

**Die operative Behandlung traumatischer Instabilitäten der unteren Halswirbelsäule mit einem ventralen semi-rigiden Platten-Schrauben-System.
Klinische und radiologische Ergebnisse bei 119 Patienten.**

Inauguraldissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Kathrin Ulrike Staender
aus Berlin

Gießen, 2007

Aus dem Medizinischen Zentrum für Neurologie und Neurochirurgie

Direktor: Prof. Dr. D.-K. Böker

Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH, Standort Gießen

Gutachter: Prof. Dr. Böker

Gutachter: Prof. Dr. Steinmeyer

Tag der Disputation: 19.05.2008

Ich widme in großer Dankbarkeit diese Arbeit meinen Eltern,
die es mir ermöglicht haben, diesen Lebensweg einzuschlagen.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	X
1. Geschichtlicher Überblick	12
2. Ursachen der Halswirbelsäulenverletzungen	14
2.1 Pathophysiologie der HWS-Verletzungen	14
3. Klassifikation der Halswirbelsäulenverletzungen	15
3.1 Klassifikation aufgrund des Unfallmechanismus	15
3.2 Klassifikation nach neurologischen Ausfällen	16
3.3 Klassifikation nach morphologischen Kriterien	17
3.4 Klassifikation in stabile und instabile Verletzungen	17
3.5 Klassifikation nach Unfallmechanismus und Pathomorphologie (AO-Einteilung)	18
3.6 Klassifikation nach Art der Verletzung	19
4. Symptomatik bei HWS-Verletzungen	19
4.1 Lokales Zervikalsyndrom	19
4.2 Zervikobrachiales Syndrom	19
4.3 Zervikozephales Syndrom	21
4.4 Zervikomedulläres Syndrom	21
5. Diagnostik der Halswirbelsäulenverletzungen	22
5.1 Anamnese	22

Inhaltsverzeichnis	VI
5.2 Klinische Untersuchungen der Halswirbelsäule	23
5.3 Neurologische Untersuchung	23
5.4 Bildgebende Diagnostik	25
5.4.1 Röntgen	25
5.4.2 Gehaltene Aufnahmen (Funktionsaufnahme)	28
5.4.3 Computertomographie (CT)	28
5.4.4 Kernspintomographie (MRT)	29
5.4.5 Myelographie	31
6. Therapie der Halswirbelsäulenverletzungen	32
6.1 Konservative Behandlung	32
6.2 Operative Therapiekonzepte der Halswirbelsäulenverletzungen	33
6.2.1 Ventrale Operationsverfahren	34
6.2.2 Wirbelkörperersatz	37
6.2.3 Dorsale Operationsverfahren	39
6.2.4 Kombinierte ventrale und dorsale Operationsverfahren	40
6.3 Plattensysteme	40
6.3.1 Winkelinstabile Systeme	40
6.3.2 Winkelstabile Systeme	42
6.3.3 Dynamische Systeme	43
7. Komplikationen des ventralen Zuganges zur HWS	46
7.1 Intraoperative Komplikationen	46
7.2 Postoperative Komplikationen	48
7.3 Implantatbedingte Komplikationen	48
7.3.1 Schraubenfehlage/-dislokation/-bruch	48
7.3.2 Plattenlockerung/-bruch	49
7.3.3 Irritation der angrenzenden Segmente	49
8. Segmentveränderungen der Halswirbelsäule nach zervikaler Spondylodese	49
8.1 Funktionelle Veränderungen	49

Inhaltsverzeichnis	VII
8.2 Radiologische Veränderungen	50
9. Ziel der vorliegenden Arbeit	50
10. Patientengut	51
10.1 Anzahl der Patienten	51
10.2 Datenerhebung	52
10.3 Häufigkeitsverteilung nach Alter	53
10.4 Häufigkeitsverteilung nach Geschlecht	54
10.5 Verletzungsursache	55
10.6 Erstversorgung	56
10.7 Diagnosen	56
10.8 Begleitverletzungen	57
10.9 Neurologischer Status	58
11. Methodik	59
11.1 Präoperative Maßnahmen	59
11.2 Fusionsmaterial	60
11.3 Osteosynthesematerial	60
11.4 Durchgeführte Operationen	62
11.5 Postoperative Maßnahmen	65
11.6 Materialentfernung	66
11.7 Nachuntersuchung	66
11.7.1 Patientenunterlagen	66
11.7.2 Klinische Untersuchung	67
11.7.3 Radiologische Untersuchung	68
11.7.4 Fragebogen	70
11.8 Statistische Analysen	78

Inhaltsverzeichnis	VIII
12. Ergebnisse	79
12.1 Patientenunterlagen	79
12.1.1 Nikotinabhängigkeit	79
12.1.2 Stationärer Aufenthalt	79
12.1.3 Operationsdauer	79
12.1.4 Postoperative Orthese	79
12.1.5 Verteilung der operierten Segmente	80
12.1.6 Folgeoperationen	81
12.1.7 Komplikationen	82
12.1.8 Mortalität	84
12.2 Klinische Untersuchung	85
12.2.1 HWS-Lokalsyndrom	85
12.2.2 Radikuläre Beschwerden	85
12.2.3 Entwicklung der neurologischen Symptomatik	85
12.3 Radiologische Untersuchung	86
12.3.1 Befund	86
12.3.2 Durchbauung	87
12.3.3 Anschlusspathologie	89
12.4 Fragebogen	89
12.4.1 Familiäres Wirbelsäulenleiden	90
12.4.2 Berufliche Tätigkeit	90
12.4.3 Sport	91
12.4.4 Schmerzen	93
12.4.5 Bewegungseinschränkungen	96
12.4.6 Schmerzmitteleinnahme	97
12.4.7 Neurologische Störungen	98
12.4.8 Beurteilung des operativen Eingriffes	100
12.4.9 Beurteilung der Anschlussheilbehandlung	102
13. Diskussion	103
13.1 Ventrale Spondylodese	104
13.2 Ventraler Zugang zur HWS	104
13.3 Dorsaler Zugang zur HWS	105
13.4 Implantate	106

Inhaltsverzeichnis	IX
13.4.1 Winkelstabile Systeme	107
13.4.2 Winkelinstabile Systeme	107
13.4.3 Dynamische Systeme	108
13.5 Codman® anterior cervical plate system (ACPS)	108
13.6 Interponat	109
13.7 Beschwerden	110
13.8 Neurologie	112
13.9 Komplikationen	113
13.10 Radiologische Veränderungen	114
13.11 Soziale Aspekte	116
14. Zusammenfassung	119
15. Summary	121
16. Literaturverzeichnis	123

Abkürzungsverzeichnis

A.	Arterie
a.p.	anterior posterior
Abb.	Abbildung
ACPS	Anterior Cervical Plate System
AO	Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese
ASIA	American Spinal Injury Association
BW	Brustwirbel
bzw.	beziehungsweise
C	zervikales spinales Segment
ca.	circa
CSLP	Cervical Spine Locking Plate
CT	Computertomographie
d.h.	das heißt
Diag.	Diagramm
et al.	et alii
etc.	et cetera
evtl.	eventuell
Geb.-Dat.	Geburtsdatum
ggf.	gegebenenfalls
GIT	Gastrointestinaltrakt
HW	Halswirbel
HWS	Halswirbelsäule
l.	links
Lig.	Ligamentum
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	Muskulus
MRT	Magnetresonanztomographie
n	Stichprobe
N.	Nervus

OP	Operation
PEEK	Poly-Ether-Ether-Keton
Proc.	Prozess
r.	rechts
S.	Seite
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
Tab.	Tabelle
Th	thorakales spinale Segment
u.a.	unter anderem
V.	Vena
v.a.	vor allem
v.Chr.	vor Christus
VAS	Visuelle Analog Skala
wg.	wegen
z.B.	zum Beispiel

1. Geschichtlicher Überblick

Eine erste Erwähnung über das klinische Bild einer Rückenmarksverletzung findet sich in einem alten ägyptischen Papyrus etwa 3000 v. Chr. (20). Es handelt sich dabei um die Beschreibung der Kardinalsymptome einer kompletten Rückenmarksdurchtrennung aufgrund einer Wirbeldislokation oder Wirbelfraktur. Die diagnostischen Merkmale wurden im Edwin Smith` Papyrus wie folgt angegeben:

„Wenn du einen Mann untersuchst, der eine Dislokation eines Halswirbels hat, so solltest du ihn deswegen seiner Arme und Beine nicht bewusst finden, während sein Glied erigiert ist und ohne sein Wissen Samen aus seinem Glied tropft; sein Fleisch hat Wind empfangen; seine Augen sind blutunterlaufen; - dann solltest du von ihm sagen: Er hat eine Halswirbeldislokation; da er Arme und Beine nicht empfindet und sein Samen tropft. Eine Krankheit, die nicht behandelt werden kann.“

Laut SCHNEIDER et al. (56) behandelte Hippokrates Verletzungen an der Halswirbelsäule durch Ziehen am Nacken. Er empfahl für die Reposition von Brust- und Lendenwirbelsäule die Extensionsbank, die später von Celsus als Scamnum beschrieben wurde. Der Patient lag auf dem Scamnum in Bauchlage und wurde mit Stricken von der Schulter aufwärts und von der Hüfte abwärts gezogen, während der Heilkundige auf dem Gibbus entweder stehend oder sitzend die Deformität mit seinem Körpergewicht oder mit Hilfe eines Querbretts einpresste. 1855 berichtete Malgaigne, wie es ihm gelang, durch Druck auf den Buckel und durch Längszug am liegenden Patienten Lähmungen zum Verschwinden zu bringen (56).

Mit der Entdeckung der Röntgenstrahlen Ende des 19. Jahrhunderts verbesserten sich die diagnostischen Möglichkeiten. Es kam zu einer rasanten Weiterentwicklung der Wirbelsäulen Chirurgie.

Die erste Luxationsfraktur der HWS operierte Berthold Ernest HADRA (24) im Jahr 1891. Es war der Versuch einer dorsalen Stabilisierung mittels Silberdraht-zuggurtung (C6/C7), was leider erfolglos blieb.

1911 schilderte Hibbs erstmals ein erfolgreiches Verfahren der Wirbelkörperperfusion. Dabei wurden mittels autologen Knochenspans Wirbel der LWS bei Tuberkulosepatienten mit Gibbus-Bildung fusioniert. Dieses Verfahren war die Grundlage für die Spondylodese auch anderer Segmente der Wirbelsäule (31).

MAGNUS (42) hingegen lehnte 1929 operative Eingriffe im Sinne einer Laminektomie ab. Das Ergebnis, der von Magnus durchgeführten Sektionen war, daß kein einziges Mal ein operativer Eingriff hätte Erfolg haben können. Seinen Untersuchungen nach entstanden Lähmungen entweder durch eine Hämatomyelie, wobei die Lähmungen mit Abnahme der Hämatomyelie spontan zurückgingen und die Operation unnötig sei. Oder aber das Rückenmark war durchgequetscht, dann blieben die Lähmungen bestehen und eine Operation wäre zwecklos. MAGNUS (42) entwickelte eine so genannte „funktionelle Behandlung“, die wie folgt aussah: „Vier Wochen Rückenlage auf fester Unterlage, danach Aufsetzen im Bett und nach weiteren zwei Wochen Aufstehen und Beginn von Massagen und behutsamen Bewegungsübungen.“

L. Böhler schlug 1929 vor, die von ihm propagierten Forderungen der Frakturbehandlung - „*Einrichten, Ruhigstellen, Üben*“ - auch auf die Wirbelsäulenbehandlung anzuwenden. Seiner Meinung nach waren Wirbelsäulenverletzungen mit oder ohne Querschnittslähmung zu reponieren. Böhlers Ansichten prägten die weitere Entwicklung der Wirbelsäulenbehandlung (56).

Einen weiteren operativen Versuch, Wirbelfrakturen zu festigen, unternahm der in Dessau geborene Fritz Lange. Eine Verbesserung der Stabilität der HWS erreichte er durch Schienung mit Hilfe zweier Stahlstäbe, die er an den Dornfortsätzen anbrachte (36).

Gemäß TSCHERNE und ILLGNER (59) wurde 1952 erstmals die interkorporelle Spondylodese über einen ventralen Zugang von Bailey und Badgley beschrie-

ben. Seit den Publikationen von Cloward sowie Smith und Robinson ist sie zum Standardverfahren geworden und stellt die am häufigsten angewandte Operationsmethode bei HWS-Verletzungen dar, so auch TSCHERNE und ILLGNER (59). Dabei werden Knochenspäne in den Bandscheibenraum nach Dekompression durch Diskektomie mit dem Ziel der knöchernen Einheilung eingebracht. Die zusätzliche Stabilisation mit Hilfe einer Platte von ventral wurde erstmals von Böhler erreicht (59). In den letzten Jahren entwickelte sich die Behandlung der Wirbelfrakturen insbesondere durch neue Implantate rasant. Neben der operativen Aufrichtung der Fraktur und der konservativen Behandlung, entstanden eine ganze Reihe von zusätzlichen Stabilisierungsverfahren über ventralen und/oder dorsalen Zugang bei Verletzungen der unteren HWS.

2. Ursachen der Halswirbelsäulenverletzungen

Verletzungen der HWS betreffen Patienten aller Altersschichten. Dabei sind doppelt so häufig Männer beteiligt wie Frauen. Die bevorzugte Lokalisation ist bei 80% die untere HWS (C3-TH1). Prädilektionsstellen sind hier der fünfte Halswirbel und das nachfolgende Bewegungssegment C6/C7. Der weitaus geringere Anteil an Verletzungen betrifft die obere HWS, bestehend aus den Segmenten C0/1-C2/3 (2, 12, 28).

Zu den häufigsten Ursachen der HWS-Verletzungen zählen Verkehrs-, Arbeits- und Sportunfälle. In einer retrospektiven Analyse von 100 operativ versorgten HWS-Verletzungen sind bei AEBI et al. (2) die Verkehrsunfälle mit 42%, Arbeitsunfälle mit 25%, gefolgt von Sportunfällen mit 19% angegeben. Suizidversuche und Stürze aus der Höhe während Spaziergängen beschreibt er als weitere Gründe für HWS-Traumen. Verletzungen bei Bagatellunfällen treten gehäuft bei Menschen mit degenerativen Veränderungen der Wirbelsäule und Osteoporose auf.

2.1 Pathophysiologie der HWS-Verletzungen

Die zervikale Wirbelsäule besteht aus sieben beweglich miteinander verbundenen Wirbeln und zeigt in der Sagittalebene eine lordotische Krümmung. Die Bewegungen zwischen zwei Halswirbeln werden durch die Wirbelgelenke, Band-

scheiben (C2-C7) und Bandverbindungen ermöglicht. Zu den drei Hauptaufgaben zählen, Lasten und Momente zwischen Kopf und Rumpf zu übertragen, Bewegungen zwischen den Körperpartien zu ermöglichen und das empfindliche Rückenmark vor äußeren Schäden zu schützen. Die HWS ist gekennzeichnet durch eine besonders hohe Beweglichkeit mit Verletzbarkeit. Sie beruht auf den anatomischen und mechanischen Gegebenheiten der zervikalen Wirbelsäule. Mechanisch ergibt sich eine flexible Verbindung zwischen der hohen Gewichtsmasse des Kopfes und dem Körper. Plötzliche Relativbewegungen wie Beschleunigung oder Verzögerung zwischen diesen Massen ergeben erhebliche Druck-, Zug-, Scher- oder Biegebeanspruchungen der Halswirbel und ihrer ligamentären und muskulären Strukturen. Das Halsmark kann dabei durch Flexion, Extension, Rotation und axialen Zug oder Quetschung durch Bandscheiben- oder Knochenfragmente geschädigt werden (53).

3. Klassifikation der Halswirbelsäulenverletzungen

Das Ziel der Therapie von Halswirbelsäulenverletzungen ist es, Deformitäten zu korrigieren oder zu verhindern, Rückenmark oder Nervenwurzeln zu dekomprimieren, die Stabilität der Halswirbelsäule zu erhalten oder wiederherzustellen und Komplikationen einer Lähmung zu lindern oder zu verhindern. Für eine optimale Behandlung ist die klare Indikationsstellung Voraussetzung. Die genaue Erfassung und Klassifikation der Verletzungen ermöglicht spätere Vergleiche der Therapiemaßnahmen und der damit erreichten Resultate. Trotz einer Vielzahl von Klassifikationssystemen, die auf verschiedenen Kriterien basieren, ist bisher keines allgemein anerkannt (2).

3.1 Klassifikation aufgrund des Unfallmechanismus

Gemäß den Verletzungsmechanismen werden die Traumen der HWS nach Whitley und Forsyth in Flexions-, Extensions- sowie kombinierte Verletzungen der oberen und unteren Halswirbelsäule mit und ohne axiale Kompression eingeteilt. Bei Extensions-, Flexionsbewegungen unterscheiden sie zwischen ein- oder

beidseitiger Einwirkung. Holdsworth definierte ergänzend Rotations- und Scherkräfte und wies damit auf die Bedeutung des hinteren Ligamentkomplexes als Zuggurtungs- und Stabilisierungssystem hin. Allen nahm 1982 die Klassifikation von Whitley und Forsyth auf und erweiterte diese durch Bestimmung komprimierender und distrahierender Kraftrichtung (3).

GEHWEILER et al. (21) ermittelten in einer Studie an 400 Patienten, dass 25% des Kollektivs durch Überstreckung und 19% durch Überbeugung Verletzungen der Halswirbelsäule erlitten. Unverwechselbare Muster von zahlreichen Verletzungen erlaubten ihm, eine Klassifizierung der Überbeugungs-, Überstreckungsverletzungen einzuführen. Zu den Folgen der Hyperflexion zählt entweder die Kompressionsfraktur eines oder mehrerer Wirbelkörper, die reine Luxation oder eine Kombination dieser beiden Verletzungen. Aus der Hyperextension resultiert die klassische Beschleunigungsverletzung u.a. mit Schädigung im Bereich des vorderen Längsbandes. Verletzungen oder deren Folgen entstehen jedoch nicht aus isolierten Bewegungen, da es keine reine Flexion, Extension, Rotation oder Seitwärtsbewegung gibt. In dieser Klassifikation können mehrere Verletzungsarten nicht berücksichtigt werden. Daraus folgt, dass eine Einteilung aufgrund des Verletzungsmechanismus nur bedingt Rückschlüsse auf zu erwartende Verletzungsmuster zulässt (51).

3.2 Klassifikation nach neurologischen Ausfällen

Apley ist der Meinung, dass die Läsionen der Wirbelsäule weniger wichtig sind. Entscheidend seien die mit der Wirbelsäule kombinierten neurologischen Ausfälle. Er unterscheidet Verletzungen mit und Verletzungen ohne Neurologie. Ein Großteil der HWS-Verletzungen ist jedoch nicht von neurologischen Ausfällen begleitet. Dies ändert nichts an der Notwendigkeit, die Verletzungen der Wirbelsäule zu klassifizieren. Eine Einteilung entsprechend neurologischer Ausfälle findet sich in dem von Frankel modifizierten Schema (Tab.1, S. 17). Diese Klassifikation der neurologischen Symptomatik ist lediglich als zusätzliche Information zu der Wirbelsäulenverletzung zu werten und nicht als eigenständige Klassifikation einer osteoligamentären Verletzung (3).

A	vollständige motorische, sensible und vegetative Lähmung
B	motorisch komplette, sensible inkomplette Lähmung
C	motorisch inkomplette Lähmung ohne Funktionswert
D	motorisch inkomplette Lähmung mit Funktionswert
E	rein radikuläre Ausfälle
F	keine Ausfälle

Tab.1: Klassifikation der neurologischen Ausfälle (entnommen aus 3)

3.3 Klassifikation nach morphologischen Kriterien

Laut AEBI und NAZARIAN (3) befassten sich einige Autoren mit morphologischen Kriterien der Wirbelsäulenverletzungen. Sie nahmen eine Einteilung in drei Hauptgruppen vor, reine Frakturen, reine Luxationen und deren Kombinationen. Bohlman hat eine Einteilung in Verletzungen der vorderen, hinteren sowie der lateralen Elemente der Wirbelsäule vorgeschlagen. Damit machte er einen Schritt für eine differenzierte operative Behandlung, basierend auf der Lokalisation der Verletzung (3).

3.4 Klassifikation in stabile und instabile Verletzungen

Werden zwei benachbarte Wirbel über die physiologische Grenze gegeneinander verschoben, so spricht man von einer Instabilität im betroffenen Segment. Aufgrund anatomischer Besonderheiten der Wirbelsäule stützte sich Louis auf die Säulentheorie. Ein Punkteschema erfasst die vordere Säule (Wirbelkörper) und die beiden hinteren Säulen (Gelenkfortsätze) entsprechend ihrer Verletzungsbeteiligung. Er wies auch darauf hin, dass eine Instabilität sowohl ligamentär als auch ossär bedingt sein kann. Die Einteilung der Frakturen in stabil und instabil erfolgte anhand seines Scores. Die Verletzung des Pedikels bzw. des Wirbelbogens, die Verletzung der Facettengelenke oder die Zerreißung der Bandscheibe wird je mit dem Faktor 0,5 bewertet. Louis bezeichnet Verletzungen als instabil, die die Summe von 2,0 übersteigen (3).

3.5 Klassifikation nach Unfallmechanismus und Pathomorphologie (AO-Einteilung)

Für die HWS wurde eine einheitliche Klassifikation in Anlehnung an die sogenannte AO-Systematik für die Brust- und Lendenwirbelsäule vereinbart (41). Die Untergruppen wurden den Besonderheiten der HWS angepasst, dabei unterscheidet man Typ-A, -B und -C Verletzungen (Tab.2) (26).

Typ A: Dieser beinhaltet Kompressionen der vorderen HWS-Abschnitte. Unterschieden werden Impaktions-, Spalt-, und Berstungsbrüche. Typ-A-Verletzungen können als vordere Verletzungskomponente in den folgenden Typen B und C auftreten.

Typ B: Dieser Typ zeichnet sich durch Distraktionsverletzungen der hinteren (B1 und B2) und/oder der vorderen Elemente mit entsprechender Instabilität aus. B1 betrifft vorwiegend die knöchernen Destruktionen, B2 die klassische diskoligamentäre Verletzungsform, B3 betrifft die Bandscheibenverletzung durch Hyperextension.

Typ C: Hierunter fallen alle Verletzungen der hinteren und vorderen Elemente, verursacht durch Rotation. C1 beschreibt die Kombination mit dem Typ A, C2 ist mit dem Typ B gepaart, während C3 spezielle, nicht klassifizierbare Läsionen aufweist.

Klassifikation der Verletzungen der unteren HWS		
	Verletzungsmechanismus	Unterteilung
Typ A	Kompression	A1 Impaktion A2 Spaltbildung A3 Berstung
Typ B	Distraktion	B1 Ossär dorsal B2 Ligamentär dorsal B3 Diskoligamentär ventral
Typ C	Rotation	C1 Rotation+Typ A C2 Rotation+Typ B C3 Ohne Klassifikation

Tab.2: Klassifikation nach Unfallmechanismus und Pathomorphologie (AO-Einteilung) (entnommen aus 13)

3.6 Klassifikation nach Art der Verletzung

Reine Fraktur

Die Fraktur ist eine durch äußere Gewalteinwirkung entstandene Unterbrechung der Gewebekontinuität des Knochens mit oder ohne Verschiebung der Knochenfragmente.

Diskoligamentäre Instabilität

Die diskoligamentäre Instabilität beschreibt eine unzureichende Stabilität des Segmentes aufgrund von Läsionen der Bänder, Bandscheiben oder des Halteapparates der HWS ohne knöcherner Beteiligung.

Kombinationsverletzungen

Darunter ist die Kombination der reinen Frakturen mit diskoligamentären Instabilitäten zu verstehen.

4. Symptomatik bei HWS-Verletzungen

4.1 Lokales Zervikalsyndrom

Das lokale Zervikalsyndrom (HWS-Lokalsyndrom) beschreibt alle klinischen Erscheinungen, die von den Bewegungssegmenten ausgehen und auf die Halsregion beschränkt bleiben (39). Zu den Symptomen, die durch abrupte Rotations-, Hyperflexions-, Hyperextensionsbewegung des Kopfes einsetzen, zählen positionsabhängige Schulter-Nacken-Schmerzen, Bewegungseinschränkungen der HWS sowie Hartspann der Nackenmuskulatur. Bei Irritation der unteren zervikalen Segmente werden zusätzlich Schmerzen zwischen den Schulterblättern angegeben.

4.2 Zervikobrachiales Syndrom

Unter einem Zervikobrachialsyndrom versteht man variable sensible, motorische und vegetativ-trophische Störungen im Bereich des Halses, des Schultergürtels und der oberen Extremität (27). Die Ausstrahlungen können radikulär entlang dem Dermatomstreifen oder auch pseudoradikulär ohne segmentale Zuordnung

verlaufen. Beim Schulter-Arm-Syndrom kann es neben Schmerzen und Parästhesien auch zu neurologischen Ausfällen mit Reflexdifferenzen und Muskelatrophie kommen. In der Regel findet sich nur ein ins betroffene Dermatom ausstrahlender Schmerz. Charakteristisch sind die Wechsel von beschwerdefreien Intervallen mit Phasen stärkster Schmerzen.

Die Symptomatik kann hervorgerufen werden durch einen Diskusprolaps, durch knöcherne Veränderungen oder durch äußere Einwirkungen, wie z.B. Verletzungen.

C4-Syndrom: Bei Kompression der C4-Nervenwurzel kommt es zu Schmerzen und Sensibilitätsstörungen im Bereich der Schulter und des Halses. Entscheidend für die Diagnose ist der Nachweis eines Zwerchfellhochstandes aufgrund einer Phrenicusparese.

C5-Syndrom: Die Läsion der Wurzel C5 führt zu Schmerzen im Bereich der Schulter und Oberarmaußenseite mit Sensibilitätsstörungen über dem M. deltoideus. Motorisch ist insbesondere der M. deltoideus betroffen. Es kommt zu einer Schwäche beim Abduzieren des Armes und zur Abschwächung des Bizepssehnen-Reflexes.

C6-Syndrom: Das C6-Syndrom ist gekennzeichnet durch Schmerzen an der Rückseite des Armes, die an dem radialen Unterarm bis zum Daumen ausstrahlen. Motorisch sind insbesondere der M. brachioradialis und der M. biceps brachii betroffen. Auch hier ist eine Schwäche des Bizepssehnen-Reflexes zu finden.

C7-Syndrom: Charakteristisch für das C7-Syndrom ist die Ausstrahlung der Schmerzen zum 3. und 4. Finger. Hier kann es zu Sensibilitätsstörungen und zu Paresen vor allem des M. triceps brachii und der Hand- und Fingerextensoren kommen. Daraus resultiert die Verringerung des Trizepssehnen-Reflexes, in Extremfällen zeigt sich eine Daumenballenatrophie.

C8-Syndrom: Das C8-Syndrom geht mit Schmerzen einher, die von der Halswirbelsäule, dem Oberarm, Unterarm bis zur Kleinfingerseite der Hand ziehen. Das Dermatom betrifft neben dem 4. und 5. Finger den distalen ulnaren Unterarm. Motorische Störungen betreffen die Fingerbeuger und die Muskeln des Kleinfingerballens. Der Patient ist bei vollständigem Ausfall der Wurzel C8 nicht in der Lage, aufgrund der Beteiligung der Mm. interossei die Finger zu spreizen.

4.3 Zervikozepales Syndrom

Charakteristisch für das zervikozepale Syndrom ist ein Zervikalsyndrom, das mit Kopfschmerzen, Schwindelattacken, mitunter auch mit Hör-, Seh-, und Schluckstörungen einhergeht (39). Die Kopfschmerzen und Schwindelattacken zeichnen sich durch anfallsweises, kurzfristiges Auftreten aus. Sie sind durch Positionsabhängigkeit gekennzeichnet. Als Ursache wird die Bedrängung der A. vertebralis und des Halssympathikus durch degenerative Prozesse oder Fehlstellungen der Gelenke beschrieben.

4.4 Zervikomedulläres Syndrom

Das zervikomedulläre Syndrom entsteht durch Kompression des Rückenmarks. Hierbei kann es zur Querschnittslähmung mit den entsprechenden neurologischen Symptomen kommen. Je nach Höhe der Läsion zeigen sich motorische und sensible Defizite, vegetative Funktionsausfälle sowie Störungen der Blasen-, Mastdarm- und Sexualfunktion. Die neurologische Untersuchung prüft, bis zu welchem Segment eine gestörte Rückenmarksfunktion vorliegt.

Befinden sich Läsionen in Höhe von C1-C4, kann neben einer Tetraplegie eine zusätzliche Atemlähmung bestehen. Das Überleben des Patienten ist dann nur durch sofortige künstliche Beatmung zu sichern. Zusätzlich fehlen Schmerz- und Berührungsempfindung in den gelähmten Bezirken. Eine exakte Differenzierung der Querschnittsläsion im Zervikalbereich von der im Thorakalbereich gelingt im Gebiet von Unterarm und Hand. Eine Einschränkung der Schmerzempfindung oder Berührungsempfindung am Daumen entspricht der Schädigung des 6. Halsmarksegmentes. Die Beeinträchtigung des 8. Segmentes ist durch Empfindungsstörungen im Bereich des Kleinfingerbereichs gekennzeichnet und die des thorakalen Segmentes Th1 im inneren Ellenbogenbereich. Eine weitere Hilfe

zur Höhenlokalisation bietet die Zuordnung der Nervenwurzeln zu ihren entsprechenden Kennmuskeln. Die Innervation des M. deltoideus erfolgt aus den Halsmarksegmenten C4 und C5, die Innervation des M. biceps aus C5/6 und die des M. trizeps ebenso wie des M. extensor carpi radialis aus C6/7. Die Schädigung des 8. Segmentes führt zu Ausfällen der Fingerbeuger, des Daumenstreckers und der Mm. interossei. Befindet sich die Querschnittsläsion unterhalb des ersten thorakalen Segmentes, so ist mit einer Paraparese oder -plegie, d.h. Lähmung der Beine zu rechnen.

5. Diagnostik der Halswirbelsäulenverletzungen

Die Diagnostik der HWS-Verletzungen besteht aus 3 Pfeilern, der Anamnese, dem klinischen Befund und der bildgebenden Untersuchung. Der Ablauf der Diagnostik des frisch traumatisierten Patienten ist bei der stationären Aufnahme von dem neurologischen Befund sowie den Begleitverletzungen abhängig.

5.1 Anamnese

Bei allen verunfallten oder bewusstlosen Patienten ist eine möglichst genaue Anamnese zum Unfallmechanismus zu erheben.

Bei wachen Patienten ist die Schilderung des Unfallhergangs einschließlich der damit verbundenen Rasananz der Fahrgeschwindigkeit oder der Fallhöhe von Bedeutung. Die Unfallanamnese sollte auch vorbestehende Leiden, z.B. zurückliegende Bandscheibenschäden, beachten. In erster Linie ist nach Schmerzlokalisierung, Bewegungseinschränkungen, Empfindungsstörungen und Lähmungsercheinungen zu fragen. Auch Schluckstörungen können auf HWS-Verletzungen hinweisen.

Beim intubierten, bewusstlosen Verunfallten werden mit Hilfe der Fremdanamnese sowohl der Unfallhergang als auch der neurologische Status in Bezug auf Spontanbewegungen vor Sedierung erfasst.

5.2 Klinische Untersuchungen der Halswirbelsäule

Die klinische Untersuchung beginnt während des Patientengesprächs. Bei der Inspektion ist auf Spontanbewegungen und auf schmerzbedingte Schonhaltung der HWS zu achten. Die Stellung des Schultergürtels bzw. des zervikothorakalen Übergangs und des Kopfes im Sitzen oder Stehen kann Hinweise auf funktionelle Fehlhaltung liefern. Die weitere Untersuchung des Patienten erfolgt im Liegen mit entkleidetem Oberkörper. Durch die Palpation werden Konsistenzen der Haut und muskuläre Verspannungen erfasst. Dabei darf keine Manipulation der Halswirbelsäule erfolgen, da dies eine Befundverschlechterung zur Folge haben könnte. Erst nach Ausschluss osteoligamentärer Verletzungen darf auch die Beweglichkeit der HWS geprüft werden.

Durch die klinische Untersuchung können sich wichtige Lokalisationshinweise für die anstehende Röntgendiagnostik zeigen.

5.3 Neurologische Untersuchung

Die neurologische Untersuchung ist im Vorfeld der Röntgendiagnostik sinnvoll, da daraus evtl. auf das verletzte und instabile Wirbelsäulensegment geschlossen werden kann. Sie ist Bestandteil der Erstuntersuchung, spielt aber auch bei der Verlaufskontrolle eine entscheidende Rolle.

Die neurologische Untersuchung stellt das Kernstück der klinischen Untersuchung dar. Dabei werden systematisch und umfassend Motorik und Sensibilität des Rumpfes und der Extremitäten geprüft und dokumentiert (ASIA-Erfassungsbogen). Die ASIA-Klassifikation (American Spinal Injury Association) stellt ein Dokumentationsschema für neurologische Störungen nach Verletzungen der Wirbelsäule (Abb.1, S. 24) nach internationalem Konsens dar. Motorik und Sensibilität werden in vorgegebenen Einteilungen semiquantitativ beurteilt und über Kennmuskeln und Dermatome den einzelnen Segmenten zugeordnet (14). Hierzu wird der Patient gebeten, sofern er bei Bewusstsein ist, Arme und Beine zu bewegen und nach den Wahrnehmungen von Schmerz- und Berührungseizen an Armen, Beinen und Rumpf befragt. Weiterhin empfiehlt sich, einen genauen Reflexstatus zu erheben und auch pathologische Reflexe (Babinski, Gordon, Oppenheim) zu dokumentieren. Eine Hilfestellung zur Dokumentation neurologischer Ausfälle stellt die ASIA-Klassifikation zur Einteilung des

Lähmungsbildes insbesondere im Hinblick auf Querschnittssyndrome bei Wirbelverletzten dar (Tab.3) (28).

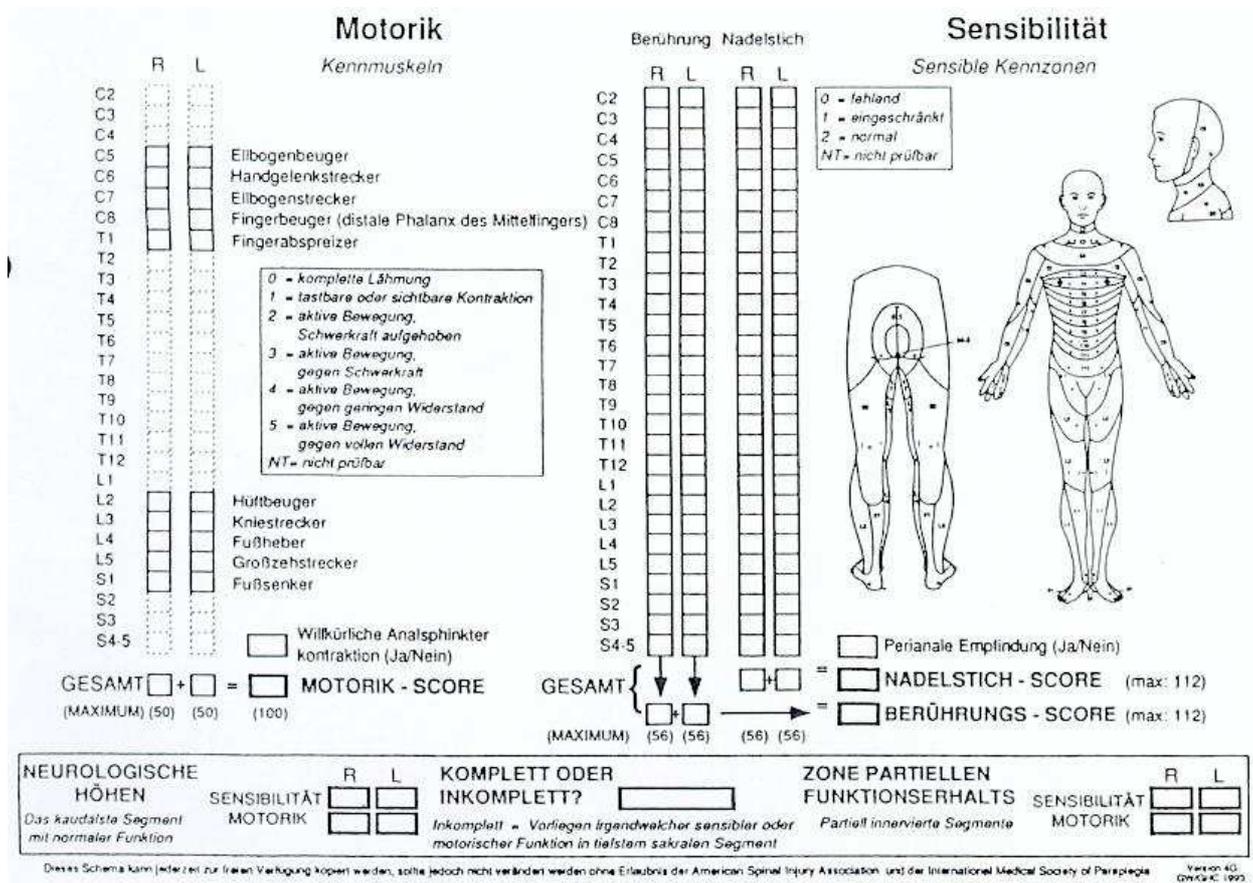


Abb.1: Dokumentationsschema für neurologische Störungen nach Verletzungen der Wirbelsäule gemäß ASIA (entnommen aus 14)

ASIA-Klassifikation	
ASIA A	Komplett, keine sensible oder motorische Funktion in den sakralen Segmenten S4 und S5 erhalten
ASIA B	Inkomplett, sensible Funktion unterhalb des neurologischen Niveaus und bis in die sakralen Segmente S4 und S5 erhalten
ASIA C	Inkomplett, motorische Funktion unterhalb des neurologischen Niveaus erhalten, die Mehrzahl der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus haben einen Kraftgrad < 3/5
ASIA D	Inkomplett, motorische Funktion unterhalb des neurologischen Niveaus erhalten, die Mehrzahl der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus haben einen Kraftgrad ≥ 3/5
ASIA E	Normal, sensible und motorische Funktion normal

Tab.3: ASIA-Klassifikation (entnommen aus 28)

5.4 Bildgebende Diagnostik

5.4.1 RÖNTGEN

Als Basisdiagnostikum stehen die konventionellen Röntgenaufnahmen zur Verfügung. Bei jedem Patienten mit Verdacht auf HWS-Verletzungen oder Schädelhirntrauma müssen sie möglichst zügig angefertigt werden. Die erhaltenen Informationen bestimmen weitgehend Art und Umfang der folgenden einzuleitenden Maßnahmen. Dadurch entstehen hohe Anforderungen an Aufnahmequalität und Sorgfalt der Bildbetrachtung.

Das Röntgen wird durch weitere Schnittbildverfahren, wie Computertomographie und Kernspintomographie unterstützt. Laut BÜHREN (13) kommt es zu einer hierarchischen Reihenfolge. An erster Stelle steht das konventionelle Röntgen, an zweiter Stelle das CT, gefolgt von aktiv gehaltenen Aufnahmen unter Bildwandlerkontrolle und der Kernspintomographie.

Die Röntgenaufnahme der HWS ist prinzipiell in zwei Ebenen, dem anterior-posterioren und seitlichen Strahlengang, vorzunehmen (Abb.2 und Abb.3, S. 26). Es sollte immer die gesamte Halswirbelsäule vom Os occipitale bis C 7 abgebildet werden. Schräg- und Schichtaufnahmen verdeutlichen die Wirbelbogenanteile. Die Gesamtheit der Aufnahmen zeigt meist das volle Ausmaß der Verletzung (62). Der durch den Muskeltonus bedingte Schulterhochstand gestaltet die Darstellung der unteren HWS oft schwierig. Eine Verbesserung der Aufnahme wird durch passives Herabziehen der Arme während der Aufnahme erreicht. Eine weitere Maßnahme stellt die Schwimmer-Projektion dar. Hierbei erfolgt die Aufnahme mit einem angehobenen Arm. Zur routinemäßigen Darstellung von Dens und Atlas von vorne verwendet man die transorale Röntgenaufnahme.

Die Röntgenbilder geben Auskunft über die Form und Stellung der Wirbelkörper und deren knöcherne Läsionen. In der systematischen Analyse werden die Aufnahmen zunächst in der Übersicht betrachtet. Hierbei sollen Verschiebungen der Wirbelkörper gegeneinander auffallen. In der Betrachtung der einzelnen Segmente in der Detailansicht richtet sich das Augenmerk auf Fissurlinien und knöcherne Abrisse. Die Aufnahmen zeigen in den meisten Fällen bereits das volle Ausmaß der Verletzung. WACKENHEIM et al. (61) stellten das Problem der

Diagnostik der Instabilität der mittleren und unteren Halswirbelsäule anhand konventioneller Röntgenaufnahmen unter folgenden Aspekten dar.



**Abb.2: HWS Röntgen a.p.
(entnommen aus 22)**



**Abb.3: HWS Röntgen seitlich
(entnommen aus 22)**

Elementare radiologische Zeichen

Frakturen

Ein Charakteristikum der Fraktur ist die Unterbrechung der Kontinuität, die im Allgemeinen linear verläuft, mit wohl definiertem Rand und ohne Osteokondensation. Die Knochenstruktur bleibt auf jeder Seite des Frakturspalts erhalten.

Wirbelkörperkompressionsfraktur

Diese Fraktur betrifft die Spongiosa des Wirbelkörpers, wobei deren Organisation und Architektur gestört ist. Die Kompressionsfraktur befindet sich häufig im vorderen Drittel des Wirbelkörpers und damit in einer Zone, die den Kompressionskräften am wenigsten Widerstand leistet. Läsionen mit mehr als 30% Höhenminderung werden als instabil - ossäre Instabilität - betrachtet.

Kantenabsprengung

Als Kantenabsprengungen werden Frakturen der vorderen oberen oder unteren Wirbelkörperkante mit dreieckigem Fragment bezeichnet. Von Osteophyten

oder der Verkalkung des vorderen Längsbandes sind sie zu unterscheiden. Laut Definition ist eine Unterbrechung der Kortikalis des Wirbelkörpers nachzuweisen, die benachbarte Bandscheibe bleibt dabei unbeeinflusst. Kantenabsprengungen sind stabil. Eine Instabilität tritt jedoch im Zusammenhang mit Luxationen und Tear-Drop-Frakturen auf.

Tear-Drop-Fraktur

Die klassische Tear-Drop-Fraktur des mittleren und unteren Halswirbelbereiches ist eine Kompressionsfraktur mit abgesprengtem ventralem Knochenfragment.

Spondylolisthesis

Die Spondylolisthesis beschreibt eine Verschiebung der Wirbelkörper gegeneinander, die sich auf Seitenaufnahmen zeigt. Dabei wird die Richtung der Verschiebung in Bezug auf den unteren Wirbelkörper angegeben. Beim Wirbelgleiten handelt es sich um einen Versatz zweier Wirbel zueinander, wobei es im Extremfall zur Luxation kommen kann, eine vollständige Separation der gelenkbildenden Knochenenden mit Fehlstellung und Funktionsverlust. Zeigt sich eine Verschiebung um mehr als 25%, ist im Allgemeinen mit einer schweren Bänder- und Bandscheibenläsion zu rechnen, die für eine erhebliche Instabilität verantwortlich ist.

Unkovertebraldehiszenz

Sie ist definiert als eine Diastase, also ein Auseinanderstehen der Wirbelkörper im Bereich der Luschka-Gelenke (Unkovertebralgelenke) und weist auf eine Läsion der homolateralen Wirbelgelenke hin. Sie lässt sich gut in Schrägaufnahmen beurteilen. Ein einseitiges Auftreten liegt im Rahmen einer Rotationsinstabilität vor, beim doppelseitigen Befund handelt es sich um eine Luxation.

Luxationen

Die Luxationen bereiten im Allgemeinen keine diagnostischen Schwierigkeiten. Probleme treten meist in den Etagen C6/7 und C7/Th1 wegen Überlagerung z.B. durch die Schulter auf. Die Diagnose einer Luxation erfolgt in der a.p.-Projektion durch ein Auseinanderklaffen zweier Dornfortsätze auf einer Etage

mit normalen Abständen der Dornfortsätze der darüber- und darunterliegenden Etage als auch auf dem seitlichen Bild mit Darstellen der beidseitig verhakten Wirbelgelenke.

5.4.2 GEHALTENE AUFNAHMEN (FUNKTIONSAUFNAHME)

Bei den gehaltenen Aufnahmen unter Bildwandler- oder Röntgenkontrolle handelt es sich um Seit-Übersichten der HWS in maximaler Flexion bzw. Reklination (Abb.4 und Abb.5). Dabei hält der Untersucher den Kopf des Patienten und führt kontrolliert Flexion, Extension und axialen Zug aus. Deutlich wird hierbei die Lokalisation und das Ausmaß der Instabilität, das in allen anderen Untersuchungstechniken unter statischer Lagerung nicht oder nur schwer beurteilt werden konnte. Die Funktionsaufnahmen sollten nur bei wachen kooperativen Patienten durchgeführt werden, um mögliche neurologische Störungen rechtzeitig erkennen zu können, falls eine Instabilität vorliegt.



Abb.4: Seitliche HWS-Funktionsaufnahme in Flexion



Abb.5: Seitliche HWS-Funktionsaufnahme in Reklination

5.4.3 COMPUTERTOMOGRAPHIE (CT)

Der Nachweis oder Ausschluss grobanatomischer Normabweichungen wird mit Hilfe der Röntgendiagnostik vollzogen. Die CT informiert sowohl über Weichteil- als auch knöcherne Strukturen und stellt somit für die Diagnostik einen erheblichen Fortschritt dar (Abb.6, S. 29). Neben axialen Schichten kann so auch die

Rekonstruktion sagittaler und coronarer Ebenen erfolgen, was die Darstellung erleichtert. Wirbelkörperzerstörungen, Bandscheibenprotrusionen oder im Spinalkanal liegende knöcherne Fragmente können sichtbar gemacht werden. Durch dieses Schnittbildverfahren ist eine präzise nachvollziehbare Höhenzuordnung jedes Wirbelkörpers und die Verletzungslokalisation möglich. Des Weiteren dient es zur Darstellung des Schweregrades und der Ausdehnung ossärer Verletzungen. Es ist besonders wertvoll in der Beurteilung der Atlas-Axis-Region und sollte bei allen unklaren und pathologischen Befunden zur Anwendung kommen. Anhand der durch die CT gewonnenen Informationen wird das chirurgische Vorgehen festgelegt, sie ist somit vor operativen Eingriffen unverzichtbar.

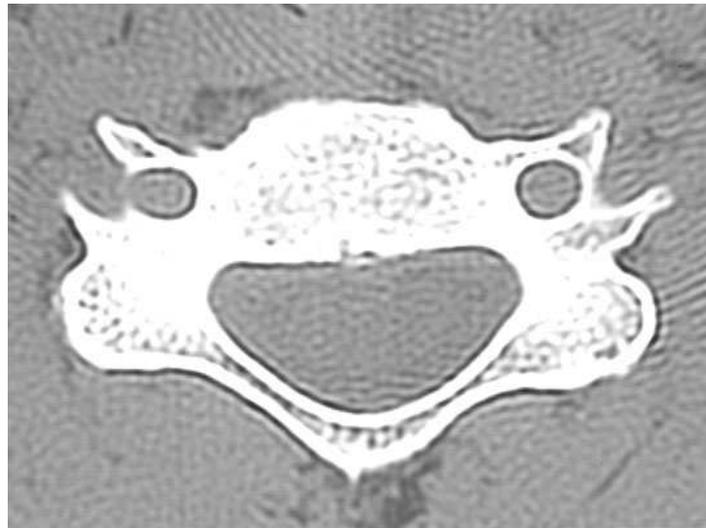


Abb.6: HWS CT axial

5.4.4 KERNSPINTOMOGRAPHIE (MRT)

Bei der Kernspintomographie handelt es sich nicht um ein röntgendiagnostisches, sondern um ein Magnet-Resonanzverfahren. Sie erhält aufgrund der anhaltenden Entwicklung in den Darstellungsmöglichkeiten in der Akuttraumatologie der HWS zunehmende Bedeutung.

In der Kernspintomographie ist die Erstellung der Bilder in allen drei Raumebenen möglich. Es kommt zur direkten Darstellung der Ebenen durch horizontale, sagittale und frontale Schnittbilder (Abb.7 und Abb.8).

Die MRT hat in der Beurteilung der knöchernen Strukturen einen geringeren Stellenwert. So halten WITTENBERG et al. (62) die Auflösung der knöchernen Strukturen für eine operative Versorgung nicht ausreichend. Knochenmarködeme als Zeichen einer frischen Verletzung sind jedoch als Hinweis auf eine Knochenläsion sehr gut zu erkennen. Die Kernspintomographie ist außerdem zur Beurteilung von Weichteilläsionen und des Verletzungsausmaßes am Rückenmark selbst von großer Bedeutung. Die MRT ermöglicht im Gegensatz zur CT die direkte Darstellung des Rückenmarkes und seiner Parenchymschäden. Ein weiterer Vorteil ist die umfassende Abbildung der gesamten HWS in einem Untersuchungsgang.

Die MRT wird veranlasst, wenn mit einem anderen diagnostischen Verfahren bei einem vorliegenden neurologischen Defizit keine Verletzung nachgewiesen werden konnte (62).

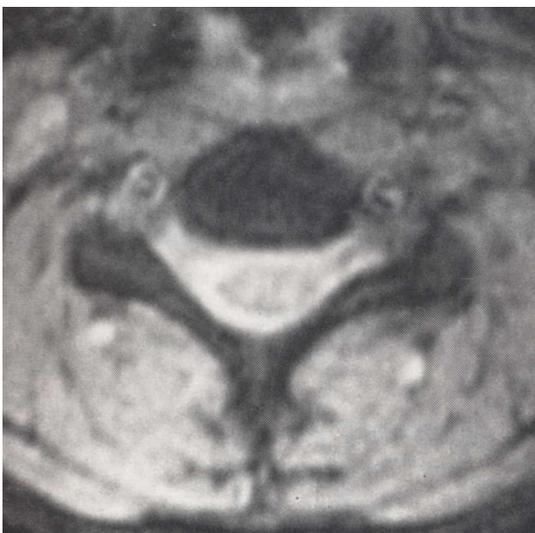


Abb.7: MRT HWS axial
(entnommen aus 22)

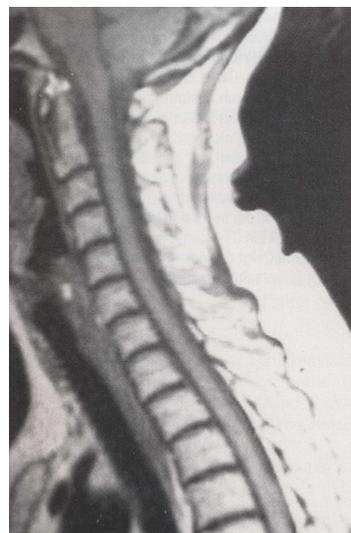


Abb.8: MRT HWS sagittal
(entnommen aus 22)

5.4.5 MYELOGRAPHIE

Dieses bildgebende Verfahren wird am Wirbelsäulenkanal eingesetzt, wenn nicht-invasive Verfahren, wie CT, MRT und konventionelles Röntgen nicht ausreichend Information über das vermutete Krankheitsbild liefern können. Durch Einbringen von Kontrastmittel in den spinalen Subarachnoidalraum, also in den Raum, in dem sich das Rückenmark bzw. die Nervenwurzeln befinden, kann ein ausgezeichneter Kontrast zur Diagnostik des Subarachnoidalraumes erzielt werden (nachstehend Abb.9 und Abb.10). Durch den hohen Kontrast zwischen Duralsack und dem umliegenden Weichteil- bzw. Knochengewebe können dabei auch kleinste Veränderungen, die eventuell das Rückenmark oder einzelne Nervenwurzelfasern komprimieren, sehr detailliert und sicher erkannt werden. Je nach Fragestellung werden in entsprechender Höhe Röntgenaufnahmen in verschiedenen Projektionen erstellt. Die diagnostische Aussagekraft der Untersuchung kann durch eine anschließende Computertomographie des kranken Wirbelsäulenabschnittes deutlich erhöht werden.

Diese Untersuchung wird ausschließlich bei stationären Patienten durchgeführt (49).

Unter Nutzung aller Darstellungsmöglichkeiten lassen sich richtungsweisende Hinweise für die therapeutischen Konsequenzen gewinnen.



Abb.9: HWS-Myelographie a.p.
(entnommen aus 22)



Abb.10: HWS-Myelographie seitlich
(entnommen aus 22)

6. Therapie der Halswirbelsäulenverletzungen

Das Behandlungsziel jeder HWS-Verletzung besteht darin, den Patienten durch Wiederherstellung der Stabilität vor einem neurologischen Defizit zu bewahren. Falls dieses bereits besteht, ist durch Dekompression von Rückenmark und Nervenwurzeln die Voraussetzung für eine Erholung zu schaffen (30). Die frühfunktionelle Nachbehandlung hat die rasche Mobilisation und Rehabilitation des Patienten zum Ziel. Das Ergebnis soll eine möglichst funktionsfähige und schmerzfreie Halswirbelsäule ohne neurologische Ausfälle sein (2, 29).

6.1 Konservative Behandlung

Laut BILOW und WELLER (5) bietet die konservative Therapie mehrere Vorteile gegenüber der operativen Behandlung. Die operative Versorgung birgt das Risiko für das Auftreten neurologischer Komplikationen. Folglich kommen wenn möglich die therapeutischen Maßnahmen zur Anwendung, die den Patienten schonen und für ihn keine weitere Belastung bzw. Gefährdung bedeuten. Diese Forderung erfüllt z.B. die Reposition im Dauerzug, da sie ohne ruckartige Manipulation schonend für die Wirbelsäule und ohne Narkose nicht belastend für den Allgemeinzustand ist. Eine Abgrenzung der Indikation zur konservativen und operativen Behandlung aufgrund von Erfahrungen mit 450 Brüchen, Verrenkungsbrüchen und reinen Verrenkungen der HWS nahm RUSSE 1971 (54) vor. Er reponierte Frakturen ohne Paresen mit anschließendem Kopfbrustgipsverband für 6 bis 12 Wochen. Frakturen mit Paresen und Verrenkungsbrüche ohne oder mit Paresen behandelte er im Dauerzug mit der Crutchfieldzange für 6 Wochen mit anschließendem Kopfbrustgipsverband. Frische oder alte reine Frakturen hingegen sollen seiner Meinung nach immer operativ behandelt werden. In der heutigen Zeit werden diese Behandlungsmethoden jedoch nicht mehr angewandt.

Bei den meisten komplexen Knochen- und Gelenkverletzungen mit Beteiligung der Wirbelgelenke, der ligamentären Strukturen und Bandscheiben sind der konservativen Behandlung Grenzen gesetzt. Bei rein ligamentären Verletzungen besteht die Gefahr der Relaxation mit neurologischen Komplikationen, sie stellt

für den Patienten ein ständiges Risiko dar. Ein weiterer Nachteil ist die gestörte Knochenbruchheilung bei ungenügender Stabilität. Daneben verzögert sich die Rehabilitation des Patienten durch die lange Ruhigstellungsdauer in der Crutchfieldextension, im Halo-Fixateur oder Gipsverband, was v.a. für ältere Patienten einen erheblichen Nachteil bedeutet (30). Die konservative Behandlung ist ferner durch eine längere Immobilisation mit gehäuften Komplikationen wie Thrombose, Embolie, Pneumonie etc. vergesellschaftet.

Aus heutiger Sicht ist die konservative Behandlung als Primärmaßnahme am Unfallort anzusehen. Nach der Unfallanalyse und der ersten klinischen Untersuchung mit Verdacht auf eine HWS-Verletzung muss sofort eine steife Halskrawatte angelegt werden. Halskrawatten gewährleisten eine äußere Ruhigstellung entsprechend dem Instabilitätsausmaß. Diese Erstversorgung verbleibt beim Transport und bei Durchführung der Diagnostik bis zum Ausschluss einer Verletzung durch die bildgebende Diagnostik am Patienten. Zudem findet die konservative Behandlung Anwendung bei stabilen Frakturen der unteren HWS, z.B. bei isolierten Quer- und Dornfortsatzfrakturen. HOFMEISTER und BÜHREN (28) bevorzugen über einen Zeitraum von 2 Wochen harte Halskrawatten (Philadelphiakragen) mit anschließender Ruhigstellung durch eine weiche Halskrawatte (Schanz) über weitere 2-3 Wochen.

Viele Verletzungen der oberen HWS (C0-C2) sind auch heutzutage eine Domäne der konservativen Behandlung, z.B. mit dem Halo-Fixateur.

6.2 Operative Therapiekonzepte der Halswirbelsäulenverletzungen

Ziel der operativen Behandlung von instabilen Wirbelverletzungen ist die anatomiegerechte Reposition der Fehlstellungen mit Dekompression bei Einengung des Rückenmarks oder der Nervenwurzeln. Es soll eine möglichst schnelle Wiederherstellung der Schmerzfreiheit und der funktionsgerechten Stabilität durch die innere Fixation erfolgen (1). Dadurch werden auch eine schnelle Mobilisation und Rehabilitation ermöglicht. Außerdem erscheint die Rekonstruktion der ventralen Säule äußerst wichtig.

Nachfolgende Auflistung zeigt Indikationen für die operative Behandlung der HWS-Verletzungen, bei denen eine absolute Operationsindikation besteht (9, 14):

1. Offene Wirbelsäulenverletzungen
2. Inkomplettes Querschnittssyndrom mit nachgewiesener Kompression durch Knochen- oder Bandscheibenfragmente oder Hämatom
3. Plötzliche Verschlechterung eines neurologischen Zustandsbildes durch mechanische Kompression des Rückenmarks
4. Manifeste, die Neurostrukturen bedrohende Instabilitäten, die auf konservative Weise nicht beeinflusst und aufgehoben werden können.

Alle anderen Zustandsbilder sind relative Indikationen für eine operative Behandlung.

6.2.1 VENTRALE OPERATIONSVERFAHREN

Je nach Art der Verletzungen und Lokalisation werden instabile HWS-Verletzungen durch ein vorderes, hinteres oder kombiniertes Vorgehen stabilisiert. Läsionen, die vorwiegend den vorderen Teil der Wirbelsäule betreffen, d.h. Bandscheiben und Wirbelkörper, sollten über einen ventralen Zugang zur HWS operiert werden. Zu diesen Verletzungen zählen Kompressions-, Flexions- und Berstungsfrakturen des Wirbelkörpers und Rupturen der Bandscheibe und des vorderen Längsbandes (2).

Lagerung und Zugang zur Halswirbelsäule von ventral

Der Eingriff erfolgt in Rückenlage des Patienten mit Extension des Kopfes. Liegt eine Instabilität der HWS nach Frakturen und Luxationen vor, sollte der Patient in einem röntgendurchlässigen Lagerungsapparat in korrigierter bzw. reponierter Stellung unter leichtem Längszug gelagert werden. Dem Körper liegen die Arme parallel an. Zur Überwachung der Penetrationstiefe der Instrumente und Schrauben in den Wirbelkörper und zur Höhenlokalisierung wird ein Bildverstärker in lateraler Projektionsrichtung während der gesamten Operation benutzt.

Über einen queren oder längs vor dem M. sternocleidomastoideus verlaufenden links- oder rechtsseitigen Hautschnitt erfolgt der Zugang, welcher bei der queren Schnittführung von der Mittellinie des Halses bis knapp über den Rand des M. sternocleidomastoideus reicht. Der Schnitt wird in Höhe des verletzten Wirbels ausgeführt. Nachdem das Platysma durchtrennt ist, werden der Kopfwendemuskel und das Gefäß-Nerven-Bündel nach lateral und die Schilddrüse, Trachea und Ösophagus zur gegenüberliegenden Seite verschoben. Im Situs ist insbesondere der N. laryngeus recurrens durch Hakendruck und Kompression gefährdet. Nach Darstellung der A. carotis wird stumpf durch das lockere Bindegewebe vorpräpariert, die prävertebrale Halsfaszie gespalten und das Lig. longitudinale anterius aufgesucht (8). Die Ansätze des M. longus colli werden bipolar koaguliert und zu beiden Seiten abgehoben. Ein zu weites Abpräparieren über die Proc. uncinati ist zur Schonung des Grenzstranges mit der Gefahr des Auslösens eines Horner-Syndroms und Verletzung der Aa. vertebrales untersagt (29). Darauf folgend wird ein Weichteilsperrer zum Offenhalten des OP-Situs eingesetzt.

Technik der ventralen Spondylodese der unteren Halswirbelsäule nach SMITH und ROBINSON

Nachdem der Patient wie oben beschrieben gelagert und der Zugang zur HWS geschaffen ist, wird der Bandscheibenraum mit feinen Küretten bzw. dem Rongeur schrittweise ausgeräumt. Dabei ist das Verlagern von Bandscheibengewebe in Richtung auf den Spinalkanal zu vermeiden. Bis auf das hintere Längsband wird die Ausräumung vollzogen, wobei das Aufspreizen des Zwischenwirbelaumes mit Distraction über Wirbelkörperschrauben nach CLOWARD (17) erfolgt. Zum sicheren Ausschluss von nach dorsal sequestrierten Bandscheibenanteilen wird das hintere Längsband eröffnet, um mit einem Nervenhäkchen den Epiduralraum auszutasten. Mit dem scharfen Löffel werden die Deck- und Grundplatten benachbarter Wirbel sorgfältig entknorpelt und gegebenenfalls mit einer Fräse vorsichtig angefrischt. Danach werden die Maße des ausgeräumten, distrahierten Bandscheibenraumes genommen. Es folgt die Entnahme eines etwa ziegelsteinförmigen Knochenspans aus der gesamten Dicke der Crista iliaca vom gleichseitigen Darmbeinkamm. 1-2 mm höher als das Spanlager und

3 mm kürzer als die gemessene Wirbeltiefe sollte der Span sein. Nach endgültiger Anpassung des Knochenspanes kann er so eingebracht werden, dass die schwächeren Kortikalisschichten seitlich zu liegen kommen. Um eine günstige Einklemmung zu erreichen, wird der Span etwa 1 mm hinter der Wirbelvorderkante eingebracht. Nachdem die Spreizer entfernt worden sind, besteht eine gute Stabilität mit einer Vergrößerung der Wirbeldistanz und einer Erweiterung der Neuroforamina (28, 57).

Die Vorteile dieser Technik liegen zum einen in der geringen Gefahr der Traumatisierung des Rückenmarkes und zum anderen in der schnellen, technisch einfachen und sehr sicheren Stabilisierung. RÜTER (52) schreibt dem rechteckigen Span eine größere mechanische Stabilität als dem walzenförmigen Cloward-Span (siehe unten) zu.

Technik der ventralen Spondylodese der unteren HWS nach CLOWARD

Die Originalmethode nach CLOWARD (17) hat das Ziel, eine breite Dekompression des Spinalkanals mit anschließender Stabilisierungsmöglichkeit zu erreichen. Dabei werden bei gleichem Zugang zuerst die ventralen Osteophyten bis zum Erreichen einer absolut flachen Vorderkante der benachbarten Wirbelkörper sorgfältig entfernt. Das stellt die Voraussetzung für das Funktionieren des Bohranschlages, der ein Vordringen des 10-12 mm starken Bohrers in gewünschter Tiefe limitiert, dar. Mit feiner Kürette und Rongeur wird der Bandscheibenraum unter leichter Spreizung ausgeräumt. Annähernd gleiche Anteile der benachbarten Deck- und Grundplatten werden mit dem Bohrgerät ausgebohrt. Dabei erfolgt die Bohrung schrittweise unter mehrfachem Wechsel des Bohranschlages in die Tiefe. Bei Erreichen der Wirbelhinterwand ist die Bohrung zu beenden. Handelt es sich nur um die Dekompression einer Protrusion, so können Hinterwand und Längsband erhalten bleiben. Bei der Eliminierung von Randosteophyten oder Sequestern wird die Hinterwand mit einem Häkchen gefasst, angehoben und mit einer Kürette oder mit einer Knochenstanze schrittweise entfernt.

Für die Dekompression wird das Bohrloch mit einem Spreizer erweitert. Nach der CLOWARD-Technik wird aus dem Os ilium mit einer Hohlfräse ein runder, walzenförmiger Knochenspan herausgearbeitet. Dieser Knochendübel, der zwei

kortikale Begrenzungen aufweist, sollte 2-4 mm kürzer als die Tiefe des Bohrloches sein. Die Einbolzung wird mit vertikal stehender Kortikalis vorgenommen, so dass der Knochenspan 1 mm hinter der Wirbelvorderkante liegt. Der Knochendübel ist nach Lösen der Spreizer fest eingeklemmt (29).

Um einen günstigeren Flächenkontakt zu gewährleisten, empfiehlt es sich nach Hohmann, das runde Bohrloch mit Stanze und Fräse zu einem Rechteck zu erweitern und rechteckige Beckenspäne mit vertikal stehenden Kortikalsflächen einzubringen (29).

Zu den Nachteilen zählen die Gefährdung der vorderen Rückenmarksabschnitte bei unvorsichtigem Operieren sowie das Risiko, nach Entfernung der hinteren Wirbelkörperkante Spanmaterial in den Wirbelkanal einzutreiben. RÜTER (52) sieht ein weiteres Problem in dem zylindrischen Bett des Cloward-Spanes, der so hoch in den Wirbelkörper reicht, dass eine Verspannung zweier benachbarter Segmente wegen der Schwäche der verbleibenden Brücke problematisch bis unmöglich scheint.

Um den Span unter optimale Kompression bringen zu können und somit eine Dislokation des Spanes zu verhindern, muss die Spondylodese – ob Smith-Robinson- oder Cloward-Technik – bei einer vorbestehenden Instabilität unbedingt durch eine ventrale Plattenosteosynthese, also eine innere Fixation gesichert werden (10, 28). Das erzielt eine höhere Primärstabilität und ermöglicht eine frühzeitige Mobilisation ohne äußere Fixation. Heute besteht eine große Auswahl an verschiedenen Plattensystemen, von denen in 6.3. einige Modelle vorgestellt werden.

6.2.2 WIRBELKÖRPERERSATZ

Im Fall eines komplett zerstörten Halswirbels, z.B. bei einer Berstungsfraktur muss dieser aufgrund der hochgradigen Instabilität entfernt und ersetzt werden. Dafür werden ebenfalls verschiedene Knochenspäne (autolog, homolog) verwendet. Ziel ist es auch hier, der Spondylodese eine ausreichende Stabilität zu geben, die Wirbelkörper in der eingestellten Position zu halten und den knöchernen Durchbau der Wirbelkörper zu fördern. Zur Verhinderung der Dislokation, der Spanwanderung und zur Verbesserung der primären Stabilität sollten diese Spondylodesen immer mit einer Plattenosteosynthese ergänzt werden.

Zur operativen Wiederherstellung der vorderen Säule und zum Erreichen eines normalen biomechanischen Verhaltens der Wirbelsäule gilt die ventrale interkorporelle Spondylodese mit Beckenkamminterposition und Plattenstabilisierung auch bei der Korporektomie als Standardverfahren (28).

KANDZIORA et al. (33) beschreiben aufgrund von zahlreichen Problemen der Knochentransplantate, wie z.B. Pseudarthrosen und Transplantatsinterung, den vermehrten Einsatz von metallischen Wirbelkörperersatzimplantaten, sogenannte Cages, an der thorakolumbalen und zervikalen Wirbelsäule (nachstehend Abb.11 sowie Abb.12 und Abb.13, S. 39). Diese Cages bestehen meist aus Titan, Carbon oder PEEK (Poly-Ether-Ether-Keton) und sollten immer mit Knochenmaterial gefüllt werden, um einen soliden knöchernen Durchbau zu gewährleisten.



**Abb.11: Zervikalen Korporektomie- Cages (von links nach rechts):
Meshed Titanium Cage (DePuy Acromed) Titancage, Anterior Distraction
Device (ADD, Ulrich) Titancage, Synex-C (Mathys) Titancage, PEEK-Cage
(entnommen aus 33)**

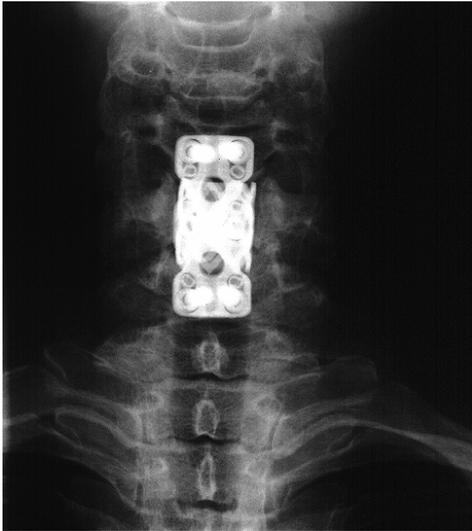


Abb.12: HWS-Röntgen, a.p., WK-Ersatz C5 mit Cage (mit Palacos gefüllt) und Plattenosteosynthese (ACPS) C4-6



Abb.13: HWS-Röntgen, seitlich, WK-Ersatz C5 mit Cage (mit Palacos gefüllt) und Plattenosteosynthese (ACPS) C4-6

6.2.3 DORSALE OPERATIONSVERFAHREN

Verletzungen des hinteren Zuggurtungssystems, d.h. eine Zerreißung des hinteren Ligamentkomplexes und Frakturen der Wirbelbögen, sollten von dorsal operiert werden. Nach AEBI et al. (2) stellen verhakte uni- oder bilaterale Luxationen und Verletzungen des hinteren Ligamentkomplexes Indikationen für den hinteren Zugang dar. Hierzu zählen u.a. die Kapselruptur des Wirbelgelenkes, die Ruptur des Lig. flavum und ggf. die Tear-Drop-Fraktur.

Lagerung und Zugang zur Halswirbelsäule von dorsal

Der Patient liegt in Bauchlage, die Arme sind am Körper angelegt. Der Nacken, soweit es ohne erneute Dislokation einer evtl. reponierten Luxation möglich ist, ist leicht flektiert. Die Technik des Eingriffes geht von einem medianen Längsschnitt aus. Dabei werden die Dornfortsätze freigelegt und die Nackenmuskulatur von den Wirbelbögen bis zu den Gelenkfortsätzen abgeschoben. Zur Reposition verhakter Gelenkfortsätze ist die Eröffnung der Gelenkkapsel notwendig (8).

Die Stabilisierung der verletzten Wirbel kann z.B. mit Schrauben-Stab-Systemen mit Verankerung in der Massa lateralis oder im Pedikel erfolgen. Alternativ werden Drahtcerclagen (dann in Kombination mit Knocheninterponaten zwischen Wirbelbögen oder Dornfortsätzen) benutzt, die jedoch biomechanisch weniger Festigkeit erzielen. Auch finden verschiedene Haken-Konstruktionen Anwendung, z.B. bei der isolierten Gelenkfraktur.

6.2.4 KOMBINIERTE VENTRALE UND DORSALE OPERATIONSVERFAHREN

Der kombinierte Zugang zur HWS empfiehlt sich nach LOUIS (38) bei zirkumferenziellen Zerstörungen. Ausgeprägte vordere und hintere Instabilitäten verlangen eine kombinierte antero-posteriore Fixierung. Beide Operationen können in zwei verschiedenen Eingriffen im Abstand von einigen Tagen oder in einer Sitzung durchgeführt werden.

ULRICH und NOTHWANG (60) empfehlen das kombinierte Verfahren bei Verletzungen des zervikothorakalen Übergangs, Polytrauma mit längerer Beatmungsdauer und bei den hochinstabilen Verletzungen beim Morbus Bechterew.

6.3 Plattensysteme

Die von verschiedenen Herstellern angebotenen Plattensysteme lassen sich grob in drei Gruppen einteilen (6):

6.3.1 WINKELINSTABILE SYSTEME

Hierbei handelt es sich um Platten-Schrauben-Systeme, bei denen der Winkel zwischen den einzubringenden Schrauben und der Platte nicht fest definiert ist. Er kann je nach den individuellen Gegebenheiten variiert werden. Ein Nachteil dieser Systeme ist die mögliche Auslockerung der Schrauben und damit verbundene Implantatwanderung. Beispiele sind die AO-Orozco-Platte und die Platte nach Caspar.

AO-Orozco-Platte

Orozco (1970) benutzte eine sogenannte Drittelrohrplatte als einer der ersten Operateure als ventral angeschraubten Spanfesthalter (60). Er war mitbeteiligt an der Entwicklung der H-Platte, die im Stande zu sein schien, neben der Span-

fixation auch das Repositionsergebnis dauerhaft zu sichern (Abb.14). Die Platte ist leicht biegsam und wird mit 3,5 mm Kortikalis-AO-Schrauben im Wirbelkörper verankert. Zur Vermeidung des Herausdrehens bzw. einer Lockerung wird die Perforation der Wirbelkörperhinterwand mittels bikortikaler Schrauben empfohlen.

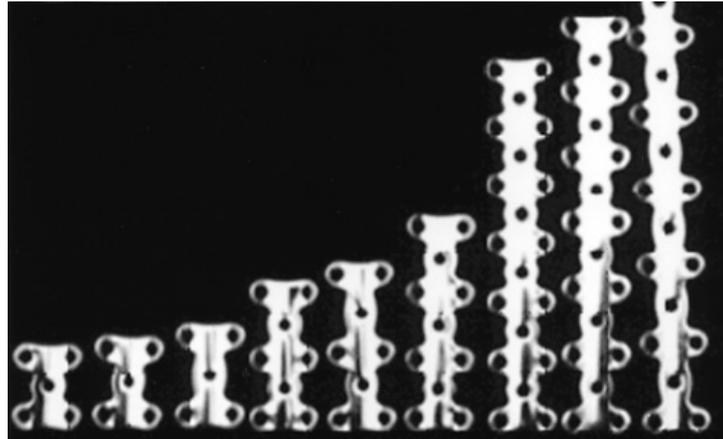


Abb.14: AO-Orozco-Platte (entnommen aus 44)

CASPAR-Plattensystem

Bei diesem Platten-Schrauben-System (Abb.15, S. 42) finden sich anstelle runder längsovale Schraubenlöcher, so dass die Schraubenverankerung im Kochen an beliebiger Stelle durchgeführt werden kann. Die Verankerung der Schrauben erfolgt ebenfalls mit der Perforation der Wirbelkörperhinterwand. Im Gegensatz zur Orozco-Platte ist die axiale Kompression nur bedingt möglich (16).



Abb.15: Caspar-Platte (entnommen aus 44)

6.3.2 WINKELSTABILE SYSTEME

Die mechanischen Schwächen der winkelinstanten Plattensysteme führten zur Entwicklung der winkelstabilen Platten-Schrauben-Verbindungen. Die Schrauben können hier nur in einem vordefinierten Winkel zur Platte montiert werden. Sie sind mit der Platte fest verbunden, da die Schrauben in der Regel durch einen Verriegelungsmechanismus vor einer Lockerung gesichert werden. Es werden bevorzugt monokortikale Schrauben benutzt. Hierbei kann es nur dann zur Implantatwanderung kommen, wenn mehrere Schrauben gelockert sind und mit der Platte zusammen vom Knochen abheben. Ein Beispiel ist die HWS-Verriegelungs-Platte (Cervical spine locking plate = CSLP) nach Morscher (Abb.16, S. 43) (45).

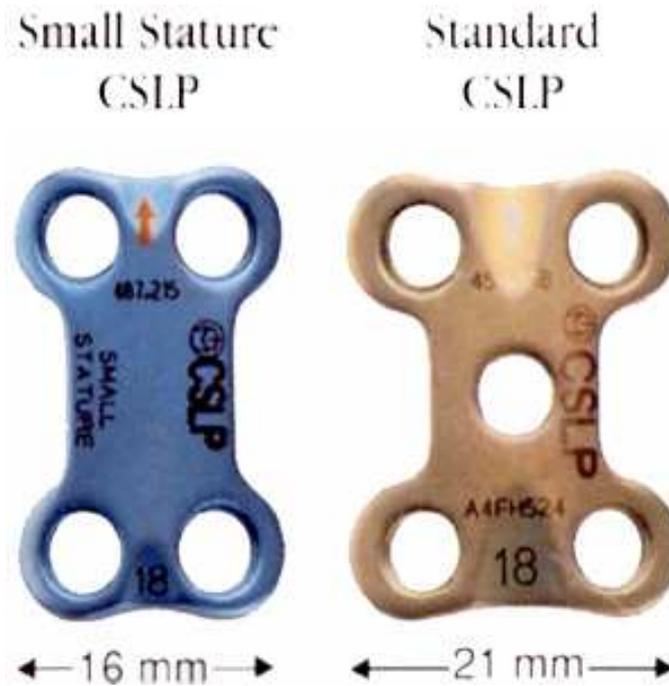


Abb.16: Morscher Platte (entnommen aus 44)

HWS-Verriegelungs-Platte

Ziel dieses Plattensystems ist es, eine Verankerung der Schrauben im Knochen ohne Perforation der Hinterwand zu gewährleisten und die Konstruktion einer winkelstabilen Verbindung zwischen Platten und Schrauben herzustellen. Dazu werden die Schrauben mit einer im Schraubkopf gelegenen Verriegelungsschraube durch einen Spreizkonus in der Platte verblockt. Dadurch wird die Lockerung der Schrauben verhindert und die Primärstabilität erhöht. Die Schrauben bestehen aus Titan, sind mit einer rauhen Titanplasmabeschichtung versehen und fungieren als perforierte Hohlschrauben. Letztgenanntes ermöglicht ein rasches knöchernes An- und Einwachsen, womit die Sekundärstabilität wesentlich erhöht wird (46).

6.3.3 DYNAMISCHE SYSTEME

Zu den dynamischen Systemen zählen „semi-constrained-Implantate“, die Bewegungen im Platten-Schraubenverband zulassen (44). Diese Systeme kombinieren monokortikale Verschraubungen und winkelinstante Platten-Schrauben-Verbindungen. MOFTAKHAR und TROST (44) unterscheiden hierbei Systeme, die Rotationsbewegungen im Platten-Schrauben-Verband zulassen, z.B. Cod-

man[®]- oder Atlantis-Plattensystem und Systeme, die Rotation und axiale Drucklast auf den Knochen ermöglichen. Hierzu zählt z.B. die ABC-Platte von Aesculap[®].

CODMAN[®]-Plattensystem

Die Codman[®]-Platte (ACPS = Anterior Cervical Plate System) (Abb.17, S. 45) zählt zu den winkelinstanten Systemen mit ausschließlich monokortikalen Schraubenverankerungen. Die Platte besteht aus Titan, ist leicht lordotisch vorgebogen und weist an ihrer Unterseite keilförmige Querleisten auf. Die Schrauben können variabel in den Wirbelkörper eingedreht werden, wobei die hintere Kortikalis des Wirbels nicht perforiert werden muss. Die Spongiosaschrauben sind 12 oder 15 mm lang und werden durch einen Verriegelungsmechanismus auch beim schrägen Einbringen in ihrem Sitz gut stabilisiert (11.3. Osteosynthesematerial) (18).

HAID et al. (25) und MOFTAKHAR und TROST (44) beschreiben hier wie auch an dem Atlantis-Plattensystem die Möglichkeit der Rotation an der Plattenschraubenschnittstelle. Auf diese Weise versuchte man die Last für das Transplantat zu steigern und somit eine schnellere Knochenfusion zu erreichen. Damit gehört das System zu den „semi-constrained-Implantaten“. In den Aufzeichnungen von MOFTAKHAR und TROST (44) zählt die Codman[®]-Platte zu den kleinsten Plattensystemen, die auf dem Markt verfügbar ist.



Abb.17: Codman® anterior cervical plate system (ACPS) mit Spongiosaschrauben (entnommen aus 25)

ABC-Platte von Aesculap®

Die ABC-Platte (Abb.18, S. 46) ist ähnlich aufgebaut und gehört wie die Codman®-Platte zu den „semi-constrained-Implantaten“. HAID et al. (25) und auch MOFTAKHAR und TROST (44) zählen sie zu den führenden Systemen, da die Platte sowohl Rotations- als auch Translations-, Übersetzungsbewegungen an der Schraubenplattenschnittstelle berücksichtigt. Das Implantat kann so auf den Knochen Drucklast ausüben, womit eine optimale Knochenheilung (Knochenfusion) gewährleistet werden soll.



Abb.18: ABC-Platte mit Spongiosaschrauben (entnommen aus 25)

Alle gegenwärtig verfügbaren zervikalen Platten liefern eine vernünftige biomechanische Stabilisierung, wenn sie auf die richtige klinische Situation zugeschnitten sind (25).

7. Komplikationen des ventralen Zuganges zur HWS

In der Literatur werden intra- und postoperative Komplikationen mit einer Häufigkeit von 5-9% angegeben (6, 7, 28, 32).

7.1 Intraoperative Komplikationen

Rückenmarks- und Nervenwurzelverletzungen: Bei der Reposition von Luxationen durch Verschieben von Diskus- und Knochenmaterial in den Spinalkanal oder intraoperativ durch Instrumente kann es zu einer Kompression des Rückenmarkes und/oder der Nervenwurzel mit den entsprechenden Symptomen kommen. Die schwerste Komplikation ist dann die Querschnittslähmung. Abgesehen von einer mechanischen Schädigung handelt es sich dabei meist um vaskuläre Störungen bei Durchblutung oder um ein Marködem. Liegt eine Quer-

schnittslähmung postoperativ vor und kann eine iatrogene Läsion ausgeschlossen werden, so sollten sofort eine Laminektomie und ggf. eine Duraplastik zur Dekompression durchgeführt werden (48).

N. laryngeus recurrens-Verletzung: Der rechtsseitige N. laryngeus recurrens ist in seinem Verlauf unter dem Abgang der A. subclavia zum unteren Schilddrüsenpol ansteigend durch zu starken Hakendruck oder bei der Präparation unter das Niveau von C 7 gefährdet. Beim linksseitigen ist eine Schädigung durch seine Einbettung in der Nische zwischen Trachea und Ösophagus deutlich weniger zu erwarten. Die Symptomatik bei einseitiger Schädigung äußert sich durch Heiserkeit, bei beidseitiger Schädigung kommt es zu Atemstörungen.

Gefäß-Verletzungen: Die intraoperative Verletzung der A. vertebralis erfolgt meist durch zu weit nach lateral geführte Dekompressionen. Die starke Blutung wird zunächst durch Tamponade und hämostyptische Substanzen gestillt. Anschließend wird die direkte Freilegung und operative Versorgung empfohlen, ggf. kommen auch interventionelle Verfahren zur Embolisation mit Verschluss der Läsion in Frage (19). Eine weitere operative Verletzungsgefahr besteht für die A. carotis, und auch der V. jugularis.

Horner-Syndrom: Das Horner-Syndrom mit den Merkmalen der Lidsenkung (Ptosis), Pupillenverengung (Miosis) und Zurücksinken des Augapfels (Enophthalmus) entsteht meist als Folge einer Druckschädigung, einer direkten präparationsbedingten Schädigung des Sympathikus auf den M. longus colli bei zu weiter Ablösung der Muskelansätze nach lateral.

Blutdruckabfall: Infolge zu hohen Sperrerdruckes auf große Halsgefäße, wie z.B. der A. carotis kann es v. a. auf Höhe des Sinus caroticus bei Patienten mit fortgeschrittener Arteriosklerose zu lebensbedrohlichen Puls- und Blutdruckdepressionen kommen. Vermieden werden kann es durch vorsichtige Einstellung der den Situs darstellenden Instrumente.

Ösophagusverletzungen: Die Verletzung des Ösophagus wird nur sehr selten beobachtet. Um ein Trauma zu vermeiden, werden die Weichteile nach medial unter Sicht stumpf präpariert und mit einem stumpfen Weichteilsperrerrblatt fixiert. Eine kräftige Magensonde erleichtert die Lokalisation des Ösophagus.

7.2 Postoperative Komplikationen

Zu den postoperativen Komplikationen zählen u.a. Infektionen, Wundheilungsstörungen und Nachblutungen bei Gefäßverletzungen. Neben Schädigungen von Halseingeweiden, Gefäßen und Nerven kann es durch Hakendruck zu einem postoperativen Weichteilödem oder Hämatom von Larynx und Trachea zu Schluckbeschwerden bis hin zu Atemstörungen kommen. Durch epidurale Hämatome oder Ödeme sind sekundäre neurologische Störungen zu erwarten. In der Literatur (58, 59) werden zudem Ösophagusperforationen durch rückdrehende Schrauben bei mangelnder Schraubenverankerung oder falscher Schraubenlage beschrieben. Es können sich Ösophagusfisteln durch intraoperative Verletzungen oder postoperative Arrosionen ausbilden. Die frühzeitige operative Intervention erleichtert die Rehabilitation und senkt somit die Rate typischer Komplikationen wie Pneumonien, Thrombosen und Lagerungsschäden.

7.3 Implantatbedingte Komplikationen

7.3.1 SCHRAUBENFEHLLAGE/-DISLOKATION/-BRUCH

Falsche Schraubenlage kann einen Grund für Weichteilverletzungen sein, und kann durch Verletzungen benachbarter Bewegungssegmente zu spangenförmigen Verknöcherungen führen. Die Schrauben sind so anzubringen, dass benachbarte Strukturen nicht tangiert werden. Als Regel gilt dabei, dass die verwendete Platte so kurz wie möglich gewählt werden sollte, um Irritationen der angrenzenden Zwischenwirbelräume zu vermeiden. Ebenso ist auf die Verankerung der Schrauben zu achten. Bei mangelhafter Befestigung ist mit Instabilitäten, Implantatlockerung und Metalldislokationen zu rechnen. Überstehende Schraubenköpfe, die das Niveau der Platte überragen, können Weichteilirritationen, Schluckstörungen und im schlimmsten Fall Perforationen des Ösophagus verursachen (58). Vermieden wird ein Überstehen durch das achsengerechte,

bündige Einsetzen der Bohrführungen in die Platte, was einen korrekten Bohrkanaal und damit eine vollständige Versenkbarkeit der Schraubenköpfe gewährleistet.

7.3.2 PLATTENLOCKERUNG/-BRUCH

Die Verwendung überlanger Platten führt an den gesunden angrenzenden Bewegungssegmenten zu spangenförmigen Verknöcherungen. Dementsprechende Sorgfalt ist bei der Wahl der Plattenlänge anzuwenden. Laut TSCHERNE und ILLGNER (59) kommt es durch Unterlassen der Plattenvorbiegung zu mangelnder Lordosierung des verletzten Halswirbelsäulensegmentes. Plattenbrüche sind aufgrund der Stabilität des Titans nur noch selten beschrieben.

7.3.3 IRRITATION DER ANGRENZENDEN SEGMENTE

Bei allen ventralen Fusionsverfahren besteht die Gefahr der Degeneration der Nachbarbandscheiben. Diese wird provoziert durch eine Läsion des vorderen Längsbandes auf ihrer Höhe bei der Präparation, aber auch bei einer zu langen Platte, deren Kante bis zur angrenzenden Bandscheibe reicht. Die Verwendung überlanger Platten oder falsche Schraubenlage kann in gesunden angrenzenden Bewegungssegmenten zu spangenförmigen Verknöcherungen führen (59).

8. Segmentveränderungen der Halswirbelsäule nach zervikaler Spondylodese

8.1 Funktionelle Veränderungen

Bei der zervikalen Spondylodese handelt es sich um eine Fixierung benachbarter Halswirbel über eine knöcherne Verbindung mittels implantierter Beckenkammblocke. Form und Zustand der Bandscheiben bestimmen die Beweglichkeit und Leistungsfähigkeit der Wirbelsäule. Durch diese veränderten mechanischen Verhältnisse kommt es zum Bewegungsverlust des versteiften Segments und somit zu Einschränkungen der Beweglichkeit bezüglich Flexion/Extension und Rotation. In den Segmenten über und unter dem Knochenspan kommt es zu einer kompensatorischen Hypermobilität, die aber nicht ausreichend die

Beweglichkeit der versteiften Abschnitte ausgleicht (43). Für den Patienten bedeutet die eingeschränkte Beweglichkeit der HWS unter Umständen störende Nackensteife oder aber Verminderung der Gesamtbeweglichkeit.

8.2 Radiologische Veränderungen

Zur radiologischen Auswertung stehen prä- und postoperative Röntgenaufnahmen zu Verfügung. Damit lassen sich Fusion, knöcherner Durchbauung der Segmente, und Höhenminderung des Bandscheibenraumes feststellen. Außerdem kann man den Sitz des Implantates, die Stellung der Schrauben und auftretende Anschlusspathologien, wie z.B. Osteophyten oder Instabilitäten, beurteilen.

9. Ziel der vorliegenden Arbeit

Ziele der Behandlung von HWS-Verletzungen müssen sein, die normale Form und Stabilität der Wirbelsäule bzw. des verletzten Wirbelsäulenabschnittes wiederherzustellen, neurologische Defizite zu verhindern, für größtmögliche Schmerzfreiheit zu sorgen und eine möglichst achsengerechte Stellung ohne gleichzeitigen funktionellen Verlust zu erlangen. Jede Therapieform weist Vor- aber auch Nachteile auf. Bei der Behandlung von Wirbelsäulenverletzungen sollte immer zwischen den Vorteilen und den Risiken des jeweiligen Vorgehens abgewogen werden, um für den Patienten das Risiko zu minimieren.

Ziel der Arbeit ist es, anhand einer retrospektiven Analyse Ursachen, Art, Therapie, Komplikationen und Prognosen von Frakturen der unteren Halswirbelsäule, die mittels der ventralen Spondylodese unter Benutzung der Codman[®]-Titan-Platte versorgt wurden, darzustellen. Die Untersuchung gibt klinische und radiologische Ergebnisse der 119 Patienten wieder, die in den Jahren 1996 bis 2004 in der Neurochirurgischen Klinik der Universitätsklinik Gießen operiert wurden. Damit handelt es sich um die bisher im Vergleich zur Literatur größte Serie von Patienten mit Traumen der unteren HWS, die mit diesem Implantat stabilisiert wurde.

Dabei werden die Resultate der präoperativen körperlichen Untersuchung mit denjenigen beim Follow-up verglichen. Die Röntgenuntersuchungen, die präoperativ, direkt postoperativ und beim Follow-up durchgeführt wurden, beurteilen die Durchbauung der operierten Segmente, den Sitz der Titanplatte, die Anbringung der Schrauben und das Ausmaß einer möglichen Anschlusspathologie. Ferner werden die notwendigen Folgeoperationen, aufgetretene Komplikationen, die Dauer des stationären Aufenthaltes sowie die prä- und postoperative Behandlung herausgearbeitet. Im Ergebnis- und Diskussionsteil werden die Ergebnisse mit den Daten anderer Autoren verglichen und eine Gegenüberstellung zu anderen Plattensystemen vorgenommen.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Arbeit ist die Darstellung der sozialen Auswirkungen der Verletzung und des operativen Eingriffes. In dem selbst entwickelten Fragebogen zeigen sich die alltäglichen Probleme im Leben der Patienten, angefangen von der Integration in das Berufsleben bis hin zu Einschränkungen in der Freizeit und im Sport. Mit Hilfe der persönlichen Angaben der betroffenen Personen ist die Beurteilung der hauptsächlichen Beschwerden, wie Bewegungseinschränkungen der HWS, Schmerzen und neurologische Ausfälle möglich. Die Resultate der Befragung geben einen Einblick und ermöglichen eine Beurteilung darüber, ob die Operation direkten Einfluss auf das Leben der Patienten nimmt.

10. Patientengut

10.1 Anzahl der Patienten

Im Zeitraum von Januar 1996 bis Mai 2004 wurden in der Neurochirurgischen Universitätsklinik Gießen insgesamt 119 Patienten mit traumatischen Instabilitäten der unteren HWS mit einem ventralen Platten-Schrauben-System operativ versorgt.

Von den 119 Betroffenen konnten 103 (86,6%) ausgewertet werden. Acht der Operierten verstarben innerhalb der ersten vier Wochen postoperativ. Zwei junge Männer verstarben infolge eines Polytraumas nach Verkehrsunfall. Der

Tod eines Patienten war durch ein akutes Nierenversagen, der Tod eines 69-jährigen Patienten durch erhebliche Begleitverletzungen bedingt. Zwei Patienten verstarben aufgrund einer Pneumonie mit Herz-Kreislauf-Versagen. Ein hohes Querschnittssyndrom mit Ateminsuffizienz führte bei einem 62-jährigen Patienten, eine zentrale Atemstörung bei einer 81-jährigen Patientin zum Tod. Ein 73-jähriger Mann, der im Rahmen einer Synkope stürzte, starb drei Monate nach dem operativen Eingriff in der Rehabilitation an Herz-Kreislauf-Versagen infolge einer Pneumonie. Sieben weitere Patienten verstarben Jahre später unabhängig vom operativen Eingriff. So erlag z.B. ein Patient einem zerebrovaskulären Insult nach einem stummen Myokardinfarkt.

10.2 Datenerhebung

Aus den archivierten Krankenakten, Poliklinikakten und Röntgenbildern aller Patienten wurden folgende Informationen und Daten zum prä- und postoperativen Verlauf zusammengetragen:

Persönliche Daten :

Erfasst wurden Wohnsitz, die Lebens- und Rauchgewohnheiten des Patienten.

Anamnese und präoperativer Verlauf :

Hierzu gehörten Aussagen zur Art und dem Ausmaß der Verletzung, zu Begleitverletzungen und zum Unfallereignis, also den Ursachen, die zu der HWS-Verletzung geführt hatten. Außerdem waren Angaben zur Erstversorgung, der Diagnostik und den neurologischen Untersuchungsbefunden, wie z.B. motorische und sensible Beeinträchtigungen, von Interesse.

Operative Daten :

Erfasst wurden das Operationsverfahren, das eingesetzte Implantat (Codman[®]-Platte), die Spondylodesestrecke, die Anzahl der versteiften Segmente, ein evtl. Wirbelkörperersatz und die Dauer der Operation.

Peri- und postoperativer Verlauf :

Erfasst wurden intra- und postoperative Komplikationen, Revisionen und die Dauer des stationären Aufenthaltes. In den folgenden ambulanten Nachuntersuchungen erhielt man Informationen über den weiteren Krankheitsverlauf des Patienten, über krankengymnastische und physikalische Therapiemaßnahmen bzw. Kuraufenthalte.

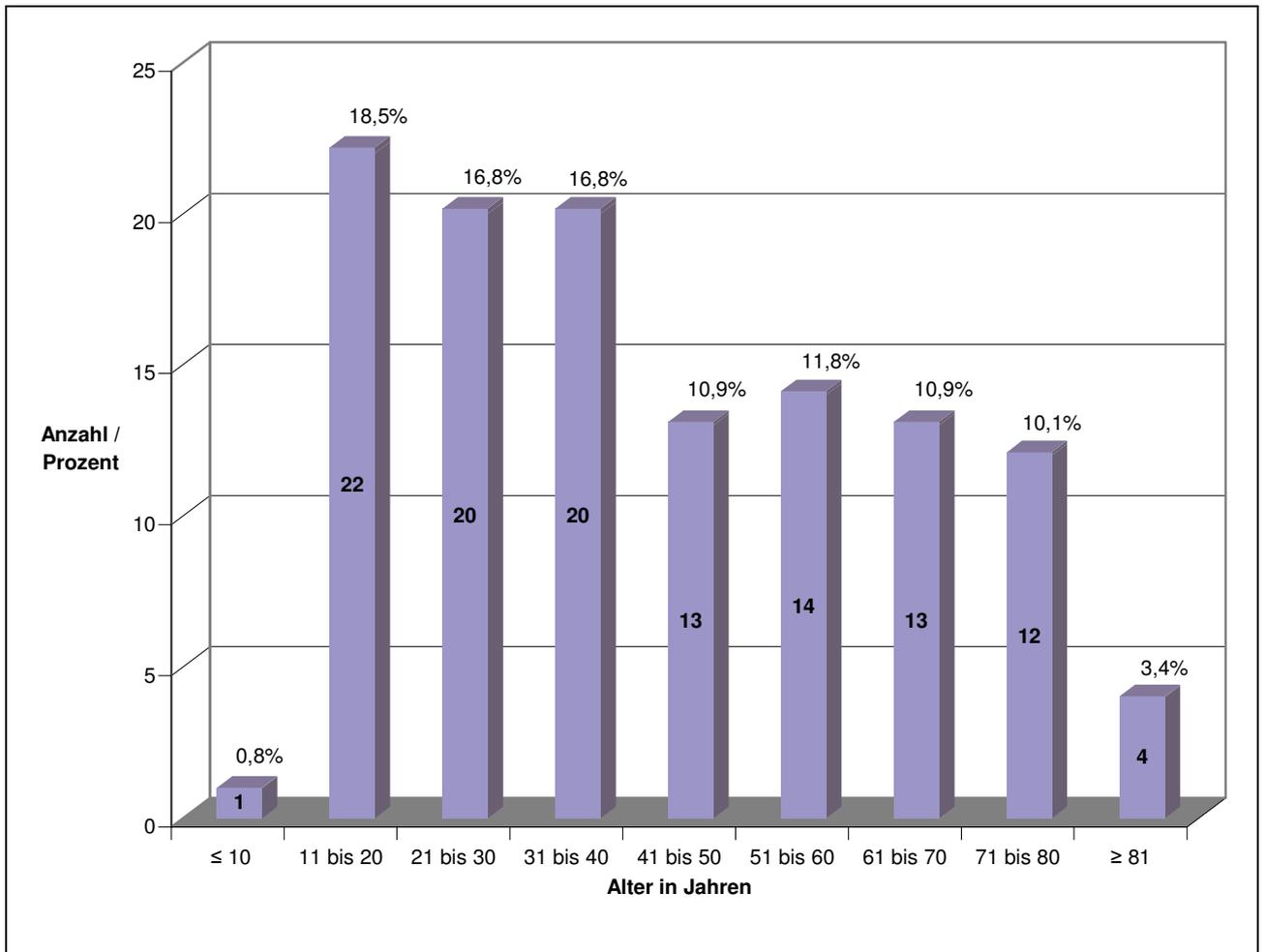
Fragebogen :

Alle Patienten erhielten zum Zeitpunkt der Datenerhebung einen sechsseitigen Fragebogen (Fragebogen, siehe S. 70), der das Ergebnis des Eingriffes aus der Sicht des Patienten widerspiegelte. Ziel des Fragebogens war u.a., die prä- und postoperativen Situationen der Betroffenen darzustellen und die privaten, sozialen Veränderungen im Leben des Patienten zu erfassen. Die Selbsteinschätzung der eigenen gesundheitlichen Situation zur Beantwortung des Bogens erschien in privater Atmosphäre objektiver zu sein als in einem Arzt-Patienten-Interview, in dem man in bestimmten Situationen zu Dramatisierungen oder Verharmlosungen neigt. Der Fragebogen beinhaltet Fragen zur Person, anamnestische, vergleichende Fragen in Bezug auf die Zeit vor/nach der Operation und Fragen zur Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis.

Von 57 Operierten wurden die Fragebögen zurückgesendet, und es konnten Daten erhoben werden. Die fehlenden Fragebögen summieren sich aus den 16 Verstorbenen, 16 Patienten, die unbekannt verzogen waren, und 30 der Betroffenen, die die Beantwortung der Fragebögen ablehnten.

10.3 Häufigkeitsverteilung nach Alter

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug 42,9 Jahre. Der jüngste Patient war 8 Jahre, der älteste Patient 88 Jahre alt (Tab.4, S. 54). Die Verteilung des Alters ist im Diag.1, S. 54 abgebildet.



Diag.1: Häufigkeitsverteilung nach Alter

		Durchschnittsalter	Standardabweichung	Median	Niedrigstes Alter	Höchstes Alter
Patienten-	Jahre	42,9	20,9	38,9	8,9	88,1
zahl						
n=119						

Tab.4: Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der OP

10.4 Häufigkeitsverteilung nach Geschlecht

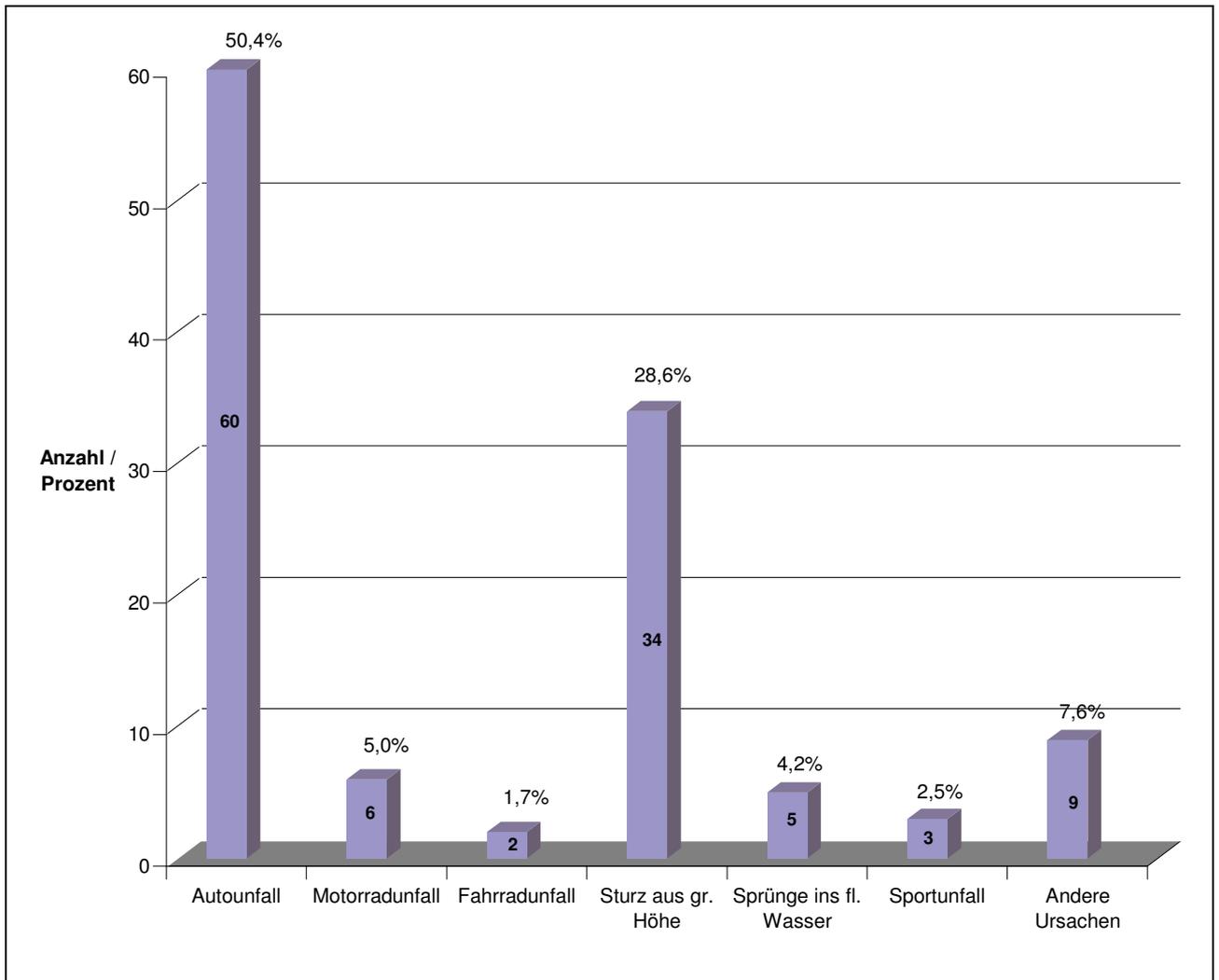
Die Anzahl der Männer betrug 85 (71,4%), die der Frauen 34 (28,6%).

10.5 Verletzungsursache

Häufigste Verletzungsursache der HWS waren Unfälle im Straßenverkehr (Diag.2, S. 56). Es wurden 68 Patienten (57,1%) bei Verkehrsunfällen verletzt, davon 60 (50,4%) als Insassen im Pkw, 6 (5%) als Motorrad- und 2 Patienten (1,7%) als Fahrradfahrer. Zu den Polytraumatisierten zählten 8 Autofahrer, die unangeschnallt, 3, die alkoholisiert waren und 3 Schwerverletzte, die sowohl unter Alkoholeinfluss standen als auch ohne Sicherheitsgurt fuhren.

Bei 34 Patienten (28,6%) führten Stürze zu Verletzungen der HWS. Hierbei handelte es sich bei 8 der Betroffenen um Treppenstürze, 3 fielen vom Baum, 5 verletzten sich unter Alkoholeinwirkung und 5 der Patienten verunfallten in suizidaler Absicht (Sprünge aus dem Fenster, von der Brücke als auch gewollte Treppenstürze). Stürze beim Gehen durch Stolpern brachten 7 Patienten die Verletzungen bei, 4 Personen fielen beim Arbeiten vom Baugerüst, eine Frau stürzte im Haushalt und ein Patient zog sich Verletzungen der HWS durch einen Sturz vom Heuwagen zu.

Ferner zogen sich 5 Patienten (4,2%) bei Kopfsprüngen ins flache Wasser und 3 Patienten (2,5%) bei Sportunfällen die Verletzungen zu. Bei 9 Betroffenen (7,6%) waren andere Ursachen der Grund für HWS-Traumen. So kam es bei zwei Personen nach operativen Eingriffen, bei einer Person im Verlauf einer primär chronischen Polyarthritits zu Verletzungen der HWS. Einer 38-jährigen Frau fiel ein Strohhallen, einer anderen Person ein Baum auf den Kopf, ein Mann zog sich das Trauma im Kampf zu, ein weiterer prallte gegen eine Scheibe. Bei einem Patienten kam es durch eine Synkope mit nachfolgendem Anpralltrauma, bei einem anderen durch einen Krampfanfall zu Läsionen der HWS.



Diag.2: Unfallursachen

10.6 Erstversorgung

Zur Erstversorgung erhielten 28 (23,5%) der Verunfallten eine externe Ruhigstellung der HWS mittels Orthese, ein Patient (0,8%) wurde auf der Vakuummatratze gelagert. Zur Fixierung der Wirbelsäule wurden bei 5 (4,2%) der Verletzten sowohl ein Stifneck als auch eine Vakuummatratze angelegt. Bei 85 (71,4%) Patienten waren dazu in den zur Verfügung stehenden Krankenunterlagen keine Aussagen vermerkt.

10.7 Diagnosen

Die Diagnosestellungen erfolgten bei allen Patienten mittels Röntgenaufnahmen der HWS in 2 Ebenen und CT. Funktionsaufnahmen wurden bei allen wachen

Patienten gemacht, bei denen im Röntgen und/oder CT Verdacht auf diskoligamentäre Instabilität bestand. Kernspintomographien und Myelographien waren bei keinem der Patienten notwendig. Bei 26 (21,8%) der Patienten konnten reine Frakturen und bei 22 (18,5%) Patienten diskoligamentäre Instabilitäten diagnostiziert werden. Eine Kombinationsverletzung, bestehend aus Fraktur und diskoligamentärer Instabilität, stellten wir bei 71 (59,7%) Patienten fest.

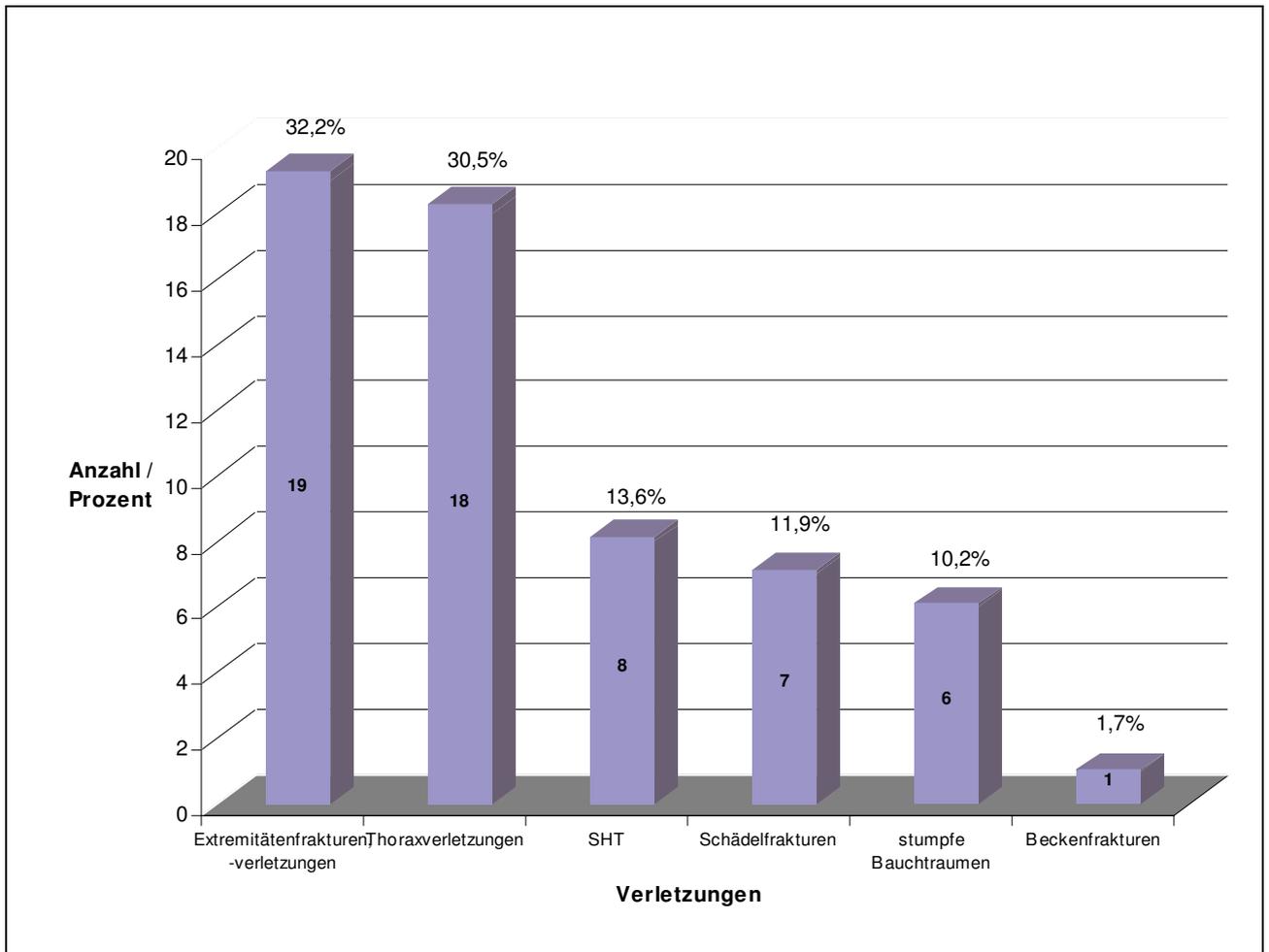
10.8 Begleitverletzungen

Anzahl und Ausmaß der Begleitverletzungen variieren je nach Unfallursache und Unfallschwere.

Bei 42 (35,3%) der 119 Patienten kam es zu Begleitverletzungen. Darunter waren 20 Patienten mit einer und 22 Patienten mit zwei oder mehreren Begleitverletzungen.

Es handelte sich insgesamt um 8 Schädel-Hirn-Traumen (SHT), 7 Schädelfrakturen, 18 Thoraxverletzungen, 6 stumpfe Bauchtraumen, 1 Beckenfraktur und 19 Extremitätenverletzungen (Diag.3, S.58).

Von 59 Verletzungen waren mit insgesamt 33 (55,9%) die häufigsten Begleitverletzungen Traumen an Kopf und Thorax, wohingegen Abdomen und Becken nur 7 (11,9%) mal verletzt wurden. Bei 32,2% der Patienten traten Verletzungen der Extremitäten mit zahlreichen Abschürfungen auf.

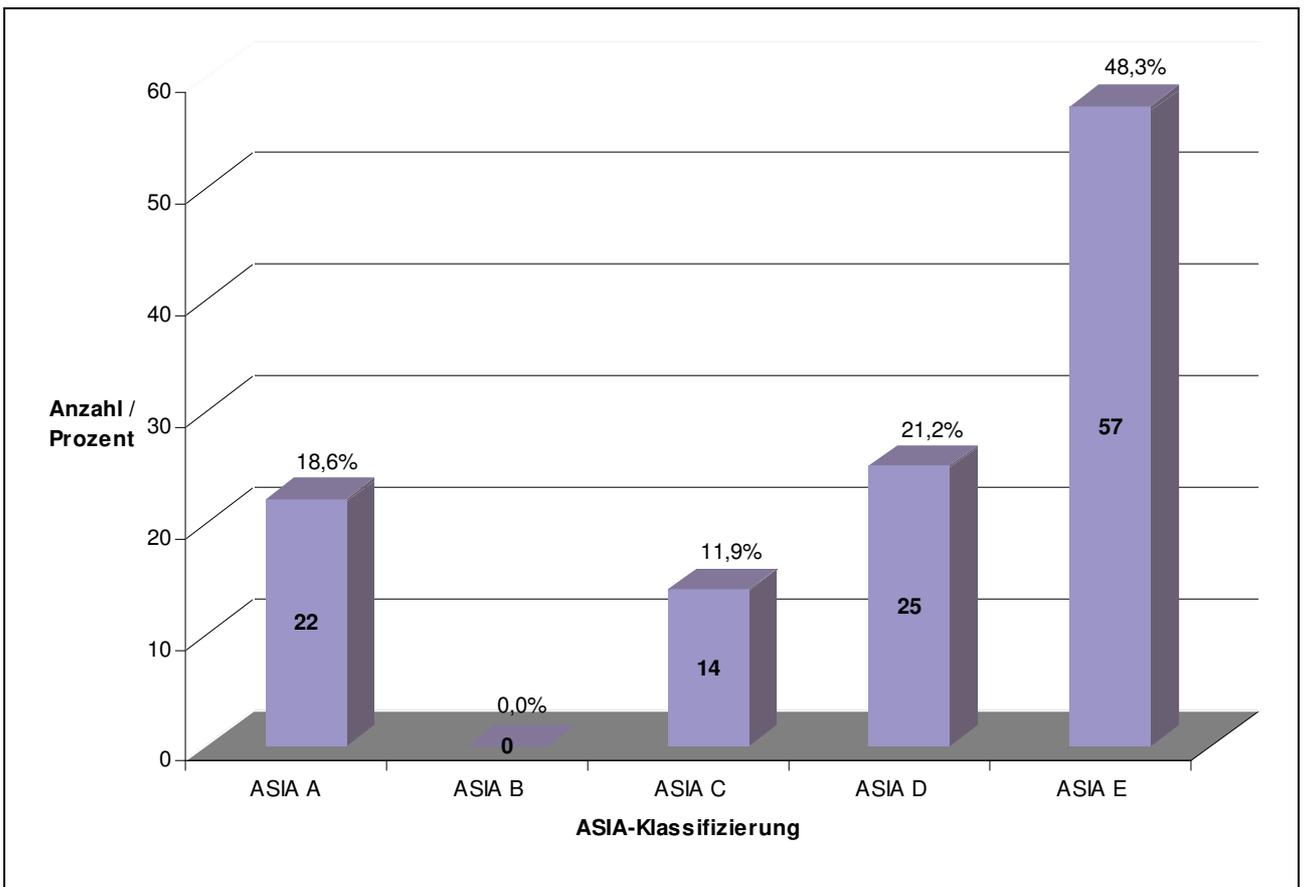


Diag.3: Begleitverletzungen

10.9 Neurologischer Status

Für viele Patienten mit HWS-Traumen stellen die neurologischen Ausfälle eine erhebliche Beeinträchtigung der Lebensqualität dar. Entsprechend der ASIA-Klassifikation wird dabei zwischen sensiblen und motorischen Ausfällen differenziert. Die Einteilung der neurologischen Symptomatik gemäß der American Spinal Injury Association (ASIA) ist in Tab.3 auf S. 24 aufgeführt (28).

Zum Unfallzeitpunkt konnten 118 Patientendaten ausgewertet werden, es hatten 57 Patienten (48,3%) keine motorischen oder sensiblen Ausfälle (ASIA E, Diag.4, S. 59). ASIA D traf auf 25 Patienten (21,2%) und ASIA C auf 14 Patienten (11,9%) zu. Ein komplettes Querschnittssyndrom (ASIA A) konnte bei 22 der Verunfallten (18,6%) beobachtet werden. Kein Patient wurde dem Grad B zugeordnet.



Diag.4: Neurologie prä-OP

11. Methodik

11.1 Präoperative Maßnahmen

Zunächst wurden alle Patienten, die mit Verdacht auf eine Verletzung der HWS in die Universitätsklinik Gießen eingeliefert worden waren, einer gründlichen klinischen und neurologischen Untersuchung unterzogen.

Die anschließende radiologische Diagnostik erfolgte bei allen Patienten mittels Röntgenaufnahmen in zwei Ebenen sowie CT der HWS. Abhängig vom Wachzustand des Patienten bzw. bei Verdacht auf diskoligamentärer Instabilität wurden Funktionsaufnahmen durchgeführt.

11.2 Fusionsmaterial

Alle 119 Patienten mit instabilen Verletzungen der unteren HWS wurden mittels ventraler Plattenspondylodese operativ versorgt. Der als Spondylodesematerial benutzte autologe Knochenspan wurde bei 117 der Patienten aus dem eigenen Beckenkamm entnommen.

Einem 30-jährigen Patienten wurde ein zugerichteter homologer Hüftkopf als Interponat eingesetzt. Bei einem Polytrauma-Patienten brachte man kein Interponat ein, da bei diesem Verletzten wegen eines hohen Querschnittes in erster Linie nur eine Stabilisierung ohne Fusion angestrebt wurde. Andere Implantate (z.B. Cages aus Titan, Carbon oder PEEK) wurden in dieser Serie nicht verwendet.

11.3 Osteosynthesematerial

Bei allen 119 Patienten verwendete man nach Dekomprimierung der neuralen Strukturen und Einbringung des Knocheninterponates das Codman[®] anterior cervical plate system (ACPS) als Plattenosteosynthese, um das Implantat zu sichern und die innere Fixation zu gewährleisten. Hierbei handelt es sich um eine 24-90 mm lange, aus Titan bestehende HWS-Platte, die leicht lordotisch vorgebogen ist und an ihrer Unterseite keilförmige Querleisten aufweist (Abb.19, S. 61).

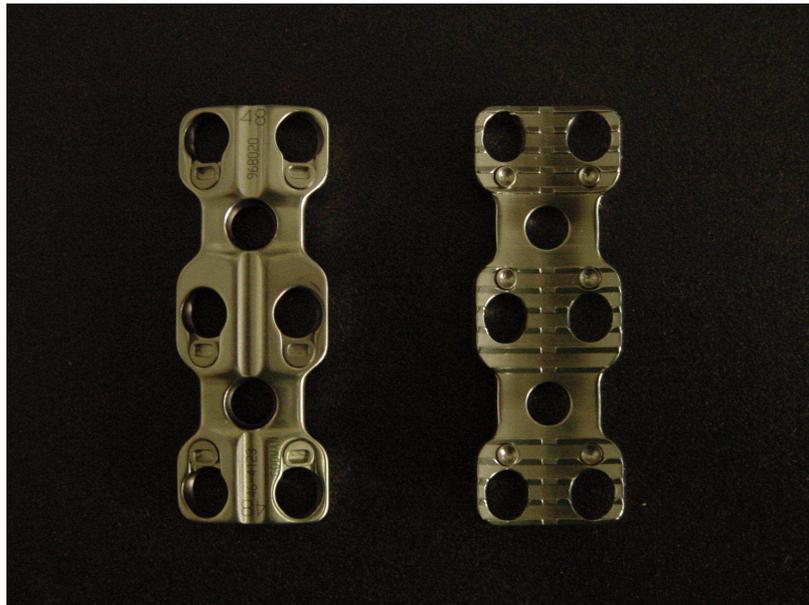


Abb.19: Codman® anterior cervical plate system (ACPS)
links: Ansicht von vorn
rechts: Ansicht von hinten (entnommen aus 18)

Die Platten-Schrauben-Verbindung des ACPS erfolgt nicht winkelstabil und unter Verwendung monokortikaler Spongiosaschrauben. Das System gehört zu den „semi-constrained-Implantaten“, was Rotationsbewegungen im Platten-Schrauben-Verbund zulässt. Das Prinzip ist damit eine dynamische Fixierung mit dem Ziel, eine Sinterung der Knocheninterponate zuzulassen und so die Fusion zu verbessern. Dabei kommt es auch zu einer Änderung der Schraubenwinkelung in Abhängigkeit des Sinterungsvorganges. Eine zusätzliche Sicherung der monokortikalen Schrauben ist durch den Verriegelungsmechanismus gewährleistet. Die optimale Position der Verriegelungsschraube, die sich direkt neben der Wirbelkörperschraube befindet, ist nach einer Drehung zwischen 240° und 270° erreicht. Diesen Bereich bezeichnet man auch als „locking zone“, dargestellt in Abb.20, S. 62.

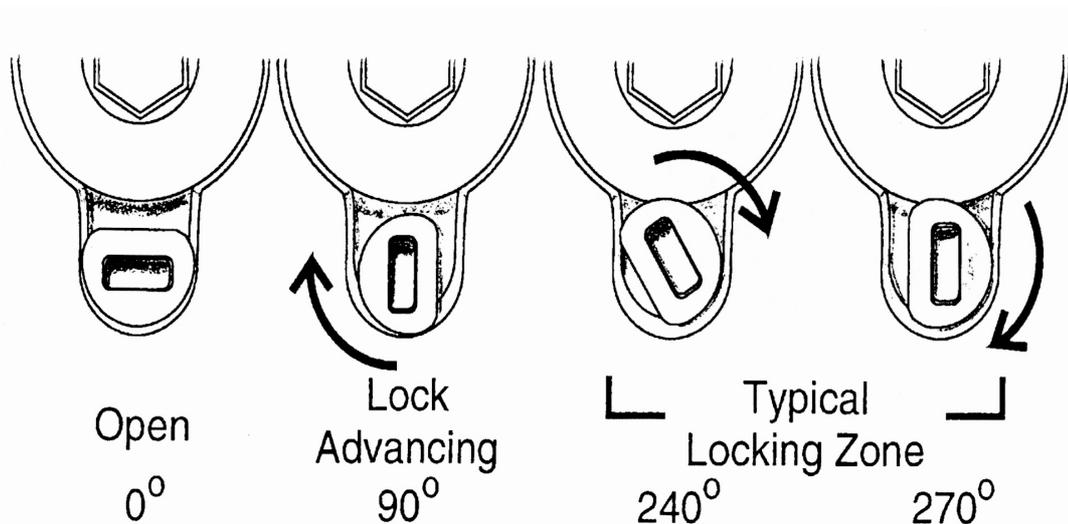


Abb.20: Verriegelungsmechanismus mit der „locking zone“ (entnommen aus 18)

Die goldenen monokortikalen Spongiosaschrauben mit einer Länge von 15 mm verwendet man zum Eindrehen in den Wirbelkörper, die blauen Schrauben mit nur 12 mm Länge dienen der Befestigung des Interponates. Beide Schrauben stehen auch als selbstschneidend zur Verfügung, sodass dann ein Gewinde-schnitt nicht notwendig ist (18).

11.4 Durchgeführte Operationen

In diesem Kollektiv wurden alle Patienten über einen ventralen Zugang operiert. Das nachfolgende Beispiel zeigt die Vorgehensweise bei einem bisegmental operierten Patienten. Die traumatische Instabilität der unteren HWS (C5/6-C6/7) wird durch die ventrale Spondylodese mit der Codman[®]-Platte unter Einbringen des autologen Knocheninterponats versorgt.

Die Lagerung des Patienten erfolgt in Rückenlage mit leicht überstrecktem Kopf und mit unterpolsterten und herabgezogenen Schultern. Unter Röntgenkontrolle wird die betroffene Höhe identifiziert und auf der Haut entsprechend markiert. Der Kopf des Patienten wird gerade gelagert, die Haut desinfiziert und das Operationsfeld steril abgedeckt. Daraufhin wird ein gerader Hautschnitt über der markierten Höhe ausgeführt. Er kann quer oder längs erfolgen.

Der Großteil der Patienten erhielt den Hautschnitt über dem Vorderrand des rechten M. sternocleidomastoideus, nur bei fünf der Operierten wurde der Schnitt an der linken Halsseite durchgeführt. Nach Spalten des subkutanen Fettgewebes und des Platysmas in Faserverlaufsrichtung wird stumpf in Richtung Halswirbelsäulenvorderseite präpariert. Am Vorderrand des Kopfwendermuskels, nach Identifikation der A. carotis und der V. jugularis und Mobilisieren des Ösophagus nach medial zeigt sich in der Tiefe die Wirbelkörpervorderfläche, nachdem man die tiefe Halsfazie durchtrennt hat. Dann identifiziert man die korrekte Höhe mittels Durchleuchtung im seitlichen Strahlengang. Danach werden die Ansätze des M. longus colli zu beiden Seiten abgelöst und die Distractionsschrauben in die Halswirbel 5 und 7 unter Bildwandlerkontrolle eingebohrt. Danach setzt man die Weichteilsperrer beidseits nach lateral unter die abgelösten Muskelansätze, um dann nach longitudinaler Distraction der Segmente die Exzision des vorderen Längsbandes in Höhe der Bandscheibenräume C5/6 und C6/7 vorzunehmen. In mikrochirurgischer Technik erfolgen die Diskektomie, die Entfernung des hinteren Längsbandes und die suffiziente Dekompression neuraler Strukturen. Außerdem werden die jeweiligen knorpeligen Grund- und Deckplattenanteile abgetragen und ggf. die Endplatten zum Anfrischen abgefräst. Das Ausmessen der Zwischenwirbelhöhen beendet diesen Vorgang. Es folgt die exakte Blutstillung. Dann werden entsprechende Knochenspäne aus dem gleichseitigen Beckenkamm entnommen.

Die Bearbeitung des Interponates besteht aus Entfernen von Weichteilgewebe und Anpassen desselben in den Zwischenwirbelraum. Unter Durchleuchtungskontrolle werden die Implantate in korrekter Position eingesetzt. Anschließend wird die Titanplatte der Vorderfläche der Halswirbelsäule angepasst, die daraufhin mittels 15 mm langen Schrauben auf dem 5., 6. und 7. Halswirbelkörper fixiert wird. Die Schrauben werden mit dem in die Platte integrierten Verriegelungsmechanismus gesichert, sodass sie wie auch die Knochenspäne, die dabei unter Kompression geraten, einen absolut festen Sitz erhalten.

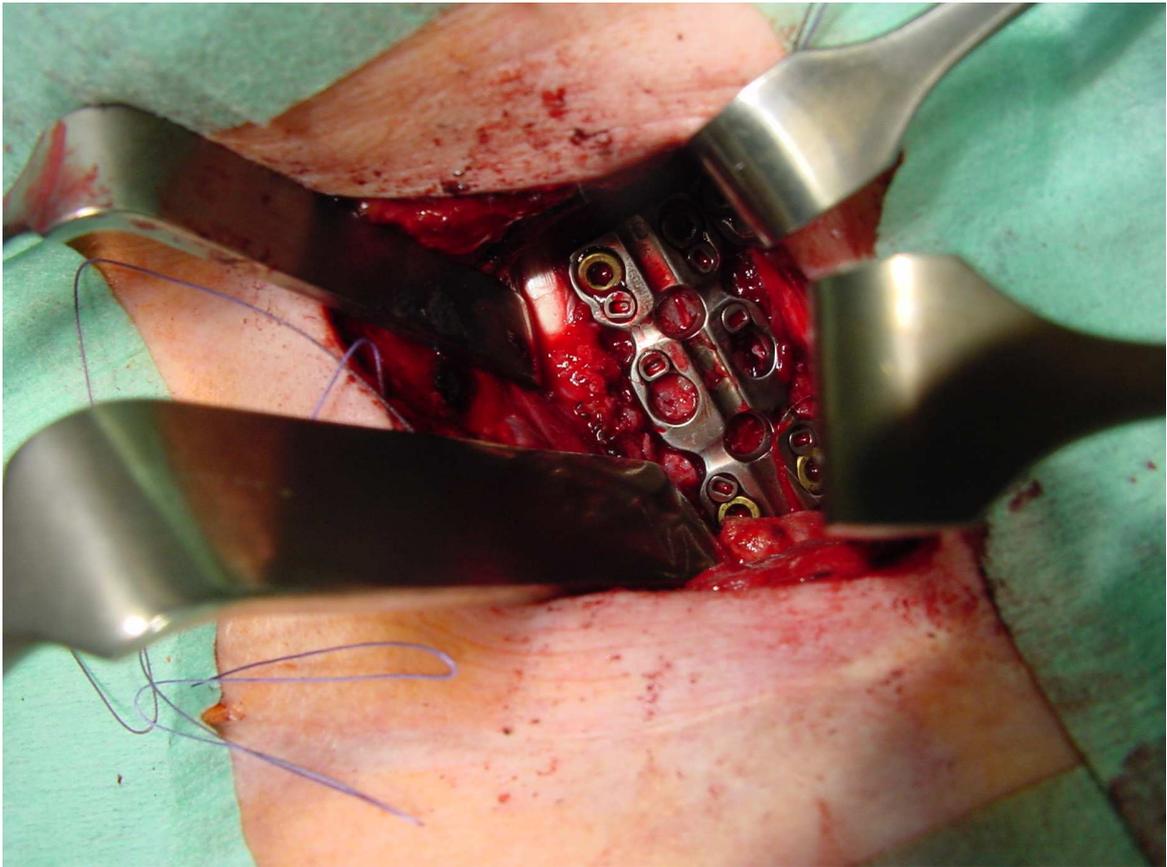


Abb.21: Eingesetzte Codman® Platte bisegmental intraoperativ

Zur Überprüfung auf korrekten Sitz aller Implantate dient eine erneute Röntgenkontrolle. Abschließend folgen eine sorgfältige Blutstillung, Einlage einer Drainage und der schichtweise Wundverschluss.

In Abb.21 ist eine bisegmentale Plattenosteosynthese im OP-Situs dargestellt, Abb.22 und Abb.23, S. 65 zeigen die post-OP Kontrolle im Röntgenbild nach bisegmentaler Versorgung C5/7.

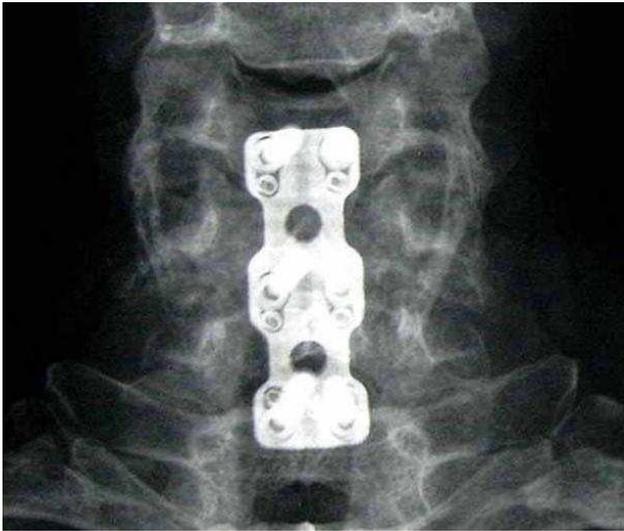


Abb.22: Bisegmentale ventrale Spondylodese C5/7 im Röntgen, a.p. Aufnahme

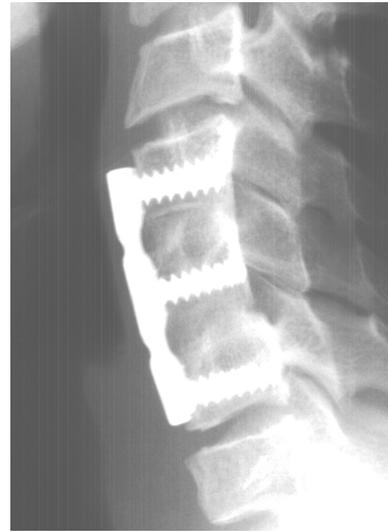


Abb.23: Bisegmentale ventrale Spondylodese C5/7 im Röntgen, seitliche Aufnahme

11.5 Postoperative Maßnahmen

Bei allen Patienten wurde möglichst schnell mit der Mobilisation, d.h. spätestens einen Tag postoperativ unter Rücksichtnahme auf den Allgemeinzustand und die vorhandenen Begleitverletzungen des Patienten begonnen. Eine frühzeitige Mobilisation ist besonders bei Patienten mit Querschnittslähmung wichtig, damit frühzeitige Rehabilitationsmaßnahmen eingeleitet werden können.

Ein großer Vorteil der ventralen Spondylodese zeigt sich nach der Operation in der Belastungsstabilität der Halswirbelsäule. Nur 18 Patienten (15,1%) mußten nach einem ventralen Eingriff nochmals zwischen dem ersten und zehnten postoperativen Tag von dorsal operiert werden. Alle Patienten mit monosegmentaler ventraler oder kombinierter ventrodorsaler operativer Versorgung konnten ohne Hilfsmittel orthesenfrei nachbehandelt werden. Bei mehrsegmentalen Eingriffen, Operationen mit Wirbelkörperersatz oder bei noch vorhandener dorsaler Instabilität bekamen die Patienten zur externen Stabilisation eine feste Halskrawatte für eine Tragedauer von sechs Wochen. Regelmäßige klinische und röntgenologische Kontrollen fanden direkt postoperativ, nach acht Wochen

bzw. sechs und 12 Monaten statt. Die klinischen und radiologischen Nachuntersuchungen wurden im Durchschnitt nach 15,3 Monaten (Minimum 0,1 Monate, Maximum 52,2 Monate) durchgeführt.

11.6 Materialentfernung

Die Entfernung von Metallimplantaten an der HWS, die während einer ventralen Spondylodese eingebracht wurden, ist nicht zwingend notwendig. Die Entfernung von Materialien nach Osteosynthesen an den Extremitäten ist jedoch nach einer gewissen Zeit üblich. An der HWS wird das Osteosynthesematerial nur im Fall einer Lockerung oder eines Bruches des Implantates oder bei noch zu erwartendem Wachstum bei Kindern und Jugendlichen entfernt.

11.7 Nachuntersuchung

Zur Erfassung der operativ behandelten HWS-Verletzungen und zur Überprüfung des operativen Ergebnisses wurden alle 119 Patienten zu Nachuntersuchungen einbestellt. Die Untersuchungen wurden direkt postoperativ, acht Wochen nach der Operation und nach sechs bzw. zwölf Monaten nach dem Eingriff durchgeführt. Die Grundlage für die Nachuntersuchung und Auswertung bildeten das Krankenblatt, die Patientenkartei sowie ein standardisierter Fragebogen und die objektivierbaren klinischen und radiologischen ambulanten Untersuchungen.

11.7.1 PATIENTENUNTERLAGEN

Aus den stationär geführten Akten und den Ambulanzkarten wurden folgende Informationen herausgearbeitet: Angaben zu Person (Alter, Geschlecht), Verletzungsursachen, Erstversorgung am Unfallort, Begleitverletzungen, Operationsverfahren, der Spondylodesebereich mit der Summe der versteiften Segmente pro Patient, die Dauer des stationären Aufenthaltes, die notwendigen Folgeoperationen, sämtliche Komplikationen, die prä- und postoperativen Behandlungen (post-OP-Orthese), die anschließende Rehabilitation und die darauf folgenden Nachuntersuchungen. Für eine umfassende Beurteilung der Operationsergebnisse wurden die präoperativen Messdaten der klinischen Untersuchung ermittelt.

11.7.2 KLINISCHE UNTERSUCHUNG

Um die entsprechenden präoperativen Werte vergleichen und so die klinisch messbaren Resultate der HWS-Behandlung beurteilen zu können, wurden verschiedene Untersuchungsparameter bestimmt.

Subjektive Beurteilung

Die Patienten wurden über ihr persönliches Urteil und über ihre Beschwerden in Bezug auf Schmerzen, Bewegungseinschränkungen und neurologische Symptomatik befragt. Sie wurden aufgefordert, über Einschränkungen im alltäglichen Leben und über Veränderungen in beruflichen oder sportlichen Aktivitäten zu berichten. Weiteres Interesse galt der Einnahme von Schmerzmedikamenten, die die Betroffenen aufgrund angegebener Beschwerden regelmäßig, gelegentlich oder nie einnahmen.

Druck-/Klopf-/Zugschmerz, Verspannungen

Die Untersuchung überprüft durch Beklopfen des Kopfes und Drücken auf die jeweiligen Dornfortsätze Schmerzen. Weitere Methoden der Schmerzauslösung sind Zug und Druck des Kopfes in axialer Richtung. Bestehende Verspannungen lassen sich durch Abtasten der paravertebralen und der Schultermuskulatur diagnostizieren. Das HWS-Lokalsyndrom der Halswirbelsäule beschreibt eine schmerzhaft bedingte Bewegungseinschränkung im Bereich der HWS. Die Patienten klagen über Nacken-Schulterschmerzen mit oder ohne Ausstrahlung in den Hinterkopf, die bei bestimmten Bewegungen und Stellungen der HWS ausgelöst oder verschlimmert werden können. Infolge Herabsetzung des Muskeltonus und Ausschalten der Willkürmotorik nehmen die Beschwerden nachts zu.

Beweglichkeit

Es wurden Aussagen zur Beweglichkeit der HWS wie auch zum Bewegungsausmaß und zu Schmerzempfindungen des Schultergürtels getroffen. Dazu ließ man den Patienten den Kopf nacheinander in alle drei Bewegungsebenen bewegen (Rotation nach rechts und links, Seitneigung nach rechts und links, sowie Vor- und Rückneigung). Im Bereich des Schultergürtels wurde die Bewe-

gung durch Anheben des gestreckten Armes in alle drei Richtungen, vor den Körper, seitlich vom Körper und hinter den Körper geprüft.

Neurologische Auswertung

Der neurologische Verlauf wurde mit Hilfe der Langzeitanalyse zu verschiedenen Zeitpunkten bestimmt. Die Krankenunterlagen gaben Aufschluss darüber, ob unmittelbar nach dem Unfall neurologische Störungen vorhanden waren und wenn ja, in welchem Ausmaß. Die Nachuntersuchungen zeigten den aktuellen neurologischen Befund, der dokumentiert wurde und für die spätere Auswertung vorlag.

Als Dokumentationsschema für neurologische Störungen diente hier, dem internationalen Konsens folgend, die ASIA-Klassifikation. Dabei werden Motorik und Sensibilität in vorgegebenen Einteilungen beurteilt und über Kennmuskeln und Dermatome den einzelnen Segmenten zugeordnet (vgl. Abschnitt 5.3, Seite 23).

11.7.3 RADIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG

Die postoperativen Röntgenuntersuchungen der Halswirbelsäule wurden in zwei Ebenen durchgeführt. Die Aufnahmen dienen zur Kontrolle des eingebrachten Spondylodesematerials, sie zeigen mögliche Schraubenlockerungen, Schraubenbrüche oder beschädigte Platten. Zudem können Segmentveränderungen aufgrund der Osteosynthese beobachtet werden, wie z.B. nasen-, spangenförmige Spondylophyten oder degenerative Veränderungen in Nachbarschaft der Spondylodese. Die radiologische Untersuchung dient außerdem der Verlaufskontrolle. Sie gibt den Grad der Fusion zwischen Knochenspan und Wirbelkörper wieder. So lässt das Röntgenbild aus unserer Sicht eine Einteilung in 4 Stufen der Durchbauung des Knochens zu (Tab.5, S. 69).

Grad der Fusion	Durchbauung	Definition
0	Keine	Fehlende Zeichen der knöchernen Fusion zwischen Beckenkamminterponat und angrenzender Endplatte
I	Beginnend	Beginnende Zeichen der knöchernen Fusion, noch vorhandener Spalt der Grenzen zwischen Endplatte und Knochenspan
II	Fortgeschritten	Zunehmende Unschärfe der Knochengrenzen, beginnende Trabekelstruktur, noch nicht komplette Verschmelzung der Knochengrenzen
III	Komplett	Vollständige knöcherne Fusion ohne noch einsehbaren Spalt zwischen den Knochengrenzen mit Trabekelstruktur oder Beweglichkeit $<2^\circ$ im Funktionsröntgen

Tab.5: Knöcherne Durchbauung und Grad der Fusion (eigene Einteilung)

11.7.4 FRAGEBOGEN

I) Fragen zur Person:

1. Name:		2. Geb.-Dat.:	
----------	--	---------------	--

3. Sind Sie Raucher? ja / nein

4. Sind in Ihrer Familie Wirbelsäulenleiden bekannt? ja / nein
 nicht bekannt

Wenn ja, welche?

II) Fragen zur Zeit **vor** Ihrer Operation

5. Waren Sie **vor** der OP sportlich aktiv? ja / nein

Wenn ja, welche Sportarten?

a)

b)

c)

d)

6a. Ihr Beruf **vor** der Operation?

6b. Einschränkungen im Beruf **vor** der OP ja / nein

Wenn ja, wodurch (z.B. andere Erkrankungen, Schmerzen etc.)?

III) Fragen zum Zeitpunkt **nach** der Operation

7a. Welcher beruflichen Tätigkeit gehen Sie **derzeit** nach?

7b. Einschränkungen im Beruf **nach** der OP ja / nein

Wenn ja, wodurch (z.B. Schmerzen, Bewegungseinschränkungen der HWS, Lähmungen)?

8a. Nach wie vielen Wochen gerechnet ab der OP waren Sie **eingeschränkt** berufstätig?

_____ Wochen

8b. Nach wie vielen Wochen gerechnet ab der OP waren Sie **uneingeschränkt** berufstätig?

_____ Wochen

8c. Besteht wg. der OP bei Ihnen eine anerkannte Behinderung?

ja / nein

8d. Wenn ja, zu wieviel Prozent?

_____ %

9. Erfolgte im Anschluss an die HWS-Operation eine berufliche Veränderung? ja / nein

Wenn ja, welche?

- Umschulung auf: _____
- Wechsel zu leichter Arbeit, welche? _____
- arbeitslos seit: _____
- Rentenantrag gestellt am: _____
- Rentner/in seit: _____

- 10a. Sind Sie **derzeit** noch/wieder sportlich aktiv? ja / nein

Wenn ja, wie viele Stunden pro Woche:

Sportart(en)	Wie viele Stunden pro Woche:

- 10b. Ist Ihre sportliche Aktivität durch die HWS-OP eingeschränkt? ja / nein / entfällt

11. Bitte markieren Sie auf den unten abgebildeten Zahlenskalen die Stärke Ihrer **jetzigen** Schmerzen. Ankreuzen der **0** bedeutet **keine** Schmerzen, d.h. Schmerzfreiheit.

Das Ankreuzen der **10** bedeutet den **stärksten** vorstellbaren Schmerz
Bitte stufen Sie sich selbst ein!

Schmerzen im HWS-Bereich (=Nacken) in Ruhe:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Schmerzen am Beckenkamm:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Kopfschmerzen:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Bewegungsabhängige Schmerzen:

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

- 12a. Wie oft haben Sie **derzeit** Schmerzen in der HWS?

- nie
- selten (ca. 1x/Monat)
- regelmäßig (ca. 1x/Woche)
- häufig (mehrmals pro Woche)
- ständig (jeden Tag)

- 12b. Wie oft haben Sie **derzeit** Schmerzen am Becken?

- nie
- selten (ca. 1x/Monat)
- regelmäßig (ca. 1x/Woche)
- häufig (mehrmals pro Woche)
- ständig (jeden Tag)

12c. Wie lange bestanden die Schmerzen am Beckenkamm nach der OP?

12d. Welche Schmerzen waren die erste Zeit nach der OP stärker?

- HWS
- Beckenkamm
- Nicht bekannt

12e. Wenn nach dem Unfall weitere Verletzungen bei Ihnen vorlagen, welche Schmerzen waren **damals** am stärksten?

- HWS
- Weitere Verletzung/en
- Nicht bekannt (z.B. wegen Bewusstlosigkeit)
- Entfällt, da keine weiteren Verletzungen vorhanden waren

12f. Welche weitere(n) Verletzung(en) lag(en) bei Ihnen vor?

- Keine
 - Nicht bekannt
 - Folgende:
-

13. Haben Sie **derzeit** schmerzhafte Bewegungseinschränkungen in der HWS? ja / nein

Bei Vorwärts-/Rückwärtsneigung des Kopfes ja / nein

Seitwärtsneigung nach rechts ja / nein

Seitwärtsneigung nach links ja / nein

Drehung des Kopfes nach rechts ja / nein

Drehung des Kopfes nach links ja / nein

14. Haben Sie **derzeit** schmerzhafte Bewegungseinschränkungen in den Armen? ja / nein

rechter Arm	Bewegung	Linker Arm
<input type="checkbox"/> ja / <input type="checkbox"/> nein	Bei Anheben des gestreckten Armes nach vorn?	<input type="checkbox"/> ja / <input type="checkbox"/> nein
<input type="checkbox"/> ja / <input type="checkbox"/> nein	Bei Anheben des gestreckten Armes nach hinten?	<input type="checkbox"/> ja / <input type="checkbox"/> nein
<input type="checkbox"/> ja / <input type="checkbox"/> nein	Bei Anheben des Gestreckten Armes zur Seite, über 90 Grad?	<input type="checkbox"/> ja / <input type="checkbox"/> nein

- 15a. Wie ist Ihre **jetzige** Schmerzmitteleinnahme wegen Schmerzen an der **HWS**?

- nie
 selten (ca. 1x/Monat)
 regelmäßig (ca. 1x/Woche)
 häufig (mehrmals pro Woche)
 ständig (jeden Tag)

Was für Schmerzmittel nehmen Sie dann ein?

- 15b. Wie ist Ihre **jetzige** Schmerzmitteleinnahme wegen Schmerzen am **Becken**?

- nie
 selten (ca. 1x/Monat)
 regelmäßig (ca. 1x/Woche)
 häufig (mehrmals pro Woche)
 ständig (jeden Tag)

Was für Schmerzmittel nehmen Sie dann ein?

16a. Traten **nach dem Unfall** neurologische Störungen auf?

Kribbeln/Brennen: ja / nein, wenn ja, wo?

Taubheitsgefühle: ja / nein, wenn ja, wo?

Lähmungen: ja / nein, wenn ja, wo?

16b. Haben Sie **jetzt** noch neurologische Störungen?

Kribbeln/Brennen: ja / nein, wenn ja, wo?

Taubheitsgefühle: ja / nein, wenn ja, wo?

Lähmungen: ja / nein, wenn ja, wo?

16c. Wie sind die neurologischen Störungen **jetzt** in Bezug zu nach dem Unfall?

rückläufig gleich schlimmer nicht bekannt

Bitte wählen Sie bei den nächsten Fragen zwischen *sehr gut, gut, befriedigend, schlecht* aus.

17. Wie beurteilen Sie das medizinische Ergebnis der HWS-Operation?

sehr gut gut befriedigend schlecht

18. Wie beurteilen Sie

a) die Beschaffenheit Ihrer Narbe am **Hals**?

sehr gut gut befriedigend schlecht

b) die Beschaffenheit Ihrer Narbe am **Becken**?

sehr gut gut befriedigend schlecht

c) das kosmetische Gesamtergebnis?

sehr gut gut befriedigend schlecht

19. Sind Sie mit dem OP-Ergebnis insgesamt zufrieden nicht zufrieden

20. Würden Sie diese OP falls erforderlich nochmals durchführen lassen?
 ja / nein

21. Waren Sie zur Anschlussbehandlung in der Reha? ja / nein

Wenn ja, für wie lange?

Wochen

22. Waren Sie mit der Reha zufrieden? ja / nein / entfällt

23. Bemerkungen:

11.8 Statistische Analysen

Von den Ergebnissen wurde jeweils der Mittelwert, der Median, die Standardabweichung, der Minimal-, der Maximalwert und ggf. die Signifikanz berechnet.

Der **Mittelwert** bildet sich aus dem Quotienten der Summe der Zahlenwerte und deren Anzahl.

Unter dem **Median** versteht man den Wert einer der Größe nach geordneten Zahlenmenge, der ebenso viele kleinere Werte unter sich wie größere Werte über sich hat.

Die **Standardabweichung** charakterisiert die Streuung einer Stichprobe um ein arithmetisches Mittel, sie berechnet sich nach der Formel

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}, \text{ wobei } x_i (1, \dots, n) \text{ die einzelnen, z.B. beobachteten Werte}$$

sind und $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ der arithmetische Mittelwert der x_i ist.

Der **Minimalwert** beschreibt den kleinsten in der Zahlenmenge vorkommenden Wert.

Der **Maximalwert** gibt den größten in der Zahlenmenge erscheinenden Wert an.

Die **Signifikanz** ist der statistisch-mathematisch gesicherte Unterschied zwischen zwei Beobachtungsreihen. Sie wurden mit Hilfe des Wilcoxon-Testes für verbundene Stichproben ermittelt. Dabei entspricht ein $p < 0,05$ einem signifikanten Unterschied, ein $p < 0,01$ einem sehr signifikanten und ein $p < 0,001$ einem hochsignifikanten Unterschied.

12. Ergebnisse

12.1 Patientenunterlagen

12.1.1 NIKOTINABHÄNGIGKEIT

In dem vorliegenden Patientengut zählen 38 Personen (31,9%) zu den Rauchern, 56 Befragte (47,1%) verneinten den Nikotinkonsum und 25 Patienten (21,0%) gaben auf die Frage keine Antwort.

12.1.2 STATIONÄRER AUFENTHALT

Der stationäre Aufenthalt betrug im Durchschnitt 14 Tage. Der kürzeste Aufenthalt ist mit zwei Tagen dokumentiert, der Patient wurde innerhalb des Klinikums in eine andere Fachabteilung verlegt. Die längste Zeit, die ein Patient in der neurochirurgischen Klinik verbrachte, ist mit 64 Tagen beschrieben. Hierbei handelt es sich um einen Mann, der im weiteren Krankheitsverlauf Komplikationen erlitt.

12.1.3 OPERATIONSDAUER

Die durchschnittliche Operationsdauer zur ventralen Spondylodese betrug zwei Stunden und 21 Minuten. Der kürzeste operative Eingriff, ein monosegmentaler, benötigte eine Stunde und zehn Minuten, die längste Zeit ist mit vier Stunden und 50 Minuten aufgeführt bei der Stabilisierung von drei Segmenten. Die Standardabweichung beläuft sich auf 44 Minuten.

12.1.4 POSTOPERATIVE ORTHESE

Nach der Operation wurden 72 Patienten (60,5%) zur Ruhigstellung der HWS mit einer Orthese versorgt. Die durchschnittliche Tragedauer belief sich auf 7,5 Wochen (Median 6 Wochen, Standardabweichung 4,4 Wochen, Maximum 28 Wochen, Minimum 0,7 Wochen). In 47 Fällen (39,5%) brauchte überhaupt keine Orthese zur Unterstützung der HWS angelegt zu werden. Die anschließende Tabelle zeigt die diversen postoperativ verwendeten Orthesen je Patient.

Postoperative Orthesen

	n	%
Philadelphiakragen	40	33,6
Schanzkrawatte	23	19,3
Kinn-Thoraxstütze	6	5,0
Halo-Fixateur	3	2,5

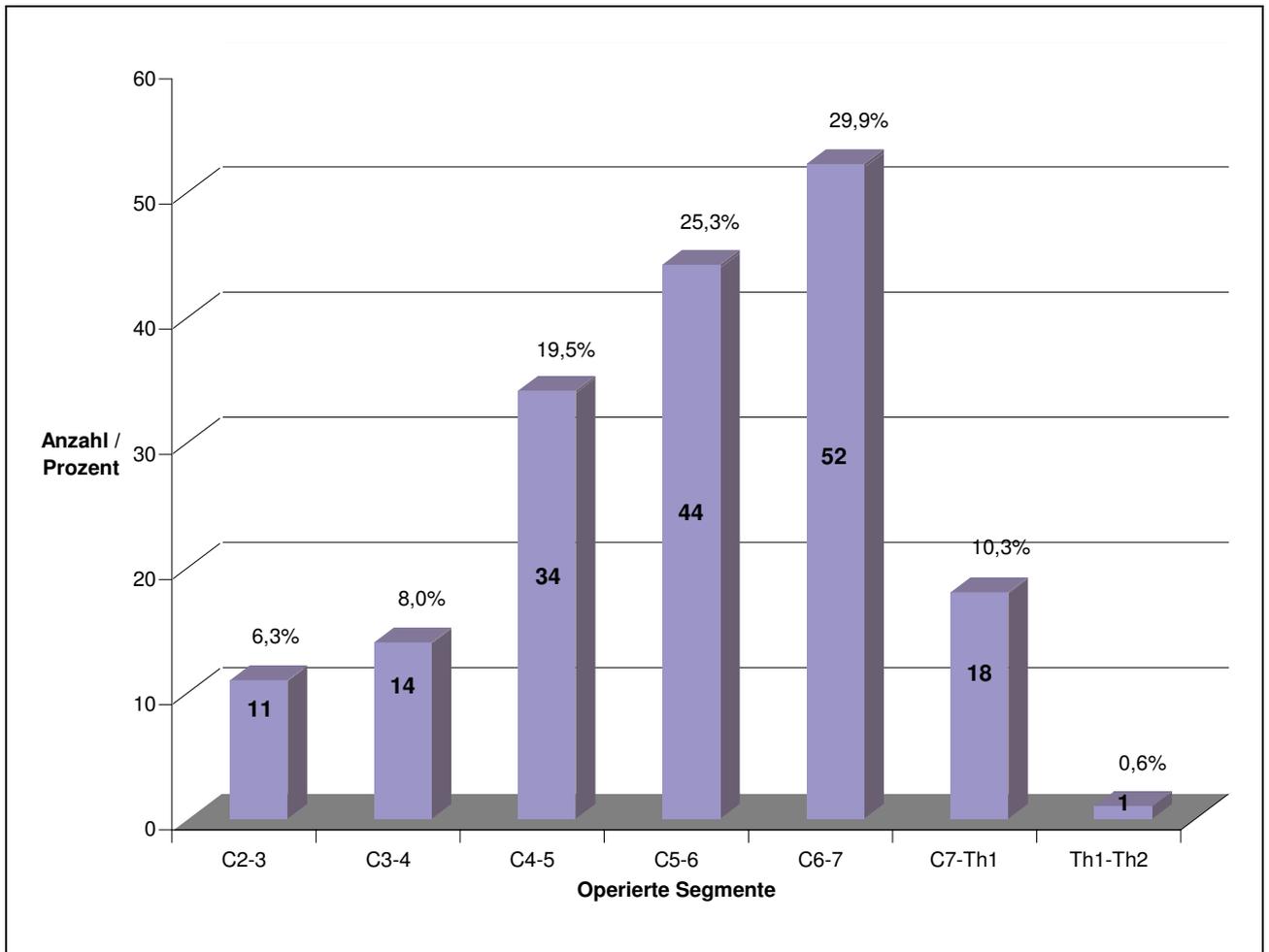
Tab.6: Postoperative Orthesenversorgung

Bei Patienten mit mono- bzw. bisegmentaler Versorgung kam die Schanzkrawatte bzw. der Philadelphiakragen zum Einsatz. Bei den mehrsegmentalen sowie Kombinationsverletzungen wurden eher die Kinn-Thoraxstütze sowie der Halo-Fixateur angewendet. Prinzipiell wurde die Entscheidung der postoperativen Versorgung vom Operateur und der intraoperativ erreichten Stabilität abhängig gemacht.

12.1.5 VERTEILUNG DER OPERIERTEN SEGMENTE

Der Eingriff erfolgte bei 68 (57,1%) Patienten monosegmental, bisegmental bei 47 (39,5%) Patienten, und bei 4 (3,4%) der Patienten wurde der Eingriff in 3 Höhen durchgeführt. Bei 38 (31,9%) Betroffenen wurde jeweils ein Wirbelkörper durch den Beckenspan ersetzt, bei zwei Patienten (1,7%) mussten zwei Wirbelkörper entfernt und ersetzt werden.

Insgesamt wurden 174 Segmente in die Osteosynthese eingeschlossen, deren Verteilung im Diag.5, S. 81 zu entnehmen ist. Die Darstellung zeigt, dass die kaudalen Segmente der HWS am häufigsten betroffen waren.



Diag.5: Verteilung der operierten Segmente

12.1.6 FOLGEOPERATIONEN

Insgesamt wurden im Anschluss an die ventrale Spondylodese 29 Patienten erneut operiert. Bei drei der Patienten erfolgte noch ein zusätzlicher zweiter Eingriff, ein Patient erhielt drei Revisionen.

Mit 18 Operationen machten die dorsalen Stabilisierungen unter den Zweiteingriffen den größten Anteil aus (Abb.24 und Abb.25, S. 82). Vier Eingriffe wurden zur Entlastung von Hämatomen, Nachblutungen und Abszessrevisionen vorgenommen. Wegen Fusionserweiterung bei Instabilität bzw. Schraubenausriß mussten in vier Operationen Implantate entfernt und neu eingebracht werden. In zwei weiteren Fällen kam es zur Entnahme des Metalls aufgrund von Wachstum der jugendlichen Patienten. Zwei Eingriffe galten der Entfernung von nicht ausreichend resezierten Spondylophyten, ein Eingriff der Pectoralisplastik zur Deckung einer Ösophagusfistel. In drei weiteren Operationen wurde eine

Lamin- bzw. Hemilaminektomie durchgeführt zur Entlastung des Rückenmarks, bedingt durch epidurale Hämatome und Foramenstenosen aufgrund von Wirbelkörperfragmenten.



Abb.24: Ventral mono-, dorsal bisegmentale Spondylose im Röntgen, a.p. Aufnahme Kontrolle früh postoperativ



Abb.25: Ventral mono-, dorsal bisegmentale Spondylose im Röntgen, seitliche Aufnahme Kontrolle früh postoperativ

12.1.7 KOMPLIKATIONEN

Bei 19 Patienten (16,0%) von 119 Operierten kam es zu allgemeinen Komplikationen, dagegen verlief der Krankheitsverlauf bei 100 Personen (84,0%) komplikationslos. Die folgende Übersicht der postoperativen Komplikationen bezieht sich auf alle 119 durchgeführten ventralen Spondylodesen, wobei Mehrfachnennungen möglich waren (Tab.7 sowie Tab.8, S. 83 und Abb.26, S. 84).

Allgemeine Komplikationen	n	%
Pneumonie	6	5,0
Recurrensparese	4	3,4
prävertebrale Nachblu- tung	1	0,8
Ösophagusfistel/-abszess	1	0,8
GIT-Blutung	1	0,8
retroperitoneal Blutung Beckenkamm	1	0,8
Liquorfistel	1	0,8
Exitus letalis aufgrund von Komplikationen (siehe 10.1, 12.1.9)	9	7,6

Tab.7: Komplikationen

Spezielle Komplikationen	n	%
Instabilitäten anderer Etagen	3	2,5
Schraubenausriss kauda- les/kraniales Ende	2	1,7
Schraubendislokation bei kompletter Fusion	1	0,8
Platten-/Schraubenbruch	0	0

Tab.8: Spezielle Komplikationen

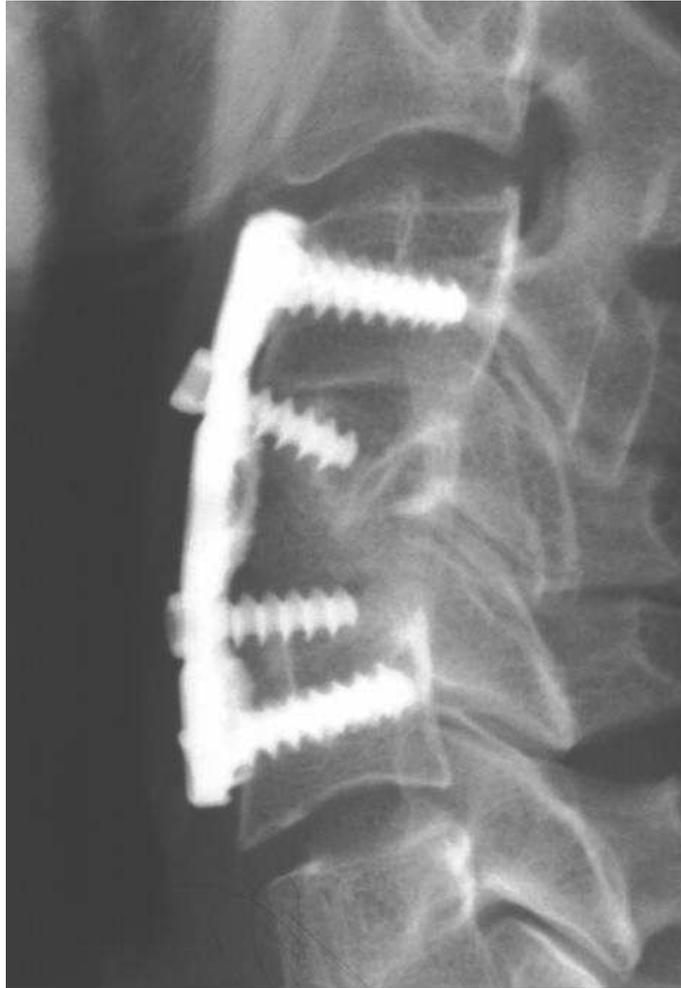


Abb.26: Lockerung der Interponatschraube mit erzielter knöcherner Fusion

12.1.8 MORTALITÄT

Aufgrund primärer (Frakturen, Begleitverletzungen) und sekundärer Unfallfolgen (Pneumonie, Herz-Kreislaufversagen, Operationskomplikationen) starben 9 (7,6%) Personen im Laufe der Beobachtungszeit. In dieser Gruppe befanden sich 2 (1,7%) Patienten, die direkt an den Folgen eines Polytraumas verstarben. Ein 75-jähriger Patient (0,8%) starb an akutem Nierenversagen. Weitere 6 (5,0%) Patienten sind an sekundären Unfallfolgen wie Pneumonien, Lungenembolien und Herzinsuffizienz, die nicht kompensiert werden konnte, verstorben. Bei 7 (5,9%) Verstorbenen konnte nicht geklärt werden, inwieweit zwischen Trauma und Tod des Patienten ein kausaler Zusammenhang bestand, sodass die Gesamtmortalität der untersuchten Personengruppe mit 16 (13,4%) anzugeben ist.

Das durchschnittliche Alter der Verstorbenen zum Operationszeitpunkt betrug 61,6 Jahre. Innerhalb der ersten 30 Tage postoperativ verstarben 8 Operierte (6,7%).

12.2 Klinische Untersuchung

12.2.1 HWS-LOKALSYNDROM

Fünf der Patienten (4,2%) klagten vor dem operativen Eingriff über ein HWS-Lokalsyndrom. Bei vier Patienten (3,4%) traten die Beschwerden postoperativ nicht mehr auf. Insgesamt klagten jedoch 27 Patienten (22,7%) nach der Operation über Beschwerden. Davon gaben 26 der Patienten (21,8%) erst postoperativ diese an. Ein Patient (0,8%) wies prä- als auch postoperativ das HWS-Lokalsyndrom auf.

12.2.2 RADIKULÄRE BESCHWERDEN

Vor der Operation bestanden bei 28 Patienten (23,5%) radikuläre Symptome. Im postoperativen Behandlungsverlauf besserten sich die Beschwerden bei 13 der Betroffenen (46,4%). Eine Verschlechterung postoperativ, ein Neuauftreten der Symptomatik erfuhren vier der Operierten (3,4%). Unveränderte Beschwerden, sowohl prä- als auch postoperativ zeigten 15 der Patienten (12,6%), sodass postoperativ insgesamt 19 Patienten (16,0%) radikuläre Symptomatik aufwiesen.

12.2.3 ENTWICKLUNG DER NEUROLOGISCHEN SYMPTOMATIK

Zum direkten Vergleich des präoperativen neurologischen Befundes mit dem beim Follow-up standen insgesamt 118 Patientendaten zur Verfügung. Das durchschnittliche Follow-up betrug 14,7 Monate, die kürzeste Beobachtungsdauer belief sich auf 0,2, die längste auf 52,1 Monate. Die folgende Übersicht zeigt die Einteilung der Patienten aufgrund neurologischer Befunde in die ASIA-Klassifikation prä-OP als auch beim Follow-up (Tab.9, S. 86).

Neurologie präoperativ und beim Follow-up

ASIA	Neurologie präoperativ		Neurologie beim Follow-up	
	n	%	n	%
A	22	18,6	18	15,3
B	0	0	2	1,7
C	14	11,9	8	6,8
D	25	21,2	17	14,4
E	57	48,3	73	61,9

Tab.9: Neurologie prä-OP und bei Follow-up

Zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme waren 57 (48,3%) Patienten ohne neurologisches Defizit, bei der Nachuntersuchung sogar 73 (61,9%). Insgesamt zeigt sich beim Follow-up bei 28 Patienten (23,7%) eine rückläufige Symptomatik. Es verbesserten sich 16 Patienten von Grad D zu Grad E, sieben von Grad C zu Grad D, zwei von Grad A zu B. Bei drei Patienten kam es zu einer Verbesserung um zwei Grade, einmal von C zu E und zweimal von Grad A zu C. Keine Verbesserung aber auch keine Verschlechterung der Symptomatik wiesen 89 (75,4%) der Operierten auf. Hier entsprach das Ergebnis beim Follow-up der neurologischen Situation vor der ventralen Spondylodese. Ein Patient verschlechterte sich in der Symptomatik, er fiel von Grad E auf Grad D zurück.

12.3 Radiologische Untersuchung

Die radiologische Auswertung erfolgte an sämtlichen Aufnahmen, die von den 119 Patienten vorhanden waren.

12.3.1 BEFUND

Bei 110 (92,4%) Patienten fand sich eine vollständig regelrechte Lage des eingebrachten Osteosynthesematerials zu allen Nachuntersuchungszeitpunkten.

Post-OP

Nach dem operativen Eingriff kam es bei einem der Patienten (0,8%) zum Ausriss der kaudalen Spondyloschrauben und damit zum Abrutschen des Interpo-

nates. Bei einem Patienten (0,8%) wurde eine zu lange Platte ausgewählt, sie ragte geringfügig über den Wirbelkörper hinaus.

8 Wochen post-OP

Bei einer 74-jährigen Patientin (0,8%) riss, zwei Wochen nach der OP aufgrund von Osteoporose das kraniale Schraubenpaar einschließlich des Beckenspanes und der Platte aus. Komplikationen durch das Osteosynthesematerial äußerten sich bei einem Patienten (0,8%) in einer Schraubendislokation mit leichter Sinterung des Beckenspanes acht Wochen nach OP.

6 Monate post-OP

Des Weiteren zeigte sich bei vier Operierten (3,4%) die Kranialisierung der Schraubenpaare in einem Zeitraum von acht Wochen bis zu fünf Monaten nach dem Eingriff, bei einem Patienten (0,8%) kam es zur Kaudalisierung eines Schraubenpaares. Ein Platten- oder Schraubenbruch wurde bei keinem der 119 Patienten festgestellt.

12.3.2 DURCHBAUUNG

Alle Patienten zeigten nach 6-12 Monaten eine knöcherne Durchbauung der Spondylodesestrecke in anatomiegerechter Stellung. Eine Pseudarthrosenbildung wurde bei keinem der Patienten beobachtet. Bei der Auswertung kam es zu Mehrfachnennungen, da einige Patienten z.B. innerhalb von sechs Monaten zweimal zur Röntgendiagnostik erschienen.

Post-OP

Nach der Operation ist bei keinem der Patienten eine beginnende Durchbauung zu erwarten (Abb.27, S. 88).

8 Wochen post-OP

In dem Zeitraum bis acht Wochen postoperativ kam es bei 27 Patienten (22,7%) zu einer beginnenden, bei 15 Patienten (12,6%) zu einer fortgeschrit-

tenen Durchbauung. Eine komplette knöcherne Fusion konnte nicht beobachtet werden.

6 Monate post-OP

Nach einem halben Jahr zeigten 19 Patienten (16,0%) eine beginnende, 40 Patienten (33,6%) eine fortgeschrittene und 26 Patienten (21,9%) eine komplette knöcherne Fusion (Abb.28).

12 Monate post-OP

Nach 12 Monaten präsentierten 10 Patienten (8,4%) eine fortgeschrittene, 54 Patienten (45,4%) eine komplette Durchbauung der Spondylodeseestrecke.

Zeitraum über 12 Monate

Hier ergaben sich nochmals 48 (40,3%) weitere komplette Knochenfusionen.



Abb.27: HWS-Aufnahme seitlich, C5-WK-Ersatz und ACPS (Codman®) C4-6, direkt post-OP



Abb.28: HWS- Aufnahme seitlich, C5-WK-Ersatz und ACPS (Codman®) C4-6, 6 Monate post-OP, komplette Durchbauung

12.3.3 ANSCHLUSSPATHOLOGIE

Insgesamt wiesen von den 119 kontrollierten Patienten nur drei (2,5%) eine Instabilität eines benachbarten zervikalen Segmentes auf.

Post-OP

Direkt nach dem operativen Eingriff kam es zu keiner Anschlusspathologie.

8 Wochen post-OP

Acht Wochen nach der Operation wurden bei einem Patienten (0,8%) am kaudalen Plattenende Osteophyten festgestellt. Ein Patient (0,8%) zeigte nach zwei Monaten eine Instabilität im Segment C5/6 nach ventraler Spondylodese C6-Th1.

6 Monate post-OP

Die Röntgenuntersuchung der an die Spondylodese angrenzenden Segmente zeigte bei zwei Patienten (1,7%) eine Osteophytenbildung. Bei einem Patienten (0,8%) bildeten sich am kranialen Plattenende Spangen und damit zeigte sich ein Abstand des oberen Plattenanteils zum Wirbelkörper. Der andere Patient (0,8%) wies am kranialen und kaudalen Plattenende Osteophytenbildungen auf.

12 Monate post-OP

In unserem Patientengut ergab die Röntgenuntersuchung 12 Monate nach dem operativen Eingriff bei einem Patienten (0,8%) eine Instabilität in Höhe C4/5, bei vier Patienten (3,2%) eine Osteophytenbildung am kaudalen Plattenende. Eine weitere Patientin (0,8%) wies erst vier Jahre nach der OP eine Instabilität bei C4/5 auf.

12.4 Fragebogen

In die Auswertung des Fragebogens gehen 57 (47,9%) Patienten ein. Die Anzahl der Befragten ergibt sich aus der Gesamtzahl von 119 Teilnehmern, von denen die 16 Verstorbenen subtrahiert wurden. Der fehlende Rest ist unbe-

kannt verzogen, oder die Patienten waren auch nach mehrmaliger Aufforderung nicht bereit, an der Befragung teilzunehmen (n=57).

12.4.1 FAMILIÄRES WIRBELSÄULENLEIDEN

Unter den 57 befragten Personen befinden sich sechs Patienten (10,5%) mit familiären Wirbelsäulenerkrankungen. Davon wurden von vier Patienten (7,0%) Familienangehörige wegen eines Bandscheibenvorfalles behandelt, die Eltern eines Patienten (1,8%) leiden an anamnestisch bekannten degenerativen Wirbelsäulenschäden, und der Vater eines Patienten (1,8%) war an Morbus Bechterew erkrankt.

12.4.2 BERUFLICHE TÄTIGKEIT

Präoperativ

Vor dem operativen Eingriff hatten 22 (38,6%) der 57 befragten Personen keine berufliche Tätigkeit. Darunter fielen Patienten, die sich in schulischer und beruflicher Ausbildung befanden, wie auch Hausfrauen und Rentner. Insgesamt beschreiben sieben der Patienten (12,3%) eine präoperative Einschränkung im Berufsleben durch z. B. andere Erkrankungen (Tab.10).

	PRÄOPERATIV		FOLLOW-UP	
Schüler	5	8,8%	2	3,5%
Auszubildene	5	8,8%	2	3,5%
Studenten	1	1,8%	1	1,8%
Hausfrauen	5	8,8%	3	5,3%
Rentner	6	10,5%	11	19,3%
Arbeitslose	0	0%	3	5,3%
Angestellte (Büroangestellte, Kaufmännische Ange- stellte)	12	21,1%	13	22,8%
Körperliche Tätigkeit (Handwerk)	15	26,3%	13	22,8%
Kranken-Pflegeberufe	4	7,0%	1	1,8%
Akademiker	2	3,5%	3	5,3%

Selbstständige	2	3,5%	2	3,5%
Arbeitsunfähig	0	0%	3	5,3%

Tab.10: Berufliche Tätigkeit prä-OP und beim Follow-up

Follow-up

Zur Zeit der Befragung gehen 22 Patienten (38,6%) keiner beruflichen Tätigkeit nach, 3 der Operierten (5,3%) sind arbeitsunfähig. Die Anzahl der sich in der schulischen und beruflichen Ausbildung befindlichen Personen hat sich verringert, vergrößert hat sich hingegen die Anzahl der Arbeitslosen und Rentner. Es resultieren fünf Rentner, von denen sich zwei zum Operationszeitpunkt in einem rentenberechtigten Alter befanden. Drei der Operierten stellten wegen gesundheitlicher Probleme einen Rentenanspruch (Tab.10). Einschränkungen im Beruf durch Schmerzen, Sensibilitätsstörungen oder Lähmungen bejahen 32 Operierte (56,1%).

Berufswechsel

Für 13 der Patienten (22,8%) erfolgte nach der ventralen Spondylodese im Verlauf eine berufliche Veränderung. Vier Patienten ließen sich umschulen, drei stellten einen Rentenanspruch, weitere drei wurden arbeitslos, zwei der Operierten wechselten zu leichter Arbeit und ein Patient nahm ein Studium auf.

12.4.3 SPORT

Um den Einfluss des operativen Eingriffes einer ventralen Spondylodese auf die sportliche Betätigung der Patienten festzustellen, wurden verschiedene Angaben zu diesem Thema ausgewertet.

Von den 57 Befragten waren im Zeitraum vor der Operation 35 Patienten (61,4%) sportlich aktiv, 22 (38,6%) verneinten die Frage nach sportlicher Betätigung. Nach der ventralen Spondylodese waren 19 der Befragten (33,3%) sportlich tätig, 38 (66,7%) Patienten zählten sich zu den Nichtsportlern.

Die nächste Übersicht stellt dar, wie viele Sportarten pro Patient präoperativ und bei der Befragung betrieben wurden (Tab.11, S. 92).

Sportarten pro Person	Präoperativ		Follow-up	
	n	%	n	%
0	22	38,6	38	66,7
1	35	61,4	19	33,3
2	15	26,3	10	17,5
3	5	8,8	3	5,3
4	1	1,8	0	0

Tab.11: Sportarten pro Patient

Anmerkung: Mehrfachnennungen waren möglich.

Von den 57 befragten Patienten wurden im Durchschnitt 1,8 Sportarten ausgeübt. Im Zeitraum nach der Operation übte ein Patient im Mittel nur noch 1,6 Sportarten aus.

Im Durchschnitt lag die postoperative sportliche Betätigung der 19 Patienten mit nur einer Sportart bei 2,8 Stunden pro Woche. Drei Stunden pro Woche übten 10 Personen jeweils zwei verschiedene sportliche Aktivitäten aus. Drei der Befragten nahmen sich für ihre drei Sportarten zwei Stunden in der Woche Zeit. Insgesamt verbrachten die Patienten nach der Operation 2,2 Stunden pro Woche mit Sport.

Aus der folgenden Aufstellung geht hervor, wie viele der Patienten welche Sportart präoperativ und beim Follow-up durchführten (Tab.12, S. 93).

Sport

Sportart	Anzahl der Patienten			
	Präoperativ		Follow-up	
	n	%	n	%
Mannschaftssportart	12	21,1	1	1,8
Einzelsportart	12	21,1	2	3,5
Ausdauer	18	31,6	11	19,3
Wandern, Bergsteigen	4	7,0	2	3,5
Fitness, Body Building	3	5,3	1	1,8
Gymnastik, Tanz	2	3,5	1	1,8
Skifahren	2	3,5	0	0
Golfen	1	1,8	0	0
Kegeln	1	1,8	1	1,8
Schulsport	1	1,8	0	0

Tab.12: Sportart prä-OP und beim Follow-up

Anmerkung: Mehrfachnennungen waren möglich

Die Frage, ob die sportliche Aktivität durch die HWS-Operation eingeschränkt wurde, beantworteten 16 Patienten (28,1%) mit ja, 13 (22,8%) antworteten mit nein. Der Rest der 57 Befragten enthielt sich einer Meinung.

12.4.4 SCHMERZEN

Mit der Auswertung der folgenden Daten ist es möglich, sich den Schmerzzustand des Patienten nach dem Unfallgeschehen und nach der HWS-Operation zu veranschaulichen.

Schmerzen nach dem Unfallereignis

Nach dem Unfallgeschehen empfanden 14 Patienten (24,6%) die stärksten Schmerzen im Bereich der HWS. Verletzungen, wie Frakturen an den Extremitäten, Verletzungen des Schädels, Thorax, Abdomens und Hautabschürfungen

verursachten bei 15 Verunglückten (26,3%) starke Schmerzen. Den Großteil an zusätzlichen Verletzungen, die verstärkt Schmerzen hinterließen, machten bei 14 Patienten (24,6%) die Verletzungen des Abdomens und des Thorax aus, gefolgt von Frakturen der Extremitäten bei 13 Patienten (22,8%). An dritter Stelle der Schmerzverursacher stehen neun Schädelverletzungen (15,8%), an vierter Position mit drei Erwähnungen (5,3%) folgen Hautabschürfungen und Platzwunden. Es ist zu erwähnen, dass hierbei Mehrfachangaben ausgezählt wurden.

Schmerzen postoperativ

Die stärksten Schmerzen nach der Operation beschrieben 23 (40,4%) von den 57 Befragten am Beckenkamm. Die durchschnittliche Dauer der Schmerzen belief sich auf 12,3 Wochen postoperativ. Bei 20 der Befragten (35,1%) schienen die Schmerzen an der HWS die stärksten zu sein. 14 Operierten (24,6%) war eine Aussage nicht mehr möglich, da ein zu langer Zeitraum zwischen OP und Umfrage lag.

Schmerzen zum Zeitpunkt der Befragung

Nachfolgende Tabelle (S. 95) verdeutlicht die Schmerzverteilung an der HWS bzw. am Beckenkamm. Zum Befragungszeitpunkt gaben 39 (68,4%) der 57 Befragten Schmerzen der HWS, 22 Patienten (38,6%) am Beckenkamm an. Acht der Patienten (14,0%) litten unter ständigem Schmerz der HWS, wohingegen kein Patient über täglichen Schmerz am Beckenkamm klagte. Statistisch konnte ein hochsignifikanter Unterschied ($p < 0,001$) zwischen Schmerzhäufigkeit der HWS im Vergleich zum Beckenkamm nachgewiesen werden.

	Schmerzen in der HWS		Schmerzen am Beckenkamm	
	n	%	n	%
nie	18	31,6	35	61,4
selten (1x/Monat)	13	22,8	16	28,1
regelmäßig (1x/Woche)	9	15,8	3	5,3
häufig (mehrmals /Woche)	9	15,8	3	5,3
ständig (je- den Tag)	8	14,0	0	0

Tab.13: Schmerzen zum Zeitpunkt der Befragung

Die nächste Darstellung zeigt mit Hilfe einer Zahlenskala die Stärke der Schmerzen zum Befragungszeitpunkt. Die Schmerzfreiheit des Patienten spiegelt die 0 wieder, die zehn in der aufgeführten Tabelle drückt den stärksten vorstellbaren Schmerz aus (Einteilung gemäß der VAS = Visuelle Analog Skala) (Tab.14).

Schmerz- stärke	HWS- Schmerz		Beckenkamm- Schmerz		Kopfschmerzen		Bewegungsabhängige Schmerzen	
	n	%	n	%	n	%	n	%
0	20	35,1	37	64,9	22	38,6	18	31,6
1	14	24,6	7	12,3	4	7,0	5	8,8
2	3	5,3	5	8,8	6	10,5	3	5,3
3	7	12,3	2	3,5	5	8,8	7	12,3
4	4	7,0	2	3,5	4	7,0	4	7,0
5	3	5,3	1	1,8	1	1,8	4	7,0
6	1	1,8	0	0	6	10,5	6	10,5
7	1	1,8	1	1,8	2	3,5	3	5,3
8	2	3,5	1	1,8	2	3,5	3	5,3
9	1	1,8	1	1,8	3	5,3	3	5,3
10	1	1,8	0	0	2	3,5	1	1,8

Tab.14: Stärke der Schmerzen

Zusammengefasst wird das durchschnittliche Schmerzerleben bei Kopfschmerzen und bewegungsabhängigen Schmerzen auf der Skala mit drei eingestuft, die Schmerzen in der HWS mit zwei und Schmerzen am Beckenkamm mit eins. Es zeigt, dass die Beschwerden durch HWS-Verletzungen als Kopf- bzw. Bewegungsschmerz der HWS überwiegen. Operationsbedingte Schmerzen im Bereich HWS und Beckenkamm haben weniger Relevanz.

12.4.5 BEWEGUNGSEINSCHRÄNKUNGEN

Die anschließende Übersicht (Tab.15) gibt schmerzhaft eingeschränkte Bewegungen der HWS zum Zeitpunkt der Befragung gemäß Selbsteinschätzung der Patienten wider. Von den insgesamt 57 Befragten hatten 28 Personen (49,1%) schmerzhaft eingeschränkte Bewegungen in der Halswirbelsäule.

Bewegungseinschränkungen in der HWS

(Selbsteinschätzung der Patienten)

	ja		nein	
	n	%	n	%
Vorwärts- /Rückneigung des Kopfes	22	38,6	35	61,4
Seitwärtsneigung nach rechts/links	22	38,6	35	61,4
Drehung nach rechts/links	26	45,6	31	54,4

Tab.15: Bewegungseinschränkung der HWS

Anmerkung: Mehrfachnennungen waren möglich

Nachfolgende Tabelle auf S. 97 dokumentiert schmerzhaft eingeschränkte Bewegungen während Bewegungen des gestreckten Armes nach Selbsteinschätzung des Patienten.

Die Auswertung ergab, dass 23 Patienten (40,4%) Einschränkungen in der Beweglichkeit ihrer Arme hatten. Davon waren bei sieben der Befragten (12,3%) beide Arme, bei 16 (28,1%) der linke oder der rechte Arm betroffen.

Bewegungseinschränkung in den Armen

	ja		nein	
	n	%	n	%
Anheben nach vorn	10	17,5	47	82,5
Anheben nach hinten	11	19,3	46	80,7
Anheben zur Seite	14	24,6	43	75,4

Tab.16: Bewegungseinschränkung der Arme

Anmerkung: Mehrfachnennungen waren möglich

12.4.6 SCHMERZMITTELEINNAHME

Die nächsten Aufstellungen veranschaulichen die Einnahme von Schmerzmedikamenten zum Zeitpunkt der Befragung (nachstehend Tab.17 sowie Tab.18, S. 98).

	Schmerzmitteleinnahme wegen HWS-Schmerzen		Schmerzmitteleinnahme wegen Beckenkammschmerzen	
	n	%	n	%
nie	37	64,9	51	89,5
selten (1x/Monat)	6	10,5	4	7,0
regelmäßig (1x/Woche)	5	8,8	0	0
häufig (mehrmals pro Woche)	4	7,0	1	1,8
ständig (jeden Tag)	5	8,8	1	1,8

Tab.17: Schmerzmittelbedarf

Aufgrund von Beschwerden im Bereich der Halswirbelsäule nahmen 20 Patienten (35,1%) Analgetika ein. Schmerzen, die vom Beckenkamm ausgingen, wurden von sechs Befragten (10,5%) medikamentös bekämpft. Eine ständige Einnahme von Schmerzmitteln erfordert der HWS-Schmerz bei fünf Patienten (8,8%), der Beckenkammschmerz nur bei einem Patienten (1,8%). Das zeigt, dass die Spanentnahme kein dauerhaftes Problem ist, aber die HWS-Verletzung Schmerzmitteleinnahme erfordert. Der statistisch gesicherte Unterschied im Schmerzmittelbedarf aufgrund von HWS-Schmerzen und Beckenkammschmerzen ist hochsignifikant ($p < 0,001$).

Medikamente	wegen HWS-Schmerzen		wegen Beckenkamm-schmerzen	
	n	%	n	%
Antiphlogistische Analgetika	12	21,1	5	8,8
Antipyretische Analgetika	5	8,8	0	0
Zentrale Analgetika	1	1,8	0	0
Analgetikakombinationen	0	0	1	1,8

Tab.18: Art der Schmerzmittel

Anmerkung: Mehrfachnennungen waren möglich

12.4.7 NEUROLOGISCHE STÖRUNGEN

Von den befragten Personen bejahten 36 (63,2%) die Frage, ob sie direkt nach dem Unfallereignis neurologische Störungen hatten. Neurologische Symptome verneinten 21 (36,8%) der Patienten.

Zum Zeitpunkt der Befragung gaben 33 (57,9%) Personen Zeichen wie Kribbeln, Taubheitsgefühl oder Lähmungen an. Keine Symptomatik erwähnten 24 (42,1%) der Befragten (Selbsteinschätzung der Patienten).

Zum Befragungszeitpunkt im Vergleich zum Zeitpunkt nach dem Unfall beschrieben 15 (26,3%) der Patienten die Symptomatik als rückläufig, 15 (26,3%) Befragte hatten gleichbleibende Beschwerden, und bei zwei Personen (3,5%)

verschlimmerten sich die Symptome. 25 (43,9%) haben hierzu keine Aussage getroffen.

Symptomatik

Die folgende Tabelle auf verdeutlicht die Beschwerden im Vergleich nach dem Unfallereignis und zum Zeitpunkt der Befragung nach subjektiver Einschätzung der Betroffenen.

	nach dem Unfall		zum Zeitpunkt der Befragung	
	n	%	n	%
keine Störungen	21	36,8	24	42,1
Kribbeln/ Brennen	25	43,9	20	35,1
Taubheitsgefühl	26	45,6	23	40,4
Lähmungen	12	21,1	8	14,0

Tab.19: Symptome zum Unfall-, Befragungszeitpunkt

Anmerkung: Mehrfachnennungen waren möglich.

Unsere Auswertungen ergaben, daß es zu einer Besserung des Taubheitsgefühles bei sieben der Patienten (12,3%), des Kribbelns/Brennens bei sechs (10,5%) und der Lähmungen bei vier Patienten (7,0%) zum Zeitpunkt der Befragung kam. Eine Verschlechterung wiesen vier Patienten (7,0%) bezüglich des Taubheitsgefühles, ein Patient (1,8%) bezüglich des Kribbeln/Brennens auf.

Lokalisation

Nachstehende Übersicht zeigt die Lokalisation der neurologischen Ausfälle.

	nach dem Unfall		zum Zeitpunkt der Befragung	
	n	%	n	%
Kopf/Hals	2	3,5	3	5,3
Arme	24	42,1	20	35,1
Rumpf/Thorax	6	10,5	6	10,5
Becken	2	3,5	6	10,5
Beine	12	21,1	12	21,1

Tab.20: Lokalisation der Symptome (Anmerkung: Mehrfachnennungen waren möglich)

12.4.8 BEURTEILUNG DES OPERATIVEN EINGRIFFES

Die Patienten wurden aufgefordert, das Gesamtbild der medizinischen Versorgung zu beurteilen (Tab.21, S. 101). Die Bewertung beinhaltet die Zufriedenheit mit der durchgeführten Operation aus medizinischer Sicht, das kosmetische Ergebnis, und ob die Patienten gegebenenfalls den Eingriff nochmals durchführen lassen würden, wenn sie die Wahl hätten.

Medizinisches Ergebnis

Einen wichtigen Parameter stellt das medizinische Resultat dar. Hierbei sind auf die Wiederherstellung der Stabilität und auf die Funktionalität der Halswirbelsäule zu achten. Die subjektive Beurteilung fiel bei 26 Patienten (45,6%) mit *sehr gut*, bei 24 (42,1%) mit *gut* und bei drei der Operierten (5,3%) mit *befriedigend* aus. *Schlecht* bewerteten drei Personen (5,3%) das medizinische Ergebnis (Tab.21, S. 101). Eine Patientin mit C7-Fraktur ohne neurologische Symptomatik präoperativ klagte beim Follow-up über starke Schmerzen und über schmerzhafteste Bewegungseinschränkungen im Bereich der HWS nach ventraler Spondylodese C6-Th1, sodass sie ihren Beruf der Krankenpflegerin aufgab. Ein Rentner mit Luxation C6/7 sowie Paresen und Parästhesien gab bei der Nachuntersuchung vermehrtes Taubheitsgefühl und Kribbeln in den Händen an, kombiniert mit schmerzhafter Bewegungseinschränkung der HWS nach ventraler Spondylodese C6-Th1. Ein weiterer unzufriedener Patient mit präoperativen Sensibilitätsstörungen entsprechend C7 bei Instabilität C5/6, C6/7 und traumatischen Bandscheibenvorfall wechselte innerhalb seines Berufes zu leichter Tätigkeit. Er klagte nach ventraler Spondylodese C5-7 über Bewegungseinschränkungen, bedingt durch Schmerzen in der HWS und in den Armen. Ein Patient (1,8%) machte zum medizinischen Ergebnis keine Angaben.

Kosmetisches Ergebnis

Im Rahmen des operativen Eingriffes kam es erwartungsgemäß zur Narbenbildung am Hals und im Bereich des Beckens nach Entnahme des Knochenspans. *Sehr zufrieden* mit der Narbe am Becken sind insgesamt 18 Patienten (31,6%), 22 der Operierten (38,6%) schätzen die Narbenbildung mit *gut* ein, 11 (19,3%)

mit *befriedigend*. Eine *schlechte* Bewertung verteilten vier der Befragten (7,0%), zwei Patienten (3,5%) enthielten sich der Meinung.

Die Narbe am Hals beurteilten 30 der Befragten (52,6%) mit *sehr gut*, 17 (29,8%) mit *gut* und vier der Patienten (7,0%) mit *befriedigend*. Bei fünf der Operierten (8,8%) verheilte die Narbe nur schlecht, eine Person (1,8%) gab keine Auskunft darüber.

Das kosmetische Gesamtergebnis wurde von allen 57 Patienten eingeschätzt. Ein *sehr gut* erteilten 16 der Befragten (28,1%), ein *gut* 33 (57,9%), ein *befriedigend* gaben 6 Personen (10,5%) an und nur zwei Patienten (3,5%) beurteilten das kosmetische Ergebnis mit *schlecht* (Tab.21).

Gesamtes Operationsergebnis

Insgesamt sind 53 Patienten (93,0%) mit dem Operationsergebnis zufrieden und nur drei der Befragten (5,3%) unzufrieden. Eine Person (1,8%) äußerte sich dazu im Fragebogen nicht. Die Unzufriedenheit eines der oben dargestellten Patienten basiert möglicherweise auf einer zu hohen Erwartungshaltung bezüglich des OP-Ergebnisses. Nur bei zwei Patienten kam es auch objektiv zu röntgenologischen Veränderungen postoperativ (Osteophytenbildung bzw. Kranialisierung eines Schraubenpaares). Geäußert wurden beim Follow-up Schmerzen und Bewegungseinschränkungen, die auch nach mehreren Nachuntersuchungen keine Besserung zeigten.

Bei der Frage, ob sie die OP gegebenenfalls nochmals durchführen lassen würden, antworteten die 53 Zufriedenen (93,0%) mit ja, vier (7,0%) antworteten mit nein.

Tabellarische Auswertung des operativen Eingriffes

Selbsteinschätzung	Narbe am Becken	Narbe am Hals	Kosmetisches Gesamtergebnis	medizinisches Ergebnis
sehr gut	18 31,6%	30 52,6%	16 28,1%	26 45,6%
gut	22 38,6%	17 29,8%	33 57,9%	24 42,1%
befriedigend	11 19,3%	4 7,0%	6 10,5%	3 5,3%
schlecht	4 7,0%	5 8,8%	2 3,5%	3 5,3%

Tab.21: Einschätzung operativer Eingriff

12.4.9 BEURTEILUNG DER ANSCHLUSSHEILBEHANDLUNG

Im Rahmen der medizinischen Rehabilitationsleistungen kommen Behandlungen in direktem Anschluss an einen stationären Krankenhausaufenthalt in Betracht, wenn diese erforderlich sind, um die Ziele der Rehabilitation zu erreichen. Unter den 57 Patienten führten 28 (49,1%) eine Anschlussrehabilitation durch, die durchschnittlich 9 Wochen dauerte. Mit der Anschlussheilbehandlung waren 22 Patienten zufrieden, fünf waren gegenteiliger Meinung, eine Person enthielt sich der Meinung.

13. Diskussion

Verletzungen der HWS werden nach unseren Auswertungen insbesondere durch Verkehrsunfälle (57,1%) und Sturzereignisse (28,6%) verursacht. Die Häufigkeit der Verletzungen durch Verkehrsunfälle beträgt laut der Studie von KALFF et al. (32) 42,3%, durch Stürze hervorgerufene Verletzungen 33%. Sie untersuchten bei 97 Patienten mit traumatischen Verletzungen der unteren HWS die frühe operative Stabilisierung. Das Durchschnittsalter betrug 38,9 Jahre, wobei das männliche Geschlecht überwog.

Mit 71,1% traten bei KALFF et al. (32) vermehrt isolierte HWS-Verletzungen auf. Mehr oder minder ausgeprägte Begleitverletzungen zeigten sich bei 27,8% der Patienten. In unserer Studie haben von 119 Patienten 77 (64,7%) isolierte HWS-Verletzungen, bei 42 Patienten (35,3%) kam es zu Begleitverletzungen. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der OP betrug 42,9 Jahre, auch bei uns überwog mit 71,4% das männliche Geschlecht.

In den Segmenten der Halswirbelsäule C2/3 bis C7/TH1 sind 80% der HWS-Verletzungen vorzufinden. Davon befindet sich der Großteil im Bereich der unteren Segmente C5/6 und C6/7 (2). Diese Verteilung findet sich auch in unserem Patientengut wieder. Die Mehrzahl der Patienten (57%) in der Untersuchung von HOFMEISTER und BÜHREN (28) - sie berichten in ihrer Studie über 544 Patienten mit traumatischen HWS-Verletzungen und deren Therapiekonzept - erreichte ohne neurologisches Defizit die Klinik. Bei 43% der Patienten bestanden zum Zeitpunkt der Aufnahme neurologische Ausfälle (ASIA A-D) (28). In unserem Patientengut kamen 57 Patienten (48,3%) ohne neurologische Symptomatik in die Klinik. Neurologische Defizite wiesen 61 Patienten (51,7%) bei Krankenhausaufnahme auf.

Das vermehrte Auftreten von HWS-Verletzungen mit neurologischen Symptomen ergibt sich aus den anatomischen und funktionellen Gegebenheiten der HWS. Die möglichen Bewegungsausschläge in allen drei Ebenen des Raumes sind größer als in anderen Bereichen der Wirbelsäule. Es besteht eine enge Beziehung zum Rückenmark, das im Bereich der HWS seine größte Ausdehnung erreicht und hier für von außen einwirkende Kräfte relativ ungeschützt ist (30).

13.1 Ventrale Spondylodese

Die Ziele der operativen Versorgung von HWS-Verletzungen bestehen in erster Linie darin, neben der Dekompression der neuralen Strukturen die Wiederherstellung der Stabilität zu gewährleisten und damit eine rasche Mobilisation und Rehabilitation zu ermöglichen. Die Behandlung zielt auf einen Patienten mit einem schmerzfreien, beweglichen und leistungsfähigen Hals-Nacken-Bereich ohne neurologische Ausfallserscheinungen.

Nachdem der ventrale Zugang der HWS mit Einbringen eines interkorporellen Knochenspans initial von Robinson und Smith beschrieben wurde, ist das heutige operative Standardverfahren zur Versorgung von Verletzungen der unteren Halswirbelsäule die ventrale Spondylodese mit einer Platte unter Einbringen eines Knocheninterponats oder eines Cages (6, 13, 28, 57).

Der Vorteil der ventralen Spondylodese im Gegensatz zum konservativen Vorgehen besteht nach anatomischer Reposition des betroffenen Bewegungssegmentes in einer raschen Wiedererlangung der Wirbelsäulenstabilität unter Erhalt der Funktion. Die operative Behandlung erreicht durch Dekompression von Rückenmark und Nervenwurzeln sowie eine frühfunktionelle Frakturbehandlung eine Abkürzung der gesamten Rehabilitationszeit. Als mögliche Nachteile beschreiben TSCHERNE und ILLGNER (59) die Missachtung von Indikationen und biomechanischen Voraussetzungen sowie operationstechnische Fehler mit daraus resultierenden Misserfolgen.

13.2 Ventraler Zugang zur HWS

Der Vorzug des vorderen Zuganges zur HWS ist begründbar durch die Möglichkeit der direkten und vollständigen Dekompression des Spinalkanals unter Sicht. Ferner besteht eine unproblematische Rückenlagerung des Patienten mit der Möglichkeit der intraoperativen Kopfstellungskorrektur zur Reposition unter Bildwandlerkontrolle. Weiterhin ist der ventrale Zugang zur HWS schonend, schneller und mit geringem Blutverlust verbunden. Außerdem ist die rasche und vollständige Dekompression des Spinalkanals bei Einengung durch Wirbelkörper- oder Diskusmaterial suffizient möglich. Lagerung, Zugang und Stabilisation sind mit einer geringeren systemischen Belastung des Patienten verbunden und somit für ältere und/oder polytraumatisierte Patienten risikoärmer. AEBI et al.

(2) untersuchten 100 Patienten mit operativer Versorgung von HWS-Verletzungen, beobachteten den Zugang von rechts vermehrt bei operierenden Rechts- und von links bei operierenden Linkshändern. Für Eingriffe oberhalb C7 empfahlen sie den rechtsseitigen Zugriff, während tiefer liegende Segmente leichter von links erreicht werden.

Ein Nachteil bei ventralem Zugang besteht darin, dass verhakte Luxationsstellungen der dorsal gelegenen Gelenkfortsätze nicht immer reponiert werden können. Hier ist oft ein zusätzlicher dorsaler Zugang notwendig (8, 58). Entsprechend waren auch in der hier vorgestellten Serie die Re-Operationen von dorsal zur Entfernung von Knochenfragmenten aus dem Foramen intervertebrale erforderlich. Des Weiteren können dorsale Kompressionen der neuralen Strukturen (z.B. Knochenfragmente im Neuroforamen) nicht von ventral beseitigt werden. In der Studie von ARAND et al. (4) wurden 31 Patienten mit ventraler und 19 Patienten mit rein dorsaler Spondylodese der unteren HWS nachuntersucht. Es zeigte sich bei den ventralen Spondylodesen eine höhere Anzahl von degenerativen Veränderungen in den Anschlusssegmenten, die mit Funktionseinbußen einhergingen. Dennoch ergaben Nachuntersuchungen in Flexion und Extension der HWS nach vorderer Fixation eine um fünf Grad bessere Beweglichkeit als nach dorsaler Spondylodese.

13.3 Dorsaler Zugang zur HWS

Zu den Indikationen des hinteren Zuganges zur HWS gelten auch heute noch Luxationsfrakturen, Flexionsverletzungen mit erheblichem dorsalen ligamentären Weichteilschaden und nicht reponierbare reine Luxationen. Ebenso zählen hochinstabile Flexions-Hyperextensions-Traumen sowie die komplex instabilen Verletzungen bei Patienten mit Morbus Bechterew zu den Indikationen der dorsalen Stabilisierung (23, 28, 63). Ausgedehnte Zerreißen der Bandstrukturen und zu erwartende Instabilitäten trotz ventraler Spondylodese führten in unserer Studie bei 18 Operierten (15,1%) zur dorsalen Stabilisierung.

Die Vorteile gegenüber dem ventralen Zugang liegen laut BÖHLER (8) im Erreichen der gesamten Halswirbelsäule, besonders der Gelenkfortsätze, um Verhakungen lösen zu können. Zudem befinden sich im hinteren Zugangsbereich keine wesentlichen Strukturen, die verletzt werden können. ARAND et al. (4)

beobachteten in ihren Studien, dass es nach dorsalen Fixationen seltener zu degenerativen Veränderungen in den Anschlusssegmenten im Sinne von ventralen Spangenbildungen kam. Sie begründeten dies durch die veränderten biomechanischen Anforderungen.

Zu den Nachteilen des dorsalen Zuganges zählt BÖHLER (8) den größeren Blutverlust und die Gefahr der Lordosierung durch das Zusammenziehen der Dornfortsätze. ZEILINGER et al. (63) berichten über 327 Patienten mit diskoligamentären und/oder ossären traumatischen Verletzungen der unteren HWS, die alle mittels ventraler interkorporeller Spondylodese versorgt wurden. Sie beschreiben zusätzlich die Gefahr einer sekundären Instabilität durch eine Denervierung und Dissektion der dorsalen Halsmuskulatur. Außerdem sei postoperativ infolge Weichteiltrauma durch das notwendige Ablösen der Muskulatur mit einem ausgeprägten HWS-Lokalsyndrom zu rechnen.

13.4 Implantate

Inzwischen stehen verschiedene Implantate für die Stabilisierung der HWS zur Verfügung. Es kommen heutzutage fast ausschließlich Titanlegierungen zum Einsatz. Titan hat als Implantatrohstoff nicht nur den Vorteil der sehr guten Verträglichkeit (28). Bei Bedarf kann auch ein MRT der HWS durchgeführt werden. Die Beurteilbarkeit des operierten Segmentes kann jedoch durch Artefakte erheblich erschwert sein, ist aber wesentlich besser als bei Verwendung von Stahlimplantaten gewährleistet.

In der Literatur werden Vor- und Nachteile der mono- und bikortikalen Schrauben beschrieben. PITZEN et al. (50) empfehlen den Einsatz monokortikaler Schrauben bei degenerativen Erkrankungen, bikortikale bei kyphotischem Krankheitsbild. PITZEN et al. (50) wie auch LEHMANN et al. (37) sehen keinen statistisch bedeutsamen Unterschied zwischen der Stabilität monokortikal oder bikortikal eingebrachter Schrauben. Die Autoren beschreiben die Vorteile der monokortikalen Schrauben in einem geringeren Verletzungsrisiko des Rückenmarks, in einem geringeren finanziellen Aufwand und der kürzeren Röntgenstrahlzeit intraoperativ.

Für die Osteosynthese stehen verschiedene Systeme zur Verfügung. Man unterscheidet winkelstabile, winkelinstabile und dynamische (semi-rigide/semi-constrained) Implantate.

13.4.1 WINKELSTABILE SYSTEME

Bei den winkelstabilen Platten-Schrauben-Verbindungen müssen die Schrauben in einem vordefinierten, fixierten Winkel zur Platte montiert werden. Diese Systeme sind in der Regel mit monokortikal einzubringenden Schrauben kombiniert. Die Schrauben werden nur im spongiösen Wirbelkörper verankert und müssen die hintere Wirbelkörperwand nicht durchdringen, was den Vorteil einer nicht nötigen Perforation der dorsalen Kortikalis mit sich bringt. Dadurch erhöht sich die Sicherheit der Operation. Dura- und Myelonverletzungen sind nicht möglich. Verriegelungsmechanismen sollen bei unikortikaler Montage die Rigidität des Schrauben-Platten-Systems erhöhen, das aber dennoch laut ULRICH und NOTHWANG (60) bei hohen Belastungen komplett ausreißen kann. Auch HOFMEISTER und BÜHREN (28) beschreiben Untersuchungen, in denen festgestellt wurde, dass monokortikal eingebrachte Implantate für Flexion eine gute Stabilität boten, bei Rotationsbewegungen jedoch weniger Halt aufwiesen.

BLAUTH et al. (6) beurteilen in ihren Analysen von 191 Patienten, die mit einem winkelstabilen, bikortikalen Schrauben-Platten-System von ventral an der unteren HWS nach traumatischen Verletzungen versorgt wurden, ein Auswandern gelockerter Schrauben als unmöglich. Implantatlockerungen sind deshalb nur sehr selten zu beobachten, da alle Schrauben gelockert sein müssen. BLAUTH et al. (6) sehen das winkelstabile System als ein „intrinsisches“, also ein System mit innewohnender Stabilität.

13.4.2 WINKELINSTABILE SYSTEME

Bei den nicht winkelstabilen Implantaten kann dagegen die Bohrrichtung der Wirbelkörperschraube frei gewählt werden. Hierbei wurden häufig nur bikortikal greifende Schrauben im Wirbelkörper verankert. Die bikortikale Verankerung mit Erfassung der dorsalen Kortikalis bewirkt einen höheren Stabilitätsgrad und ermöglicht die Erfassung von Restwirbeln oder Wirbelfragmenten (6). Winkelinstabile Titanplatten mit bikortikalen Schrauben sollen laut HOFMEISTER und BÜHREN (28) bei hochgradigen Instabilitäten, bei Vorliegen langstreckiger De-

fekte und bei Revisionseingriffen eingesetzt werden. Die Gefahr einer erhöhten Komplikationsrate, bedingt durch die Notwendigkeit, die Wirbelkörperhinterwand zu durchbohren, ist der Literatur nicht zu entnehmen (28), aber durchaus denkbar. BLAUTH et al. (6) beschreiben winkelinstante Systeme als kostengünstig, da Zusatzinstrumente nicht erforderlich sind. Als weiteren Vorteil zählen sie das Erreichen einer gewissen Kompression durch exzentrisches Bohren.

13.4.3 DYNAMISCHE SYSTEME

Unter dynamischen Plattensystemen versteht man „semi-constrained-Systeme“, die Bewegungen an der Plattenschraubenschnittstelle ermöglichen. Kombiniert werden monokortikale Verschraubungen und winkelinstante Platten-Schrauben-Verbindungen. MOFTAKHAR und TROST (44) und HAID et al. (25) nahmen eine Unterteilung vor: zum einen sind es Systeme mit Platten-Schraubenschnittstellen, an denen Rotation möglich ist, z.B. die bei unseren Patienten verwendete Codman®-Platte. Zum anderen sind es Systeme mit Rotation an der Platten-Schrauben-Verbindung und translationaler Bewegung als Übersetzung der Drucklast von der Platte auf den Knochen, z.B. die ABC-Platte von Aesculap®. Letztere soll laut MOFTAKHAR und TROST (44) zu einer Zunahme des Fusionstempos führen, da der Knochen optimal heilt, wenn er Drucklast ausgesetzt ist.

BOSE (11) berichtet bei 37 traumatischen Verletzungen über ein dynamisches System, dem DOC ventral cervical stabilisation system, welches zu den vorderen zervikalen Fixierungssystemen zählt. Dieses Konzept verhindert ebenso eine starre Fixierung der Halswirbelsäule durch einen möglichen Gleitvorgang der Schrauben. Hierdurch kann eine Sinterung der Knochenimplantate ermöglicht und damit eine schnellere knöchernen Fusion beobachtet werden. Seine Studie hat ergeben, dass dieses dynamische System zu einer sehr guten Schmerzentlastung und zu schnelleren Knochenverschmelzungen führte und es kein Implantatversagen in der Serie gab.

13.5 Codman® anterior cervical plate system (ACPS)

In der vorliegenden Untersuchung über traumatische Instabilitäten der unteren HWS kam bei 119 Patienten die Codman®-Titanplatte zur Anwendung. Diese

Platten-Schraubenverbindung ist ein nicht winkelstabiles System mit der Verwendung ausschließlich monokortikaler Schrauben. Es gehört somit zu den „semi-constrained-Implantaten“ und kann als dynamisch bezeichnet werden. Zu den Vorteilen dieses Systems zählt die einfache und sichere Handhabung (18). Das variable Einbringen der Schrauben in den Wirbelkörper gewährleistet das sichere Platzieren auch bei anatomischen Besonderheiten (z.B. starke HWS-Kyphose). Der zusätzliche Verriegelungsmechanismus erzielt auch bei schrägem Eindrehen der Schrauben einen weitgehend festen Sitz. Weitere Vorzüge geben sich durch den Wegfall der Längenmessung, weil nur zwischen zwei verschiedenen Schraubenlängen (15 und 12 mm) gewählt werden muss. Das Risiko der Myelon- oder Duraverletzung ist äusserst gering, da die monokortikalen Schrauben die hintere Kortikalis nicht perforieren müssen. Implantatbedingte Komplikationen, Ausrisse eines Plattenendes oder Implantatlockerungen traten laut DAENTZER et al. (18) in einer Untersuchung von 95 Patienten mit traumatischen Instabilitäten und operativer Versorgung mittels ACPS in zwei Fällen und damit sehr selten auf. In einem Fall kam es zu einem Ausriss eines kaudalen Plattenendes, bei einem anderen zu einer Schraubenlockerung einer nicht verriegelbaren Interponatschraube. Metallbrüche oder Pseudarthrosen wurden nicht beobachtet.

13.6 Interponat

Der Bandscheiben- und Wirbelkörperersatz kann sowohl mit autologen und allogenen Knochenmaterialien als auch mit Wirbelkörperersatzimplantaten (Cages) durchgeführt werden. Der Beckenkammspan als Interponat hat den Vorteil, dass bei exakter technischer Ausführung des Einbringens eine sehr hohe Fusionsrate mit den anliegenden Wirbelkörpern erreicht wird (28). Zudem ist bei der Verwendung eines autologen Knochenspans eine hundertprozentige Verträglichkeit gegeben. Aus diesen Gründen wird der autologe Beckenkammspan noch immer als Standardtransplantat zum Bandscheiben- und Wirbelkörperersatz angesehen (33). In der hier untersuchten Serie kam ausschließlich autologer Knochen als Fusionsmaterial zum Einsatz. Lediglich in einem Fall wurde Material aus einem homologen Hüftkopf eingesetzt.

Komplikationen der Knochentransplantate, wie z. B. Pseudarthrosen, Transplantatsinterungen, -wanderungen oder -nekrosen führten in den letzten Jahren zu einem vermehrten Einsatz von Cages als Bandscheiben- und Wirbelkörperersatz. Die metallischen Wirbelkörperersatzimplantate unterschiedlichen Aufbaus zeigten laut KANDZIORA et al. (33) in ihren Studien eine höhere Steifigkeit und einen geringeren Bewegungsumfang der HWS postoperativ als beim Beckenkammspaninterponat. Weitere Probleme der Cages sehen KANDZIORA et al. (33) in operationstechnischen Besonderheiten, beispielsweise einer Überdistraktion des Bewegungssegmentes mit Impression der Endplatten. Zur ventralen Stabilisierung und zur Wiederherstellung der vorderen Säule kann prinzipiell sowohl ein metallisches Wirbelkörperersatzimplantat als auch ein autologer Beckenkammspan zum Einsatz kommen.

13.7 Beschwerden

Neben neurologischen Defiziten gehören Schmerzen und Funktionsbeeinträchtigungen zu den unmittelbar von den Patienten wahrgenommenen Unfallfolgen. Die Befragung unserer Patienten ergab, dass postoperativ 23 (40,4%) der Patienten am stärksten die Schmerzen am Beckenkamm, 20 (35,1%) der Operierten den Schmerz im Bereich der HWS am ausgeprägtesten empfanden. Zum Zeitpunkt der Befragung litten jedoch 39 Patienten (68,4%) an HWS-Schmerzen und nur 22 (38,6%) an Schmerzen im Bereich des Beckenkammes. Acht der Operierten (14,0%) klagten über tägliche Schmerzen in der HWS. Eine ständige Schmerzwahrnehmung im Bereich des Beckenkammes wurde bei keinem der Patienten beobachtet. Der Unterschied der Schmerzhäufigkeit der HWS im Vergleich zum Beckenkamm war in unserer Studie hochsignifikant. Zum Befragungszeitpunkt dominierten bei 39 (68,4%) der Befragten zusätzlich Kopfschmerzen. Schmerzen in der HWS wurden nur als mittelmäßig angegeben und als gering wurden die Beschwerden im Bereich des Beckenkammes bewertet. Zu schmerzhaften Bewegungseinschränkungen kam es in der Halswirbelsäule bei 28 (49,1%) Patienten, 23 (40,4%) klagten über bewegungsabhängige Schmerzen in den Armen.

In den Nachuntersuchungen von ILLGNER et al. (30) nach ventraler H-Plattenspondylodese traten bei insgesamt 116 operativ versorgten Patienten,

davon 92 Patienten mit HWS-Verletzungen und 24 mit chronischen HWS-Erkrankungen, bei 24 Patienten (20,7%) häufige Nackenschmerzen auf. 14 Patienten (12,1%) klagten über rezidivierende Kopfschmerzen und in sieben Fällen (6,0%) wurde über bewegungsabhängige Schmerzen im HWS-Bereich berichtet. MESTDAGH (43) hingegen beobachtete anhand seiner Resultate über 130 posttraumatische Patienten mit interkorporeller Plattenspondylodese der unteren HWS, basierend auf den Angaben der klinischen Nachkontrolle von 69 Patienten, bei 10 Patienten (14,5%) bewegungsabhängige Schmerzen der Halswirbelsäule, die in Schulter und Nackenregion ausstrahlten. Lediglich acht seiner Patienten (11,6%) gaben Nackensteife an. Er machte darauf aufmerksam, dass das Auseinanderhalten der Ursachen für die angegebenen Beschwerden schwierig sei. Ursächlich könnten die Beschwerden aufgrund von persistierenden Muskelatrophien durch mangelndes Training beruhen, oder aber sie sind durch Minderdurchblutung bedingt. BLAUTH et al. (7) untersuchten 89 Patienten mit instabilen traumatischen Läsionen der unteren HWS, die von ventral stabilisiert wurden. Nach 10 und mehr Jahren konnten 57 Patienten nachuntersucht werden, von denen 40 (70,2%) niemals unter Ruheschmerzen im HWS-Bereich litten. Unter Belastung waren 19 Patienten (33,3%) vollständig beschwerdefrei, 4 (7,0%) beschrieben ständige Schmerzen. 49 (86,0%) von 57 Patienten verneinten jede Einnahme von Medikamenten wegen Beschwerden im Bereich der HWS oder des Kopfes (7). In unseren Auswertungen nahmen 37 (64,9%) von 57 Patienten keine Schmerzmittel aufgrund von HWS-Beschwerden. Bei 20 Operierten (35,1%) war Medikamenteneinnahme wegen Schmerzen der HWS, bei sechs Operierten (10,5%) wegen Beckenkamm-schmerzen erforderlich. Statistisch war dieser Unterschied in unserer Studie zum Befragungszeitpunkt hochsignifikant.

Diese signifikanten Unterschiede lassen sich durch die unterschiedlichen Methoden der Datenerhebung erklären. Sicherlich ist der Patient bei Befragung per Fragebogen schneller bereit und weniger befangen, Schmerzen anzugeben als bei der klinischen Untersuchung.

Für einen Vergleich mit Angaben aus anderen Studien ist das Schmerzempfinden nur bedingt geeignet, da es sehr subjektiv ist. Fraglich ist auch, ob die Beschwerden mit der Verletzung der HWS selbst oder mit der Operation zu-

sammenhängen, denn Patienten ohne HWS-Verletzungen können aufgrund von degenerativen Veränderungen eine ähnliche Symptomatik aufweisen.

13.8 Neurologie

Für das weitere Leben des Patienten spielen die Entwicklungen der neurologischen Ausfälle eine entscheidende Rolle. Die Verschlechterung neurologischer Symptome im Behandlungsverlauf muss als wesentliche und schwere Komplikation gesehen werden. Die neurologischen Beschwerden stellen damit die gravierendsten der zurückbleibenden Beeinträchtigungen nach dem Unfall dar, v.a. wenn es sich um ein komplettes Querschnittssyndrom handelt.

Der neurologische Status, d.h. die sensiblen und motorischen Ausfälle, wurde in unserer Studie mit Hilfe der ASIA-Klassifikation dokumentiert.

Es waren zum Unfallzeitpunkt 57 (48,3%) Patienten ohne neurologisches Defizit, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung lagen bei 73 (61,9%) keine neurologischen Symptome vor. Bei 28 (23,7%) der Operierten zeigte sich beim Follow-up eine rückläufige Symptomatik. Eine Verbesserung von Grad D auf E ist bei 16 Patienten eingetreten, von C auf D bei sieben, und bei zwei Patienten kam es zur Besserung von A auf B. Bemerkenswert erschien die Verbesserung der Symptomatik um zwei Grade bei drei Patienten, davon ein Patient von C zu Grad E, zwei Patienten von Grad A zu C. Insgesamt wurden bei 89 (75,4%) Operierten keine Verschlechterungen oder Verbesserungen beobachtet. Bei einem Patienten (0,8%) veränderte sich die neurologische Symptomatik von Grad E auf D.

In den oben erwähnten Untersuchungen von HOFMEISTER und BÜHREN (28) zeigte sich bei ca. 10% der Patienten mit neurologischem Defizit eine Verbesserung um mindestens eine oder mehrere Kategorien der ASIA-Klassifikation. Zwei Patienten (0,8%) wiesen in der postoperativen Kontrolle eine Verschlechterung auf. KOCKS et al. (34) gaben in ihrer Studie über 147 Patienten bei operativer Stabilisierung von traumatischen HWS-Verletzungen eine Besserung des neurologischen Befundes bei 20% der Patienten an. Eine Verschlechterung war bei 3,5% zu verzeichnen.

Eine Verbesserung der neurologischen Symptomatik nach ventraler, dorsaler Spondylodese wurde bei ca. 10% der Patienten in der Studie von BÜHREN (13)

beobachtet. Er beschreibt Ergebnisse aus einer Sammelstudie mit einer Fallzahl von 542 Patienten der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, die alle relevanten traumatischen HWS-Verletzungen über drei Jahre aus 13 Kliniken erfasst. Er zweifelt allerdings daran, ob generell die Frühoperation einen wesentlichen positiven Einfluß auf die Rückbildung neurologischer Ausfälle hat.

In einem Punkt sind sich jedoch alle Autoren einig und zwar darin, dass Verletzungen der HWS mit neurologischer Symptomatik mit Dringlichkeit zu behandeln sind. KORTMANN et al. (35) und auch AEBI et al. (1) sind der Meinung, dass das Ausmaß der Rückbildung neurologischer Symptome umso größer sei, je früher die Wiederherstellung der anatomischen Verhältnisse und damit Dekompression neuraler Strukturen erfolgt.

Die operative Versorgung mit Hilfe der ventralen Spondylodese führt zur sofortigen Dekompression der Nervenstrukturen, der Möglichkeit einer schnellen Mobilisation als auch Rehabilitation des Patienten (1, 13, 34, 55).

Die eigenen Nachuntersuchungen zeigten, dass sich nach ventraler Spondylodese 25 (21,2%) von insgesamt 29 untersuchten Patienten mit neurologischer Symptomatik um eine Kategorie, drei Patienten (2,5%) um zwei Kategorien der ASIA-Klassifikation verbessern konnten. Bei einem Patienten (0,8%) trat eine Verschlechterung auf. Ein Großteil der Operierten wies keine oder nur noch geringe neurologische Defizite bei der Nachuntersuchung auf. Diese Ergebnisse verdeutlichen, dass nach dem operativen Eingriff eine gute Prognose der neurologischen Ausfälle in Abhängigkeit der initialen Symptomatik besteht. Je geringer die präoperativen Ausfälle sind, desto größer ist die Chance auf eine Besserung. Bei einem kompletten Querschnittssyndrom (ASIA A) ist die Chance auf eine Besserung jedoch gering, da bereits eine erhebliche Schädigung des Myelons angenommen werden muss, was sich auch in unserer Studie bestätigt.

13.9 Komplikationen

Von den 119 Patienten erlitten 19 Personen (16,0%) allgemeine Komplikationen, 100 Patienten (84,0%) hatten einen unkomplizierten Verlauf. Zwei Patienten (1,7%) wiesen als implantat-assoziierte Komplikation einen Schraubenausriss am kaudalen oder kranialen Plattenende auf, ein Patient (0,8%) eine Schraubendislokation. Die Schraubenlockerung verlief asymptomatisch und

führte auch ohne Re-Operation zur knöchernen Fusion. Metallbrüche oder Pseudarthrosen wurden nicht beobachtet.

In der vorliegenden Arbeit liegen die implantatbedingten Komplikationen deutlich unter der durchschnittlichen Rate von 5% unterschiedlicher Implantatsysteme (6). Auch Implantatbrüche und -lockerungen wurden seltener beobachtet. In den Analysen von BLAUTH et al. (6) über 191 Patienten mit ventraler interkorporeller Spondylodese der unteren HWS zeigen sich keine Hinweise auf Vorteile von winkelstabilen gegenüber winkelinstabilen Plattensystemen. Beide Systeme weisen Fusionsraten von 99-100% bei einem Korrekturverlust von 0-2% auf. Die Häufigkeit von Implantatbrüchen oder -lockerungen wird bei winkelstabilen Systemen mit 0 bis 17% angegeben. In einer weiteren Studie von BLAUTH et al. (7) kam es bei 6 der 79 Patienten (7,6%), die mit ventraler Spondylodese nach traumatischen Läsionen versorgt wurden, zu implantatbedingten Komplikationen. Darunter fielen u.a. Schrauben- mit folgenden Plattenlockerungen und Plattenbruch. KALFF et al. (32) berichten in ihrer Studie über belastungsstabile Spondylodesen mit insgesamt 97 operativen Stabilisierungen über 9 Patienten mit implantatbezogenen Komplikationen (9,3%). Eine alleinige ventrale Plattenspondylodese erhielten 79 Patienten (81,4%) und eine kombinierte ventrale und dorsale Stabilisierung war in 18 Fällen (18,6%) notwendig.

13.10 Radiologische Veränderungen

Spondylodesen zeigen in der Regel nach 6 und nach 16 Wochen radiologisch eine knöcherne Durchbauung (7, 55). Bei allen in unserer Studie eingeschlossenen Patienten ist die Wirbelkörperperfusion zum Zeitpunkt des Follow-up suffizient erzielt worden. Nach acht Wochen kam es bei 27 Patienten (22,7%) zu einer beginnenden, bei 15 Patienten (12,6%) zu einer fortgeschrittenen Durchbauung. 19 Patienten (16,0%) zeigten nach einem halben Jahr eine beginnende, 40 Patienten (33,6%) eine fortgeschrittene und 26 Patienten (21,9%) eine komplette knöcherne Fusion. Eine sekundäre Dislokation wurde nie beobachtet. MORSCHER et al. (46), ULRICH und NOTHWANG (60) dokumentierten in ihren Arbeiten, dass in sämtlichen Fällen der vorderen Plattenosteosynthese keine Pseudarthrosen auftraten. Die radiologische Auswertung bei 60 von insgesamt

180 mit ventraler Spondylodese mit Knochenspan operierten Patienten bei MÜLLER (47) ergab ebenfalls in allen Fällen eine knöcherne Fusion. Er stellte in jedem Segment eine Höhenminderung des Zwischenwirbelraumes fest, insbesondere in den Etagen C5/6 und C6/7. Die Gesamtbeweglichkeit der HWS im Röntgenbild nahm unter Einschluss der fusionierten Segmente signifikant ab. In der Studie von CASHA und FEHLINGS (15) über 195 Patienten, die alle mit dem ACPS versorgt wurden, wurde eine Fusionsrate von 94% erzielt. Es wurde mit Hilfe der „dynamischen“ Systeme, hier der „semi-constrained“ Codman®-Platte eine schnelle Fusion erzielt. Den Vorteil in diesem Plattensystem sieht er in der Variabilität des Winkels zwischen Schrauben- und Plattensystem, die somit die Kraftübertragung fördern und eine Verschmelzung der knöchernen Elemente begünstigen.

Mit Hilfe der Röntgenuntersuchung lassen sich auch Folgen der veränderten mechanischen Verhältnisse an den einer Spondylodese benachbarten Segmenten erfassen. MÄHRING (40) untersuchte bei 45 Patienten mit Einsegmentspondylodese 80 benachbarte Bewegungssegmente (45 kranial und 35 kaudal) und 118 nicht angrenzende Segmente. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug ein bis maximal acht Jahre (durchschnittlich 3,9 Jahre). Bei 35 der benachbarten Bewegungssegmente (43,8%) zeigten sich radiologisch fassbare Veränderungen gegenüber dem Ausgangsbefund. Die Veränderungen der nicht benachbarten Segmente hielten sich mit nur 5 Fällen (4,7%) in Grenzen. Nasenförmige Osteophyten konnten bei 12 Anschlusssegmenten beobachtet werden. 8 spangenförmige Osteophyten verteilten sich zu gleichen Teilen auf beide benachbarten Segmente. 6 der Nachbarsegmente wiesen unveränderte Osteochondrosen auf. In der Studie von ULRICH und NOTHWANG (60) über 119 Patienten mit traumatischen Instabilitäten der unteren HWS traten bei 32 (40,0%) der 81 nachuntersuchten Patienten nach Spondylodese spondylophytäre Veränderungen auf. Auch bei BLAUTH et al. (7) ergaben die Nachuntersuchungen bei 17 (29,8%) von 57 Patienten ein vermehrtes Auftreten von Osteophyten.

In unserem Patientengut war zum Zeitpunkt des Follow-up bei allen untersuchten 119 Patienten eine knöcherne Fusion eingetreten. Eine Aussage über eine schnellere und bessere Fusion mit Hilfe der dynamischen Systeme, hier der Codman®-Platte, lässt sich nicht treffen, da es an einer Vergleichsgruppe fehlt.

Bei 110 Patienten (92,4%) zeigte sich eine regelrechte unveränderte Lage des eingebrachten Osteosynthesematerials. In einem der Fälle (0,8%) kam es zur Dislokation einer Schraube mit leichter Sinterung des Beckenspanns, in einem anderen (0,8%) kam es zum Ausriss der kaudalen Spongiosaschrauben und somit zum Abrutschen des Interponates. Bei einer 74-jährigen Patientin (0,8%) riss das kraniale Schraubenpaar einschließlich des Beckenkammspan und der Platte wegen bestehender Osteoporose aus. Operationsbedürftige Anschluß-Instabilitäten fanden sich bei drei unserer Patienten (2,5%). Wanderungen eines Schraubenpaares nach kranial traten bei vier Operierten (3,4%), die Wanderung eines Schraubenpaares nach kaudal trat einmal (0,8%) auf, was als Wirkung des dynamischen Systems zu werten ist. Bei sieben Patienten (5,9%) kam es zu Osteophytenbildungen an den angrenzenden Segmenten der Spondylodese, bei fünf Patienten (4,2%) zur kaudalen, bei einem Patienten (0,8%) zur kranialen Osteophytenbildung. Kaudale und kraniale Osteophytenbildung wies ein Patient (0,8%) auf. Die von uns festgestellten postoperativen radiologischen Veränderungen bezüglich Osteophytenbildung traten im Vergleich zur Literatur seltener auf. Für die reaktiven Veränderungen an den kaudalen und kranialen Segmenten kann neben den möglichen unfallbedingten Band- und Diskusverletzungen die Präparation des vorderen Längsbandes während der Operation verantwortlich sein.

13.11 Soziale Aspekte

Eine Einschätzung des Gesamt-OP-Ergebnisses lässt sich sehr gut an Hand der Reintegration in das soziale Umfeld nachvollziehen. Die Daten des Fragebogens ermöglichen die Beurteilung der persönlichen Lebensweise im sozialen Umfeld und auf der Ebene der körperlichen und freizeitaktiven Möglichkeiten der Patienten.

Bei der Betrachtung der beruflichen Situation der Patienten zum Zeitpunkt der Folgeuntersuchung ist festzustellen, dass 44 (77,2%) Patienten wieder ihrer präoperativen Tätigkeit nachgehen und 13 (22,8%) der Operierten eine Veränderung in ihrem Berufsleben erfuhren. Drei Patienten wurden arbeitslos, drei weitere im postoperativen Verlauf berentet. Sie zeigten subjektiv schlechte

Ergebnisse, klagten u.a. vermehrt über bewegungsabhängige Schmerzen. Objektiv konnte postoperativ anhand unserer Kriterien nur bei einem Patienten ein entsprechendes Korrelat gefunden werden. Vier Patienten im Alter von 20-35 Jahren ließen sich aufgrund der Arbeitsmarktlage und auch aufgrund postoperativer Schmerzsymptomatik umschulen. Bei zwei der Patienten kam es postoperativ zu einem Wechsel von körperlich schwerer zu leichterer Arbeit. Ein 31-jähriger Werkzeugmechaniker erlernte wegen der Querschnittssymptomatik den Beruf des Programmierers und ein 45-jähriger Bankangestellter nahm wegen bewegungsabhängiger Schmerzen innerhalb seiner beruflichen Tätigkeit einen Arbeitsplatz mit weniger körperlicher Anstrengung ein. Ein Patient nahm nach dem operativen Eingriff ein Studium auf. Alle anderen Patienten waren postoperativ wieder in der Lage, in ihren alten Berufen vollzeitig zu arbeiten.

BLAUTH et al. (7) berichten in ihrer Studie von 57 nachuntersuchten Patienten mit ventraler interkorporeller Spondylodese nach traumatischen Verletzungen über ähnliche Ergebnisse in Bezug auf den beruflichen Status. So gingen 30 (52,6%) der Patienten dem gleichen Beruf wie vor dem Unfall nach, 15 Personen (26,3%) nahmen einen Berufswechsel vor und vier der Operierten (7,0%) waren aus Altersgründen berentet.

MESTDAGH (43) beschrieb die sozialen Aspekte von 80 befragten Patienten. Dabei gaben 65 der Befragten (81,3%) eine Wiederaufnahme der Arbeit an, 53 (66,3%) davon in früherer Funktion, 12 (15,0%) mit leichterer Arbeit als zuvor. Erwerbsunfähig und invalid waren 11 seiner Patienten (13,8%). Damit weisen alle Studien hinsichtlich des „sozialen Outcome“ vergleichbare Ergebnisse auf.

Ein weiterer idealer Parameter zur Bemessung des OP-Erfolges und der postoperativen Rehabilitation stellen das Sport- und Freizeitverhalten der Patienten dar. So kann man erwarten, dass zur Ausübung von vielen Freizeitaktivitäten eine gewisse Beschwerdefreiheit bzw. nur geringe Rest-Beschwerden Voraussetzung ist. Im Zeitraum vor der Operation waren 35 (61,4%) der 57 Befragten unserer Studie sportlich aktiv. Nach der ventralen Spondylodese gingen noch 19 Patienten (33,3%) sportlicher Betätigung nach. Insgesamt 16 (28,1%) der Befragten klagten nach dem operativen Eingriff über schmerzbedingte Einschränkungen bei ihren sportlichen Aktivitäten. Unsere Studie präsentiert mit

einem über die Hälfte weiterhin sportlich aktiven Patientengut postoperativ ein durchaus zufriedenstellendes Ergebnis. In der vorliegenden Literatur sind zu sportlichen Aktivitäten keine vergleichenden Angaben vorhanden.

Untersucht man die postoperative Schmerzmedikation der Patienten, so lassen sich weitere Indizien für den Erfolg einer Spondylodese finden. Die ständige Einnahme von Schmerzmitteln aufgrund von Beschwerden im Bereich der HWS bejahten nur 5 (8,8%) der Befragten. Ein Patient (1,8%) beschrieb regelmäßige Analgetikaeinnahmen wegen Schmerzen im Gebiet der Entnahmestelle des Beckenkammspanns.

Vergleiche mit anderen Studien sind aufgrund fehlender Angaben zur Schmerztherapie nicht möglich.

Die positiven Resultate der ventralen Spondylodese spiegeln sich auch in der Zufriedenheit der Patienten über den operativen Eingriff wider. Mit 93,0% ist der Großteil der Befragten mit dem Gesamtergebnis der ventralen Spondylodese zufrieden. Insgesamt würden 53 (93,0%) der Patienten den Eingriff nochmals durchführen lassen, wenn sie in dieselbe Situation kämen. Vier Patienten mit Querschnittssyndrom C7, Luxationsfraktur C4/5 bzw. C6/7 und C5-Fraktur präoperativ würden eine OP ablehnen, obwohl drei Patienten davon mit dem postoperativen Ergebnis zufrieden sind.

14. Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit umfasst eine Analyse von 119 Patienten, die aufgrund einer traumatischen Instabilität der unteren HWS (HW 2/3 – HW 7/BW 1) mittels ventraler Spondylodese operativ versorgt wurden. Der ventrale Zugang mit Plattenspondylodese hat sich als Standardverfahren mit verschiedenen Spezialimplantaten als sicher und im Ausheilungsergebnis zuverlässig bewährt. Zusätzliche dorsale Fixierungen sind bei hochgradigen 3-Säulen-Instabilitäten oder verhakten Luxationen indiziert. Für den operativen Eingriff von ventral stehen winkelstabile oder-instabile Implantate und dynamische Systeme zur Verfügung. Zur operativen Versorgung der instabilen Verletzungen der unteren Halswirbelsäule kam bei unseren 119 Patienten das Codman® anterior cervical plate system (ACPS) zur Anwendung. Die Wirbelkörperfusion bzw. Wirbelkörper-Ersatz erfolgte in allen Fällen bis auf einen mittels autologen Beckenkammspanns. Die Verletzungen der HWS resultierten überwiegend aus Unfällen im Verkehr und in der Freizeit, bei einem Großteil der Patienten kam es zu Mehrfachverletzungen. Das mittlere Alter zum Operationszeitpunkt betrug 42,9 Jahre, das durchschnittliche Follow-up 14,7 Monate. Das verwendete Plattensystem hat Vorteile durch eine einfache und sichere Handhabung, da nur zwei Schraubenarten (12 und 15 mm) eingesetzt werden. Des Weiteren zählt es zu den winkelinstabilen Systemen, die den Vorteil aufweisen, dass die Schrauben variabel in den Wirbelkörper eingedreht werden können. Ein zusätzlicher Verriegelungsmechanismus garantiert auch beim schrägen Einbringen der Schrauben einen ausreichend festen Sitz, lässt jedoch Rotationsbewegungen im Platten-Schrauben-Verbund zu. Damit zählt dieses System zu den „dynamischen“ oder „semi-constrained“-Implantaten. Die Benutzung monokortikaler Schrauben, die die hintere Kortikalis nicht perforieren müssen, vermindert das Risiko der Dura- oder Myelonverletzung. Die Resultate fielen insgesamt positiv aus, sie zeigten im Gegensatz zu anderen Systemen im Literaturvergleich seltenere implantatbedingte Komplikationen. Wir fanden in unserer Serie bei 2 Patienten Ausrisse (1,7%) von Schrauben. In der Literatur wird bei andern Systemen eine Schraubenlockerung in durchschnittlich 5% der Fälle angegeben. In fünf Fällen (4,2%) wurde durch

Knochensinterung eine Wanderung eines Schraubenpaares nach kranial oder kaudal gesehen, die aber nicht revisionsbedürftig waren. Bei keinem der 119 Patienten wurden Platten- oder Schraubenbrüche oder Pseudarthrosen erfasst. Eine knöcherne Durchbauung war nach 6-12 Monaten in allen Fällen gegeben. Eine rückläufige Symptomatik wurde bei 28 Patienten (23,7%) mit initial vorhandenen neurologischen Ausfällen zum Zeitpunkt des Follow-up festgestellt. 73 Patienten (61,9%) waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ohne jedes sensomotorische Defizit.

Die ACPS gewährleistet eine sehr gute Stabilität aufgrund der guten knöchernen Fusionsrate des implantierten Knochenspanes und der zusätzlich eingebrachten Platte. Insgesamt ist eine weitgehende Übereinstimmung unserer Ergebnisse mit denen der Literatur zu finden.

15. Summary

This study encompasses an analysis of 119 patients who underwent surgery in the form of ventral plate spondylodesis due to traumatic instability of the lower cervical spine (cervical vertebrae 2/3 – cervical vertebra 7/thoracic vertebra 1). As the standard procedure with various special implants, the ventral approach with plate spondylodesis has proved safe and results in reliable healing. Additional dorsal fixation is indicated in the case of severe 3-point instabilities or blocked luxations. Angularly stable or instable implants and dynamic systems are available for ventral surgery. The Codman[®] anterior cervical plate system (ACPS) was employed in surgical care of the instable, lower cervical spine injuries in our 119 patients. In all cases bar one, vertebral body fusion or vertebral body replacement was carried out by means of autologous iliac crest bone grafts. The cervical spine injuries resulted primarily from road traffic and leisure accidents, with the vast majority of patients exhibiting multiple injuries. The average age at the time of surgery was 42.9 years, the mean follow-up period 14.7 months. The plate system which was employed offers advantages due to simple and safe handling, as only two types of screw (12 and 15 mm) are used. In addition, it is one of the angularly instable systems, which have the advantage that the screws are variably screwed into the vertebral body. An additional locking mechanism also guarantees adequately firm seating, even when the screws are installed obliquely, but permits rotational movements in the plate-screw system. This system is therefore regarded as one of the "dynamic" or "semi-constrained" implants. The use of monocortical screws, which do not have to perforate the posterior cortical bone, reduces the risk of injuring the dura mater or myelon. On the whole, the results were positive. In contrast to other systems described in the literature, they revealed implant-related complications less frequently. In our series, screws were discovered to have torn out in 2 patients (1.7%). In the case of other systems, screws are reported to have come loose in an average of 5% of cases in the literature. In five cases (4.2%), bone sintering led to cranial or caudal migration of a pair of screws, but this did

not require revision. Plate or screw fractures or cases of pseudarthrosis were not recorded in any of the 119 patients.

Osseous through-formation was given after 6-12 months. Retrogressive symptoms were determined in 28 patients (23.7%) with initial neurological deficiencies at the follow-up point. 73 patients (61.9%) revealed no sensomotor deficits whatsoever at the time of the follow-up examination.

The ACPS guarantees very good stability due to the good osseous fusion rate of the bone graft which is implanted and the additionally inserted plate. On the whole, our results correspond extensively with those found in the literature.

16. Literaturverzeichnis

- 1 **AEBI**, M., Mohler, J., Zäch, G. A., Morscher, E.
Die operative Behandlung von Halswirbelsäulenverletzungen
Helv chir Acta 50 (1983), 199-209
- 2 **AEBI**, M., Mohler, J., Zäch, G. A., Morscher, E.
Indication, surgical technique, and results of 100 Surgically-treated
Fractures and Fracture-dislocation of the Cervical Spine
Clin Orthop 203 (1986), 244-257
- 3 **AEBI**, M., Nazarian, S.
Klassifikation der Halswirbelsäulenverletzungen
Orthopäde 16 (1987), 27-36
- 4 **ARAND**, M., Mutschler, W., Ulrich, C.
Funktionseinschränkungen nach ventralen und dorsalen Spondylo-
desen der traumatisierten unteren Halswirbelsäule
Aktuelle Probl Chir Orthop 43 (1994), 52-55
- 5 **BILOW**, H., Weller, S.
Halswirbelsäulenverletzungen- Die konservative Behandlung und
ihre Ergebnisse
Hefte Unfallheilkd 149 (1980), 77-88
- 6 **BLAUTH**, M., Schmidt, U., Bastian, L., Knop, C., Tscherne, H.
Die ventrale interkorporelle Spondylodese bei Verletzungen der
Halswirbelsäule
Zentralbl Chir 123 (1998), 919-929

- 7 **BLAUTH, M.**, Schmidt, U., Dienst, M., Knop, C., Lobenhoffer, P.,
Tscherne, H.
Langzeitergebnisse von 57 Patienten nach ventraler interkorporeller
Spondylodese der unteren Halswirbelsäule
Unfallchirurg 99 (1996), 925-939

- 8 **BÖHLER, J.**
Operative Behandlung unstabiler Frakturen und Luxationsfrakturen
der Halswirbelsäule
Unfallchirurgie 3 (1977), 25-31

- 9 **BÖHLER, J.**
Operative Behandlung von Halswirbelsäulenverletzungen
Hefte Unfallheilkd 18 (1971), 132-136

- 10 **BÖHLER, J.**, Gaudernak, T.
Anterior plate stabilization for fracture-dislocations of the lower
cervical spine
J Trauma 20 (1980), 203-205

- 11 **BOSE, B.**
Anterior cervical arthrodesis using DOC dynamic stabilization im-
plant for improvement in sagittal angulation and controlled setting
J Neurosurg 98 (2003), 8-13

- 12 **BÜHREN, V.**
Chirurgische Versorgung bei Tetraplegie
Unfallchirurg 102 (1999), 1-11

- 13 **BÜHREN, V.**
Frakturen und Instabilitäten der Halswirbelsäule
Unfallchirurg 73 (2002), 1049-1066

- 14 **BÜHREN**, V., Hofmeister, M., Militz, M., Potulski, M.
Indikationsstellung für die operative Behandlung bei Verletzungen der Halswirbelsäule
Zentralbl Chir 123 (1998), 907-913
- 15 **CASHA**, S., Fehlings, M. G.
Clinical and radiological evaluation of the Codman[®] semiconstrained load-sharing anterior cervical plate: prospective multi-center trial and independent blinded evaluation of outcome
J Neurosurg 99 (2003), 264-270
- 16 **CASPAR**, W., Dragos, D. B., Klara, P. M.
Anterior cervical fusion and caspar plate stabilization for cervical trauma
Neurosurgery 25 (1989), 491-502
- 17 **CLOWARD**, R. B.
Treatment of acute fractures and fracturedislocations of the cervical spine by ventral-body fusion
J Neurosurg 18 (1960), 201-209
- 18 **DAENTZER**, D., Böker, D.-K.
Operative Stabilisierung traumatischer Instabilitäten der unteren Halswirbelsäule
Unfallchirurg 107 (2004), 175-180
- 19 **DAENTZER**, D., Deinsberger, W., Böker, D.-K.
Vertebral artery complications in anterior approaches to the cervical spine: report of two cases and review of literature.
Surg Neurol 59 (2003), 300-309

- 20 **FELDMAN**, R. P., Goodrich, J. T.
The Edwin Smith Surgical Papyrus
Childs Nerv Syst 15 (1999), 281-284
- 21 **GEHWEILER**, J. A., William, M., Clark, M., Schaaf, R. E., Powers, B., Miller, M.
Cervical spine trauma: The common combined conditions
Radiology 130 (1979), 77-86
- 22 **GREENSPAN**, A.
Skelettradiologie
VCH Verlagsgesellschaft mbH, 2. Auflage (1993)
- 23 **GROB**, D., Magerl, F.
Dorsale Spondylodese der Halswirbelsäule mit der Hakenplatte
Orthopäde 16 (1987), 55-61
- 24 **HADRA**, B. E.
The classic: wiring of the vertebrae as a means of immobilization in fracture and Pott's disease
Clin Orthop 112 (1975), 4-8
- 25 **HAID**, R. W., Foley, K. T., Rodts, G. E., Barnes, B.
The cervical spine study group anterior cervical plate nomenclature
Neurosurg Focus 12 (2002), 1-6
- 26 **HENNE-BRUNS**, D., Dürig, M., Kremer, B.
Chirurgie, Duale Reihe
Thieme-Verlag, 2. Auflage (2003), 1164-1165
- 27 **HILDEBRANDT**, H.
Psyhyrembel, Klinisches Wörterbuch, Zervikobrachialsyndrom,
Walter de Gryter, 258. Auflage (1998), 1716

- 28 **HOFMEISTER**, M., Bühren, V.
Therapiekonzept für Verletzungen der unteren HWS
Orthopäde 28 (1999), 401-413
- 29 **HOHMANN**, D., Liebig, K.
Technik der ventralen Spondylodese an der unteren Halswirbelsäule
Orthopäde 16 (1987), 62-69
- 30 **ILLGNER**, A., Haas, N., Blauth, M., Tscherne, H.
Die operative Behandlung von Verletzungen der Halswirbelsäule
Unfallchirurg 92 (1989), 363-372
- 31 **JONES**, E. T., Pickett, J. C.
An operation for progressive spinal deformities
Clin Orthop 229 (1988), 2-3
- 32 **KALFF**, R., Kocks, W., Roosen, K., Schmit-Neuerburg, K. P., Birg, H. W.
Die belastungsstabile Spondylodese bei Verletzungen der unteren Halswirbelsäule
Neurochirurgia 31 (1988), 179-185
- 33 **KANDZIORA**, F., Schnake, K. J., Klostermann, C. K., Haas, N. P.
Wirbelkörperersatz in der Wirbelsäulen Chirurgie
Unfallchirurg 107 (2004), 354-371
- 34 **KOCKS**, W., Pospiech, J., Stürmer, K. M., Joka, T.
Ergebnisse bei operativer Therapie von Halswirbelsäulenverletzungen
Aktuelle Probl Chir Orthop 43 (1994), 45-51

- 35 **KORTMANN**, H.-R., Wolter, D., Meinecke, F.-W., Eggers, C.
Die Rückbildungstendenz neurologischer Schäden bei der operativen Sofortversorgung von Halswirbelsäulenverletzten mit Rückenmarksbeteiligung
Chirurg 57 (1986), 695-701
- 36 **LANGE**, F.
The classic. Support for the spondylitic spine by means of buried steel bars, Attached to the Vertebrae
Clin Orthop 203 (1986), 3-6
- 37 **LEHMANN**, W., Blauth, M., Briem, D., Schmidt, U.
Biomechanical analysis of anterior cervical spine plate fixation system with unicortical and bicortical screw purchase
Eur Spine J 1 (2004), 69-75
- 38 **LOUIS**, R.
Der ventrale Zugang zur Halswirbelsäule
Orthopäde 16 (1987), 37-45
- 39 **LUDWIG**, J., Krämer, J.
Die Wirbelsäule
Thieme-Verlag (2000), 332-338
- 40 **MÄHRING**, M.
Segmentveränderungen der Halswirbelsäule nach zervikale Spondylodesen instabiler Verletzungen
Unfallchirurgie 14 (1988), 247-258
- 41 **MAGERL**, F., Aebi, M., Gertzbein, S. D., Harms, J., Nazarian, S.
A comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries
Eur Spine J 3 (1994), 184-201

- 42 **MAGNUS, G.**
Die Behandlung und Begutachtung von Wirbelbrüchen
MMW 13 (1929), 527-530
- 43 **MESTDAGH, H.**
Resultate der ventralen Spondylodese der Halswirbelsäule (C2-C7)
Orthopäde 16 (1987), 70-80
- 44 **MOFTAKHAR, R.,** Trost, G. R.
Anterior cervical plates: a historical perspective
Neurosurg Focus 16 (2004), 1-5
- 45 **MORSCHER, E.,** Moulin, P., Stoll, T.
Neue Aspekte bei der vorderen Plattenosteosynthese der Halswirbelsäulenverletzungen
Chirurg 63 (1992), 875-883
- 46 **MORSCHER, E.,** Sutter, F., Jenny, H., Olerud, S.
Die vordere Verplattung der Halswirbelsäule mit dem Hohlschrauben-Plattensystem aus Titanium
Chirurg 57 (1986), 702-707
- 47 **MÜLLER, R. T.**
Die ventrale Fusion der Halswirbelsäule mit Knochenspan
Aktuelle Probl Chir Orthop 43 (1994), 129-133
- 48 **MUHR, G.,** Tscherne, H.
Pathologische Frakturen der Halswirbelsäule
Orthopäde 11 (1982), 77-83
- 49 **NIETHARD, F. U.,** Pfeil, J.
Orthopädie, Duale Reihe
Thieme-Verlag, 4. Auflage (2003), 334

- 50 **PITZEN**, T., Wilke, H.-J., Caspar, W., Claes, L., Steudel, W.-I.
Evaluation of a new monocortical screw for anterior cervical fusion
and plating by a combined biomechanical and clinical study
Eur Spine J 8 (1999), 382-7
- 51 **ROAF**, R.
International classification of spinal injuries
Paraplegia 10 (1972), 78-84
- 52 **RÜTER**, A.
Indikation und Technik der Spondylodese nach Verletzungen der
Halswirbelsäule
Z Unfallmed Berufskr 65 (1972), 93-99
- 53 **RÜTER**, A.
Zur operativen Behandlung von Verletzungen der Halswirbelsäule
Hefte Unfallheilkd 108 (1971), 138-140
- 54 **RUSSE**, O.
Zur operativen Behandlung von Verletzungen der Halswirbelsäule
Hefte Unfallheilkd 108 (1971), 136-138
- 55 **SANDOR**, L.
Wertigkeit der autologen Spongiosatransplantate bei den vorderen
Plattenspondylodesen an der unteren Halswirbelsäule
Unfallchirurg 89 (1986), 346-352
- 56 **SCHNEIDER**, M., Gaudernak, T., Sandor, L.
Traumatologie der Wirbelsäule
Verlag Gesundheit GmbH, 1. Auflage (1990), 13-14

- 57 **SMITH**, G. W., Robinson, R.
The treatment of cervical-spine disorders by anterior removal of the intervertebral disc and interbody fusion
J Bone Joint Surg 40-A (1958), 607-624
- 58 **STOLL**, T. M., Morscher, E. W.
Die zervikale interkorporelle Spondylodese mit der Titan-Verriegelungsplatte
Oper Orthop Traumatol 7 (1995), 75-87
- 59 **TSCHERNE**, H., Illgner, A.
Die ventrale interkorporelle Spondylodese der Halswirbelsäule
Oper Orthop Traumatol 3 (1991), 147-157
- 60 **ULRICH**, C., Nothwang, J.
Biomechanik und Klinik der Spondylodese an der unteren HWS
Orthopäde 28 (1999), 637-650
- 61 **WACKENHEIM**, A., Dosch, J. C., Zöllner, G.
Röntgendiagnostik der traumatischen Instabilität der mittleren und unteren Halswirbelsäule (C3—C7)
Orthopäde 16 (1987), 20-26
- 62 **WITTENBERG**, H. R., Bötzel, U., Russe, O.
Vergleichende Untersuchungen im Nativ-Röntgenbild, Computertomogramm und Kernspintomogramm bei Halswirbelsäulenverletzungen mit Rückenmarksbeteiligung
Hefte Unfallheilkd 189 (1987), 651-655
- 63 **ZEILINGER**, F. S., Meier, U., Klötzer, R.
Frakturen der unteren Halswirbelsäule
Unfallchirurgie 24 (1998), 3-9

Wissenschaftliche Vorträge und Veröffentlichungen, die aus der Dissertation hervorgegangen sind

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Ergebnisse der operativen Behandlung traumatischer Instabilitäten der unteren HWS mit einem „semi-constrained“ Platten-Schrauben-System bei 117 Patienten.

Vortrag auf dem 122. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie in München, 5.-8.4.2005

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Klinische und radiologische Ergebnisse bei der operativen Behandlung von traumatischen Instabilitäten der unteren HWS mit einem „semi-constrained“ Platten-Schrauben-System bei 117 Patienten.

Vortrag auf der 90. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) in Berlin, 21.-23.10.2004

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Resultate der operativen Behandlung traumatischer Instabilitäten der unteren HWS mit einem „semi-constrained“ Platten-Schrauben-System bei 117 Patienten.

Vortrag auf der 41. Jahrestagung der Österreichischen Gesellschaft für Neurochirurgie in Feldkirch/Österreich, 7.-8.10.2005

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Ergebnisse der operativen Behandlung traumatischer Instabilitäten der unteren HWS mit einem „semi-constrained“ Platten-Schrauben-System bei 117 Patienten.

Meeting Abstract des 122. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie in München, 5.-8.4.2005, German Medical Science; 2005.

Doc 05dgch2585

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Klinische und radiologische Ergebnisse bei der operativen Behandlung von traumatischen Instabilitäten der unteren HWS mit einem „semi-constrained“ Platten-Schrauben-System bei 117 Patienten.

Meeting Abstract der 90. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC) in Berlin,

21.-23.10.2004, German Medical Science; 2004. Doc 04dguH9-1101

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Resultate der operativen Behandlung traumatischer Instabilitäten der unteren HWS mit einem „semi-constrained“ Platten-Schrauben-System bei 117 Patienten.

Meeting Abstract der 41. Jahrestagung der Österreichischen

Gesellschaft für Neurochirurgie in Feldkirch/Österreich, 7.-8.10.2005,

J Neurol Neurochir Psychiatr, Sonderheft 1, 12-13, 2005

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Experience with a semi-constrained plate-screw-system in 117 patients with injuries of the lower cervical spine.

Poster auf dem XXII. Annual Meeting der Cervical Spine Research Society (CSRS) in Berlin, 17.-19.5.2006

Daentzer, D., Staender, K., Böker, D.-K.:

Operative treatment in 95 patients with traumatic instability of the lower cervical spine with a "semi-constrained"-implant.

Poster auf dem 6. German-Syrian/Lebanese Neurosurgery Symposium in Damascus/Beirut and Aleppo, Syria/Lebanon, 14.-19.3.2004

Ich erkläre, dass ich die der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

Die operative Behandlung traumatischer Instabilitäten der unteren Halswirbelsäule mit einem ventralen semi-rigiden Platten-Schrauben-System. Klinische und radiologische Ergebnisse bei 119 Patienten.

in der neurochirurgischen Klinik der Justus-Liebig-Universität Gießen unter der Betreuung von Frau Dr. D. Daentzer

selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt habe, die in der Dissertation angegeben sind. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Berlin, 1602

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Kathrin Ulrike Staender
Geburtsdatum: 08.12.1977
Geburtsort: Berlin-Friedrichshain

Schulischer Werdegang

1984-1991 Helene Weigel Grundschule Berlin
1991-1995 Alexander-von-Humboldt-Gymnasium Berlin
1995-1997 Flatow-Gymnasium Berlin/Abitur

Berufsausbildung

1997-1998 Freiwilliges Soziales Jahr
im Klinikum Rechts der Isar, München
1998-1999 Schülerin der Berufsfachschule für Kranken-
pflege, München

Studium

1999-2006 Studium der Humanmedizin an der
Justus-Liebig-Universität in Giessen

2001 Ärztliche Vorprüfung
2003 Erster Abschnitt der ärztlichen Prüfung
2005 Zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

PJ-Tertiale

am Klinikum Bad Hersfeld, akad. Lehrkranken-
haus der Justus-Liebig-Universität Gießen

1. Tertial Anästhesiologie und Intensivmedizin
2. Tertial Allgemein- und Gefäßchirurgie
Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
3. Tertial Innere Medizin, Kardiologie

2006 Dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung

Oktober 2006 Beginn als Assistenzärztin in der Klinik für
Traumatologie und Orthopädie des Helios Kli-
nikum Bad Saarow

Berlin, 2007

Danksagung

Mein aufrichtiger Dank gilt Prof. Dr. D.- K. Böker für die Überlassung des Themas, sein Vertrauen und die Korrekturlesungen.

Frau Dr. D. Daentzer gebührt mein besonderer Dank, die mir mit ihren zügigen und gewissenhaften Korrekturen und Ratschlägen bei der Erstellung dieser Arbeit sehr geholfen hat.

Weiterhin möchte ich mich bei den Damen des Archivs und den Damen der Ambulanz der neurochirurgischen Klinik für ihre Anleitung beim Heraussuchen und Bearbeiten der Patientenakten und Röntgenbilder danken.

Darüber hinaus danke ich den Mitarbeitern der neurochirurgischen Klinik, die durch ihre Hilfsbereitschaft und freundliche Unterstützung ebenso zum Erstellen der Dissertation beigetragen haben.

Für die Unterstützung der statistischen Auswertung danke ich Frau Dr. Küchler.

Schließlich danke ich den Patienten, denn ohne ihre Kooperation zur Beantwortung des Fragebogens hätte diese Arbeit nicht entstehen können.

Nicht zuletzt danke ich von Herzen meinem Freund Steffen, meinen Eltern für die moralische Unterstützung.