- und Wirbelsäulenchirurgie) die Datensammlung von Patienten, die aufgrund einer Verletzung der Halswirbelsäule operativ versorgt wurden. Die Patienten wurden sowohl durch ventrale als auch durch dorsale Spondylodesen stabilisiert, in einigen Fällen kamen Verschraubungen oder Halofixateure zum Einsatz. Die Auswertung des Patientenkollektivs erfolgte zunächst anhand der im Archiv zur Verfügung stehenden Akten und Röntgenbildern. Zur Evaluierung der klinischen Langzeitergebnisse wurden die Patienten im Durchschnitt 8,5 Jahre post operationem zu einer Nachuntersuchung eingeladen. Dabei wurden in einem Anamnesegespräch Punkte wie Schmerzen und Arbeitsfähigkeit erfragt (siehe 3.3.2), in einer körperlichen Untersuchung die Bewegungsumfänge der HWS gemessen und der neurologische Status erfasst (siehe 3.3.3). Zur Bewertung der Materiallage und knöchernen Durchbauung sowie der Entwicklung degenerativer Veränderungen wurde im Rahmen der Nachuntersuchung eine Röntgenaufnahme in zwei Ebenen durchgeführt (siehe 3.3.4).

3.2 Patienten

Patienten des Klinikum Traunsteins wurden unter folgenden Bedingungen in die Studie aufgenommen:

- Sie mussten eine frische traumatische Läsion der HWS erlitten haben.
- Es musste ein operativer Eingriff erfolgt sein.
- Der Kontrollzeitraum musste mindestens vier Jahre betragen.

Nach diesen Kriterien wurden 87 Patienten in die Studie aufgenommen. Dabei handelte es sich um 21 Frauen und 66 Männer mit einem Durchschnittsalter von 47,0 (16 - 93) Jahren, die von Januar 1995 bis Dezember 2004 im Klinikum Traunstein behandelt wurden. Bis Februar 2009 konnten 38 Patienten (43,7%) nach durchschnittlich 8,5 (4 - 13) Jahren persönlich nachuntersucht werden. Zudem konnten noch neun weitere Patienten telefonisch befragt werden. Dabei handelte es sich um Patienten, die sich ihre HWS-Verletzung während eines Urlaubsaufenthaltes zuzogen und deswegen die weite Anreise nicht auf sich nehmen wollten. Aus Altersgründen waren fünf Patienten nicht in der Lage an einer Nachuntersuchung teilzunehmen (demenzielles Syndrom und/oder vollständig pflegebedürftig). Weitere fünf Patienten kamen aus privaten Gründen nicht. Sie lehnten trotz mehrmaliger Aufforderung eine

Nachuntersuchung ab. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung waren bereits elf Patienten verstorben, drei von ihnen an den Folgen des Unfalls. 19 Patienten waren unbekannt verzogen und ihre neue Anschrift konnte nicht ermittelt werden. Von den lebenden Patienten konnten somit 50,0% (38 Patienten) persönlich befragt, untersucht und geröntgt werden. Mit den telefonisch durchgeführten Anamnesen stehen Daten von 61,8% (47 Patienten) der lebenden Patienten zur Verfügung.

Zusammenfassend lässt sich in Diagramm 1 festhalten: 38 Patienten wurden nachuntersucht, neun wurden telefonisch befragt. Jeweils fünf konnten aus privaten Gründen bzw. Altersgründen nicht nachuntersucht werden. Elf waren verstorben und 19 unbekannt verzogen.

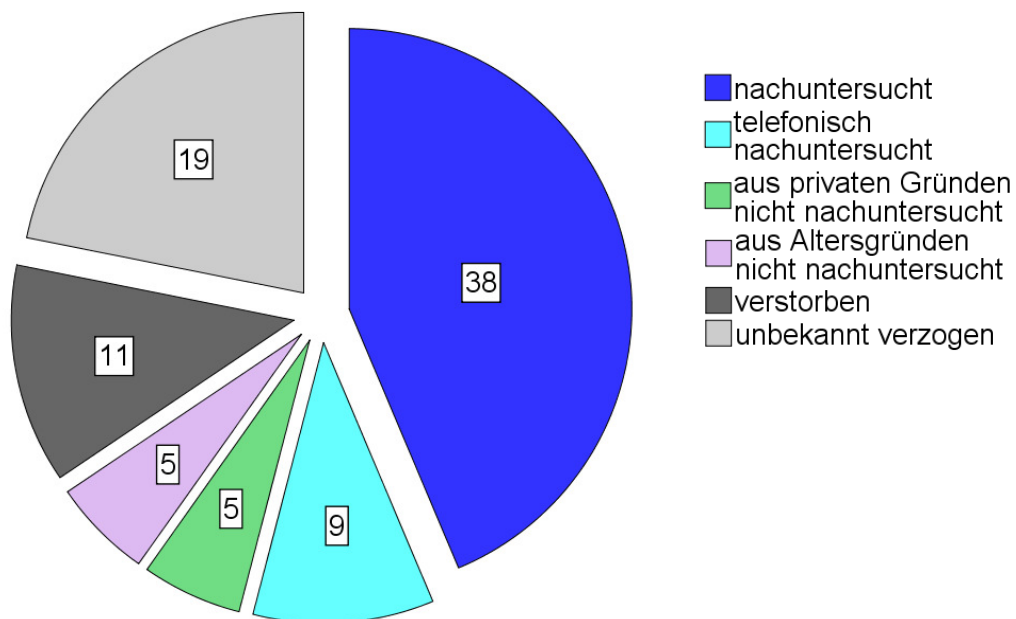


Diagramm 1: Patientenerfassung

3.3 Studienablauf

3.3.1 Aktenauswertung

Aus den Akten wurden persönliche Daten (Geschlecht, Alter), sowie unfallbezogene Daten (Unfallursache, Art der Verletzung, Klassifikation der Verletzung und Höhe der Verletzung, Begleitverletzungen, neurologische Ausfälle sowie die Therapie) entnommen. Außerdem erfolgte die Darstellung von den intraoperativen und postoperativen Komplikationen und der Mortalität. Bewertet wurde zudem der Zeitraum zwischen Unfall und Operation.

3.3.2 Anamnese

Der erste Teil der Nachuntersuchung bestand aus der Anamnese. Um ein umfassendes Bild des Patienten zu erhalten, begann das Gespräch mit der Frage „Wie geht es Ihnen aktuell im Vergleich zum Zeitpunkt der Entlassung?“. Der Patient sollte damit die Entwicklung seines Gesundheitszustandes in „gebessert“, „unverändert“ oder „verschlechtert“ einstufen. Die nächste Frage prüfte die Zufriedenheit des Patienten mit der Behandlung im Klinikum Traunstein. Der Patient hatte drei Antwortmöglichkeiten: „sehr zufrieden“, „zufrieden“ und „unzufrieden“. Anschließend wurde der Patient zur momentanen Schmerzsituation befragt. Der Patient konnte zwischen „niemals“, „selten“, „häufig“ und „ständig“ auftretenden Ruheschmerzen und Belastungsschmerzen im HWS-Bereich wählen. Die gleiche Skala wurde für die Häufigkeit von Kopfschmerzen angewandt. Der Schmerzverlauf seit der Entlassung wurde ebenfalls dokumentiert und ob die Patienten schon vor dem Unfall Schmerzen hatten. Zusätzlich wurde eine eventuelle Analgetikaeinnahme dokumentiert. Anschließend wurden Daten über die Arbeitsfähigkeit, Sportfähigkeit und Pflegebedürftigkeit des Patienten erhoben.

3.3.3 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung wurde von der Autorin durchgeführt und begann bereits während des Anamnesegesprächs mit einer ausführlichen Inspektion. Es wurde auf Spontanbewegungen und auf die gesamte Haltung im Stehen und Sitzen geachtet. Es folgte eine Palpation der ganzen Wirbelsäule im Hinblick auf Druckschmerz, Klopfschmerz und Verspannungen der Muskulatur.

Anschließend erfolgten zwei klinische Tests. Beim axialen Kompressionstest wurde durch Krafteinwirkung entlang der Längsachse der HWS der Bandscheibeninnendruck erhöht und damit die Kompressionswirkung auf die Wurzel verstärkt [Ohwada et al., 1996, S. 498]. Beim Test nach Mizuno mussten die Arme in 90° Abduktion für mehr als 10 Sekunden hochgehalten werden, während der Kopf mit angezogenem Kinn in Reklination gehalten werden musste [Ohwada et al., 1996, S. 498]. Dieser Test wurde durchgeführt um Wurzelreizungen aufgrund von spondylotische Vorwölbungen zu identifizieren.

Die Beurteilung der Bewegungsumfänge und des neurologischen Status stellten den Schwerpunkt bei der klinischen Untersuchung dar. Die Messung der Bewegungsumfänge erfolgte nach der Neutral-0-Methode. Hier wurden die Bewegungen in allen drei Hauptachsen, also Inklination/Reklination, Seitneigung rechts/links und Rotation rechts/links erfasst. Zur neurologischen Untersuchung gehörten die Klärung und Lokalisation eventueller neu aufgetretener Parästhesien und Taubheiten. Bei Patienten mit neurologischen Ausfällen wurde die Sensibilität auf Schmerz-, Temperatur-, Druck- und Berührungsempfinden geprüft. Bei der Beurteilung von motorischen Ausfallserscheinungen wurde die Muskelkraft und den Muskeltonus untersucht. Die Einteilung des Schweregrads der Querschnittslähmung erfolgte in Form der ASIA-Klassifikation,

das einem modifizierten Schema nach Frankel entspricht [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 401-413], [Frankel, 1969, S. 111-118], [Waters and Adkins, 1991, S. 934-939]:

- A – komplett: Keine motorische oder sensible Funktion ist in den sakralen Segmenten S4-S5 erhalten.
- B – inkomplett: Sensible, aber keine motorische Funktion ist unterhalb des neurologischen Niveaus erhalten und dehnt sich bis in die sakralen Segmente S4-S5 aus.
- C – inkomplett: Motorische Funktion ist unterhalb des neurologischen Niveaus erhalten und die Mehrzahl der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus hat eine Muskelkraft von weniger als drei.
- D – inkomplett: Motorische Funktion ist unterhalb des neurologischen Niveaus erhalten und die Mehrzahl der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus hat eine Muskelkraft größer oder entsprechend drei.
- E – normal: Sensible und motorische Funktionen sind normal.

3.3.4 Radiologische Diagnostik

Neben der Anamnese und der klinischen Untersuchung wurde auch die radiologische Diagnostik ausgewertet. Alle Patienten wurden im Rahmen der Nachuntersuchung in zwei Ebenen, a.p. und seitlich, geröntgt. Bei entsprechender Verletzung wurde auch eine transorale Dens-Zielaufnahme angefertigt. Dabei wurden präoperativ und postoperativ erstellte Repositionsbilder mit denen der Nachuntersuchung verglichen. Wenn zwischenzeitlich Röntgenkontrollen durchgeführt wurde, sollten die Patienten diese Bilder zur Nachuntersuchung mitbringen, bzw. wurden diese Aufnahmen aus dem Archiv angefordert.

Bei der Analyse der Röntgenbilder wurde besonders auf den Zustand der Nachbarsegmente geachtet. Folgende Parameter wurden zu Beurteilung des Langzeitergebnisses herangezogen:

- Materiallage
- Knöchernerne Konsolidierung
- Ventrale oder dorsale Stufenbildung
- Gefügelockerung
- Fehllage

Anhand von folgenden Parametern wurde die degenerative Situation der HWS bewertet:

- Bandscheibenfachverschmälerung
- Osteochondrose
- Spontane Fusionen von Nachbarsegmenten
- Spondylophyten
- Spondylarthrose
- Uncarthrose

4 Ergebnisse

4.1 Aktenauswertung

4.1.1 Patientengut

Im Zeitraum zwischen Januar 1995 und Dezember 2004 wurden in der Unfallchirurgie im Klinikum Traunstein 87 Patienten aufgrund einer Verletzung der Halswirbelsäule operativ versorgt, darunter 21 Frauen (24,1%) und 66 Männer (75,9%). Damit war das männliche Geschlecht mehr als dreimal so häufig betroffen (siehe Diagr. 2).

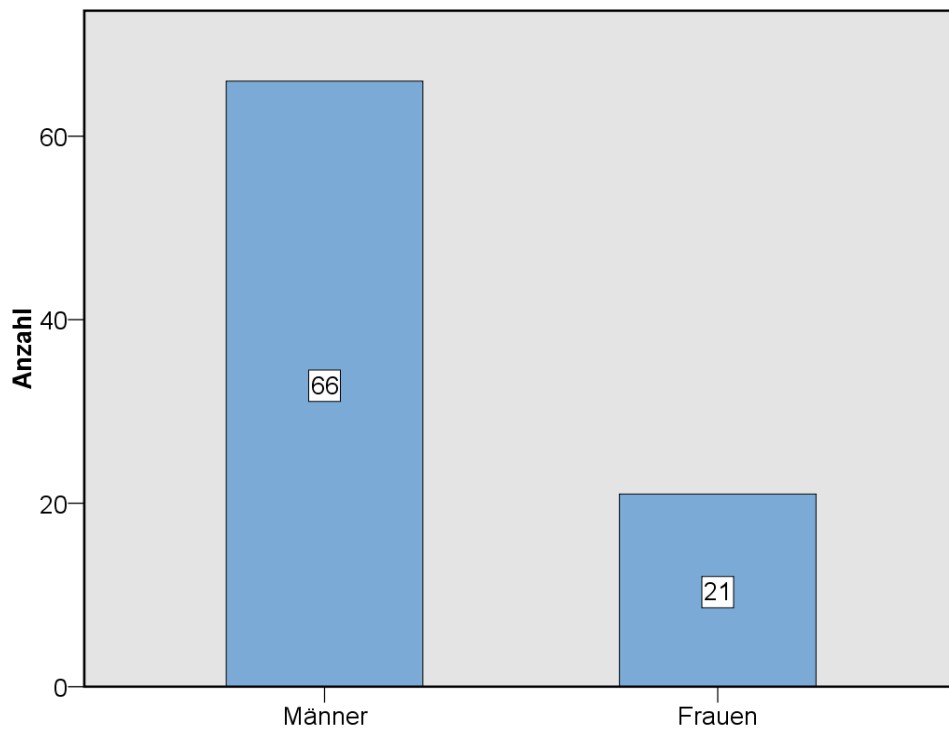


Diagramm 2: Geschlechtsverteilung

Verletzungen der HWS wurden bei Patienten aller Altersschichten beobachtet. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt des Unfalls betrug 47,0 Jahre. Es konnte kein Zusammenhang zwischen Alter und Geschlecht festgestellt werden. Der älteste Patient war 93 Jahre, der jüngste 16.

Zur Veranschaulichung sind in Diagramm 3 die Patienten in Altersklassen von 10 bis 99 Jahre aufgeteilt. Mit Abstand am häufigsten war die Gruppe der 20-29-Jährigen betroffen. Einen zweiten Altersgipfel bildeten die 60-69-Jährigen (siehe Diagr. 3).

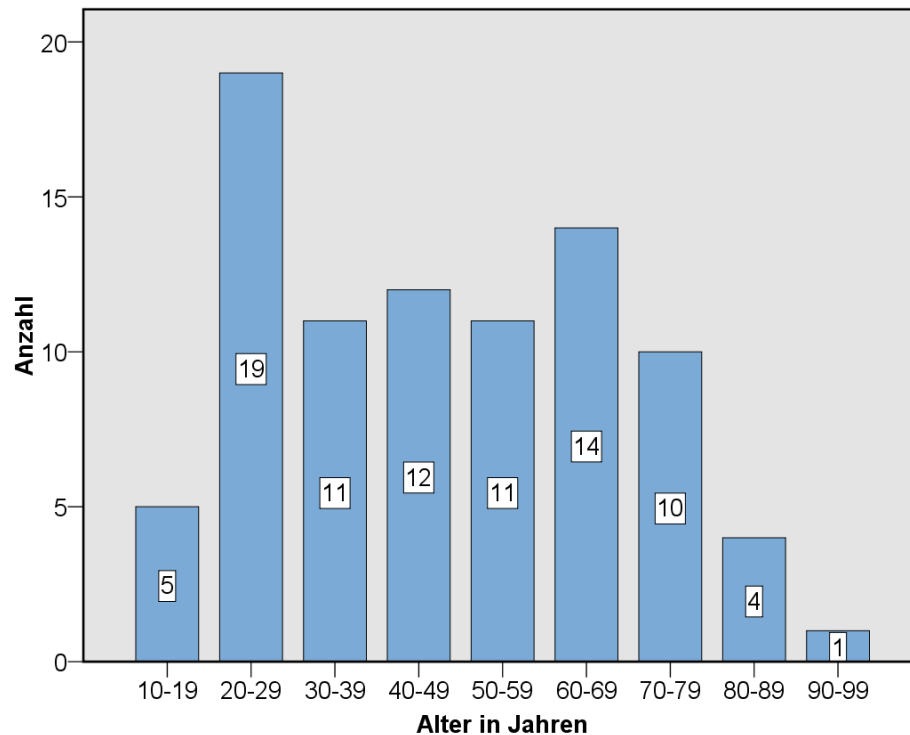


Diagramm 3: Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt: mittleres Alter = 47,0 Jahre

4.1.2 Unfallursache

Fast die Hälfte der Patienten (47,1%) zog sich die Verletzung bei einem Verkehrsunfall zu. Davon waren 28 mit dem PKW verunfallt, 13 mit dem Motorrad, Fahrrad oder zu Fuß. Bei weiteren zwölf Patienten (13,8%) war die Ursache ein Höhensturz aus über drei Metern Höhe, wie z.B. ein Sturz von einem Baum oder vom Baugerüst. Sportunfälle am Berg, im Sommer und im Winter sind mit 13 Patienten (14,9%) vorgekommen. Darunter waren Ski-, Snowboard- und Kletterunfälle, sowie Abstürze beim Bergsteigen. Weitere 13 Patienten (14,9%) zogen sich eine HWS-Verletzung bei häuslichen Stürzen zu. Diese niederenergetischen Verletzungen traten in erster Linie bei älteren Patienten auf. Bei vier Patienten hatte der Kopfsprung ins flache Wasser zur Verletzung geführt (siehe Diagr. 4).

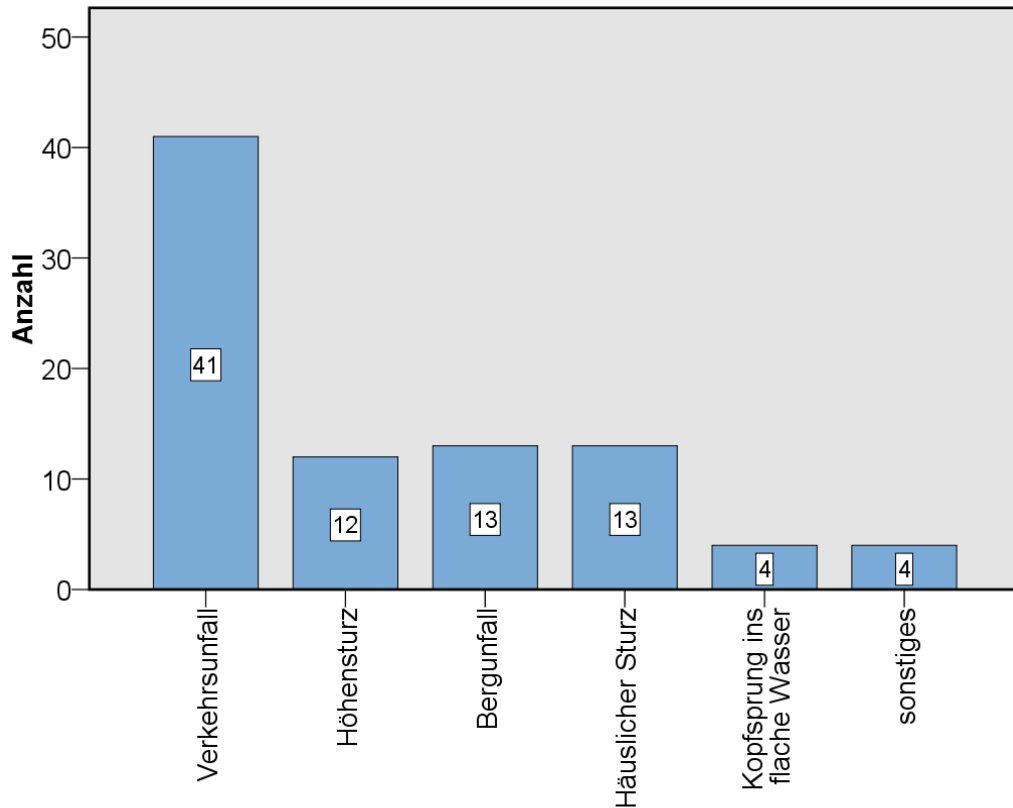


Diagramm 4: Unfallursache: am häufigsten ist der Verkehrsunfall mit 47,1%

4.1.3 Verletzungen

4.1.3.1 Verletzungsart

Bei 40 Patienten (46,0%) handelte es sich um eine Fraktur ohne Luxation und ohne discoligamentärer Instabilität. Bei 26 Patienten (29,9%) wurde die Diagnose einer Luxationsfraktur gestellt und bei 15 Patienten (17,2%) lag ausschließlich eine discoligamentäre Instabilität vor. Frakturen mit discoligamentären Instabilitäten wurden bei sechs Patienten (6,9%) diagnostiziert (siehe Diagr. 5).

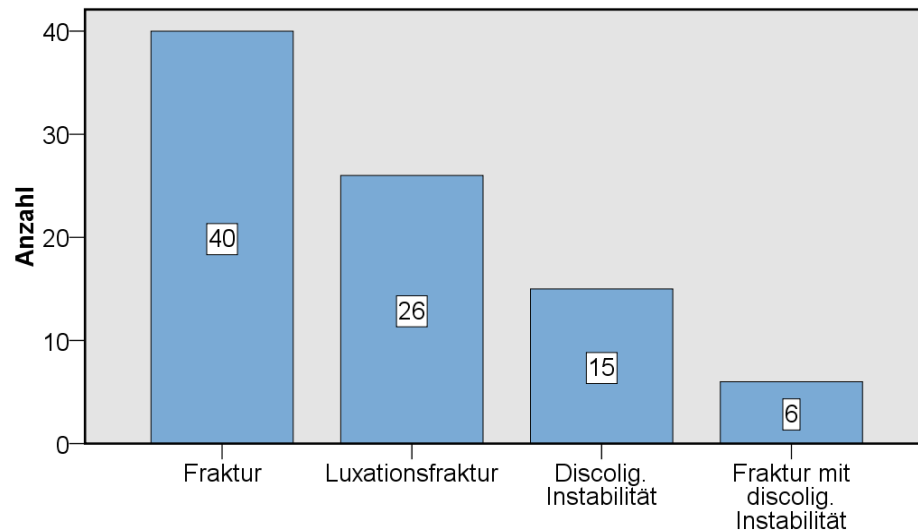


Diagramm 5: Verletzungsarten

4.1.3.2 Verletzungsklassifikationen

Im untersuchten Patientengut kamen C0-Frakturen der Okzipitalkondylen und atlanto-okzipitale Dislokationen nicht vor. Bei den C1-Frakturen des Atlas gab es einmal eine Typ I-Fraktur nach Gehweiler [Gehweiler et al., 1980, S.97-102] und einmal eine Jefferson-Fraktur, welche einem Typ III in der Gehweilerklassifikation entspricht. Einmal lag in diesem Zeitraum eine atlanto-axiale Dislokation vor. C2-Frakturen des Corpus und Dens axis machten jedoch 48,0% aller Verletzungen der oberen HWS (zwölf Patienten) aus. Nach der Einteilung von Anderson und D'Alonzo handelte es sich um neun Typ II und drei Typ III Verletzungen [Anderson and D'Alonzo, 1974, S1663-1674]. Typ I kam nicht vor. Die C2/C3 traumatische Spondylolisthese des Axis nach Effendi wurde zehnmal (40,0%) diagnostiziert; zweimal Typ I, fünfmal Typ II und dreimal Typ III [Effendi et al., 1981, S. 319-327] (siehe Diagr. 6).

An der unteren HWS wurden die Verletzungen nach der von Magerl et al. entwickelten Klassifikation eingeteilt. Typ B2 und Typ C1 waren jeweils mit 17 Patienten (27,4%) am häufigsten vertreten. Typ A1 und Typ C3 kamen bei den operativ versorgten Patienten nicht vor. Insgesamt kam es zu 13 Typ-A-Verletzungen, also Verletzungen vorwiegend vorderer Elemente die durch Kompression entstehen. Typ-B-Verletzungen waren mit 23 am zweithäufigsten. Dabei handelte es sich um Verletzungen hinterer und /oder vorderer Elemente durch Distraction. Am häufigsten war der durch Rotation entstehende Typ C mit 26 Verletzungen (siehe Diagr. 7).

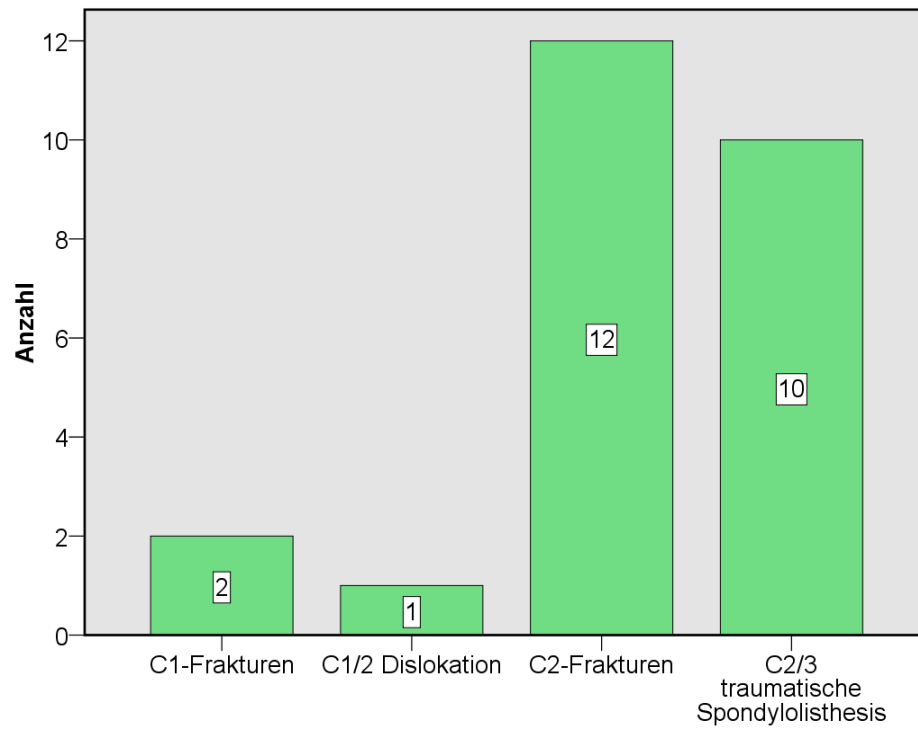


Diagramm 6: Verletzungen der oberen HWS

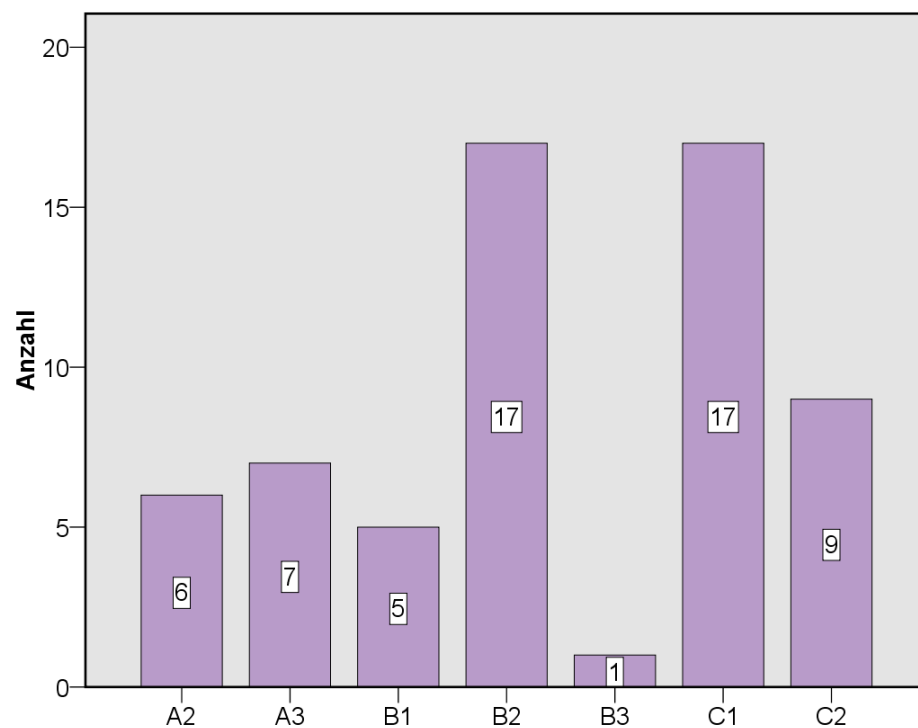


Diagramm 7: Verletzungen der unteren HWS nach der AO-Klassifikation

4.1.3.3 Höhe der Verletzung

In 25 Fällen (28,7%) war die Lokalisation der Verletzung an der oberen HWS. Mit 62 Fällen (71,3%) war die untere HWS fast dreimal so häufig betroffen gewesen. Bei der oberen HWS war der Wirbelkörper C2 mit zwölf Fällen der am häufigsten verletzte Wirbel. Das Segment C2/C3 war am zweithäufigsten betroffen (zehn Fälle). Bei der unteren HWS verteilten sich die Verletzungen auf die gesamte untere HWS, nur C3 ist nicht allein verletzt gewesen. Das Segment C6/C7 war mit 14 Verletzungen (16,1%) das häufigste betroffene Segment. Die Verletzung auf Höhe C5/C6 war am zweithäufigsten betroffen (siehe Diagr. 8).

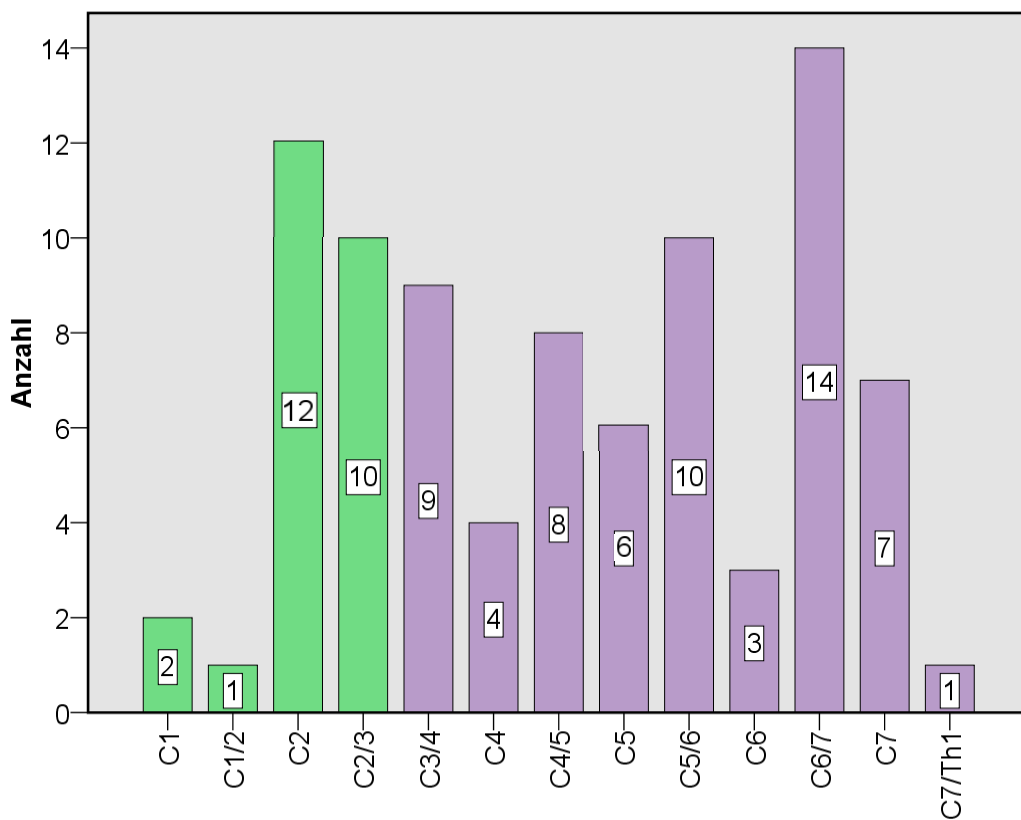


Diagramm 8: Höhe der Verletzungen an oberer und unterer HWS

4.1.4 Begleitverletzungen

Neben den HWS-Verletzungen wiesen die Patienten eine Reihe von unterschiedlichen Begleitverletzungen auf. Es wurden Schädel-Hirn-Trauma, Schädelfrakturen, Thoraxverletzungen, stumpfe Bauchtrauma, Beckenfrakturen, Extremitätenverletzungen und Verletzungen der BWS und LWS unterschieden. Aufgrund der engen anatomischen Beziehung fand sich erwartungsgemäß ein sehr hoher Anteil an schädeltraumatisierter Patienten mit 26,4% (19 Patienten). Zusätzliche Verletzungen von Thorax und Extremitäten waren mit jeweils 19,4% (14 Patienten) zu registrieren. Besonders hinzuweisen ist auf die Häufigkeit von Zweitverletzungen des Brust- und Lendenwirbelsäulenabschnitts mit 18,1% (13 Patienten) (siehe Diagr. 9).

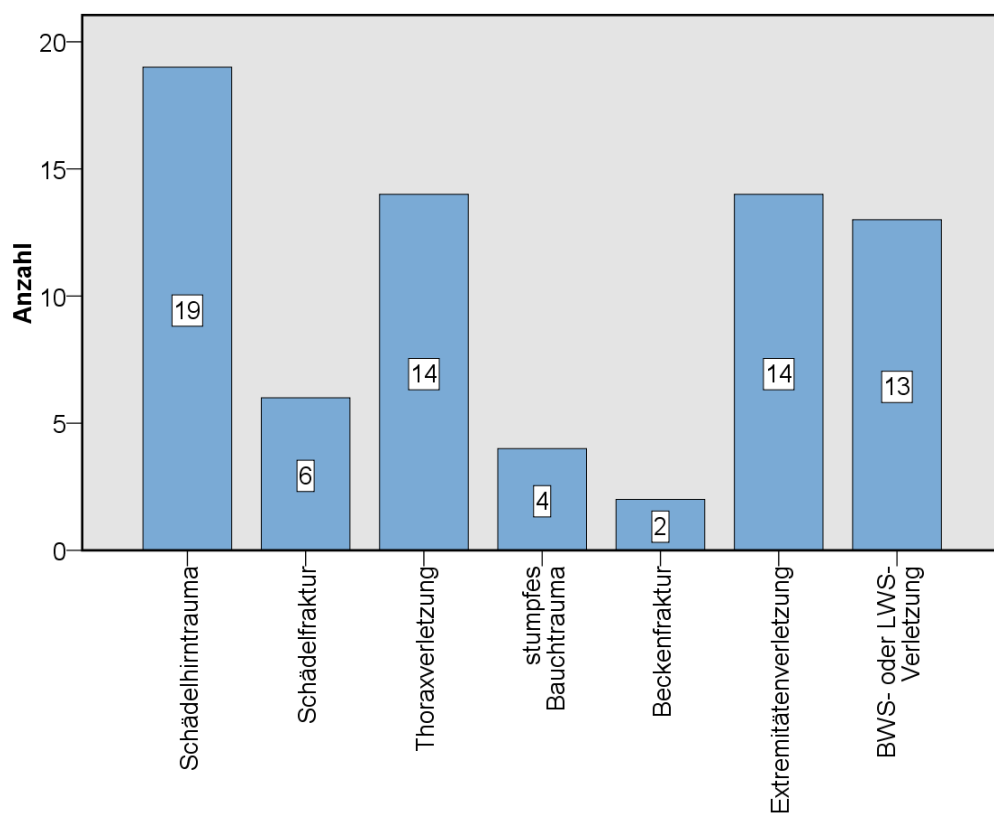


Diagramm 9: Übersicht der Begleitverletzungen

Außerdem wurde ausgewertet, ob die gesamte Wirbelsäule nur eine Verletzung aufwies oder ob sie mehrfach verletzt wurde. Mehrfachverletzungen der Wirbelsäule wurden in 24,1% (21 Fälle) dokumentiert (siehe Diagr. 10). Von den 21 Fällen war die HWS in acht Fällen mehrfach verletzt. In 13 Fällen kam eine BWS- oder LWS-Fraktur als Zweitverletzung dazu.

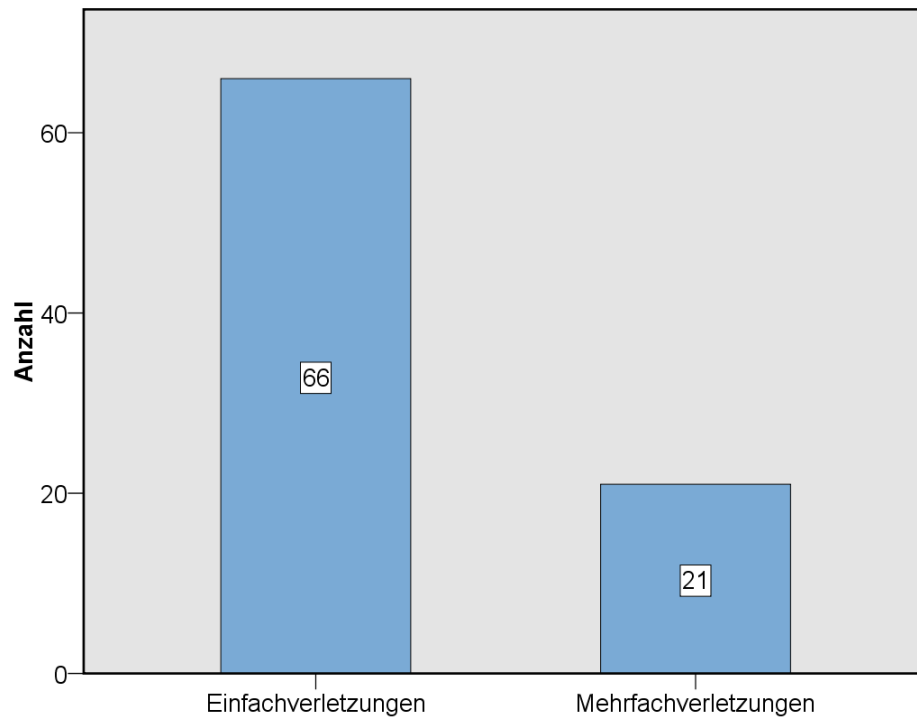


Diagramm 10: Einfach- und Mehrfachverletzungen der gesamten Wirbelsäule

4.1.5 Neurologischer Status

Die Einteilung des neurologischen Status erfolgte gemäß der ASIA-Klassifikation [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 401-413]. Zum Zeitpunkt der Aufnahme wurden bei 36 Patienten (41,4%) neurologische Defizite gesehen. 51 Patienten waren neurologisch unauffällig (ASIA E) (siehe Diagr. 11).

Im Zeitraum zwischen Aufnahme und Entlassung des Patienten konnten sich 17 der 36 Patienten um mindestens eine Stufe der ASIA-Klassifikation verbessern (47,2%). Von der schwersten neurologischen Stufe ASIA A verbesserten sich vier Patienten. Von radikulären Läsionen konnten sich fünf Patienten erholen. Insgesamt waren nun neun weitere Patienten komplett neurologisch unauffällig. Bei einem Patienten hatte sich der neurologische Zustand verschlechtert. Somit wurden 60 Patienten (69,0%) ohne neurologisches Defizit entlassen (siehe Diagr. 12).

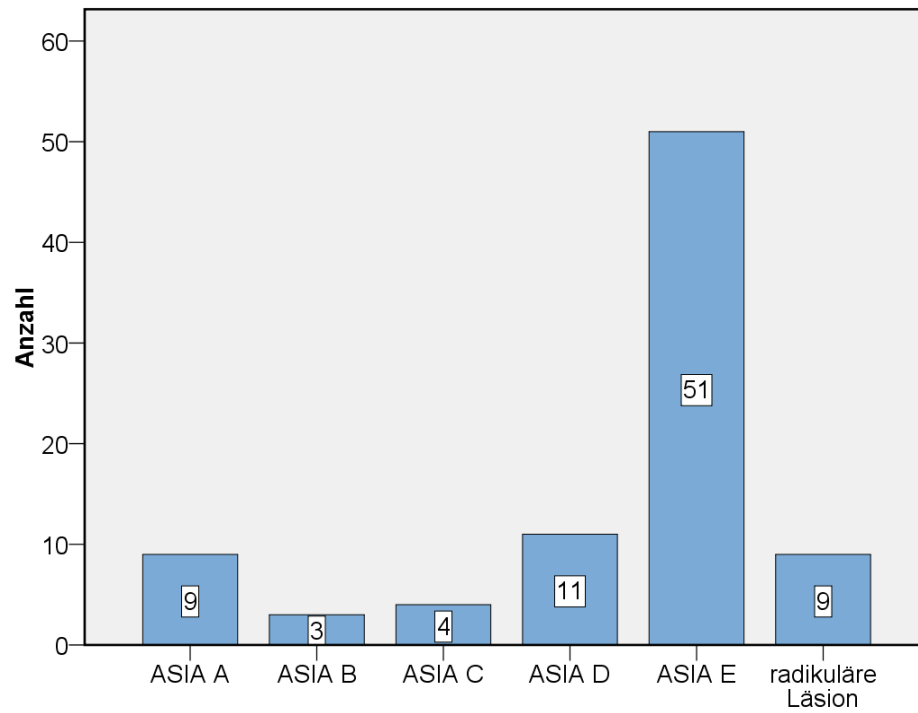


Diagramm 11: Neurologischer Status bei Aufnahme

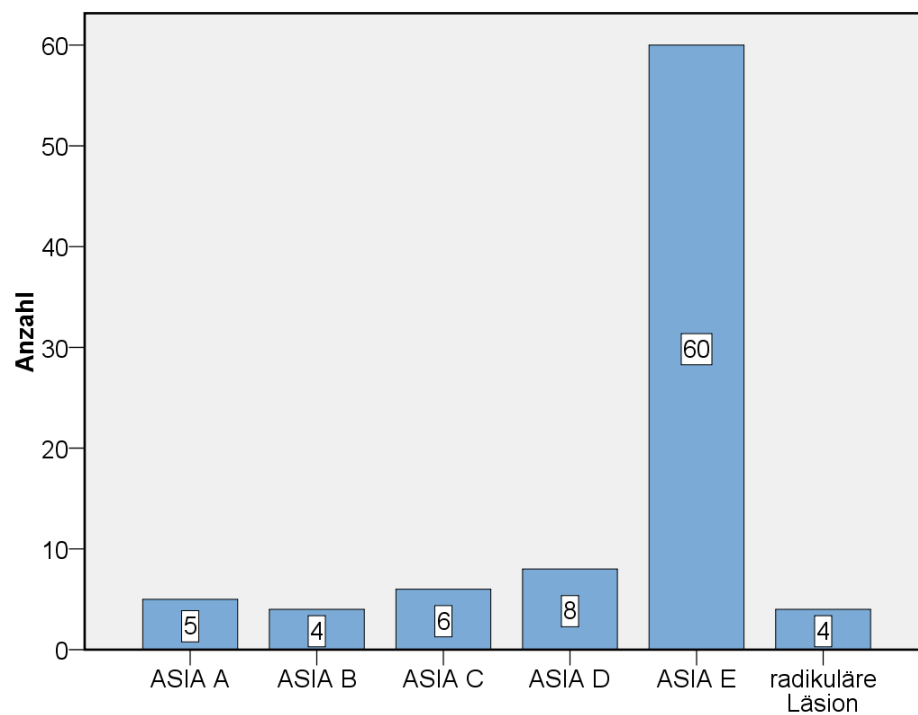


Diagramm 12: Neurologischer Status bei Entlassung

4.1.6 Therapie

4.1.6.1 Einteilung

Bei allen 87 Patienten war ein operativer Eingriff indiziert. Konservativ behandelte Patienten mit HWS-Trauma wurden in dieser Arbeit nicht untersucht. Es wurden 25 Eingriffe (28,7%) an der oberen HWS durchgeführt und 62 Eingriffe (71,3%) an der unteren HWS (siehe Diagr. 13).

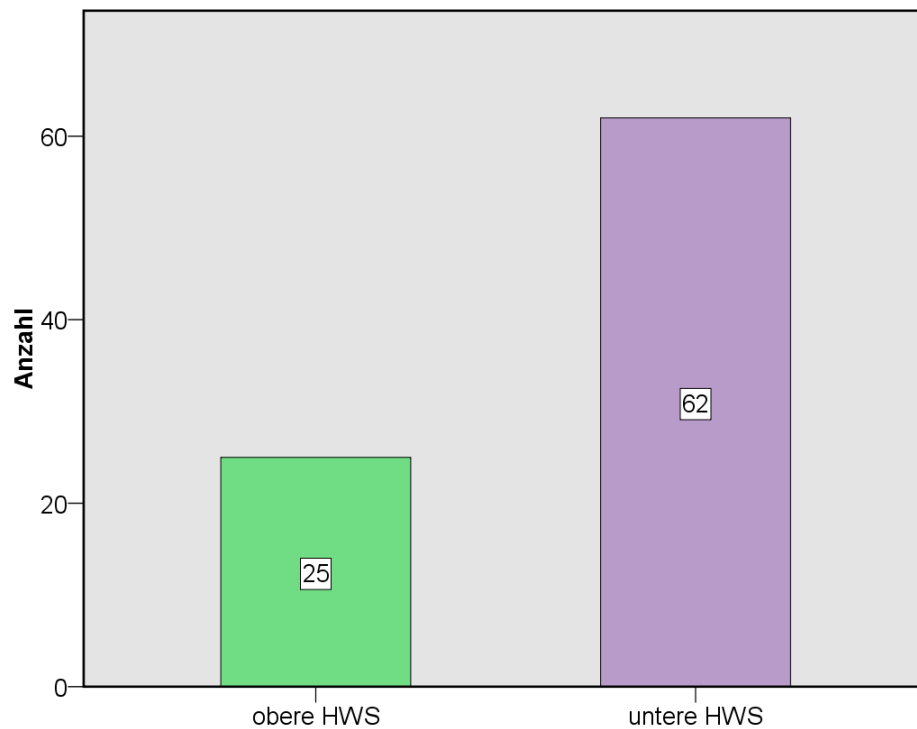


Diagramm 13: Eingriffe an oberer und unterer HWS

4.1.6.2 Zugangswege

Über die Zugangswege ließ sich folgendes feststellen: 70 Patienten (80,5%) wurden von ventral operiert. Das ist mit Abstand der häufigste gewählte Zugangsweg. Von dorsal wurden insgesamt elf Patienten (12,6%) operiert. Eine Patientin wurde dorsoventral operiert. Bei ihr diagnostizierte man eine Luxation C7/Th1, die zunächst von dorsal mittels Cervifix monosegmental versteift wurde. Die geplante ventrale Spondylodese fand drei Tage später statt. Fünf Patienten (5,7%) wurden mit einem Halofixateur erfolgreich behandelt. Insgesamt kamen an der oberen HWS zwölf ventrale und acht dorsale Zugangswege und fünf Halofixateur-Montagen zum Einsatz. An der unteren HWS wurde in 58 Fällen der ventrale Zugangsweg gewählt, drei mal der dorsale und einmal der dorsoventrale (siehe Diagr. 14).

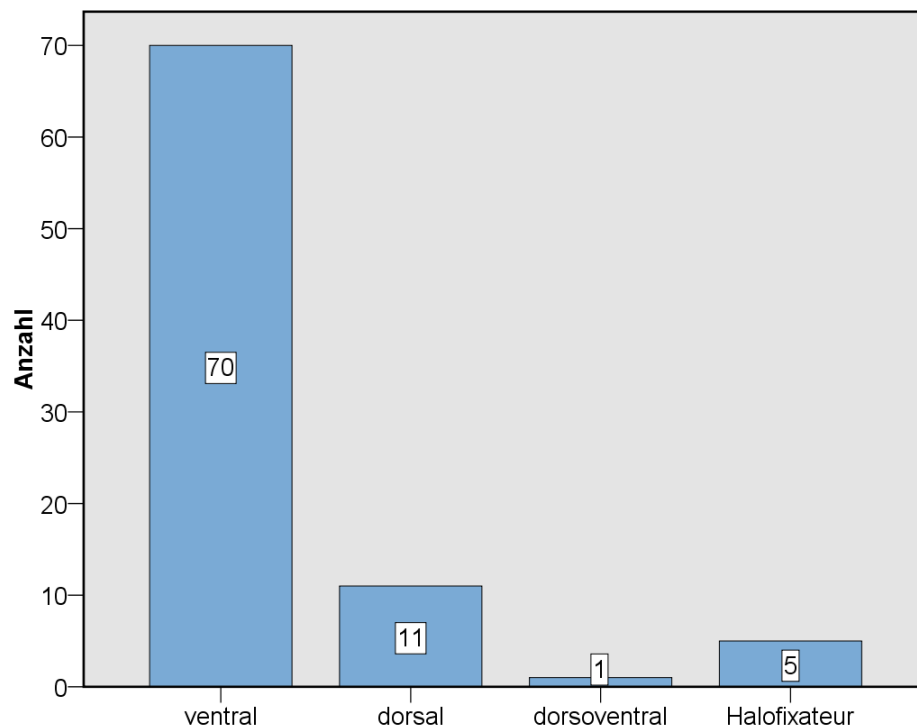


Diagramm 14: Zugangswege: ventral, dorsal, dorsoventral und Montage des Halofixateurs

4.1.6.3 Operationstechnik

Bei den Operationen wurden unterschiedliche Platten verwendet, die jeweils mit dem Einbringen eines autologen Knochenspan aus dem Beckenkamm einhergingen: Morscherplatte oder T-Platte. Als dorsales Schrauben-Stabsystem kam Cervifix zur Anwendung. Des Weiteren kamen unterschiedliche Verschraubungstechniken zum Einsatz: Bogenverschraubung, Dens axis Verschraubung und transartikuläre Verschraubung. Bei entsprechender Indikation wurde auch der Halofixateur mit Pinver-

schraubung verwendet. Zusammenfassend kamen an der oberen HWS folgende Behandlungsmethoden zum Einsatz:

- Dens axis Verschraubung (44,0%)
- Halofixateur (20,0%)
- C2-Bogenverschraubung (8,0%)
- Titan T-Platte mit Knochenspan (8,0%)
- C1/C2 transartikuläre Verschraubung (4,0%)
- monosegmentale Morscherplatte mit autologem Knochenspan (16,0%)

An der unteren HWS wurden drei verschiedenen Operationstechniken angewandt. Bei 57 Patienten (92,0%) wurden Morscherplatten mit Implantation eines kortikospongiösen Knochenspans verwendet. Die Behandlung mit Cervifix wurde nur an der unteren HWS durchgeführt und ist mit vier Anwendungen auch selten (6,5%). Bei einem Patienten erfolgte eine ventrale Vertebrotomie mit Wirbelkörperersatz nach Harms mit Knochenspan und bisegmentaler Morscherplatte. An der oberen und unteren HWS kam die Morscherplatte bei 61 Patienten (70,1%) zum Einsatz. (siehe Diagr. 15).

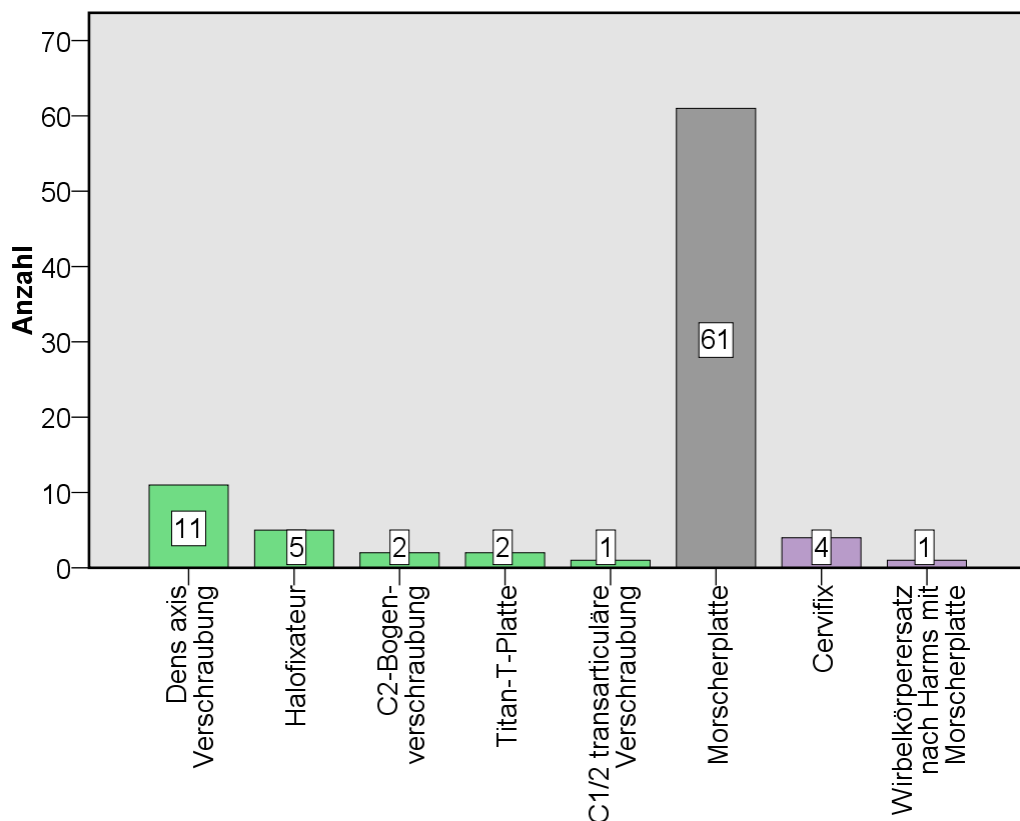


Diagramm 15: Operationstechniken an oberer (grün), oberer und unterer (grau) und unterer HWS (lila)

4.1.6.4 Fusionsstrecke

Weiterhin wurde unterschieden, ob kein, ein, zwei oder drei Segmente fusioniert wurden. Nur an der oberen HWS erfolgten direkte Verschraubungen ohne Fusion (Densverschraubung, Bogenverschraubung, Halofixateur). Von der Gesamtzahl macht dies 17 Eingriffe (19,5%) aus. Monosegmentale Versteifungen wurden sowohl an der oberen als auch an der unteren HWS angewandt (C1/C2 transartikuläre Verschraubung, Titan T-Platte, Morscherplatte und Cervifix). Dies stellt die am häufigsten durchgeführte Fusionsart mit 48 Eingriffen (55,2%) dar. Bi- und trisegmental wurde nur an der unteren HWS fusioniert. In 20 Eingriffen (23,0%) wurde mit Morscherplatte oder Cervifix bisegmental fusioniert und zweimal (2,3%) wurde eine trisegmentale Spondylose mit Morscherplatten durchgeführt (siehe Diagr. 16).

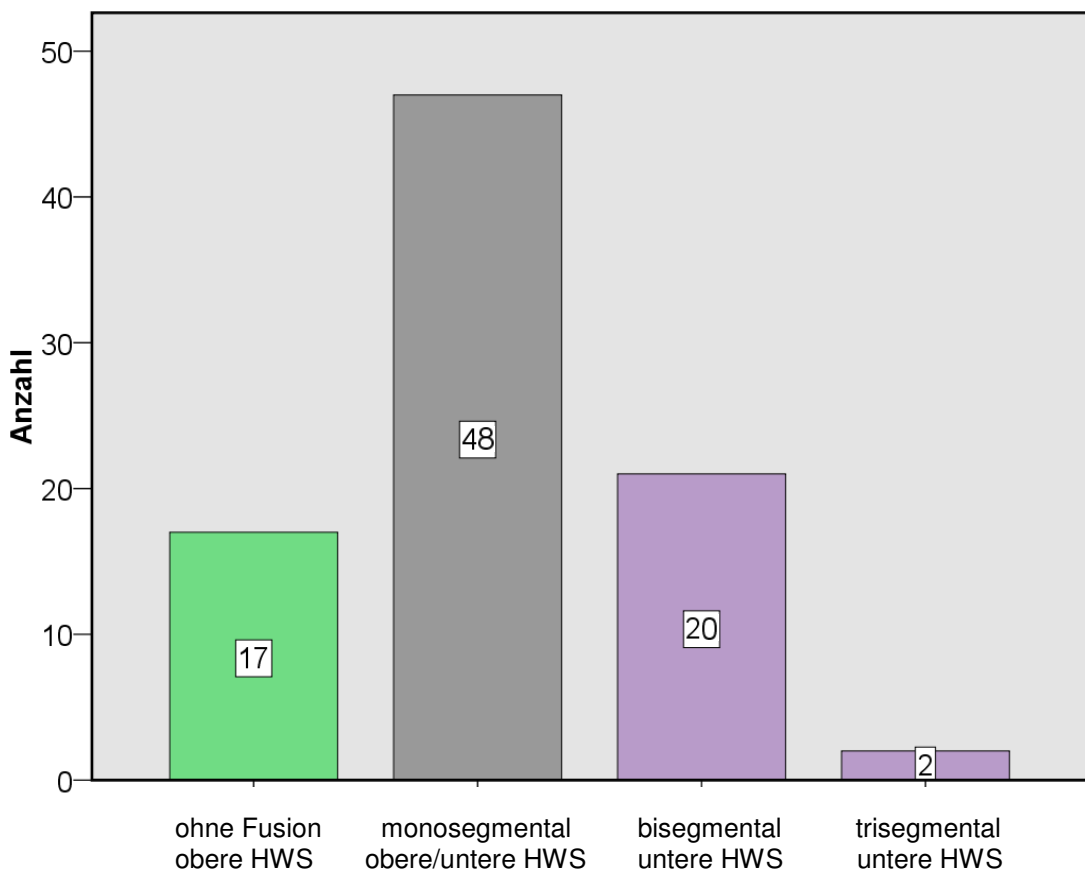


Diagramm 16: Anzahl fusionierter Segmente

Somit wurde an der oberen HWS das Segment C1/C2 einmal und das Segment C2/C3 achtmal (11,4%) fusioniert. An der unteren HWS wurde das Segment C6/C7 am häufigsten mit 15 Fusionen (21,4%) versteift. Danach folgte das Segment C4-C6 als 2-Segment-Versteifung mit zehn Fusionen (14,3%). Bisegmentale Versteifungen kamen außerdem noch an den Segmenten C3-C5, C5-C7 und C6-Th1 vor. Damit zeigte sich, dass an jedem Segment der unteren HWS sowohl mono- als auch bisegmentale Spondylodesen durchgeführt wurden. Eine trisegmentale Versteifung kam nur an den Segmenten C5-Th1 mit zwei Versteifungen (2,9%) vor (siehe Diagr. 17).

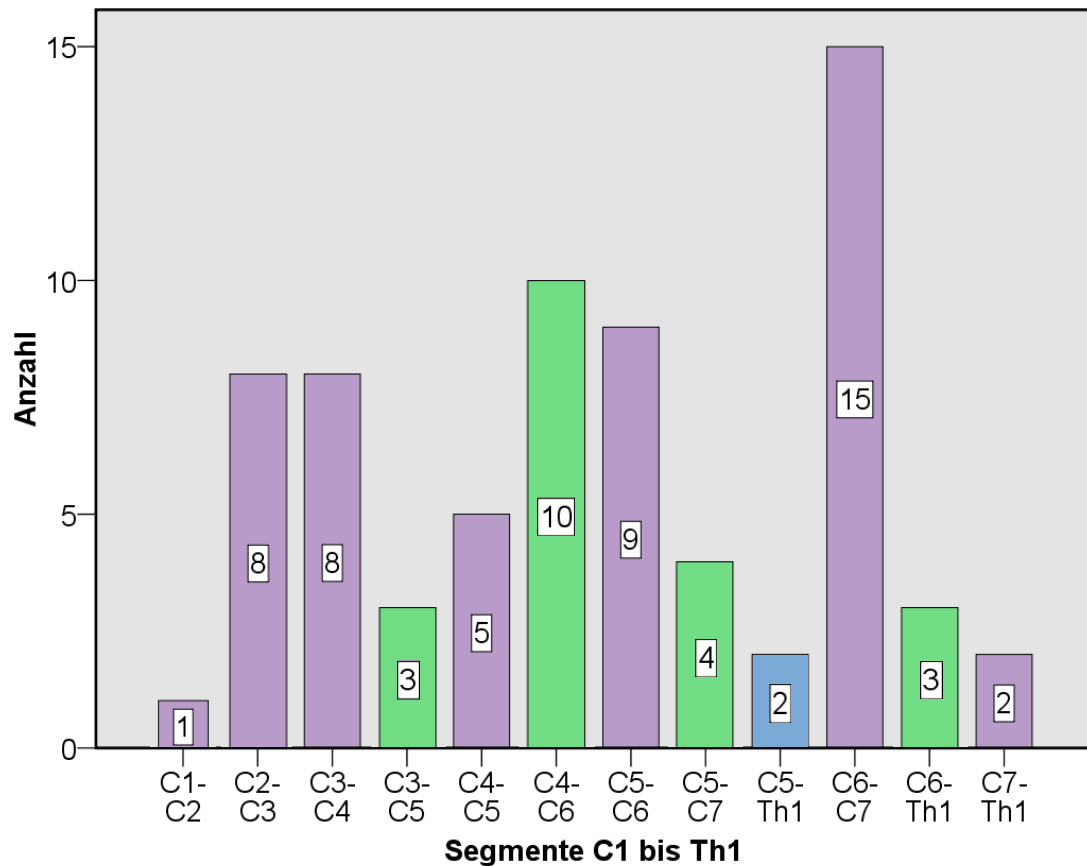


Diagramm 17: monosegmentale (lila), bisegmentale (grün) und trisegmentale (blau) Spondylodesen

4.1.6.5 Operationszeitpunkt

Am Unfalltag wurden 25 Patienten (28,7%) operiert. Am ersten Tag nach dem Unfall wurden 21 Patienten (24,1%) operativ versorgt. Über die Hälfte (52,8%) der Patienten wurden innerhalb der ersten 24 Stunden behandelt. Zwei bis sieben Tage nach dem Unfall wurden 28 Patienten (32,2%) operiert. Acht bis 14 Tage nach dem Unfall waren es noch zehn Patienten (11,5%), nach 14 Tagen waren es nur noch drei Patienten (3,4%). Der mittlere Zeitraum zwischen Unfallereignis und Operation betrug 4,1 Tage. Bei einer Patientin lagen 96 Tage zwischen Unfall und Operation, da erst bei der dritten stationären Abklärung die Indikation zur operativen Versorgung einer discoligamentäre Instabilität im Bereich C4/C5 gestellt wurde (siehe Diagr. 18).

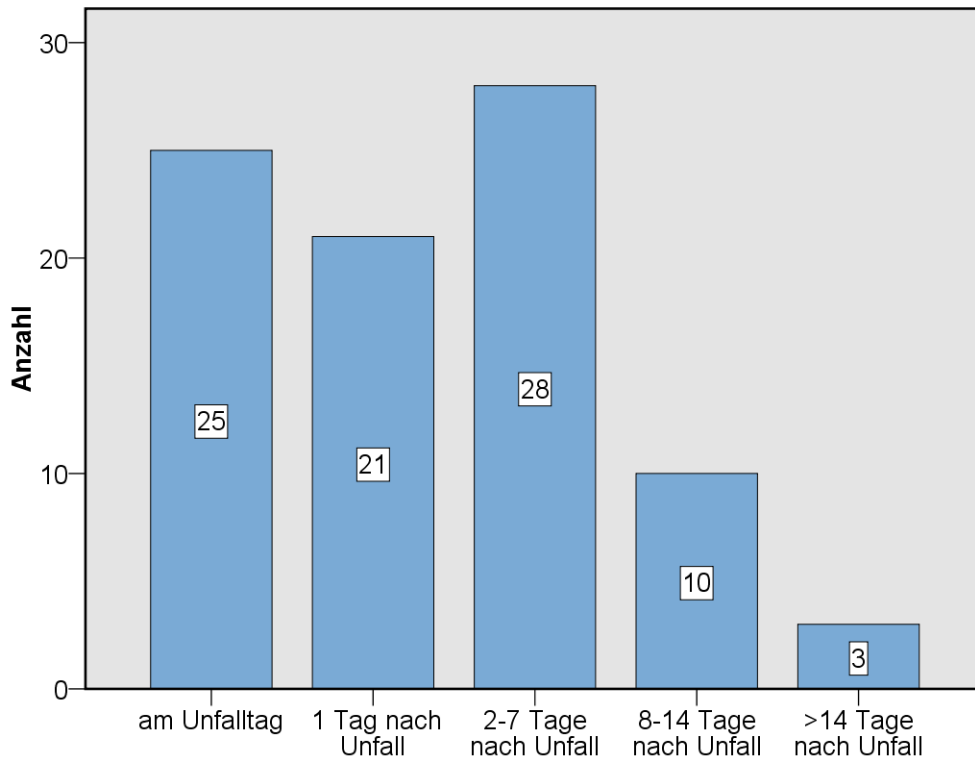


Diagramm 18: Operationszeitpunkt

4.1.7 Komplikationen

Intraoperativ kam es bei vier Patienten zu Komplikationen. In beiden Fällen handelte es sich um eine Verletzung des Ösophagus. Bei einem Patienten wurde die Läsion noch in der gleichen Sitzung übernäht. Es kam zu keinen postoperativen Komplikationen. Bei dem anderen Patienten kam es postoperativ zu einer vermehrten Sekretion aus der OP-Wunde. Zunächst wurde ein Debridement und eine Jetlavage durchgeführt. Bei zunehmender Sekretion erfolgte ein Telebrix-Breischluck. Da jedoch keine Läsion nachgewiesen wurde, führte man nach einer erneuten Revision eine Gastroskopie durch. In dieser zeigte sich schließlich eine Perforation des Ösophagus im Wundbereich. Die operative Übernähtung und Deckung mit dem Musculus Sternocleidomastoideus erfolgte schließlich am 13. postoperativen Tag. Daraufhin heilte die Infektion ab. Bei beiden Patienten wurde eine Morscherplatte verwendet. Bei Patient 1 wurde das Segment C3/C4 fusioniert, bei Patient 2 das Segment C5/C6. Bei zwei Patienten kam es zu einer Läsion des N. recurrens. Einmal handelte es sich um eine vorübergehende Recurrensirritation. Bei dem anderen Fall handelte es sich um eine Recurrensparese, die zum Zeitpunkt der Entlassung keine Verbesserung zeigte. Da dieser Patient nicht zu einer Nachuntersuchung erschien, kann keine aktuelle Angabe über den Verlauf der Recurrensparese gemacht werden. Zu Verletzungen der A. vertebralis oder der Trachea kam es in keinem der Fälle. An der oberen HWS wurden keine intraoperative Komplikationen dokumentiert. Bei 16 Patienten (18,4%) kam es zu postoperativen Komplikationen. Allgemeine Komplikationen entwickelten sich bei sechs Patienten (6,9%). Bei drei Patienten waren die pulmonalen und

kardiovaskulären Komplikationen so schwerwiegend, dass diese noch während des stationären Aufenthaltes verstarben. Weitere zwei Patienten erlitten postoperativ eine Pneumonie, ein Patient eine Harnwegsinfektion. In zehn Fällen (11,5%) wurden spezielle Komplikationen beschrieben, die eine Revision benötigten. Die oben erwähnte Ösophagusperforation zählt dazu. Einmal entzündete sich der Beckenkamm nach einer Spanentnahme und musste saniert werden. In einem weiteren Fall kam es zu einer Pininfektion des Halofixateurs. Der Pin wurde versetzt und die entzündete Stelle saniert. Die restlichen sieben Komplikationen hingen jeweils mit dem Implantat zusammen und bedurften einer operativen Revision. In einem Fall führte eine Schraubenlockerung zur Reoperation, in zwei Fällen ein Schraubenbruch und in vier Fälle eine Schraubenfehlage. Die zwei Schraubenbrüche und drei von vier Fehllagen betrafen die ventrale Densverschraubung. Die andere Schraubenfehlage und die Schraubenlockerung kamen jeweils bei einer monosegmentalen Fusion mit der Morscherplatte vor. Bei einem Patienten wurde acht Jahre postoperativ eine Denspseudarthrose festgestellt, die mit einer Drahtcerclage nach Gallie kombiniert mit einer transartikulären C1/C2 Verschraubung stabilisiert wurde. Eine Übersicht über die intraoperativen und über die allgemeinen bzw. speziellen postoperativen Komplikationen stellt Diagramm 19 dar:

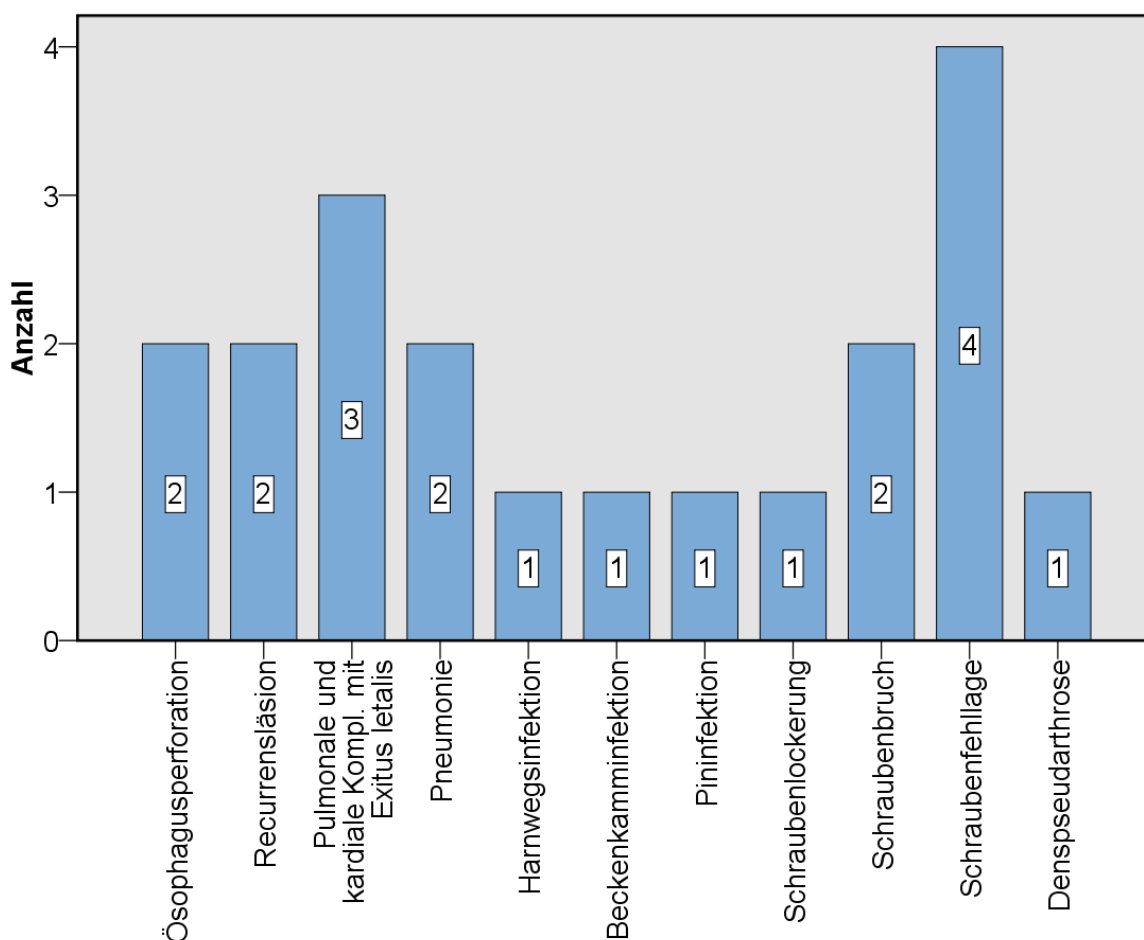


Diagramm 19: Übersicht über alle Komplikationen

4.1.8 Mortalität

Aufgrund primärer und sekundärer Unfallfolgen verstarben drei Patienten während des stationären Aufenthaltes. Die Mortalität lag somit bei 3,4%. Das Durchschnittsalter betrug 76,7 Jahre (64-93 Jahre). Der Zeitraum zwischen Trauma und Tod belief sich auf 14 bis 29 Tage, im Durchschnitt betrug das Intervall 22 Tage.

Bei dem 64-jährigen Patienten bestand nach einem Autounfall eine C6/C7 Luxationsfraktur mit einer sensiblen und motorischen Querschnittslähmung ab Th3. Am gleichen Tag erfolgte die Reposition und eine ventrale Spondylodese C5-C7. Am ersten postoperativen Tag wurde ein Extubationsversuch unternommen. Wegen insuffizienter Eigenatmung musste der Patient jedoch reintubiert werden. Fünf Tage nach dem Unfall wurde aufgrund einer zweizeitigen Milzruptur eine Splenektomie durchgeführt. Intraoperativ entwickelte der Patient aufgrund eines hämorrhagischen Schocks Herzrhythmusstörungen. Bei vorbestehender schwer gestörter Ventrikelfunktion nach Herzinfarkt verschlechterte sich die Herzinsuffizienz massiv. Zudem entwickelte der Patient Fieberspitzen bis 39°C. Er verstarb nach 23 Tagen im Herz-Kreislauf- und Nierenversagen.

Bei dem 73-jährigen Patienten lag ebenfalls nach einem Autounfall eine C6/C7 Luxationsfraktur vor, die erst zwei Tage nach dem Unfall durch eine progrediente Querschnittssymptomatik ab C7 auffällig wurde. Sofort wurde eine ventrale Spondylodese C6-C7 durchgeführt. Aufgrund einer Schraubenlockerung erfolgte eine Reoperation in der sich eine Nekrose des sechsten Wirbelkörpers zeigte. Der Patient wurde mit einer ventraler Spondylodese C5-C7 versorgt. Zusätzlich lagen durch den Unfall eine Thoraxkontusion und eine Commotio cerebri vor. Nach zunächst erfolgreicher Extubation entwickelte der Patient Temperaturen bis 39°C. Bei rascher pulmonaler Verschlechterung verstarb der Patient nach 29 Tagen.

Bei der 93-jährigen Patientin wurde nach einem häuslichen Sturz eine Dens axis Fraktur diagnostiziert. Aufgrund einer beginnenden Myelonkompression erfolgte eine Reposition und Schraubenosteosynthese C2. In der Röntgenkontrolle zeigte sich eine erneute Dislokation. Auf Wunsch der Patientin wurde auf eine operative und intensivmedizinische Therapie verzichtet. Die Patientin verstarb nach 14 Tagen an den Folgen einer Pneumonie.

4.2 Anamnese

In die Auswertung der Anamnese gehen 47 Patientendaten ein. Diese setzen sich aus 38 persönlich durchgeführten Anamnesegesprächen und neun Gesprächen am Telefon zusammen. Somit haben wir ein Follow-up von 61,8% der lebenden Patienten. Die Gespräche erfolgten nach durchschnittlich 8,5 Jahren (4-13 Jahren).

4.2.1 Allgemeiner Gesundheitszustand

Um ein umfassendes Bild des Patienten zu erhalten begann das Gespräch mit der Frage „Wie geht es Ihnen aktuell im Vergleich zum Zeitpunkt der Entlassung aus der akuten Behandlung?“. 32 Patienten (68,1%) beantworteten die Frage mit „gebessert“. Sechs Patienten (12,8%) schätzten ihren Gesundheitszustand als „unverändert“ ein und neun Patienten (19,1%) empfanden, dass sich ihr Gesundheitszustand „verschlechtert“ habe. Einer dieser Patienten begründete seine Aussage mit seinem Polyarthritisleiden, ein andere gab als Grund eine Erkrankung an Borreliose an. Die restlichen sieben Patienten, denen es aktuell schlechter ging, begründeten die Aussage mit dem Unfall und dessen Folgen. Am meisten klagten alle sieben Patienten über zunehmende Schmerzen und/oder über eine zunehmende Spastik (siehe Diagr. 20).

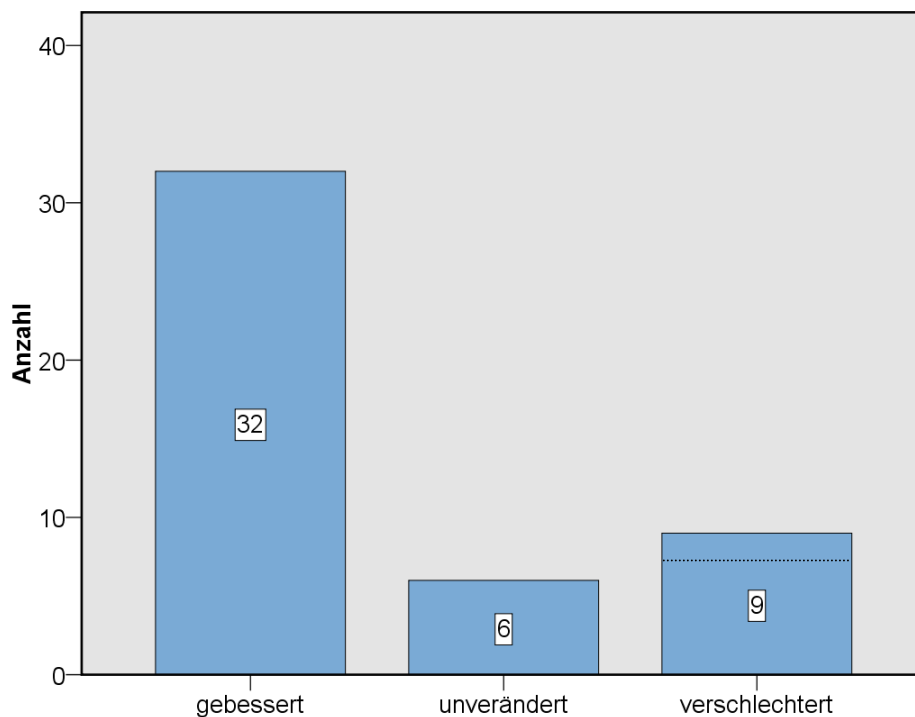


Diagramm 20: Allgemeiner Gesundheitszustand im Vergleich zum Zeitpunkt der Entlassung. Bei sieben Patienten verschlechterte sich der Zustand aufgrund der Unfallfolgen (Schmerzen, Spastik). Bei zwei von neun war die Verschlechterung nicht auf den Unfall zurückzuführen.

4.2.2 Patientenzufriedenheit

Um die Zufriedenheit der Patienten zu erfassen, konnten die Patienten bei der zweiten Frage zwischen „ich bin mit der Behandlung im Klinikum Traunstein“ „sehr zufrieden“, „zufrieden“ und „unzufrieden“ wählen. 23 Patienten (48,9%) waren sehr zufrieden, 22 (46,8%) waren zufrieden und nur zwei (4,3%) waren unzufrieden. Zur Begründung dieser Aussage ließ sich folgendes feststellen: Einer der beiden leidet an einem kompletten motorischen und sensiblen Querschnitt ab C5. Der Unfall passierte während des Ski-Renntrainings, die komplette Lähmung lag sofort vor. Der andere erlitt eine C5- und eine C6-Fraktur, ebenfalls nach einem Skisturz. Er entwickelte ein posttraumatisches Belastungssyndrom mit Depressionen und Panikstörungen, wodurch er seine Arbeit verlor und seitdem arbeitslos ist. Außerdem gab der zweite Patient sehr starke Schmerzen im Nacken und mäßig starke Schmerzen im Schulter-, Lenden- und Kniebereich an. Zu intra- oder postoperativen Komplikationen kam es bei beiden nicht (siehe Diagr. 21).

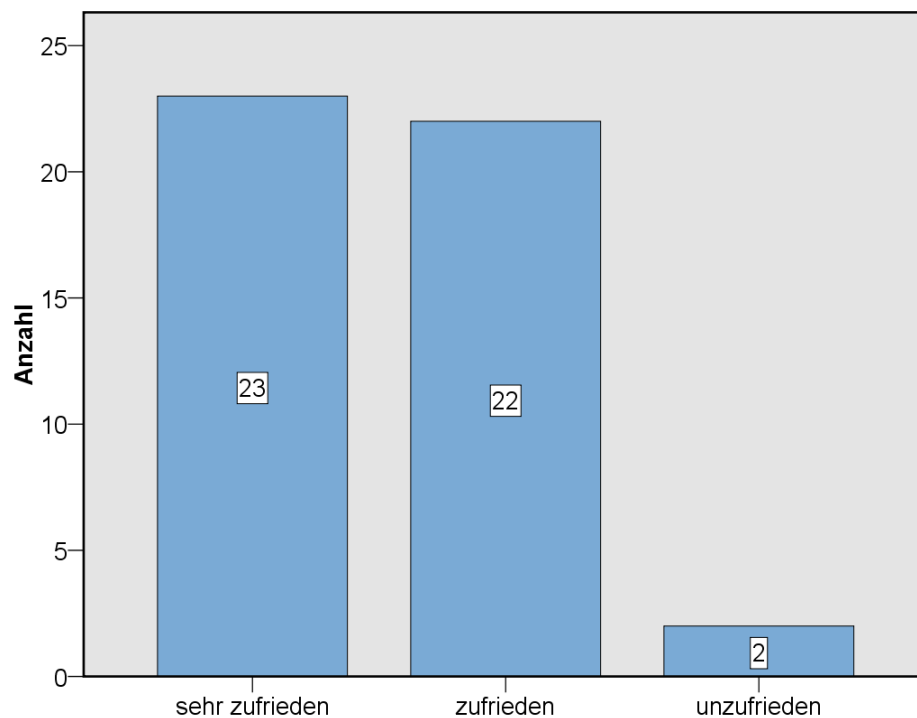


Diagramm 21: Patientenzufriedenheit mit dem Ergebnis der Behandlung

4.2.3 Schmerzen

Mit dem Auswerten der folgenden Daten aus der Anamnese ist es möglich sich die Schmerzsituation der HWS-Patienten nach durchschnittlich 8,5 Jahren post operationem zu veranschaulichen. Es wurde zwischen niemals auftretenden, seltenen, häufigen oder ständigen Ruhe-, Belastungs- und Kopfschmerzen unterschieden. Außerdem wurde die Schmerzmitteleinnahme wegen dieser Beschwerden gefragt. 13 von 47 Patienten (27,7%) litten niemals unter Ruheschmerzen, 14 von 47 Patienten

(29,8%) waren auch unter Belastung immer schmerzfrei. Kopfschmerzen verneinten sogar 30 Patienten (63,8%). Es klagten fünf Patienten (10,6%) über ständige Schmerzen in Ruhe. Bei Belastung litten neun Patienten (19,1%) unter ständigen Schmerzen. Bei der Schmerzmitteleinnahme konnten die Patienten ebenso zwischen keiner, seltener, häufiger und ständiger Einnahme entscheiden. 35 von 47 Patienten (74,5%) nehmen nie Analgetika ein und nur drei (6,5%) sind ständig auf eine Schmerzmitteleinnahme angewiesen. Selten Schmerzmittel brauchen acht Patienten (17,0%) und ein Patienten (2,1%) nimmt häufig Analgetika. Von den zwölf Patienten nehmen vier Opioid-Analgetika, davon die drei, die ständig Medikamente benötigen und eine Patientin, die selten Opioid-Analgetika benötigt. Die restlichen acht Patienten nehmen gegen die Schmerzen nichtsteroidale Antirheumatika (siehe Diagr. 22).

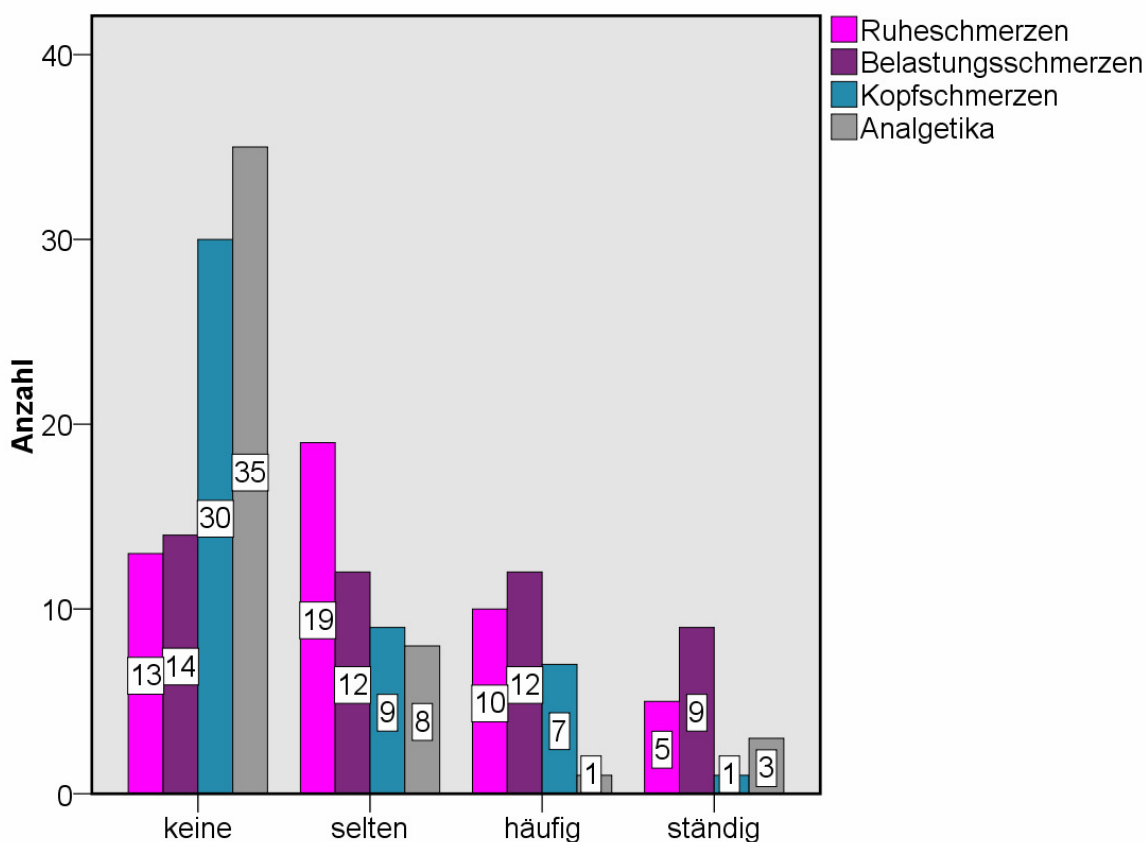


Diagramm 22: Häufigkeit von Ruhe-, Belastungs- und Kopfschmerzen sowie Häufigkeit von Analgetikaeinnahme

Da im Hinblick auf die Langzeitergebnisse besonders auch der Schmerzverlauf und eine eventuelle Schmerzzunahme nach mehreren Jahren interessant waren, wurde der Schmerzverlauf seit der Entlassung erfragt. Für 23 Patienten (48,9%) haben sich die Schmerzen nicht verändert. Bei zwölf Patienten (25,5%) verbesserten sich die Schmerzen und bei ebenfalls zwölf Patienten nahmen allerdings die Schmerzen zu.

Zum besseren Verständnis der Schmerzsituation wurden die Patienten gefragt, ob schon vor dem Unfall Schmerzen auftraten. 80,9% (38 Patienten) verneinten diese Aussage. Allerdings bejahten neun Patienten (19,1%) diese Frage (siehe Diagr. 23).

Kopfschmerzen gaben vier Patienten an, einer Schulter- und einer LWS-Beschwerden. Schmerzen im HWS-Bereich gaben drei Patienten an. Alle drei gingen einer Arbeit nach, die belastend auf die HWS wirkte, woraus die Beschwerden resultierten.

Von den nachuntersuchten Patienten war bei neun Patienten (19,1%) keine Spondylodese notwendig gewesen. Monosegmental waren 24 Patienten (51,1%) versorgt worden und 14 (29,8%) bisegmental. Diagramm 24 gibt Auskunft darüber wie die Beschwerden bei Patienten ohne segmentübergreifende Fusion, mono- und bisegmental fusionierten Patienten verteilt waren. Man sieht darin, dass sechs von neun Patienten (66,7%) ohne versteiftes Segment Schmerzen angaben. Bei monosegmental versteiften Patienten klagten 16 von 24 (66,7%) über Schmerzen. Von den Patienten, die mit bisegmentaler Spondylodese versorgt wurden, gaben 12 von 14 (85,7%) Schmerzen an (siehe Diagr. 24).

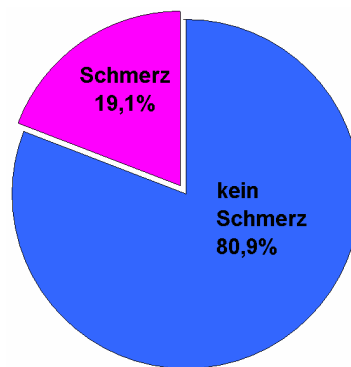


Diagramm 23: Schmerzangabe vor dem Unfall (n = 47)

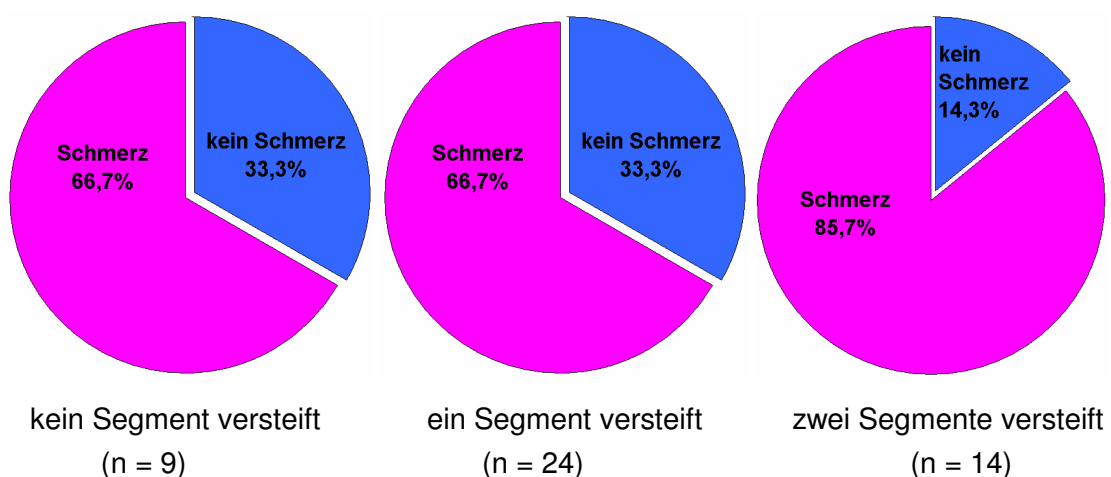


Diagramm 24: Ruheschmerzen nach Fusionsstrecke

4.2.4 Beruflicher Status

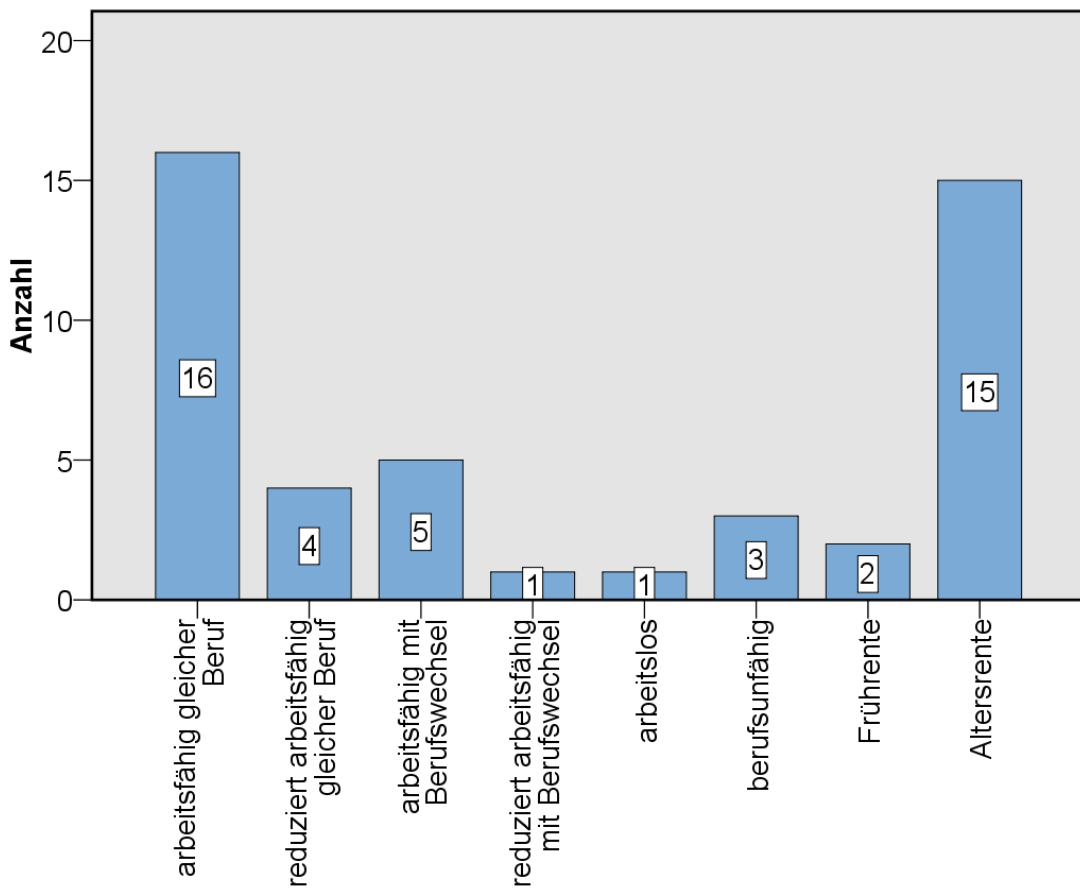


Diagramm 25: Berufliche Aktivität, detailliert

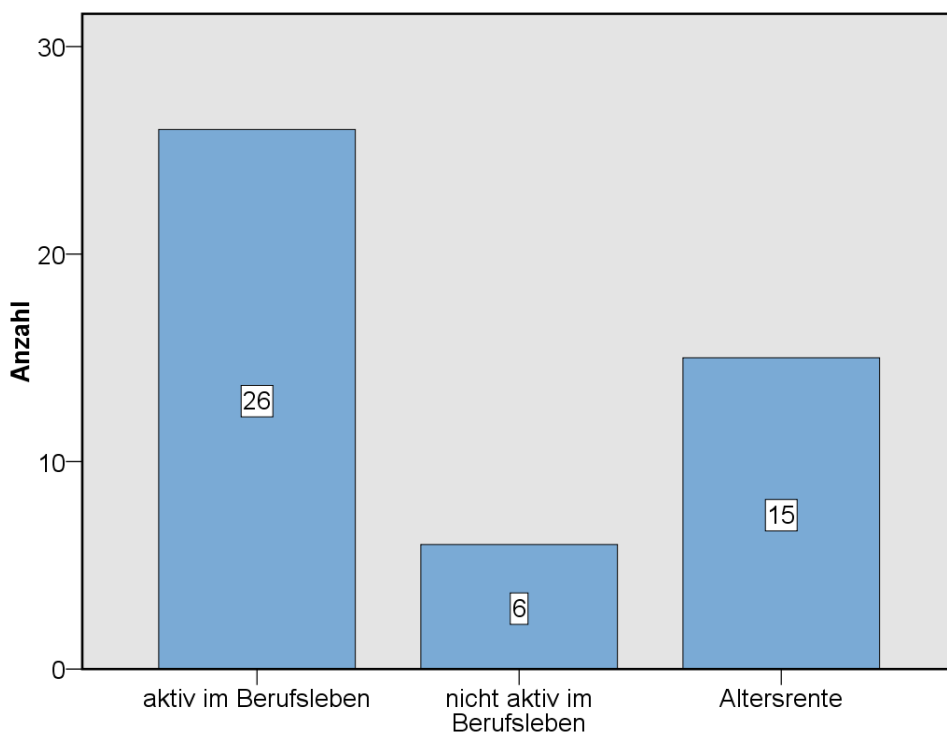


Diagramm 26: Berufliche Aktivität, zusammengefasst

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung gingen 26 von 47 Patienten (55,2%) einer regelmäßigen Beschäftigung nach. 20 Patienten arbeiteten im gleichen Beruf wie vor dem Unfall, vier davon jedoch reduziert. Nach dem Unfall wechselten sechs Patienten ihren Beruf, fünf davon arbeiten Vollzeit und einer reduziert. Ein bereits oben erwähnter Patient ist zwei Jahre nach dem Unfall arbeitslos geworden. Eine Berufsunfähigkeit lag bei drei Patienten (6,4%) vor. Weitere zwei Patienten (4,3%) sind wegen des Unfalls in Frührente gegangen. Altersentsprechend sind 15 Patienten (31,9%) in Rente (siehe Diagr. 25).

Zusammengefasst heißt das, 26 Patienten (55,3%) waren nach dem Unfall wieder aktiv im Berufsleben tätig und sechs Patienten (12,8%) waren aufgrund des Unfalls nicht mehr aktiv im Berufsleben (siehe Diagr. 26).

4.2.5 Sportfähigkeit

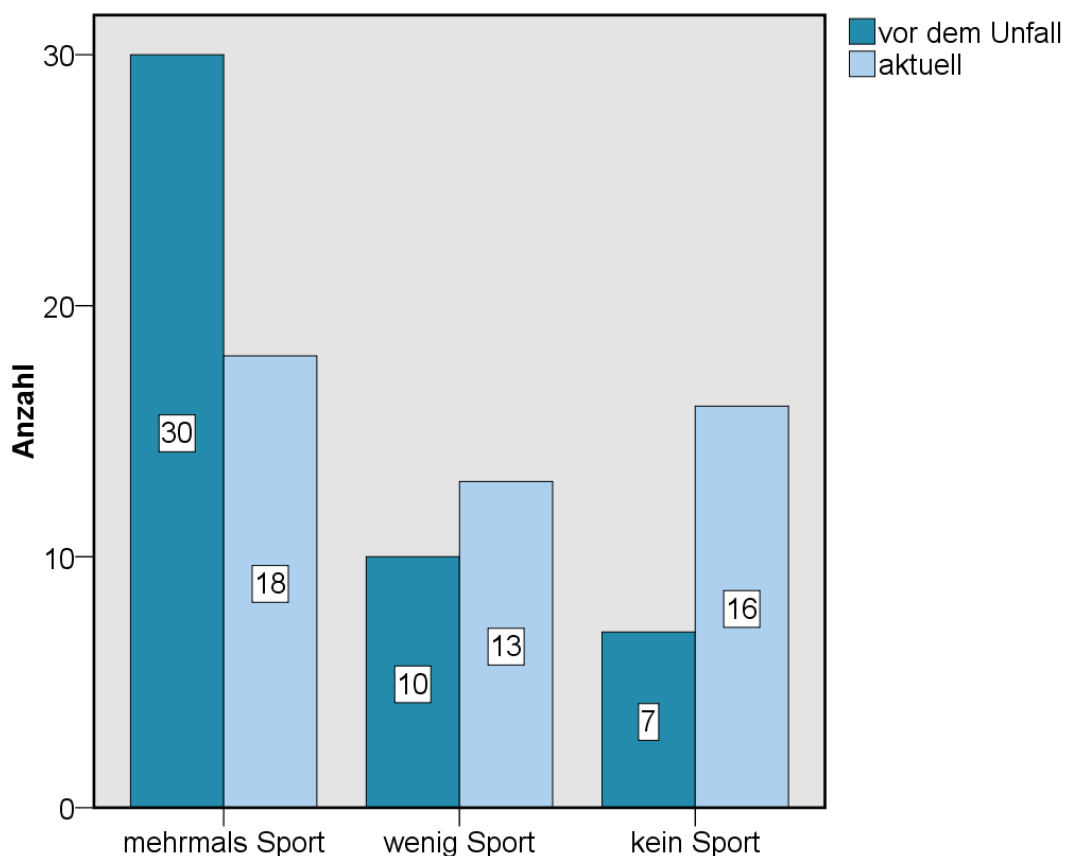


Diagramm 27: Sportliche Aktivität pro Woche vor dem Unfall und aktuell zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Um den Einfluss des operativen Eingriffs auf die sportliche Aktivität festzustellen wurde die Häufigkeit von „kein“ bis „mehrmals Sport pro Woche“ präoperativ mit zum

Zeitpunkt der Nachuntersuchung verglichen. „Kein Sport“ bedeutet weniger als eine Stunde sportliche Aktivität pro Woche. „Wenig Sport“ bedeutet ein- oder zweimal pro Woche eine Stunde sportliche Aktivität. „Mehrmals Sport“ bedeutet mindestens dreimal eine Stunde sportliche Aktivität pro Woche. Keinem Sport gingen sieben Patienten (14,9%) präoperativ und 16 (34,0%) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach. Wenig Sport pro Woche stieg von zehn auf 13 Patienten an. Mehrmals Sport pro Woche ging von 30 Patienten präoperativ auf 18 Patienten aktuell zurück. Dabei sind sieben Patienten dabei, die von mehrmals Sport auf wenig Sport reduzierten und fünf Patienten, die von mehrmals Sport auf keinen Sport zurückgingen (siehe Diagr. 27).

4.2.6 Pflegebedürftigkeit

Um sich die Langzeitauswirkungen auf das häusliche Umfeld und die möglichen finanziellen Konsequenzen besser vor Augen führen zu können, wurden die Patienten nach ihrer Selbstständigkeit bzw. Pflegebedürftigkeit gefragt. 38 Patienten (80,9%) waren zum Zeitpunkt der Befragung voll selbstständig. Als teilweise selbstständig beschrieben sich vier Patienten (8,5%) und weitere fünf (10,6%) als pflegebedürftig. Davon zwei wiesen einen kompletten Querschnitt auf, einer eine Stufe B und zwei eine Stufe C nach der ASIA-Klassifikation (siehe Diagr. 28).

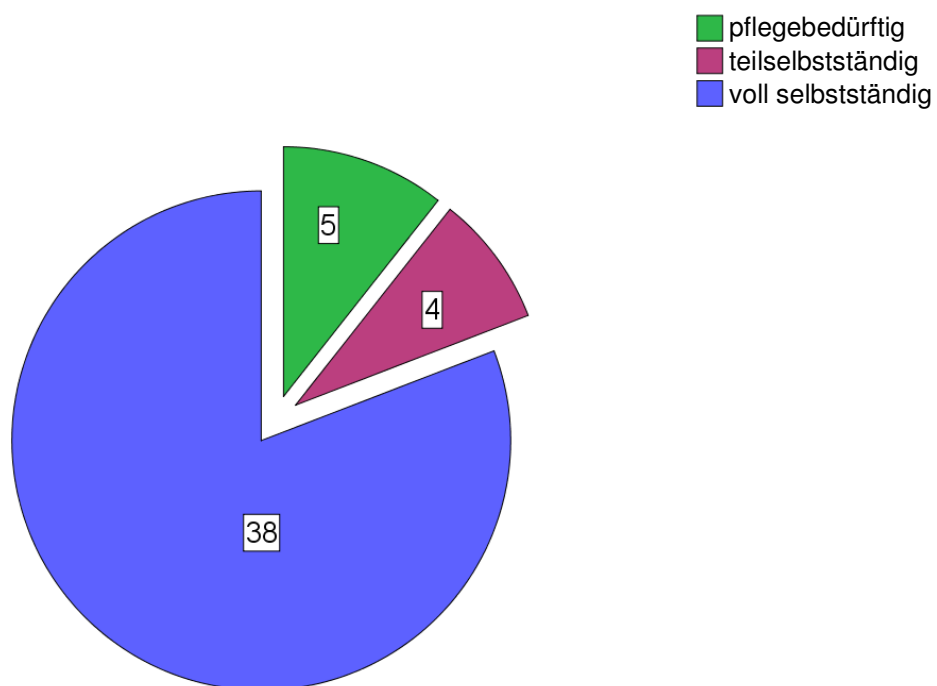


Diagramm 28: Pflegebedürftigkeit

4.3 Klinische Untersuchung

Von den lebenden Patienten konnten 38 Patienten, das sind genau 50,0%, persönlich in der Ambulanz des Klinikum Traunstein nachuntersucht werden. Die Nachuntersuchung wurde von November 2008 bis Februar 2009 durchgeführt.

4.3.1 Inspektion und Palpation

Bei der Inspektion wurde zunächst auf Spontanbewegungen während des Anamnese-gesprächs geachtet. Dabei war bei 20 Patienten (52,6%) eine gewisse Schonhaltung zu erkennen, in dem Sinne, dass Patienten extreme und schnelle Bewegungen vermeiden wollten. Außerdem wurde die gesamte Haltung im Sitzen und Stehen beobachtet. Den Patienten mit kompletter und inkompletter Lähmung wurde an dieser Stelle besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Bei Patienten mit einem ASIA A, B oder C, das sind vier von 38 (10,5%), zeigten sich spastische Lähmungen in unterschiedlichen Variationen und Intensitäten. Es waren darunter Fehlhaltungen des Kopfes, des Schultergürtels, der Arme und des gesamten Rumpfes zu beobachten. Die erhöhte Eigenspannung führte zu Beugekontraktionen der oberen Extremität und zu einer Erhöhung des muskulären Tonus an Streck- und Adduktorenmuskulatur der unteren Extremität. Bei einem Patienten war die Sprechmuskulatur betroffen, er konnte sich nur langsam und undeutlich artikulieren. Bei fünf Patienten (13,2%) lag ein ASIA D vor. Einer davon litt unter spastischen Kontrakturen auf der rechten Körperseite. Eine spastische Gangstörung wiesen zwei Patienten auf. Bei den zwei übrigen Patienten mit ASIA D waren inspektorisch keine Auffälligkeiten zu sehen. Palpatorisch waren bei neun Patienten in der paravertebralen Muskulatur und Schultermuskulatur Verspannungen zu tasten. Ein lokaler Druck- oder Klopfschmerz ließ sich durch Drücken und Klopfen auf die Dornfortsätze bei keinem Patienten auslösen.

4.3.2 Klinische Tests

Der axiale Kompressionstest, der die radikuläre Symptomatik verstärken soll, war nur bei einem Patienten (2,6%) schmerzhaft. Dieser Patient litt unter ständigen Ruhe- und Belastungsschmerzen, die in letzter Zeit stärker geworden sind. Beim Test nach Mizuno spürten zwei Patienten (5,2%) Taubheitsgefühle. Diese Untersuchung soll Wurzelreizungen aufgrund von spondylotischen Vorwölbungen identifizieren. Bei beiden hatte sich die Schmerzsituation im Verlauf verschlechtert, beide klagten über häufige Belastungsschmerzen.

4.3.3 Bewegungsumfang

Die Überprüfung der Beweglichkeit erfolgte nach der Neutral-0-Methode. Zur Auswertung wurde ein Messblatt für die Wirbelsäule vom Klinikum Traunstein verwendet, das folgende Maße als Normalwerte angibt: Rotation rechts/links 60-80°/60-80°, Seitneigung rechts/links 45°/45°, Inklination/Reklination 35-45°/45-70°. Folgende Tabelle gibt einen Überblick über die oberen Normalwerte und die Mittelwerte der erreichten Bewegung in Grad. Außerdem ist die Einschränkung der Beweglichkeit in die jeweilige Achse in Prozent angegeben. Als Übersicht ist in der letzten Spalte der Patientenanteil aufgeführt, der mehr als die Hälfte des oberen Normalwertes erreichen konnte. Dies ist in Anlehnung an die Einteilung von Illgner et al. als eine befriedigende Beweglichkeit anzusehen [Illgner et al., 1989, S. 369].

Tabelle 4: Bewegungsausmaß

	n	Oberer Normalwert	Mittelwert	Einschränkung der Beweglichkeit um	Anteil der Patienten mit befriedigender (>50%) Beweglichkeit
Rotation rechts	38	80°	42°	48%	61%
Rotation links	38	80°	43°	46%	58%
Seitneigung rechts	38	45°	28°	38%	63%
Seitneigung links	38	45°	27°	40%	55%
Inklination	38	45°	33°	27%	79%
Reklination	38	70°	34°	51%	79%

Die Messungen zeigten, dass im Vergleich zum oberen Normalwert, die Rotation um 47% eingeschränkt war. Die Seitneigung wies eine Verminderung von 39% auf. Die Inklination war um 27% eingeschränkt, die Reklination um 51%. Dennoch erreichten etwa 60% der Patienten in der Rotation sowie in der Seitneigung eine befriedigende Beweglichkeit. Bei der Inklination und der Reklination verzeichneten sogar knapp 80% eine befriedigende Beweglichkeit.

Wenn man das Bewegungsausmaß nach Fusionsstrecke (0, 1, 2 Segmente) aufteilt, wird ersichtlich, dass die Bewegungseinschränkung nicht mit der Länge der Fusionsstrecke korreliert. Im Gegenteil, bei den Patienten, wo kein Segment versteift werden musste (Fusionsstrecke 0), nahm die Rotation sogar um 58% ab, die Seitneigung ist um 46% eingeschränkt. Die Inklination war um 36% vermindert und die Reklination 56%. Folgendes lässt sich über diese Gruppe sagen: Von den sieben Patienten wiesen drei eine C2-Fraktur nach Anderson Typ II, die mit einer Zug-schraubenosteosynthese behandelt wurde. Davon beklagten zwei Patienten häufige oder ständige Ruhe- und Belastungsschmerzen. Jeweils zwei weitere von den sieben

Patienten wiesen eine traumatische Spondylolisthesis Typ Effendi III oder eine C1-Fraktur. Alle vier wurden mit dem Halofixateur versorgt. Nur ein Patient litt unter ständigen Ruhe- und Belastungsschmerzen. Die mono- und bisegmental versorgten Patienten wiesen eine ähnliche Verminderung der Beweglichkeit auf wie das gesamte Patientengut (siehe Tab. 5).

Zur Veranschaulichung sind die Mittelwerte von der Rotation und der Seitneigung sowie von der Inklination und der Reklination graphisch dargestellt. Darin sieht man sehr gut, dass die sieben Patienten, bei denen keine Versteifung durchgeführt wurde, am meisten in ihrer Beweglichkeit eingeschränkt waren (siehe Diagr. 29).

Tabelle 5: Bewegungsausmaß nach Fusionsstrecke

Fusionsstrecke		n	Oberer Normalwert	Mittelwert	Einschränkung der Beweglichkeit um
0	Rotation rechts	7	80°	34°	58%
	Rotation links	7	80°	34°	58%
	Seitneigung rechts	7	45°	25°	44%
	Seitneigung links	7	45°	24°	47%
	Inklination	7	45°	29°	36%
	Reklination	7	70°	31°	56%
1	Rotation rechts	19	80°	44°	45%
	Rotation links	19	80°	47°	41%
	Seitneigung rechts	19	45°	29°	36%
	Seitneigung links	19	45°	29°	36%
	Inklination	19	45°	33°	27%
	Reklination	19	70°	37°	47%
2	Rotation rechts	12	80°	44°	45%
	Rotation links	12	80°	43°	46%
	Seitneigung rechts	12	45°	29°	36%
	Seitneigung links	12	45°	26°	42%
	Inklination	12	45°	33°	27%
	Reklination	12	70°	32°	54%

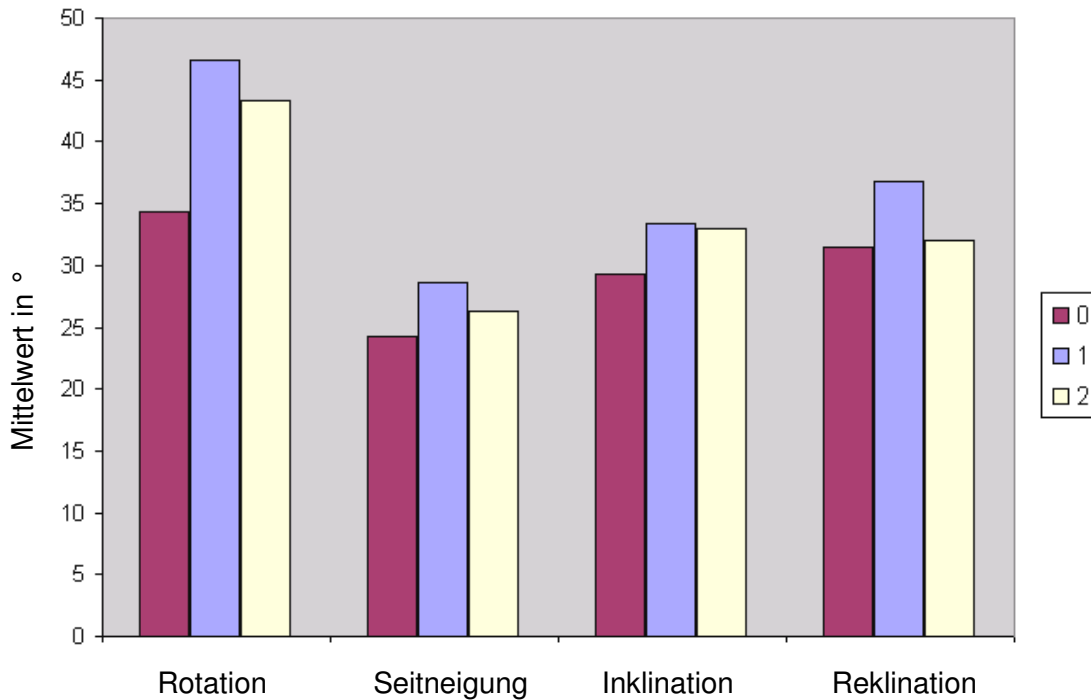


Diagramm 29: Bewegungsausmaß nach Fusionsstrecke (0, 1 und 2 Segmente)

4.3.4 Neurologischer Status

Die Einteilung des neurologischen Status erfolgte gemäß der ASIA-Klassifikation [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 401-413]. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigten neun von 38 Patienten (23,7%) ein neurologisches Defizit und 29 Patienten (76,3%) waren neurologisch völlig beschwerdefrei (siehe Diagr. 30). Zwischen Aufnahme und Entlassung konnten sich zehn von 16 betroffenen Patienten verbessern (62,5%). Zwischen der Entlassung und der Nachuntersuchung verbesserten sich sechs von zwölf betroffenen Patienten um mindestens eine neurologische Stufe (50,0%). Davon verbesserten sich ein Patient von einem ASIA A auf ein ASIA B. Zwei Patienten verbesserte sich von einer ASIA Stufe B auf C. Ein anderer Patient, der bei Entlassung ein ASIA D aufwies, hatte sich neurologisch komplett erholt und wies nun ein ASIA E auf. Ebenso erreichten zwei weitere Patienten mit radikulären Läsionen eine Restitutio ad intergrum und damit ein ASIA E. Zusammenfassend kann Folgendes über das nachuntersuchte Patientengut festgestellt werden: Durchschnittlich 8,5 Jahre nach dem Unfall konnten sich insgesamt 13 von den 16 neurologisch auffälligen Patienten verbessern (81,3%) und sieben davon konnten sich sogar komplett neurologisch regenerieren (43,8%). Die Stufe ASIA A betraf bei Aufnahme vier Patienten (10,5%) und bei Entlassung und Nachuntersuchung nur noch einen Patienten (2,6%). Es konnten sich also drei Patienten von einem initial kompletten Querschnitt auf einen inkompletten Querschnitt verbessern. Die ASIA Stufe E erreichten bei Aufnahme 22 Patienten (57,9%), bei Entlassung 27 Patienten (71,1%) und zur Nachuntersuchung 29 (76,3%) Patienten. Von den fünf radikulären Läsionen konnten sich drei bereits bis zur Entlassung regenerieren, die restlichen zwei erholten sich vollständig bis zur Nachuntersuchung (NU) (siehe Diagr. 31).

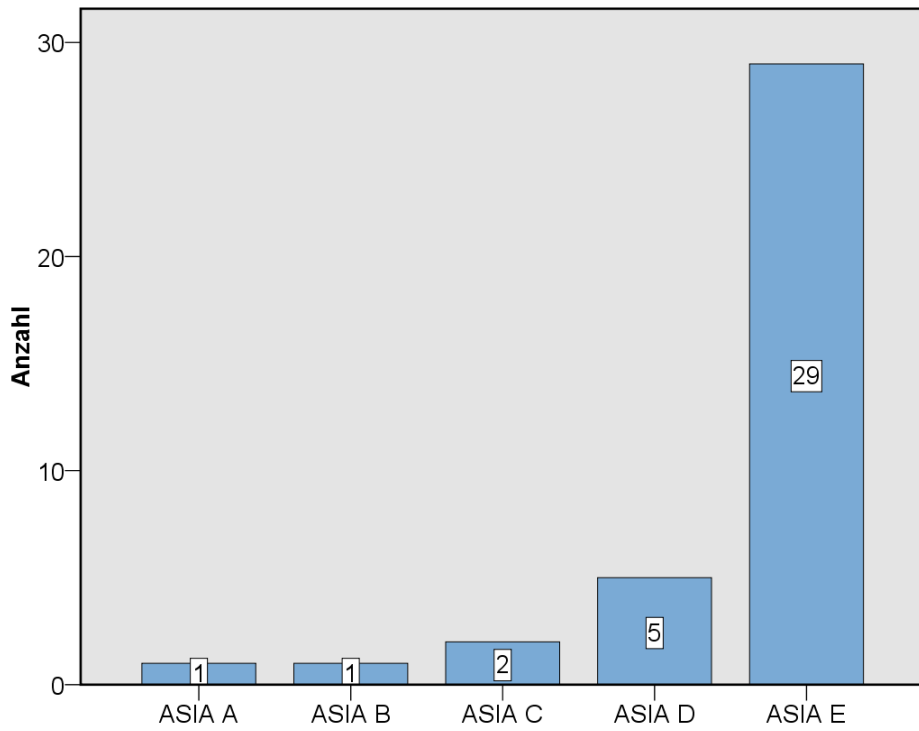


Diagramm 30: Neurologischer Status bei der Nachuntersuchung

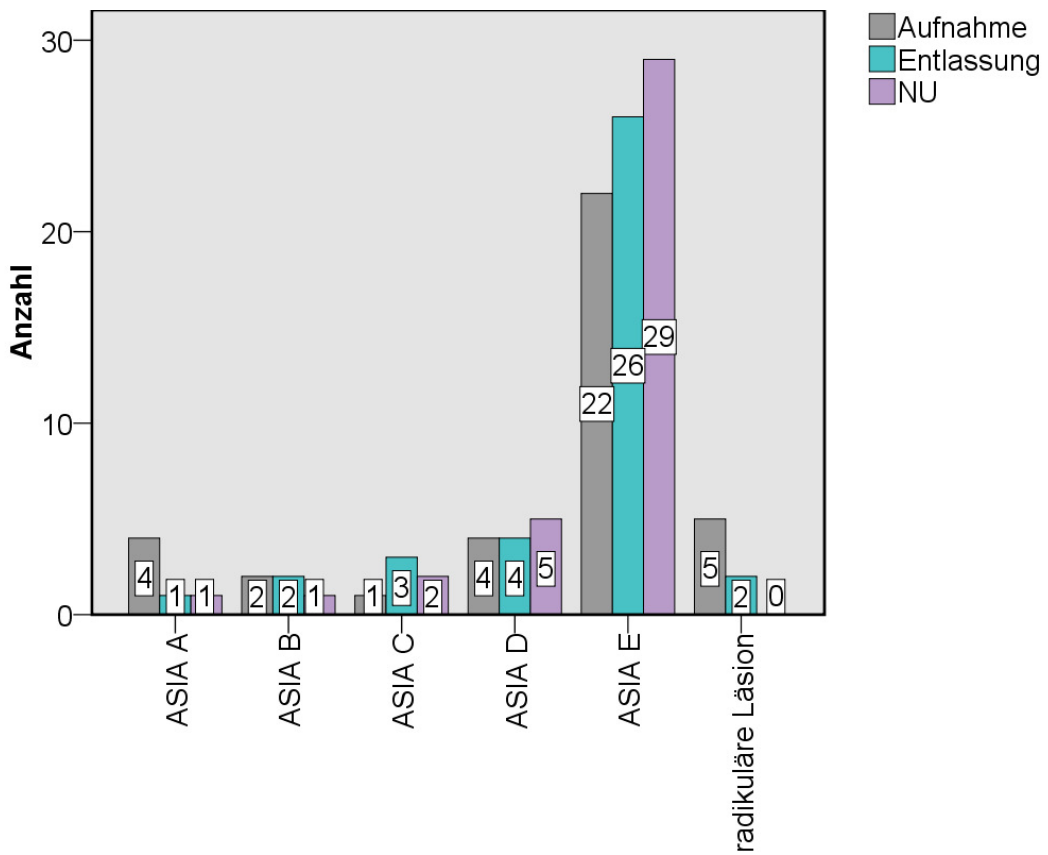


Diagramm 31: Neurologischer Verlauf der nachuntersuchten Patienten

4.4 Radiologische Diagnostik

Der letzte Teil der Nachuntersuchung bestand aus einer Röntgenaufnahme in zwei Ebenen und einer Dens-Zielaufnahme bei entsprechender Verletzung. Die Aufnahmen wurden von November 2008 bis Februar 2009 in der radiologischen Abteilung des Klinikum Traunsteins durchgeführt. In die Auswertung gehen 38 Patientendaten ein, die sich zu einem Nachuntersuchungstermin vorstellten.

4.4.1 Allgemeine Langzeitergebnisse

Bei vier von 38 nachuntersuchten Patienten war kein Material mehr implantiert. Davon waren drei mit dem Halofixateur versorgt worden, der nach durchschnittlich vier Wochen entfernt wurde. Bei der anderen Patientin wurde die dorsale Spondylodese mit Cervifix vier Jahre nach dem Einbringen entfernt. Bei den restlichen 34 Patienten lag eine korrekte Materiallage vor. Es konnte weder ein Materialbruch noch eine Materiallockerung festgestellt werden. Bei allen Patienten, die eine mono- oder bisegmentale Fusion erhalten haben (33 von 38 Patienten), lag eine vollständige knöcherne Durchbauung vor.

Eine ventrale Stufenbildung war bei drei Patienten zu sehen. Bei einem Patienten kam es nach einer Typ-C-Verletzung von C6/C7 im Jahr 2003, die mit einer ventralen Spondylodese C6-C7 mit Morscherplatte versorgt wurde, zu einer diskreten ventralen Stufenbildung von C3 über C4. Bei einem weiteren Patienten mit Luxationsfraktur C6/C7 und Morscherplattenversorgung im Jahr 2004 sah man aktuell eine neu aufgetretene minimale dorsale Stufe von C5 über C6. Ansonsten wiesen beide Patienten ein regelrechtes dorsales Alignment und keine zusätzlichen degenerative Veränderungen auf. Bei einem anderen Patienten kam es kaudal der C2 Fraktur Typ II nach Anderson im Jahr 1995, die mit einer atlantoaxialer Densverschraubung versorgt wurde, zu zwei ventralen Stufenbildungen: C5 über C6 um ca. 4 mm und C6 über C7 um etwa 3 mm. Diese Gefügelockerung war bereits durch Voruntersuchungen seit 2005 bekannt. In den Segmenten C2/C3 und C5/C6 waren seit 2003 bzw. 2005 je ein überbrückender Spondylophyt zu sehen (siehe Abb. 32: Patient 1).

Zu einer minimalen dorsalen Stufenbildung kam es bei zwei Patienten. Bei einer Patientin mit traumatischer Spondylolisthesis C2 Typ Effendi III im Jahr 1995, die mit einer Schraubenosteosynthese der Wirbelbögen C2 versorgt wurde, sah man eine diskrete Gefügestörung des dorsalen Alignements C4 über C5. Diese, seit dem Unfall bekannte, minimale Stufenbildung wies nun dorsale Spondylophyten auf C4 und C5 auf. Eine weitere Patientin wies nach einer Luxationsfraktur C6/C7 im Jahr 2000 eine seit dem Unfall bekannte minimale dorsale Stufenbildung C6/C7 unverändert auf. Im aktuellen Röntgenbild war eine beginnende Uncarthrose im unteren HWS-Abschnitt zu sehen. Bei 33 von 38 Patienten gab es keinen Hinweis auf eine Gefügestörung.

Eine Normabweichung der HWS konnte bei zehn Patienten gesehen werden. Bei acht Patienten lag eine Steilfehlhaltung vor. Bei einem Patienten lag nach einer discoligamentären Instabilität C3/C4 im Jahr 2001 eine leichte Knickbildung im kaudalen Nachbarsegment vor. Bei einem anderen Patienten zeigte sich nach einer discoligamentären Instabilität C5/C6 im Jahr 2001 eine leichte Knickbildung im kranialen Nachbarsegment. Beide letztgenannten Patienten wiesen somit eine Knickbildung im Segment C4/C5 auf.

4.4.2 Degenerative Veränderungen

Durchschnittlich 8,5 Jahre nach dem operativen Eingriff sind die degenerativen Veränderungen der HWS von besonders großem Interesse. An der gesamten HWS waren bei 24 Patienten (63,1%) Spondylophyten zu sehen. Eine Osteochondrose wiesen 25 Patienten (65,8%) vor. Bei 26 Patienten (68,4%) zeigte sich eine Spondylarthrose. Eine Uncarthrose ließ sich bei drei Patienten (7,9%) feststellen.

Folgendes konnte über die Nachbarsegmente der Spondylodese festhalten werden: bei neun Patienten (23,7%) zeigten sich auffällige degenerative Veränderungen an den Nachbarsegmenten: zwei davon betrafen das kaudale Nachbarsegment, zwei das kraniale und fünf beide Nachbarsegmente. Es folgt eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Patienten:

Patient 1 ist der bereits erwähnte Patient mit der Densfraktur Typ Anderson II, der seit 2005 im Segment C5/C6 einen überbrückenden Spondylophyten zeigte. Nach der atlantoaxialen Densverschraubung im Jahr 1995 wies dieser Patient seit 2003 im Nachbarsegment C2/C3 einen ventral überbrückenden Spondylophyten auf. Das aktuelle Röntgenbild bestätigte eine zunehmende Spondylophytenbildung und Spondylarthrose im Segment C2/C3 (siehe Abb. 32).

Patient 2 zeigte degenerative Veränderungen im kaudalen Nachbarsegment nach einer C4/C5 Luxationsfraktur im Jahr 2001, die mit einer Morscherplatte C4-C5 versorgt wurde. Im aktuellen Röntgenbild sind nun segmentübergreifende Spondylophytenbildungen zwischen C5/C6 und C6/C7 zu sehen (siehe Abb. 33).

Bei Patient 3 wurde 1998 eine Luxationsfraktur C6/C7 diagnostiziert, die mit einer Morscherplatte versorgt wurde. Im aktuellen Röntgenbild ist im kranialen Nachbarsegment eine deutliche Verschmälerung des Bandscheibenfachs, eine ventrale spondylophytäre Ausziehung und eine Spondylarthrose bis C3/C4 zu sehen (siehe Abb. 34).

Patient 4 erlitt 2002 eine C5 Berstungsfraktur, die mit einer Morscherplatte C4-C6 behandelt wurde. Im aktuellen Röntgenbild zeigte sich eine Steilfehlstellung der HWS und eine beginnende Spondylophytenbildung und Spondylarthrose des kranialen Nachbarsegments (siehe Abb. 35).

Patient 5 erlitt 2004 eine C5 und eine C6 Berstungsfrakturen und wurde mit einer Morscherplatte C5-C7 versorgt. Es zeigte sich im aktuellen Röntgenbild eine

ventrolaterale Spondylophytenbildung bei C4 und C3. Ebenso war eine Spondylarthrose im mittleren HWS-Abschnitt zu erkennen (siehe Abb. 36).

Patient 6 wurde 1998 wegen einer discoligamentären Instabilität C3/C4 mit einer Morscherplatte C3-C4 versorgt. Im aktuellen Röntgenbild zeigte sich eine Spondylosteochondrose im angrenzenden Wirbel C5 und diskret auch im kranialen Segment C2/C3 (siehe Abb. 37).

Patient 7 wurde 2001 mit einer Morscherplatte C5-C6 nach einer discoligamentären Instabilität C5/C6 versorgt. Oberhalb der Spondylodese sah man im aktuellen Röntgenbild eine Steilstellung, von C5 bis C7 eine Fehlstellung mit Knickbildung im Segment C4/C5. Im kranialen und kaudalen Segment der Versteifung war eine Verschmälerung der Bandscheibenfächer, eine Spondylarthrose und eine Osteochondrose zu erkennen (siehe Abb. 38).

Patient 8 erhielt 2001 eine Morscherplatte C3-C4 aufgrund einer discoligamentären Instabilität C3/C4. Im aktuellen Röntgenbild war eine Fehlhaltung der HWS mit leichter Knickbildung C4/C5 zu sehen. In den kaudalen Segmenten C4/C5 und C5/C6 zeigte sich eine deutliche Osteochondrose mit ausgeprägter ventraler Spondylophytenbildung. Im Segment C2/C3 ist eine Spondylarthrose erkennbar (siehe Abb. 39).

Bei Patient 9 wurde 2003 eine discoligamentäre Instabilität C4/C5 mit einer Morscherplatte C4-C5 versorgt. Im angefertigten Röntgenbild waren neu aufgetretene massive degenerative Veränderungen von C3-C7 zu erkennen. Segment C3/C4 zeigte ausgeprägte Spondylophytenbildungen. Die Bandscheibenfächer C5/C6 und C6/C7 waren verschmälert und partiell knöchern durchbaut. Außerdem war das vordere Längsband verkalkt (siehe Abb. 40).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass acht Patienten mit degenerativen Veränderungen in Nachbarsegmenten mit einer Morscherplatte versorgt wurden. Ein Patient wurde transartikulär C1-C2 verschraubt. Es waren folgende Verletzungen zu verzeichnen: vier discoligamentäre Instabilitäten, zwei Luxationsfrakturen, zwei Berstungsfrakturen und eine Densfraktur Typ II. In den Nachbarsegmenten wurde folgende Veränderungen gefunden: Bei drei Patienten Verschmälerungen des Bandscheibenfachs, bei drei Patienten eine Osteochondrose, bei drei Patienten spontane Fusionen, bei fünf Patienten eine Spondylarthrose und bei allen neun Patienten Spondylophytenbildungen (siehe Diagr. 32). Radiologisch lassen sich leichte und massive degenerative Veränderungen unterscheiden. Fünf Patienten (13,2%) zeigten nach durchschnittlich 7,4 Jahren leichte degenerative Veränderungen. Massive degenerative Veränderungen wiesen vier Patienten (10,5%) nach durchschnittlich 8,5 Jahren auf.

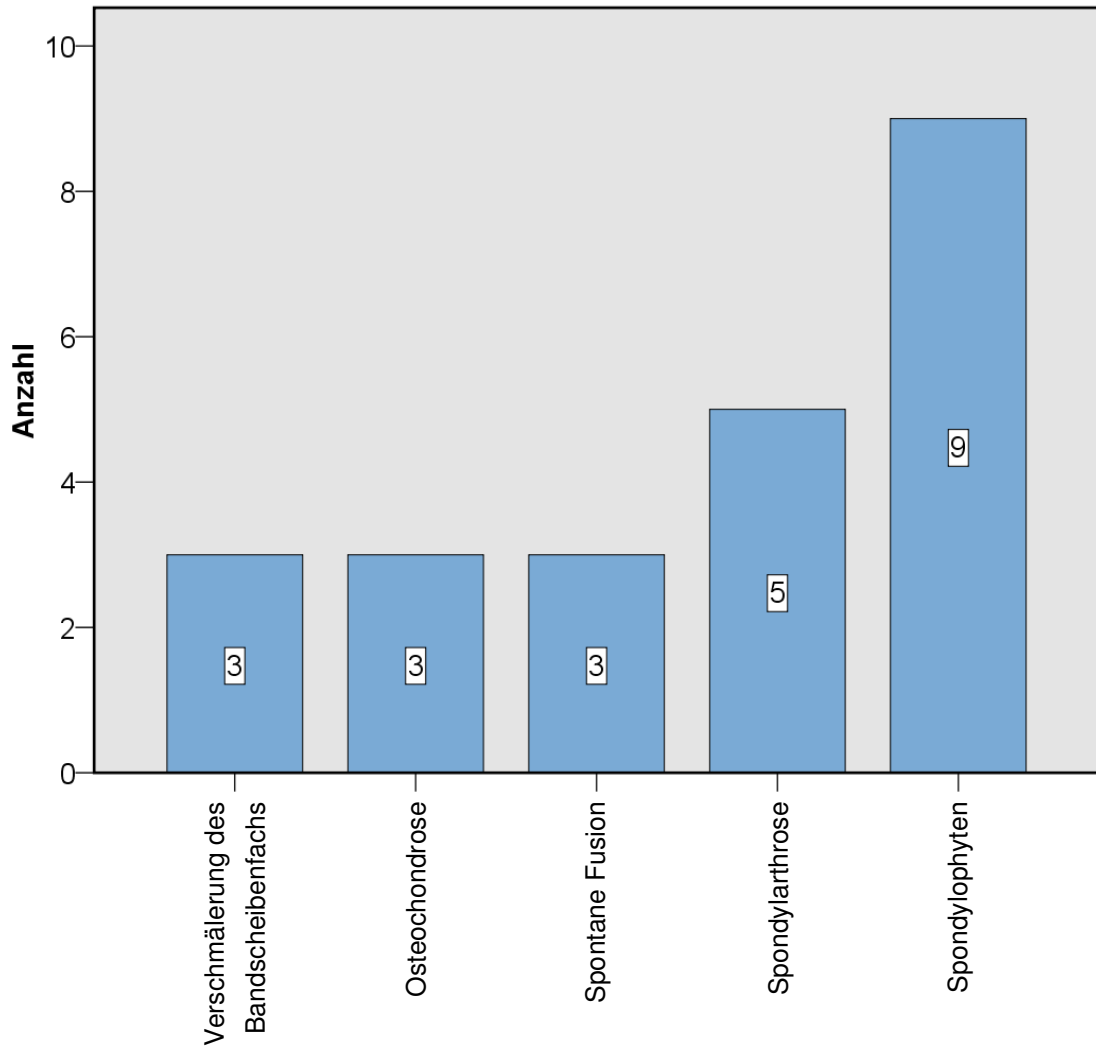


Diagramm 32: Degenerative Veränderungen an den Nachbarsegmenten (Mehrfachnennungen)

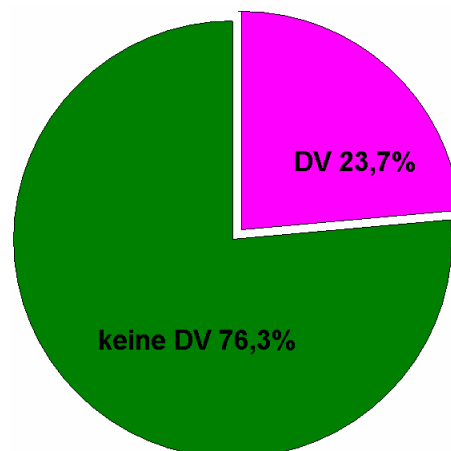


Diagramm 33: Bei neun Patienten (23,7%) zeigten sich degenerative Veränderungen (DV) an den Nachbarsegmenten. 29 Patienten (76,3%) wiesen keine degenerativen Veränderungen auf.

Es folgen die Röntgenaufnahmen der oben genannten neun Patienten im seitlichen Strahlengang, die zum Nachuntersuchungstermin angefertigt wurden.



Abbildung 32: Patient 1



Abbildung 33: Patient 2

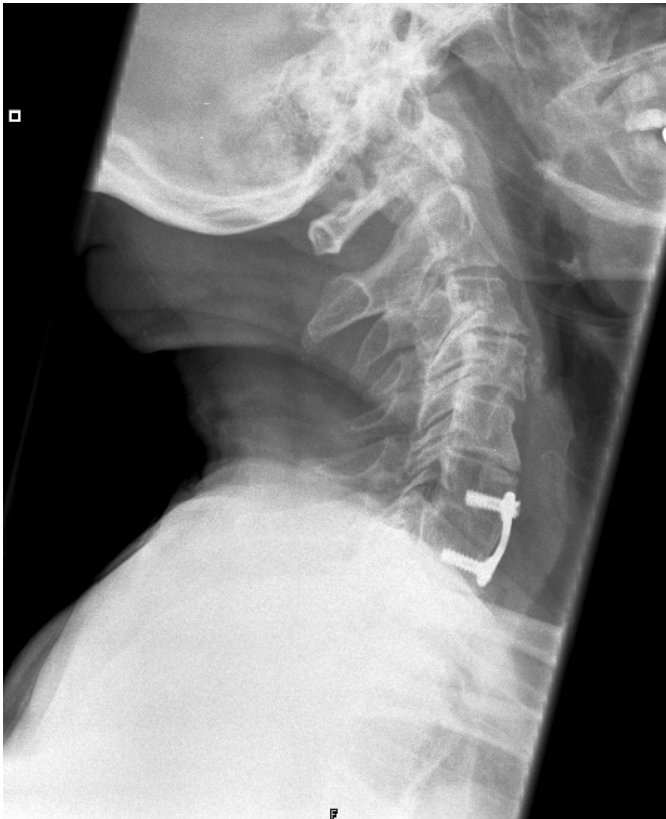


Abbildung 34: Patient 3



Abbildung 35: Patient 4



Abbildung 36: Patient 5

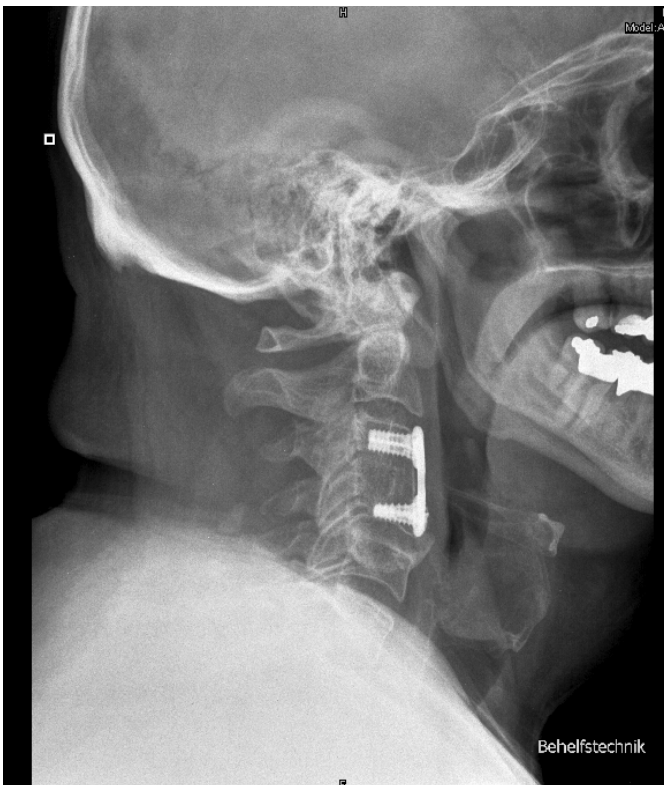


Abbildung 37: Patient 6

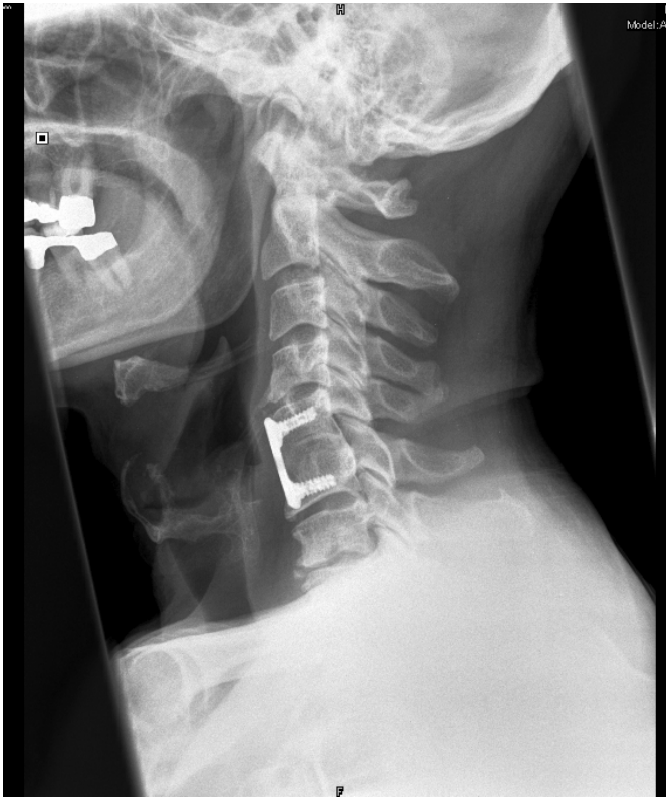


Abbildung 38: Patient 7

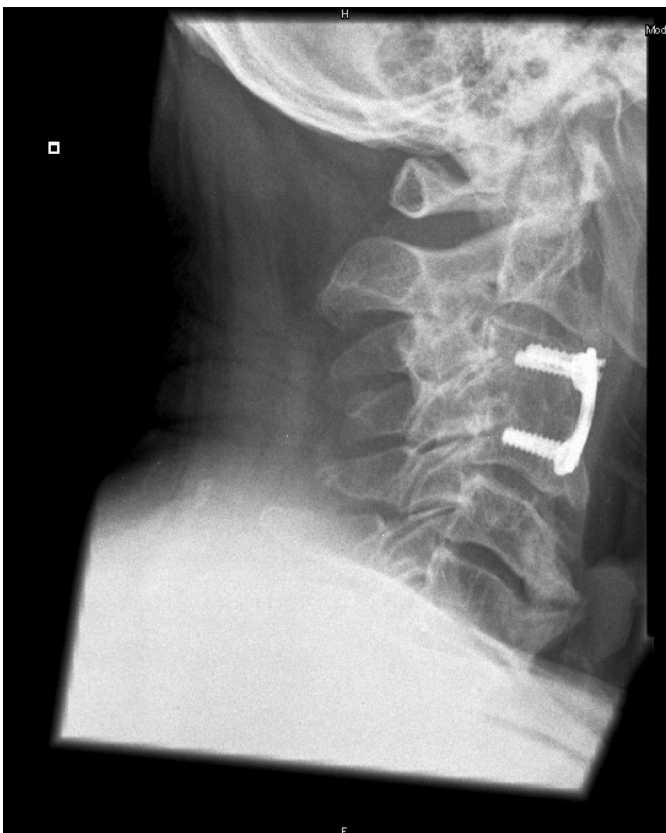


Abbildung 39: Patient 8

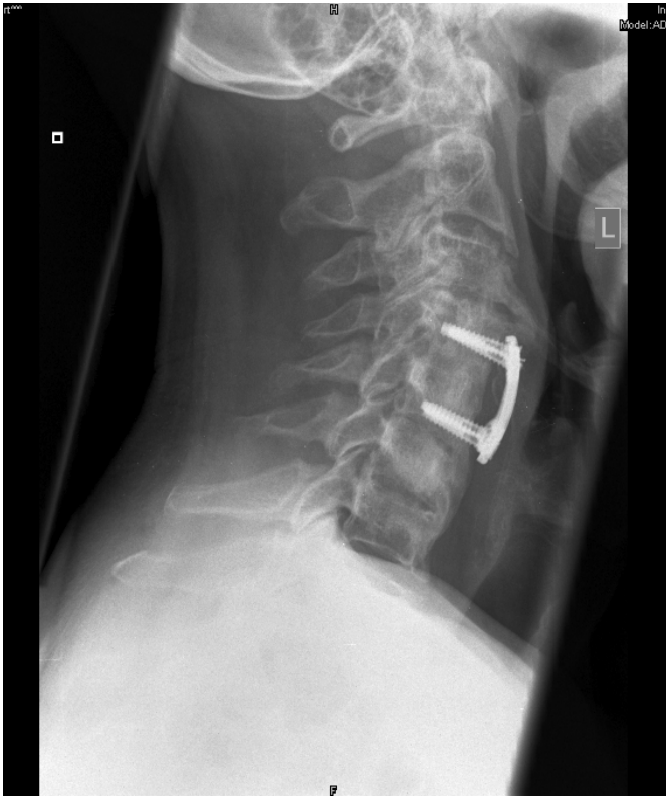


Abbildung 40: Patient 9

5 Diskussion

Das Therapiekonzept zur Behandlung von HWS-Verletzungen ist die Wiederherstellung der anatomisch korrekten Lage unter Stabilisierung der verletzten Segmente. Die elementaren Punkte in der operativen Behandlung von HWS-Verletzungen stellen die Indikation, der Zugang und das gewählte Implantat dar [Laurer et al., 2010, S. 238]. Die Zielsetzung jeder Behandlung ist, dem Patienten einen beweglichen und schmerzfreien Hals/Nackenbereich ohne neurologische Ausfälle zu gewährleisten. Es kann bis heute nicht von eindeutigen Empfehlungen für alle Verletzungsarten der HWS gesprochen werden [Blauth, 1999, S. 383].

Diese vorliegende Studie soll einen Beitrag zur Bewertung der Langzeitverläufe der unfallchirurgischen Therapie von HWS-Verletzungen leisten. Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse diskutiert und mit den Ergebnissen anderer Studien verglichen.

5.1 Limitierungen

In der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädische Chirurgie Traunstein (Zentrum für Hand- und Wirbelsäulen Chirurgie) konnten Patienten, bei denen aufgrund einer HWS-Verletzung ein operativer Eingriff erfolgte, nach teilweise 13 Jahren nachuntersucht werden.

Dieser lange Zeitraum von durchschnittlich neun Jahren zwischen Operation und Nachuntersuchung stellte ein Problem in der Homogenität des Patientenkollektivs dar. So gab es Patienten, deren Operation zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nur vier Jahre zurück lag und Patienten, deren Operation bereits 13 Jahre zurück lag. Es wurden also Patienten miteinander verglichen, deren Operations-Nachuntersuchungs-Intervall um bis zu neun Jahre verschieden war. Aufgrund der geringen Fallzahl pro Jahr und aus organisatorischen Gründen war es nicht möglich, genaue 5- und 10-Jahres-Outcomes zu ermitteln. Dieses Problem ergab sich allerdings auch in anderen Studien über Langzeitergebnisse von operativen HWS-Eingriffen. Beispielsweise die Arbeit von Blauth et al. in der 89 Patienten, die von 1972 bis 1983 operiert wurden, nach mehr als zehn Jahren nachuntersucht wurden [Blauth et al., 1996, S. 925-926]. Dort schwankte das Operations-Nachuntersuchungs-Intervall von 13 bis 24 Jahre. Der wesentliche Vorteil der vorliegenden Studie und der oben genannten Studie von Blauth et al. war der sehr lange Nachbeobachtungszeitraum, der hier bei durchschnittlich 8,5 Jahren (4-13 Jahre) lag. Entsprechend lange Follow-up-Zeiten werden in der Literatur nur selten gefunden.

Ein Nachteil dieses langen Nachbeobachtungsintervalls war allerdings, dass in der Zwischenzeit 19 Patienten unbekannt verzogen waren und fünf Patienten aus Altersgründen nicht nachuntersucht werden konnten. Acht Patienten waren inzwischen verstorben. Daraus ergab sich ein Follow-up von 61,8% der lebenden Patienten

inklusive der telefonisch Befragten. Für die persönliche Nachuntersuchung stellten sich 50,0% aller lebenden Patienten zur Verfügung. In der Literatur werden ähnliche Daten gefunden. Zeilinger et al., die in den Jahren 1980 bis 1996 insgesamt 327 Patienten mit Verletzungen der unteren HWS in ihre Studie aufnahmen, konnten 170 Patienten nachuntersuchen [Zeilinger et al., 1998, S. 3]. Folglich betrug der Prozentsatz der Patienten, die nachuntersucht werden konnten, 52,0%.

Ein weiterer, nennenswerter Aspekt stellen die Fallzahlen dar. In 25 Fällen war die obere HWS betroffen und in 62 Fällen die untere HWS. Es wurden vier unterschiedliche Zugangswege gewählt und acht unterschiedliche Operationstechniken eingesetzt, wovon manche nur an ein oder zwei Patienten Anwendung fanden. Jedoch geht es in dieser Arbeit darum, einen Überblick über Verletzungen, Behandlungsstrategien und Langzeitverläufe der gesamten HWS darzustellen. Dafür wurden die teilweise niedrigen Fallzahlen in Kauf genommen.

Diskutiert werden muss außerdem, dass in dieser Studie Patienten mit Verletzungen der oberen und der unteren HWS einbezogen wurden. In der Literatur findet man dies bisher nur vereinzelt. Zwar unterscheiden sich Verletzungsmechanismus, Fraktur-einteilung und Therapie von einander, dennoch wurde hierbei der Schwerpunkt auf die Auswertung von Langzeitergebnissen der gesamten HWS gelegt. Somit sollen Zusammenhänge und Unterschiede von oberer und unterer HWS näher beleuchtet werden. Diese Studie wurde deshalb aufgrund des seltenen Studiendesign auch mit Arbeiten verglichen, die entweder die obere oder die untere HWS untersuchten.

Da es nur wenig vergleichbare Studien gibt und da das Interesse an Langzeitverläufen von HWS-Operationen groß ist, wurden die erhobenen Daten des gesamten Patientenkollektiv von 87 Patienten (5.2 bis 5.4) und die erhobenen Daten der nachuntersuchten Patienten von 47 bzw. von 38 Patienten (5.5 bis 5.9) getrennt ausgewertet.

5.2 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv von 87 Patienten setzte sich aus 66 männlichen (75,9%) und 21 weiblichen Patienten (24,1%) mit einem Durchschnittsalter von 47 Jahren zusammen. Am häufigsten betroffen war die Altersgruppe zwischen 20 und 29 Jahren. Als Ursache für die HWS-Verletzungen dominierten die Verkehrsunfälle mit 47,1% und Stürze aller Art mit 43,6%. Diese epidemiologischen Daten decken sich weitgehend mit denen vergleichbarer Studien: Daentzer und Böker untersuchten 95 Patienten mit traumatischen Instabilitäten der unteren HWS von denen 70 männlich (73,7%) und 25 weiblich (26,3%) waren, mit einem mittleren Alter von 42 Jahren [Daentzer and Böker, 2004, S. 176]. Die häufigsten Traumamechanismen waren Autounfälle mit 48,4% und Stürze mit 35,8%. Reinhold et al. analysierten in ihrer Studie über Luxationen und Luxationsfrakturen der unteren HWS 117 Patienten [Reinhold et al., 2006b, S. 1065]. Davon waren 82 Männer (70,1%) und 35 Frauen (29,9%) mit einem Durchschnittsalter von 39 Jahren. Er gab ebenso als häufigste Unfallursache Verkehrsunfälle (49,0%) und Stürze

(24,0%) an. Die Häufigkeit der Stürze lag im vorliegenden Patientengut höher als in den verglichenen Studien. Dies ist damit zu erklären, dass in dieser Studie die Stürze sowohl aus großer Höhe und bei häuslichen Stürzen als auch die Stürze beim Klettern, Skifahren und Snowboarden zusammengezählt wurden. Das Übereinstimmen dieser epidemiologischen Daten bestätigt, dass die vorliegende Studie einen repräsentativen Charakter besitzt.

Von Interesse ist zudem eine Sammelstudie der DGU über Verletzungen der unteren HWS. Hofmeister und Bühren beschrieben darin ebenfalls bei einem Patientenkollektiv von 544 einen Altersgipfel im dritten Lebensjahrzehnt [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 402]. Darüber hinaus belegte eine Analyse des DGU-Traumaregisters, dass Mehrfachverletzte sich am häufigsten zwischen 20 und 40 Jahren Wirbelsäulenverletzungen zuziehen. Dieser hohe Anteil junger Patienten sei alarmierend, insbesondere deshalb, weil ein Großteil mit neurologischen Läsionen einhergehe [Schinkel et al., 2007, S. 950]. Darin bestätigt sich die Relevanz von Studien über traumatischen HWS-Verletzungen und deren Therapie.

In 25 Fällen (28,7%) war die obere HWS betroffen, in 62 (71,3%) die untere HWS. Am häufigsten, an der oberen HWS, waren der Wirbel C2 und das Segment C2/C3 betroffen. An der unteren HWS überwogen die Segmente C6/C7 und C5/C6. Im Vergleich zu der Arbeit von Bühren war die obere HWS in unserer Studie weniger häufig betroffen (Bühren: 42%) und die untere häufiger (Bühren: 55%) betroffen [Bühren, 2002, S. 1050]. Bühren beschrieb außerdem 3% kombinierte Verletzungen. Laut der Studie von Junge über die traumatische Spondylolisthese überwogen ebenso die C2 Frakturen an der oberen HWS [Junge et al., 2002, S. 775]. Bei der Verteilung der Verletzungen an der unteren HWS kam Bühren auch zum gleichen Ergebnis: Die Segmente C6/C7 und C5/C6 wiesen die meisten Verletzungen auf. Aus Daentzers und Bökers Daten ergab sich ebenfalls eine Bevorzugung der Segmente C6/C7 und C5/C6 [Daentzer and Böker, 2004, S. 178]. Auch hieraus ist ersichtlich, dass die Höhe der Verletzung des vorliegenden Patientenguts der allgemeinen Datenlage entspricht.

Nach der AO-Klassifikation wurden in unserer Arbeit an der unteren HWS 13 Frakturen (21,0%) als Typ-A-Kompressionsverletzungen eingestuft. 23 Verletzungen (37,1%) galten als instabile Typ-B-Distraktionsverletzungen und 26 (41,9%) wiesen Kriterien für eine hoch instabile Typ-C-Rotationsverletzung auf. Bemerkenswert ist, dass die Typ-C-Verletzungen am häufigsten zu finden waren. Dies ist damit zu erklären, dass die konservativ behandelten Verletzungen, meist Typ-A-Verletzungen, in diesem Patientengut nicht eingeschlossen sind. Dies steht im Gegensatz zur Sammelstudie der DGU in der alle HWS Verletzungen mit einbezogen sind [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 403]. Darin dominierte der Verletzungstyp B, danach folgte Typ A und nur weniger als 20% machten die Typ-C-Verletzungen aus.

Im vorliegenden Patientengut machte das Schädelhirntrauma mit 26,4% die häufigste Begleitverletzung aus. Auch die Untersuchung von Junge über die traumatische Spondylolisthese beschrieb ein Auftreten relevanter Schädelverletzungen von 27% [Junge et al., 2002, S. 781]. Die Sammelstudie der DGU belegte dieses Ergebnis.

Darin waren fast exakt genauso viele HWS-Patienten schädel- und hirutraumatisiert (27,5%) [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 403]. Daraus wird wieder ersichtlich, dass die vorliegende Studie das allgemeine Patientengut gut abbildet.

Erwähnenswert ist auch, dass sich 21 der 87 Patienten (24,1%) die Wirbelsäule mehrfach verletzten. In 13 Fällen (14,9%) kam eine BWS- oder LWS-Fraktur als Zweitverletzung dazu. Die HWS wurde in acht Fällen (9,2%) mehrfach verletzt. In der Arbeit von Zeilinger et al. waren in 79 von 248 Fällen (24,2%) zwei oder mehr Abschnitte der HWS beteiligt [Zeilinger et al., 1998, S. 3-5]. Diese Ergebnisse bekräftigen, dass bei einer Wirbelsäulenverletzung unbedingt die gesamte Wirbelsäule radiologisch untersucht werden sollte, um keine zweite Verletzung zu übersehen. Schinkel et al. entdeckten in ihrer Analyse sogar, dass lediglich bei 52% der Patienten die Verdachtsdiagnose Wirbelsäulenverletzung vom erstbehandelten Notarzt richtig gestellt wurde [Schinkel et al., 2007, S. 948-950]. Diese Zahlen verdeutlichen, dass jeder Polytrauma-Patient zunächst als potentieller Wirbelsäulen-Patient behandelt werden muss.

5.3 Behandlungsstrategie im gesamten Patientengut

Als Standardverfahren zur Therapie von HWS-Verletzungen gilt die ventrale interkorporelle Spondylodese mit Beckenkammspan und Plattenstabilisierung [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 210]. Dieses wurde im vorliegenden Patientengut bei 61 von 87 Patienten (70,0%) angewandt und stellte somit das mit Abstand häufigste Operationsverfahren zur HWS Versorgung C2 bis C7 dar. In nur elf Fällen wurde der dorsale Zugangsweg gewählt (12,6%). In einem Fall wurde dorsoventral operiert. Hofmeister berichtete in der DGU-Studie davon in 84% der Fälle das ventrale Verfahren angewandt zu haben [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 412]. Dorsale Zugänge fanden sich in der DGU-Studie nur bei 12,3% [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 412].

Der Vorteil für den ventralen Zugangsweg ist ein schneller, schonender Zugang ohne Traumatisierung der Muskulatur. Meist muss nur das Platysma durchtrennt werden. Außerdem ist die Rückenlagerung einfacher und intraoperative Lagerungskorrekturen gelingen leichter. Zu unbefriedigenden Ergebnissen kann es bei ausgedehnten discoligamentären Verletzungen oder bei verhakten Luxationen kommen, die gegebenenfalls zunächst von dorsal reponiert werden müssen. Die dorsale Fusionierung wird in der Literatur kontrovers diskutiert. In amerikanischen Arbeiten gilt diese teilweise noch als Standard [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 180-184]. In europäischer Literatur gilt dagegen der Leitspruch „wenn immer möglich von vorne zu gehen“ [Reinhold et al., 2006a, S. 479], [Blauth and Tscherne, 1998c, S. 180-184]. Arand fand in seinen Nachuntersuchungen von HWS-Patienten heraus, dass die Einschränkung der Beweglichkeit nach dorsalen Fusionsoperationen um 5° höher lag [Arand, 1994, S. 52-55].

Außerdem würde laut Capen et al. die Fusionsstrecke häufig auf gesunde Segmente ausgedehnt. Capen et al. konnten dies in 73 von 98 Fällen (74,5%) nachweisen [Capen et al., 1985, S. 229-237]. Als Indikation für dorsale Zugänge gelten nicht zu reponierende verhakte Luxationen [Reinhold et al., 2006a, S. 478], [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 412], [Zeilinger et al., 1998, S. 7].

Die Analyse der Implantatwahl zeigt, dass in 62 Fällen die CSLP-Morscherplatte am zahlreichsten genutzt wurde. Den Vorteil dieses Verriegelungssystem sieht die Autorin darin, dass ohne dem Risiko einer Rückenmarksverletzung die Platte winkelstabil verblockt werden kann. Die primäre Stabilität ist dadurch wesentlich erhöht. Auch die sekundäre Stabilität wird durch rasches Einwachsen der mit rauer Titanplasmabeschichtung versehenen Schrauben gefördert [Stoll, 1995, S. 75-87].

Daentzer und Böker propagierten jedoch ein nicht winkelstabiles Platten-Schrauben-System [Daentzer and Böker, 2004, S. 179-180]. Sie argumentierten mit einer einfacheren, sichereren und schnelleren Handhabung. Eine Längenmessung sei unnötig, da es nur zwei verschiedene Schraubenlängen gäbe. Die variable Bohrrichtung erlaube außerdem eine relativ sichere Platzierung der Schraube beispielsweise bei Kyphose.

5.4 Komplikationen und Mortalität im gesamten Patientengut

Im vorliegenden Patientengut betrug die Rate intraoperativer Komplikationen 4,5%. Diese setzte sich aus zwei zugangsbedingten Läsionen des N. recurrens und zwei Ösophagusläsionen zusammen. Bei einem Patienten wurde die Ösophagusläsion noch in der gleichen Sitzung erfolgreich übernäht. Bei dem anderen Patienten wurde der Defekt erst später entdeckt und in einer zweiten Operation am 13. postoperativen Tag übernäht. Eine Recurrensläsion war nur vorübergehend, über die andere lässt sich aufgrund fehlender Daten keine Angabe über den weiteren Verlauf machen.

Revisionseingriffe waren in 11,5% erforderlich. Dazu zählen eine Infektion des Beckenkamms, eine Pininfektion und eine Schraubenlockerung (je 1,1%). In zwei Fällen (2,3%) musste ein Schraubenbruch revidiert werden und in vier Fällen (4,6%) eine Schraubenfehlagen. Bei einem Patienten (1,1%) führte eine Denspseudarthrose zur Reoperation (siehe 4.1.7).

Verglichen mit der Studie von Blauth et al. stimmen diese Ergebnisse gut überein [Blauth et al., 1996, S. 927-929]. Er dokumentierte die exakt gleiche Rate an Revisionseingriffen (11,5%). Eine Pseudarthrose entwickelte sich in beiden Studien bei lediglich einem Patienten. Die Daten, der während des stationären Aufenthaltes verstorbener Patienten, waren ebenfalls sehr ähnlich. In seiner Studie kam er auf vier Patienten, in diesem Patientengut waren drei verstorben (siehe 4.1.8). Die Mortalität lag somit bei 4,5% bzw. 3,4%.

5.5 Soziale Aspekte der nachuntersuchten Patienten

Da eine Verletzung der Halswirbelsäule schwerwiegende körperliche und soziale Folgen haben kann, werden die in der Anamnese erhobenen Daten hier dargestellt und diskutiert. Als gutes Langzeitergebnis ist zu werten, dass 80,9% der Patienten einen gebesserten oder zumindest nicht verschlechterten Gesundheitszustand im Vergleich zum Zeitpunkt der Entlassung aufwiesen. Jedoch 14,9% der Patienten empfanden, dass sich ihr Gesundheitszustand aufgrund der HWS-Verletzung verschlechtert habe. Am meisten klagten sie über zunehmende Schmerzen und/oder über eine zunehmende Spastik. Diese allgemeine Aussage konkretisiert sich durch eine Fallbeschreibung: Ein Patient stürzte während eines Skirenntrainings und zog sich eine Luxationsfraktur C3/C4 zu, die einen kompletten Querschnitt ab C5 zur Folge hatte. Das Leben des 58-jährigen, sehr sportlichen Mannes veränderte sich durch den Unfall vollständig. Er muss lebenslang mit der Rückenmarkschädigung und deren Folgen zurechtkommen. Bemerkenswert ist ein anderer Fall, der seinen Gesundheitszustand als „wesentlich gebessert“ beschrieb. Dieser erlitt bei einem Felsklettersturz eine C6-Berstungfraktur. Nach initialer motorischer und sensibler Querschnittssymptomatik ab C7 kam es zu einer raschen Regeneration des neurologischen Defizits. Die ersten Stehversuche vollführte der Patient bereits nach 24 Tagen. Knapp zwei Monate nach dem Unfall war bereits das Laufen wieder möglich. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (zwölf Jahre später) zeigten sich lediglich ein linksseitiges sensibles Defizit ab Th4, ein positives Babinski-Zeichen links und eine eingeschränkte Handfunktion links im Sinne einer Muskeltonuserhöhung. Außerdem bestand eine nahezu vollständige Kontrolle über den Stuhlgang und das Wasserlassen. Dieses Beispiel zeigt, dass trotz initialer Querschnittssymptomatik bei guter Therapie und Rehabilitation eine fast vollständige Regenerierung möglich sein kann.

Ein ausgezeichnetes Ergebnis stellt die Patientenzufriedenheit dar. 95,7% der Patienten waren mit der Behandlung im Klinikum Traunstein zufrieden bzw. sehr zufrieden. Die zwei Patienten (4,3%), die „unzufrieden“ angaben, erlebten ihren Unfall mit allen Folgen als einen dramatischen Schicksalsschlag.

Als sehr positiv ist die Rückerlangung der Arbeitsfähigkeit einzuschätzen. Wenn die Patienten mit normaler Altersrente herausgenommen werden, übten wieder 81,2% der Patienten einen Beruf aus. Lediglich drei Patienten waren berufsunfähig (9,3%) und nur zwei waren in Frührente gegangen (4,3%). Ähnliche Daten sind der Literatur zu finden. Illgner et al. berichteten, dass 85% der Patienten mit akuten instabilen Verletzungen der HWS in der Nachuntersuchung nach durchschnittlich 3,8 Jahren wieder arbeitsfähig waren [Illgner et al., 1989, S. 363-369]. In der Untersuchung von Blauth et al. waren 80,7% bei der Nachuntersuchung nach mehr als zehn Jahren wieder aktiv im Berufsleben und 12,3% blieben berufsunfähig [Blauth et al., 1996, S. 930-931].

Die Auswertung der Sportfähigkeit zeigte, dass die sportliche Aktivität im Patientengut abgenommen hat. Vor der HWS-Verletzung betätigten sich 85,1% sportlich. Zum

Zeitpunkt der Nachuntersuchung sank die Zahl auf 66,0%. Bei 14,9% der Unfälle handelte es sich um Sportverletzungen. Im Patientengespräch kristallisierte sich heraus, dass viele Patienten aufgrund von Ängsten und Vorsichtsmaßnahmen auf Sport verzichteten. Allerdings sind auch hier wieder positive Verläufe zu verzeichnen. Beispielsweise berichtete der oben erwähnte Patient, der beim Felsklettern abstürzte, von einer gleichen sportlichen Aktivität wie vor dem Unfall. Er übe wieder Sportarten wie Klettern, Gleitschirmfliegen und Skifahren aus. Merkel et al. belegten mit ihrer Studie, dass auch nach schweren Verletzungen der Wirbelsäule im Sport eine Rückkehr in die sportliche Aktivität in den meisten Fällen möglich ist [Merkel et al., 2008, S. 717].

Ein weiterer, erfreulicher Punkt ist die Pflegebedürftigkeit, die nicht nur persönlich sondern auch im Rahmen von finanziellen Konsequenzen eine große Rolle spielt. 80,9% erlangten die volle Selbstständigkeit wieder. Vier Patienten (8,5%) waren noch teilweise selbstständig und nur fünf Patienten (10,6%) blieben aufgrund der Unfallfolgen pflegebedürftig. Diese Ergebnisse bestätigen, dass sich trotz eines häufig schweren Verletzungsmusters, die meisten Patienten wieder selbstständig versorgen können. In der Literatur sind darüber keine Daten zu finden gewesen.

5.6 Schmerzverlauf der nachuntersuchten Patienten

Schmerzen gehören zu den vom Patienten unmittelbar wahrgenommenen Unfallfolgen. Bei den nachuntersuchten Patienten waren in Ruhe nur 13 von 47 (27,7%) schmerzfrei. Über ständige Schmerzen klagten fünf von 47. Die Restlichen hatten gelegentlich (19 Patienten) bzw. häufig (zehn Patienten) Schmerzen.

In der Studie von Blauth et al. waren 70,0% in Ruhe schmerzfrei [Blauth et al., 1996, S. 930-932]. Das Schmerzempfinden eines jeden Patienten ist jedoch sehr subjektiv. Außerdem stellt sich die Frage, ob die Schmerzangabe tatsächlich mit der Verletzung oder der Operation zusammenhängt. Erfahrungsgemäß werden Beschwerden im Bereich Nacken/Halswirbelsäule auch häufig von Patienten angegeben, bei denen kein Trauma der Halswirbelsäule vorlag. Im Anamnesegespräch bejahten drei Patienten das Vorkommen von HWS-Beschwerden auch vor dem Unfall (7,9%). Als Ursache sind muskuläre Verspannungen und belastungs- und/oder altersbedingte Degenerationen der Wirbelsäule zu nennen. Dennoch ist vorstellbar, dass es zu mehr degenerativen Veränderungen an den Anschlusssegmenten der Spondylodese kam. Die Häufigkeit der angegebenen Schmerzen nahm umso mehr zu, je länger die Fusionsstrecke war (siehe Diag. 24). Während bei monosegmentalen Versteifungen die Schmerzangabe bei 66,7% lag, empfanden 85,7% bei bisegmentaler Spondylodese Schmerzen. Um die verloren gegangene Beweglichkeit zu kompensieren, unterliegen die unverblockten Segmente einer deutlich höheren Belastung und zeigen daher mehr Verschleißerscheinungen. Blauth et al. konnten jedoch keine signifikante Korrelation zwischen Fusionsstrecke und Beschwerden herausfinden [Blauth et al., 1996, S. 930-932].

Jaksche berichtete, dass Schmerzen zu den typischen Spätkomplikationen von Wirbelsäulenverletzungen zählen und häufig nach 3-4 Jahren verstärkt auftreten [Jaksche, 2005, S. 278-279]. Er zeigte auf, dass 5% der Patienten ohne neurologische Symptome nach einer Fusion Schmerzen aufweisen. Dies führte auch er auf eine Überbelastung der benachbarten Segmente zurück.

Beachtenswert ist, dass trotz der häufigen Beschwerden zumindest 74,5% der Patienten keine Analgetika einnahmen. Ein ständiger Schmerzmittelbedarf lag nur bei 6,4% vor.

5.7 Bewegungsausmaß der nachuntersuchten Patienten

Die Ergebnisse in der Nachuntersuchung zeigten, dass die Rotation um 47% eingeschränkt war. Die Seitneigung wies eine Verminderung von 39% auf. Die Inklination war um 27% eingeschränkt, die Reklination um 51%. Dennoch erreichten etwa 60% der Patienten in der Rotation sowie in der Seitneigung eine befriedigende Beweglichkeit. Bei der Inklination und der Reklination verzeichneten sogar knapp 80% eine befriedigende Beweglichkeit (siehe Tab. 4).

Müller et al. erhoben in ihrer Studie über Densfrakturen ähnliche Daten. Sie zeigten auf, dass 56% der Patienten eine befriedigende Beweglichkeit in der Rotation aufwiesen [Müller et al., 2000, S. 38-43]. Zwar konnten Illgner et al. in ihrer Studie über operativ versorgte HWS-Verletzungen bei 90% eine befriedigende Beweglichkeit messen, aber das Nachuntersuchungsintervall lag auch nur bei durchschnittlich 3,8 Jahren [Illgner et al., 1989, S. 369].

Blauth et al. berichteten über eine Einschränkung der Rotation von nur etwa 15% [Blauth et al., 1996, S. 930]. Die Diskrepanz seiner Ergebnisse mit unseren lässt sich damit erklären, dass Blauth nur die untere HWS untersuchte und die Rotation hauptsächlich durch die obere HWS zustande kommt. Dafür beschrieb er wiederum eine Einschränkung der Seitneigung um etwa 50% in seinem Patientenkollektiv.

Ein interessanter Aspekt fand sich in der Ausarbeitung des Bewegungsumfangs. Es konnte gezeigt werden, dass die Beweglichkeit in allen drei Ebenen am meisten bei den Patienten eingeschränkt war, die keine Fusionsoperation der HWS erhielten. Davon waren 75% mit einem Halofixateur versorgt worden (siehe Diagr. 29). Eine mögliche Erklärung wäre eine Anpassung und Gewöhnung des Patienten an die eingeschränkte Beweglichkeit durch das Tragen des Fixateurs und einen daraus resultierenden langfristigen, begrenzten Bewegungsumfang. Über dieses Ergebnis berichten auch weitere Autoren in der Literatur. Lind et al. dokumentierten eine Einschränkung der Rotation nach Halotheapie bei acht von 14 Patienten (57,1%) [Lind et al., 1987, S. 173-177]. Ersmark et al. konnten aufweisen, dass eine langfristige Immobilisierung der oberen HWS zu signifikanten Einschränkungen der Beweglichkeit der HWS führt [Ersmark and Kalen, 1987, S. 257-260].

Tscherne und Blauth hingegen berichteten nur von einer Halo-Intoleranz während der Behandlung [Blauth and Tscherne, 1998b, S. 114-120]. Nicht wenige Patienten würden sich dadurch stark beeinträchtigt fühlen. Besonders ältere Patienten verweigerten häufig nach einigen Tagen eine weitere Ruhigstellung. Die Langzeitergebnisse von Halofixateur-Behandlungen sind bisher noch wenig untersucht worden.

5.8 Neurologischer Verlauf der nachuntersuchten Patienten

Die neurologischen Langzeitergebnisse spielen für das weitere Leben des Patienten eine entscheidende Rolle. Diese stellen, wie schon unter dem Punkt 5.5 *Soziale Aspekte* beschrieben, die gravierendste Beeinträchtigung nach dem Unfall dar. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass bei weniger ausgeprägten neurologischen Defiziten eine günstigere Verbesserungstendenz besteht [Hofmeister and Bühren, 1999, S. 411]. Die vorliegende Untersuchung bestätigt diese Aussage. Von der schwersten neurologischen Stufe erholten sich drei Patienten (18,8%), wohingegen bei leichteren Läsionen sieben Patienten (43,8%) Besserungen zeigten.

Ein sehr gutes Ergebnis stellt die Verbesserung des neurologischen Status dar. Zwischen Aufnahme und Entlassung konnten sich zehn von 16 betroffenen Patienten um mindestens eine Stufe in der ASIA-Klassifikation verbessern (62,5%). Des Weiteren konnten sich sechs von zwölf betroffenen Patienten um mindestens eine Stufe bis zur Nachuntersuchung verbessern (50,0%). Durchschnittlich 8,5 Jahre nach dem Unfall konnten sich insgesamt 13 von den 16 neurologisch auffälligen Patienten verbessern (81,3%) und sieben davon konnten sich sogar komplett neurologisch regenerieren (43,8%).

In dieser Studie konnte gezeigt werden, dass sich Patienten mit initial komplettem neurologischen Defizit auch in Einzelfällen erholen können, insbesondere dann wenn diese mit vergleichsweise geringer Instabilität und Kompression einhergehen. Vier Patienten wiesen bei Aufnahme ein ASIA A auf. Davon konnten sich drei Patienten bis teilweise ASIA D regenerieren (siehe Diagr. 31). Bei den radikulären Läsionen, von denen anfangs fünf Patienten (31,3%) betroffen waren, konnte bis zur Nachuntersuchung eine vollständige Rekonvaleszenz verzeichnet werden. Diese Normalisierung ist bemerkenswert.

In der Literatur sind ähnlich Daten zu finden. In der Studie von Blauth et al. verbesserten sich 67,7% der neurologisch auffälligen Patienten in der ASIA-Klassifikation [Blauth et al., 1996, S. 931-932]. Illgner et al. beschrieben in ihrer Studie sogar eine Verbesserung der neurologischen Symptome bei 85% der Patienten [Illgner et al., 1989, S. 363]. Bei 25 Patienten mit Wurzelkompressionssyndrom bildeten sich die Beschwerden in 22 Fällen vollständig zurück (88,0%). Bei drei Patienten blieb die Symptomatik unverändert.

5.9 Radiologische Ergebnisse der nachuntersuchten Patienten

Schilling et al. betonten in ihrer Arbeit über moderne bildgebende Diagnostik, dass in der HWS-Diagnostik neben den a.p.- und lateralen Aufnahmen auch die Schrägaufnahmen und Zielaufnahmen immer noch als Standard gelten [Schilling et al., 2006, S. 237-243]. Im Gegensatz zum knöchernen Schädel habe sich die Röntgenativdiagnostik bei der HWS behaupten können. Auch bemerkte Schilling, dass bei den typischen degenerativen Erkrankungen die konventionelle Röntgenaufnahme noch gute Dienste leiste. Somit stellt die Auswertung der Röntgenbilder im Rahmen der Nachuntersuchung eine gute Methode zur Beurteilung des Langzeitverlaufs dar.

Es zeigte sich bei allen Patienten ein sehr gutes Fusionsverhalten des eingebrachten autologen Knochenspans. Eine Pseudarthrosebildung wurde in einem Fall nach acht Jahren revidiert und zeigte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, fünf Jahre später, eine gute Konsolidierung. Erwähnenswert ist außerdem, dass bei allen Patienten die Materiallage korrekt war. Bei 86,8% der Patienten gab es keinen Hinweis auf eine Gefügestörung. Bei fünf Patienten (13,2%) waren diskrete Stufenbildungen zu sehen. Eine Steilfehlhaltung lag bei acht Patienten (21,1%) vor und zu einer Knickbildung kam es bei zwei Patienten (5,3%). Bei neun Patienten (23,7%) waren zudem vermehrt degenerative Veränderungen im Bereich der Nachbarsegmente zu sehen. Drei Patienten (7,9%) zeigten Verschmälerungen des Bandscheibenfachs, weitere drei Patienten (7,9%) eine Osteochondrose. Bei drei Patienten (7,9%) kam es sogar zu spontanen Fusionen und bei fünf Patienten (13,2%) wurde eine Spondylarthrose beschrieben. Bei allen neun Patienten (23,7%) war eine vermehrte Spondylophytenbildung zu verzeichnen. Anhand der Röntgenbilder lassen sich leichte und massive degenerative Veränderungen unterscheiden. Fünf Patienten (13,2%) zeigten nach durchschnittlich 7,4 Jahren leichte degenerative Veränderungen. Massive degenerative Veränderungen wiesen vier Patienten (10,5%) nach durchschnittlich 8,5 Jahren auf.

Müller et al. beschrieben in ihrer Studie über Densfrakturen sogar bei 17,6% eine ventrale osteophytäre Spangenbildung des Segmentes C2/C3 [Müller et al., 2000, S. 38-43]. In der Nachuntersuchung von Blauth et al. zeigten 17 von 57 Patienten (29,8%) Spondylophyten und zehn Patienten (17,5%) wiesen Segment überbrückende Spondylophyten auf [Blauth et al., 1996, S. 930.935].

Als Ursache können hierfür mehrere Faktoren in Betracht gezogen werden. Zum einen müssen, wie bereits oben erwähnt, die Nachbarsegmente der Spondylodese die verloren gegangene Beweglichkeit kompensieren. Dadurch kommt es zu vorzeitiger und vermehrter Degeneration. Zum anderen müssen die altersbedingten degenerativen Veränderungen in Betracht gezogen werden. Jedoch müssten diese dann unabhängig von der Operationshöhe auftreten.

Hartwig et al. belegten eine Korrelation von degenerativen Veränderungen mit dem Alter [Hartwig et al., 2003, S. 306-312]. Diese Untersuchung führten sie bei Patienten

zwischen 24 und 56 Jahren durch, die weder Verletzungen, noch Tumore oder Operationen an der Wirbelsäule aufwiesen. Sie stellten außerdem fest, dass belastungsferne degenerative Veränderungen als Indikatoren für anlagebedingte Spontan degenerations zu sehen sind.

Mähring berichtete von 60 Patienten mit vorderer Spondylodese, die nach ein bis acht Jahren in 43,8% der Fälle in den Anschlusssegmenten degenerative Veränderungen aufwiesen [Mähring, 1988, S. 247]. Im Gegensatz dazu fand er in den nicht benachbarten Segmenten nur 4,7% solcher Veränderungen. Er deutete diese Befunde als Folge intraoperativer Segmentschädigung durch Längsbandpräparation oder als Folge überstehender Platten. Folglich sollte auf eine exakte Bestimmung der Plattenlänge geachtet werden.

Interessant sind hier auch weitere Ergebnisse von Müller et al. in ihrer Studie über direkte Verschraubungen des Dens axis [Müller et al., 2000, S. 38-43]. Ein Jahr postoperativ stellten sie bei regelrecht verheilten Verschraubungen radiologisch keine degenerativen Veränderungen fest. In fünf Fällen war die Fraktur in Fehlstellung verheilt. Bei vier von den fünf Patienten ließen sich ausgeprägte degenerative Veränderungen im C1/C2-Segment nachweisen. Dieses Ergebnis zeigt, dass anatomisch korrekte Ausheilung einen wesentlichen Beitrag zur Verhinderung von degenerativen Veränderungen liefern kann.

Abschließend lässt sich festhalten, dass degenerative Veränderungen bis hin zu Spangenbildungen besonders bei jungen Patienten eine ernst zu nehmende Langzeitfolge von operativen Eingriffen an der Halswirbelsäule darstellen.

6 Zusammenfassung

In einer retrospektiven Analyse wurden die Daten von 87 Patienten ausgewertet, die in den Jahren 1995 - 2004 wegen einer Verletzung der Halswirbelsäule eine operative Stabilisierung erhielten. Bei 25 Patienten war die obere HWS betroffen, bei 62 die untere HWS. Bei 21 von 87 waren mehrere Etagen der gesamten Wirbelsäule betroffen. Immerhin 51 Patienten (58,6%) wiesen keinerlei neurologische Defizite auf. 17 von den 36 neurologisch auffälligen Patienten zeigten bereits im Rahmen der stationären Behandlung eine Verbesserung des neurologischen Status (47,2%). Der mittlere Zeitraum zwischen Unfallereignis und Operation betrug 4,1 Tage (0-96). Die untere HWS wurde bei 57 Patienten mit einer Morscherplatte von ventral versorgt, bei vier Patienten wurde eine dorsale Spondylodese mit Cervifix durchgeführt. Bei 48 Patienten wurde ein Segment versteift, bei 20 Patienten zwei Segmente und bei zwei Patienten drei Segmente. Die Frakturen der oberen HWS wurden bei 13 Patienten verschraubt, sieben davon von dorsal und sechs von ventral. Bei zwei C2-Frakturen wurde eine Titan T-Platte verwendet. An der oberen HWS wurde viermal eine Morscherplatte verwendet. Fünf Patienten wurden mit einem Halofixateur versorgt. Intraoperative Komplikationen traten bei vier Patienten auf. Dabei handelte es sich um zwei Läsionen des N. recurrens und zwei Ösophagusläsionen. Drei Patienten, davon einer mit Reoperation, verstarben wegen kardiopulmonaler Komplikationen noch im Krankenhaus. Materialkomplikationen im Sinne von Schraubenfehlagen und Platten- bzw. Schraubenlockerungen kamen siebenmal vor. Revisionseingriffe waren insgesamt bei zehn Patienten (11,5%) erforderlich.

Von 76 Überlebenden, die potenziell zu einer Nachuntersuchung fähig waren, konnten 38 (50,0%) persönlich nachuntersucht werden. Neun weitere konnten telefonisch befragt werden. Somit standen, außer für den Bewegungsumfang, den neurologischen Status und das Röntgenbild, 47 Patientendaten zur Verfügung (61,8%). Nur 13 von 47 Patienten waren völlig schmerzfrei. Über ständige Schmerzen klagten fünf von 47 Patienten. 34 der 47 Patienten nahmen nie Schmerzmittel ein, drei dagegen ständig. 26 der 47 Patienten waren nach dem Unfall wieder berufstätig. Das sind 81,2% wenn die Patienten, die mittlerweile in Altersrente waren, herausgenommen werden. Drei wurden nach dem Unfall berufsunfähig und zwei waren in Frührente gegangen. 15 der 47 Patienten waren mittlerweile regulär berentet.

Radiologisch konnte bei keinem der 38 Patienten eine Materiallockerung oder ein Materialbruch festgestellt werden. Jedoch fanden sich bei neun von 38 Patienten (23,7%) vermehrt degenerative Veränderungen im Bereich der Nachbarsegmente. Drei Patienten zeigten Verschmälerungen des Bandscheibenfachs, weitere drei Patienten eine Osteochondrose. Bei drei Patienten kam es sogar zu spontanen Fusionen und bei fünf Patienten wurde eine Spondylarthrose beschrieben. Bei allen neun Patienten war eine vermehrte Spondylophytenbildung in den Anschlusssegmenten zu verzeichnen.

Bei 86,9% der Patienten gab es keinen Hinweis auf eine Gefügestörung. Bei fünf Patienten waren diskrete Stufenbildungen zu sehen. Eine Steilfehlhaltung lag bei acht Patienten vor und zu einer Knickbildung kam es bei zwei Patienten. Bei der Überprüfung der aktiven Beweglichkeit der HWS fiel eine Verminderung in allen drei Achsen auf. Dennoch erreichten etwa 60% der Patienten in der Rotation sowie in der Seitneigung eine befriedigende Beweglichkeit. Bei der Inkliniation und der Reklination verzeichneten sogar knapp 80% eine befriedigende Beweglichkeit

Insgesamt wiesen 16 der nachuntersuchten Patienten ein neurologisches Defizit auf (42,1%). Durchschnittlich 8,5 Jahre nach dem Unfall konnten sich insgesamt 13 von den 16 neurologisch auffälligen Patienten verbessern (81,3%) und sieben davon konnten sich sogar komplett neurologisch regenerieren (43,8%). Bei den radikulären Läsionen, von denen anfangs fünf Patienten betroffen waren, konnte eine vollständige Rekonvaleszenz verzeichnet werden.

Diese Langzeitergebnisse bestätigen, dass es sich bei der Halswirbelsäulenchirurgie um ein, auch längerfristig gesehen, relativ komplikationsarmes Verfahren mit geringer Morbidität handelt. Jedoch stellen Schmerzen und Bewegungseinschränkungen langfristige Folgen von HWS-Verletzungen und deren operativer Therapie dar. Das Auftreten von degenerativen Veränderungen in den Nachbarsegmenten des operativen Eingriffs in 23,7% der Fälle könnte auf lange Sicht, vor allem bei jungen Patienten, eine bedeutsame Spätfolge sein. Dazu kann aufgrund der Datenlage aber erst in einigen Jahren eine sichere Aussage getroffen werden.

7 Literaturverzeichnis

[Aebi and Nazarian, 1987] Aebi, M. and Nazarian, S. (1987). Classification of injuries of the cervical spine. *Orthopade*, 16(1):27–36.

[Aebi et al., 1986] Aebi, M., Mohler, J., Zäch, G. A., and Morscher, E. (1986). Indication, surgical technique, and results of 100 surgically-treated fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res*, 203:244–257.

[Alker et al., 1975] Alker, G. J., Oh, Y. S., Leslie, E. V., Lehotay, J., Panaro, V. A., and Eschner, E. G. (1975). Postmortem radiology of head neck injuries in fatal traffic accidents. *Radiology*, 114(3):611–617.

[Alker et al., 1978] Alker, G. J., Oh, Y. S., and Leslie, E. V. (1978). High cervical spine and craniocervical junction injuries in fatal traffic accidents: a radiological study. *Orthop Clin North Am*, 9(4):1003–1010.

[Althoff, 1979] Althoff, B. (1979). Fracture of the odontoid process. an experimental and clinical study. *Acta Orthop Scand Suppl*, 177:1–95.

[Anderson and D'Alonzo, 1974] Anderson, L. D. and D'Alonzo, R. T. (1974). Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am*, 56(8):1663–1674.

[Anderson and Montesano, 1988] Anderson, P. A. and Montesano, P. X. (1988). Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine*, 13(7):731–736.

[Arand, 1994] Arand, M., Mutschler, W., Ulrich, C. (1994) Functional deficit after ventral and dorsal spondylodesis of the traumatized lower cervical spine. *Aktuelle Probl Chir Orthop*, 43:52–55.

[Benzel, 1994] Benzel, E. C. (1994). The anatomic basis of spinal instability. *Clin Neurosurg*, 41:224–241.

[Blauth and Tscherne, 1998a] Blauth, M. and Tscherne, H. (1998). Grundlagen der Wirbelsäulentraumatologie. In: Tscherne H, Blauth M (Hrsg) *Unfallchirurgie Wirbelsäule*. Springer, Berlin Heidelberg New York. 1. Auflage. 1–60.

[Blauth and Tscherne, 1998b] Blauth, M. and Tscherne, H. (1998). Obere Halswirbelsäule. In: Tscherne H, Blauth M (Hrsg) *Unfallchirurgie Wirbelsäule*. Springer, Berlin Heidelberg New York. 1. Auflage. 61–152.

[Blauth and Tscherne, 1998c] Blauth, M. and Tscherne, H. (1998). Untere Halswirbelsäule. In: Tscherne H, Blauth M (Hrsg) *Unfallchirurgie Wirbelsäule*. Springer, Berlin Heidelberg New York. 1. Auflage. 153–240.

- [Blauth et al., 1996] Blauth, M., Schmidt, U., Dienst, M., Knop, C., Lobenhoffer, P., and Tscherne, H. (1996). Long-term outcome of 57 patients after ventral interbody spondylodesis of the lower cervical spine. *Unfallchirurg*, 99(12):925–939.
- [Blauth, 1999] Blauth, M. (1999) Verletzungen der Wirbelsäule – viele Fragen sind noch offen!. *Orthopäde*, 28:383–384.
- [Böhler, 1971] Böhler, J. (1971). Operative Behandlung von Halswirbelsäulenverletzungen. *Hefte Unfallheilkd*, 108:132–136.
- [Böhler, 1981] Böhler, J. (1981). Schraubenosteosynthese von Frakturen des Dens axis. *Hefte Unfallheilkd*, 84:221–223.
- [Bohlman, 1979] Bohlman, H. H. (1979). Acute fractures and dislocations of the cervical spine. an analysis of three hundred hospitalized patients and review of the literature. *J Bone Joint Surg Am*, 61(8):1119–1142.
- [Bohlman, 1985] Bohlman, H. H. (1985). Surgical management of cervical spine fractures and dislocations. *Instr Course Lect*, 34:163–187.
- [Bohndorf, 2006] Bohndorf, K.; Imhof, H. F. W. (2006). *Radiologische Diagnostik der Knochen und Gelenke*. Thieme Verlag, 2. Auflage. 46–59.
- [Breasted, 1930] Breasted, J.H. (1930). The Edwin Smith Surgical Papyrus. Chicago. 316-342, 425–428.
- [Brooks and Jenkins, 1978] Brooks, A. L. and Jenkins, E. B. (1978). Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am*, 60(3):279–284.
- [Bucholz and Burkhead, 1979] Bucholz, R. W. and Burkhead, W. Z. (1979). The pathological anatomy of fatal atlanto-occipital dislocations. *J Bone Joint Surg Am*, 61(2):248–250.
- [Bühren et al., 1998] Bühren, V., Hofmeister, M., Militz, M., and Potulski, M. (1998). Indications for surgical management of injuries of the cervical spine. *Zentralbl Chir*, 123(8):907–913.
- [Bühren et al., 1999] Bühren, V., Potulski, M., and Jaksche, H. (1999). Surgical management of tetraplegia. *Unfallchirurg*, 102(1):2–12.
- [Bühren, 2002] Bühren, V. (2002). Fractures and instability of the cervical spine. *Unfallchirurg*, 105(11):1049–1066.
- [Capen et al., 1985] Capen, D. A., Garland, D. E., and Waters, R. L. (1985). Surgical stabilization of the cervical spine. a comparative analysis of anterior and posterior spine fusions. *Clin Orthop Relat Res*, (196):229–237.
- [Cloward, 1958] Cloward, R. B. (1958). The anterior approach for removal of ruptured cervical disks. *J Neurosurg*, 15(6):602–617.
- [Daentzer and Böker, 2004] Daentzer, D. and Böker, D.-K. (2004). Operative stabilization of traumatic instabilities of the lower cervical spine. experience with an

angle instable anterior plate-screw system in 95 patients. *Unfallchirurg*, 107(3):175–180.

[Daffner, 1999] Daffner, R. (1999). *Radiologische Diagnostik der Wirbelsäulenverletzungen*. Thieme. 1. Auflage. 11–38.

[Dvorak et al., 1988] Dvorak, J., Froehlich, D., Penning, L., Baumgartner, H., and Panjabi, M. M. (1988). Functional radiographic diagnosis of the cervical spine: flexion/extension. *Spine*, 13(7):748–755.

[Effendi et al., 1981] Effendi, B., Roy, D., Cornish, B., Dussault, R. G., and Laurin, C. A. (1981). Fractures of the ring of the axis. a classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br*, 63-B(3):319–327.

[Ersmark and Kalen, 1987] Ersmark, H. and Kalen, R. (1987). Injuries of the atlas and axis. a follow-up study of 85 axis and 10 atlas fractures. *Clin Orthop Relat Res*, (217):257–260.

[Fielding and Hawkins, 1977] Fielding, J. W. and Hawkins, R. J. (1977). Atlanto-axial rotatory fixation. (fixed rotatory subluxation of the atlanto-axial joint). *J Bone Joint Surg Am*, 59(1):37–44.

[Fowler et al., 1990] Fowler, J. L., Sandhu, A., and Fraser, R. D. (1990). A review of fractures of the atlas vertebra. *J Spinal Disord*, 3(1):19–24.

[Frankel, 1969] Frankel, H. L. (1969). Ascending cord lesion in the early stages following spinal injury. *Paraplegia*, 7(2):111–118.

[Gallie, 1939] Gallie, W. (1939). Fractures and dislocations of the cervical spine. *J Surg*, Philadelphia 46: 495–499.

[Gehweiler et al., 1980] Gehweiler, J., Osborne, R., and Becker, R. (1980). *The radiology of vertebral trauma*. Saunders, Philadelphia. first edition. 97–102.

[Georgopoulos et al., 1987] Georgopoulos, G., Pizzutillo, P. D., and Lee, M. S. (1987). Occipito-atlantal instability in children. a report of five cases and review of the literature. *J Bone Joint Surg Am*, 69(3):429–436.

[Grob and Magerl, 1987a] Grob, D. and Magerl, F. (1987). Surgical stabilization of C1 and C2 fractures. *Orthopade*, 16:46–54.

[Grob and Magerl, 1987b] Grob, D. and Magerl, F. (1987). Dorsal spondylodesis of the cervical spine using a hooked plate. *Orthopade*, 16:55–61.

[Grob et al., 1991] Grob, D., Dvorak, J., Panjabi, M., Froehlich, M., and Hayek, J. (1991). Posterior occipitocervical fusion. a preliminary report of a new technique. *Spine*, 16(3 Suppl):17–24.

[Guttmann, 1976] Guttmann, Sir L. (1976). *Spinal Cord Injuries, Comprehensive management and research*. Blackwell Scient Publ. first edition. 4–7.

- [Hadley et al., 1985] Hadley, M. N., Browner, C., and Sonntag, V. K. (1985). Axis fractures: a comprehensive review of management and treatment in 107 cases. *Neurosurgery*, 17(2):281–290.
- [Hadra, 1975] Hadra, B.E. (1975). The classic: Wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fracture and Potts' disease. *Berthold E. Hadra. Med Times and Register, Vol22, May 23, 1891. Clin Orthop Relat Res*, 4–8.
- [Hartwig et al., 2003] Hartwig, E., Schultheiss, M., Krämer, S., Ebert, V., Kinzl, L., and Kramer, M. (2003). Occupational disease 2108. degenerative changes of the cervical spine as a causality criterion in the assessment of discogenic diseases according to bekv 2108. *Unfallchirurg*, 106(4):306–312.
- [Hofmeister and Bühren, 1999] Hofmeister, M. and Bühren, V. (1999). Therapeutic concept for injuries of the lower cervical spine. *Orthopade*, 28(5):401–413.
- [Hummel and Plaue, 1988] Hummel, A. and Plaue, R. (1988). Diagnosis and treatment of atlanto-occipital ruptures. *Unfallchirurgie*, 14(6):311–319.
- [Illgner et al., 1989] Illgner, A., Haas, N., Blauth, M., and Tscherne, H. (1989). The surgical treatment of injuries of the cervical spine. *Unfallchirurg*, 92(8):363–372.
- [Jaksche, 2005] Jaksche, H. und Schulz, J. (2005). Spätkomplikationen nach operativen Eingriffen an der Halswirbelsäule. *Trauma Berufskrankh*, 7(2):277–280.
- [Jeanneret, 1994] Jeanneret, B. (1994). Obere Halswirbelsäule. In: Witt A, Rettig H, Schlegel K (Hrsg) *Spezielle Orthopädie Wirbelsäule-Thorax-Becken*. Thieme. Stuttgart New York. 31–37.
- [Jeanneret, 1996] Jeanneret, B. (1996). Posterior rod system of the cervical spine: a new implant allowing optimal screw insertion. *Eur Spine J*, 5(5):350–356.
- [Judet et al., 1970] Judet, J., Roy-Camille, R., Zerah, J. C., and Saillant, G. (1970). Fractures of the cervical spine: fracture-separation of the articular column. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 56(2):155–164.
- [Junge et al., 2002] Junge, A., El-Sheik, M., Celik, I., and Gotzen, L. (2002). Pathomorphology, diagnosis and treatment of "hangman's fractures". *Unfallchirurg*, 105(9):775–782.
- [Kahn and Schneider, 1956] Kahn, E. A. and Schneider, R. C. (1956). Chronic neurological sequelae of acute trauma to the spine and spinal cord. in the significance of the acute-flexion or tear-drop fracture-dislocation of the cervical spine. *J Bone Joint Surg Am*, 38-A(5):985–997.
- [Kortmann et al., 2000] Kortmann, H., Eggers, C., Schofer, M., and Hax, P. (2000). Diagnostik und Therapie der Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. *Trauma Berufskrankh*, 2:134–147.
- [Laurer et al., 2010] Laurer, H., Sander, A., Maier, B., and Marzi, I. (2010). fractures of the cervical spine. *Orthopade*, 39(3):237–246.

- [Lind et al., 1987] Lind, B., Nordwall, A., and Sihlbom, H. (1987). Odontoid fractures treated with halo-vest. *Spine (Phila Pa 1976)*, 12(2):173–177.
- [Magerl and Seemann, 1986] Magerl, F. and Seemann, P. (1986). Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. *Cervic. Spine/Kehr P.*;Weidner. Springer, Wien New York. 322–327.
- [Magerl et al., 1994] Magerl, F., Aebi, M., Gertzbein, S. D., Harms, J., and Nazarian, S. (1994). A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. *Eur Spine J*, 3(4):184–201.
- [Mähring, 1988] Mähring, M. (1988). Segment changes in the cervical spine following cervical spondylodeses of unstable injuries. *Unfallchirurgie*, 14(5):247–258.
- [Maiman and Yoganandan, 1991] Maiman, D. J. and Yoganandan, N. (1991). Biomechanics of cervical spine trauma. *Clin Neurosurg*, 37:543–570.
- [Marar, 1974] Marar, B. C. (1974). The pattern of neurological damage as an aid to the diagnosis of the mechanism in cervical-spine injuries. *J Bone Joint Surg Am*, 56(8):1648–1654.
- [Merkel et al., 2008] Merkel, P., Hauck, S., Zentz, F., Bühren, V., and Beisse, R. (2008). Spinal column injuries in sport: treatment strategies and clinical results. *Unfallchirurg*, 111(9):711–718.
- [Morscher et al., 1986] Morscher, E., Sutter, F., Jenny, H., and Olerud, S. (1986). Anterior plating of the cervical spine with the hollow screw-plate system of titanium. *Chirurg*, 57(11):702–707.
- [Müller et al., 2000] Müller, E. J., Wick, M., Russe, O. J., Palta, M., and Muhr, G. (2000). Anterior screw fixation for odontoid fractures. *Unfallchirurg*, 103(1):38–43.
- [Nickel et al., 1989] Nickel, V. L., Perry, J., Garrett, A., and Heppenstall, M. (1989). The halo. a spinal skeletal traction fixation device. by vernon l. nickel, jacquelin perry, alice garrett, and malcolm heppenstall, *Clin Orthop Relat Res*, (239):4–11.
- [Ohwada et al., 1996] Ohwada, T., Ohkouchi, T., Yamamoto, T., and Ono, K. (1996). Symptoms and pathological anatomy of the degenerative cervical spine. *Orthopade*, 25(6):496–504.
- [Orozco and Llovet, 1970] Orozco, R. and Llovet, J. T. (1970). Osteosintesis en les fractures de raquis cervical. *Revista Ortop Traumatol* 14:285–288.
- [Penning, 1978] Penning, L. (1978). Normal movements of the cervical spine. *AJR Am J Roentgenol*, 130(2):317–326.
- [Perry and Nickel, 1959] Perry, J. and Nickel, V. L. (1959). Total cervicalspine fusion for neck paralysis. *J Bone Joint Surg Am*, 41(1):37–60.
- [Platzer, 2003] Platzer, W. (2003). *Taschenatlas der Anatomie*. Thieme, Stuttgart New York. 8. Auflage, 36–63.

- [Reinhold et al., 2006a] Reinhold, M., Blauth, M., Rosiek, R., and Knop, C. (2006). Lower cervical spine trauma: Classification and operative treatment. *Unfallchirurg*. 109:471-482.
- [Reinhold et al., 2006b] Reinhold, M., Knop, C., Lange, U., Rosenberger, R., Schmid, R. and Blauth, M., (2006). Reduction of traumatic dislocation and facet fracture-dislocations in the lower cervical spine. *Unfallchirurg*. 109:1064–1072.
- [Rizzolo et al., 1994] Rizzolo, S. J., Vaccaro, A. R., and Cotler, J. M. (1994). Cervical spine trauma. *Spine*, 19(20):2288–2298.
- [Ryan and Henderson, 1992] Ryan, M. D. and Henderson, J. J. (1992). The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Injury*, 23(1):38–40.
- [Schatzker et al., 1971] Schatzker, J., Rorabeck, C. H., and Waddell, J. P. (1971). Fractures of the dens (odontoid process). an analysis of thirty-seven cases. *J Bone Joint Surg Br*, 53(3):392–405.
- [Schilling et al., 2006] Schilling, A. M., Heidenreich, J. O., and Wolf, K.-J. (2006). Pitfalls and special features of modern imaging diagnostics of the upper cervical spine. *Orthopade*, 35(3):237–243.
- [Schinkel et al., 2007] Schinkel, C., Frangen, T. M., Kmetec, A., Andress, H.-J., Muhr, G., and der DGU, A. G. P. (2007). Spinal fractures in multiply injured patients: an analysis of the german trauma society's trauma register. *Unfallchirurg*, 110(11):946–952.
- [Schneider et al., 1965] Schneider, R. C., Livingstone, K. E., Cave, A. J., and Hamilton, G. (1965). "Hangman's fracture" of the cervical spine. *J Neurosurg*, 22:141–154.
- [Schneider, 1990] Schneider, M. (1990). *Traumatologie der Wirbelsäule I*. Verlag Gesundheit, Berlin. 1. Auflage. 13–14.
- [Senegas and Gauzere, 1976] Senegas, J. and Gauzere, J. M. (1976). In defense of anterior surgery in the treatment of serious injuries to the last 5 cervical vertebrae. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*, 62(2 suppl):123–128.
- [Sherk and Nicholson, 1970] Sherk, H. H. and Nicholson, J. T. (1970). Fractures of the atlas. *J Bone Joint Surg Am*, 52(5):1017–1024.
- [Smith and Robinson, 1958] Smith, G. W. and Robinson, R. A. (1958). The treatment of certain cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion. *J Bone Joint Surg Am*, 40-A(3):607–624.
- [Sobotta, 2000] Sobotta, J. (2000). *Atlas der Anatomie des Menschen / Sobotta Band 2 Rumpf, Eingeweide, untere Extremität*. Urban and Fischer Verlag München;Jena. 21. Auflage. 2–26.

- [Sonntag et al., 1988] Sonntag, V. K., Hadley, M. N., Dickman, C. A., and Browner, C. M. (1988). Atlas fractures: treatment and long-term results. *Acta Neurochir Suppl. Wien*, 43:63–68.
- [Southwick and Robinson, 1957] Southwick, W. O. and Robinson, R. A. (1957). Surgical approaches to the vertebral bodies in the cervical and lumbar regions. *J Bone Joint Surg Am*, 39-A(3):631–644.
- [Stoll, 1995] Stoll, T., Morscher, E. (1995) Die zervikale interkorporelle Spondylodese mit der Titan-Verriegelungsplatte. *Operat Orthop Traumatol* 7:75–87.
- [Synthes, 2011] Synthes (2011). The cervical spine locking plate (cslp). (<http://us.synthes.com/Products/Spine/Cervical/The+Cervical+Spine+Locking+Plate+%28CSLP%29.htm>) Stand: 25.02.2011.
- [Traynelis et al., 1986] Traynelis, V. C., Marano, G. D., Dunker, R. O., and Kaufman, H. H. (1986). Traumatic atlanto-occipital dislocation. case report. *J Neurosurg*, 65(6):863–870.
- [Tscherne et al., 1971] Tscherne, H., Hiebler, G., and Muhr, G. (1971). Zur operativen Behandlung von Frakturen und Luxationen der Halswirbelsäule. *Hefte Unfallheilkd* 108:142-144.
- [Waters and Adkins, 1991] Waters, R. L. and Adkins, R. H. (1991). The effects of removal of bullet fragments retained in the spinal canal. a collaborative study by the national spinal cord injury model systems. *Spine (Phila Pa 1976)*, 16(8):934–939.
- [West et al., 1997] West, O. C., Anbari, M. M., Pilgram, T. K., and Wilson, A. J. (1997). Acute cervical spine trauma: diagnostic performance of single-view versus three-view radiographic screening. *Radiology*, 204(3):819–823.
- [White and Panjabi, 1978] White, A. and Panjabi, M. (1978). The clinical biomechanics of the occipitatlantoaxial complex. *Orthop Clin North Am*. 9(4):867–878.
- [Wiltse, 1991] Wiltse, L. (1991). The History of Spinal Disorders. In: J.W.Frymoyer (ed) Raven. Press. New York: 3–41.
- [Young et al., 1989] Young, J. W., Resnik, C. S., DeCandido, P., and Mirvis, S. E. (1989). The laminar space in the diagnosis of rotational flexion injuries of the cervical spine. *AJR Am J Roentgenol*, 152(1):103–107.
- [Young et al., 1994] Young, W. F., Rosenwasser, R. H., Getch, C., and Jallo, J. (1994). Diagnosis and management of occipital condyle fractures. *Neurosurgery*, 34(2):257–60.
- [Zeilinger et al., 1998] Zeilinger, F. S., Meier, U., and Klötzer, R. (1998). Fractures of the lower cervical spine. surgical methods and long-term outcome. *Unfallchirurgie*, 24(1):3–9.

8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Technik der atlantoaxialen Fusion nach Gallie mit singulärem Knochenspan und Drahtcerclage	9
Abbildung 2: Technik der atlantoaxialen Fusion nach Brooks mit zwei Knochenblocks und Drahtzugurtung	9
Abbildung 3: Erster bis siebter Halswirbel; von lateral dorsal	11
Abbildung 4: Erster Halswirbel, Atlas; von kranial	12
Abbildung 5: Erster Halswirbel, Atlas; von kaudal	12
Abbildung 6: Zweiter Halswirbel, Axis; von ventral	13
Abbildung 7: Zweiter Halswirbel, Axis; von dorsal kranial	13
Abbildung 8: Kopfgelenke; tiefe Bänder nach Eröffnung des Hinterhauptslochs und des Wirbelkanals; Gelenkkapsel auf der rechten Seite zum Teil entfernt; von dorsal	14
Abbildung 9: Fünfter Halswirbel; von kranial	15
Abbildung 10: Siebter Halswirbel; von kranial	15
Abbildung 11: Zervikales Bewegungssegment; Schema, Medianschnitt	16
Abbildung 12: MRT der HWS; Discoligamentäre Instabilität C4/C5	18
Abbildung 13: Einteilung von Frakturen der Okzipitalkondylen in vier Typen nach Jeanneret	20
Abbildung 14: Einteilung der atlantookzipitalen Dislokation in drei Typen nach Traynelis	21
Abbildung 15: CT mit multiplanarer Rekonstruktion einer atlanto-okzipitalen Dislokation	21
Abbildung 16: Stabile, kombinierte Frakturen des Atlas von links nach rechts als 4-, 3-, 2-Teile Fraktur	22
Abbildung 17: Instabile, dislozierte C1-Fraktur	23
Abbildung 18: Einteilung der Densfrakturen nach anatomischen Gesichtspunkten in drei Typen nach Anderson and D'Alonzo	24
Abbildung 19: Traumatische Spondylolisthesis in drei Typen nach Effendi	25
Abbildung 20: links: Traumatische Spondylolisthesis C2/C3; rechts: operative Versorgung mit ventraler Spondylodese C2/C3	26
Abbildung 21: Synoptische Einteilung der Wirbelsäulenverletzungen nach Magerl	27
Abbildung 22: CT mit multiplanarer Rekonstruktion: Luxationsfraktur C6/C7 Typ C1	30
Abbildung 23: Halofixateur	32
Abbildung 24: Dorsale atlantoaxiale Densverschraubung und Galliefusion	33
Abbildung 25: Dorsale Spondylodese des okzipitozervikalen Übergangs mit CerviFix: intraoperativer Situs	34
Abbildung 26: Dorsale Spondylodese des okzipitozervikalen Übergangs mit CerviFix	34
Abbildung 27: Ventrale Verschraubung des Dens Axis	36
Abbildung 28: Plattenlage bei monosegmentaler interkorporeller Spondylodese mit H-Platte nach Orozco	37
Abbildung 29: 6-Loch Morscherplatte	37
Abbildung 30: Die Halswirbel-Verriegelungsplatte nach Morscher	38
Abbildung 31: Monosegmentale Fusion C5/C6 mit 4-Loch-Morscherplatte	38

Abbildung 32: Patient 1	78
Abbildung 33: Patient 2	78
Abbildung 34: Patient 3	79
Abbildung 35: Patient 4	79
Abbildung 36: Patient 5	80
Abbildung 37: Patient 6	80
Abbildung 38: Patient 7	81
Abbildung 39: Patient 8	81
Abbildung 40: Patient 9	82

9 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Patientenerfassung.....	41
Diagramm 2: Geschlechtsverteilung	45
Diagramm 3: Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt	46
Diagramm 4: Unfallursache	47
Diagramm 5: Verletzungsarten	48
Diagramm 6: Verletzungen der oberen HWS.....	49
Diagramm 7: Verletzungen der untere HWS nach der AO-Klassifikation	49
Diagramm 8: Höhe der Verletzungen an oberer und unterer HWS	50
Diagramm 9: Übersicht der Begleitverletzungen	51
Diagramm 10: Einfach- und Mehrfachverletzungen der gesamten Wirbelsäule	52
Diagramm 11: Neurologischer Status bei Aufnahme.....	53
Diagramm 12: Neurologischer Status bei Entlassung	53
Diagramm 13: Eingriffe an oberer und unterer HWS.....	54
Diagramm 14: Zugangswege: ventral, dorsal, dorsoventral und Montage des Halofixateurs	55
Diagramm 15: Operationstechniken an oberer (grün), oberer und unterer (grau) und unterer HWS (lila)	56
Diagramm 16: Anzahl fusionierter Segmente.....	57
Diagramm 17: monosegmentale (lila), bisegmentale (grün) und trisegmentale (blau) Spondylodesen.....	58
Diagramm 18: Operationszeitpunkt.....	59
Diagramm 19: Übersicht über alle Komplikationen.....	60
Diagramm 20: Allgemeiner Gesundheitszustand im Vergleich zum Zeitpunkt der Entlassung.....	62
Diagramm 21: Patientenzufriedenheit mit dem Ergebnis der Behandlung.....	63
Diagramm 22: Häufigkeit von Ruhe-, Belastungs- und Kopfschmerzen sowie Häufigkeit von Analgetikaeinnahme.....	64
Diagramm 23: Schmerzangabe vor dem Unfall	65
Diagramm 24: Ruheschmerzen nach Fusionsstrecke	65
Diagramm 25: Berufliche Aktivität, detailliert	66
Diagramm 26: Berufliche Aktivität, zusammengefasst	66
Diagramm 27: Sportliche Aktivität pro Woche vor dem Unfall und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung	67
Diagramm 28: Pflegebedürftigkeit.....	68
Diagramm 29: Bewegungsausmaß nach Fusionsstrecke (0, 1 und 2 Segmente)	72
Diagramm 30: Neurologischer Status bei der Nachuntersuchung	73
Diagramm 31: Neurologischer Verlauf der nachuntersuchten Patienten	73
Diagramm 32: Degenerative Veränderungen an den Nachbarsegmenten (Mehrfachnennungen)	77
Diagramm 33: Bei neun Patienten zeigten sich degenerative Veränderungen (DV) an den Nachbarsegmenten	77

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Typ-A-Verletzungen der unteren HWS	28
Tabelle 2:	Typ-B-Verletzungen der unteren HWS	29
Tabelle 3:	Typ-C-Verletzungen der unteren HWS	30
Tabelle 4:	Bewegungsausmaß.....	70
Tabelle 5:	Bewegungsausmaß nach Fusionsstrecke	71

11 Lebenslauf

Sabine Ewender

Campingstr. 4

83346 Bergen

Tel. 08662 - 418228

Mobil 0160 - 8435239

E-Mail: s.ewender@googlemail.com

Persönliche Daten

geboren am 3. Oktober 1983 in Kempten (Allgäu)

verheiratet mit Johannes Ewender, Ingenieur

Arbeit

Ab 01.04.2011 Assistenzärztin der Inneren Medizin (Kreisklinik Trostberg)

Schule und Studium

27.06.2003 Abitur am Carl von Linde Gymnasium in Kempten

10/2004 bis 10/2010 Studium der Humanmedizin an der Ludwig Maximilian
Universität in München

12.09.2006 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

29.10.2010 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Famulaturen

15.02 bis 16.03.2007 Unfallchirurgie, Klinikum Traunstein

01.09 bis 30.09.2007 Kardiologie, Klinikum Traunstein

09.08 bis 24.08.2008 Gynäkologie, Klinikum Kempten

14.02 bis 28.02.2009 Gynäkologie, Klinikum Traunstein

02.03 bis 31.03.2009 Chirurgische Notaufnahme, Klinikum Traunstein

Praktisches Jahr

- 17.08. bis 06.12.2009 Neurologie, Klinikum Traunstein
07.12. bis 28.03.2010 Chirurgie, RoMed Klinik Prien am Chiemsee
29.03. bis 18.07.2010 Innere Medizin, Klinikum Traunstein

Dissertation

- 08/2008 bis heute „Langzeiterfahrungen nach Verletzungen der
Halswirbelsäule“ Klinische Studie bei Doktorvater
Prof. Dr. Rupert Ketterl in der Klinik für Unfallchirurgie
und Orthopädische Chirurgie Traunstein

Sprachkenntnisse

- sehr gute Englischkenntnisse in Wort und Schrift
sehr gute Französischkenntnisse in Wort und Schrift
Latinum

Freizeit

- Bergsport (Skifahren, Skitouren, Wandern, Klettern)

Weiterbildung

- Grundkurs Sonographie Abdomen und Retroperitoneum
Kompaktkurs Notfallmedizin

12 Danksagung

Ich möchte mich in erster Linie bei meinem Doktorvater Prof. Dr. Rupert Ketterl für das Überlassen des Themas bedanken. Trotz seines vollen Terminkalenders nahm er sich viel Zeit, meine Fragen zu beantworten und meine Entwürfe zu korrigieren. Seine Motivation und Förderung zur Fertigstellung der Arbeit waren beispielhaft.

Bedanken möchte ich mich auch bei Frau Diana Stiller, die mir insbesondere bei den Nachuntersuchungen großzügig ihre Hilfe anbot.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir das Medizinstudium überhaupt ermöglicht haben.

Mein größter Dank gilt meinem Mann Johannes, der mich mit seinen PC-Kenntnissen großartig unterstützte und mich die ganze Zeit über nachhaltig motivierte.