

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf

Lehrkrankenhaus – Altona, Hamburg

Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie

Prof. Dr. med. J. V. Wening

Klinische Erfahrungen mit der Versorgung von Dens Axis Frakturen

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von

Julia Evers

aus Rendsburg

Hamburg 2010

**Angenommen von der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 21.04.11**

**Veröffentlicht mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg.**

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. V. Wening

Prüfungsausschuss, zweite/r Gutachter/in: PD Dr. N. Hansen-Algenstaedt

Prüfungsausschuss, dritte/r Gutachter/in: Prof. Dr. Katrin Lamszus

Inhaltsverzeichnis

I.	Legende.....	V
II.	Einleitung.....	1
1.	Arbeitshypothese.....	1
2.	Anatomie der oberen Halswirbelsäule.....	2
2.1	Besonderheiten der morphologischen Struktur des Dens Axis.....	2
2.2	Anatomie der oberen Halswirbelsäule.....	3
2.3	Bewegungsumfänge in der Halswirbelsäule.....	6
3.	Densfrakturen.....	7
3.1	Ätiologie.....	7
3.2	Epidemiologie.....	7
3.3	Klassifikationen.....	8
3.4	Klinische Befunde.....	11
3.5	Radiologische Diagnostik.....	13
3.5.1	Natives Röntgen.....	13
3.5.2	Computertomografie.....	14
3.5.3	MRT.....	15
3.5.4	Bildwandler.....	16
3.5.5	Funktionelles Röntgen.....	16
3.5.6	Strahlungsintensität und –dauer.....	17
3.6	Kombinationsverletzungen.....	17
4.	Therapiemöglichkeiten.....	19
4.1	Externe Fixierung.....	19
4.1.1	Schanz-Kragen.....	19
4.1.2	Philadelphia-Kragen.....	19
4.1.3	Stifneck.....	20
4.1.4	Sternal Occiput Mandibular Immobilization (SOMI).....	21
4.1.5	Minerva-Gips.....	21
4.1.6	Halo-Fixateur.....	21
4.2	Operative Verfahren.....	23
4.2.1	Historie.....	23
4.2.2	Posteriore transartikuläre Verschraubung nach Magerl.....	24
4.2.3	Minimal invasive atlantoaxiale Verschraubung	

	nach McGuire und Harkey.....	25
4.2.4	Dorsale atlantoaxiale Spondylodesetechniken nach Gallie, Brooks und anderen.....	26
4.2.5	Posteriore Fusion nach Harms.....	28
4.2.6	Okzipito-Zervikale Spondylodese.....	29
4.2.7	Transorale Fusion nach Fang und Ong	31
4.2.8	Lateraler Zugang nach DuToit.....	32
4.2.9	Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler/Magerl.....	34
5.	Prognose.....	36
5.1	Komplikationen und postoperative Beschwerden	36
5.1.1	intraoperativ.....	36
5.1.2	postoperativ.....	37
5.2	Neurologische Ausfälle.....	38
5.3	Pseudarthrose.....	39
5.4	Bewegungseinschränkung.....	41
I.	Material und Methode.....	42
1.	Material.....	42
2.	Methode.....	43
III.	Ergebnisse.....	45
1.	Gesamtkollektiv.....	45
1.1	Alter und Geschlecht.....	45
1.2	Unfallursache.....	46
1.3	Frakturtyp und Diagnoseverzögerung.....	47
1.4	Kombinationsfrakturen.....	48
2.	Bildgebende Diagnostik.....	49
2.1	Röntgen.....	49
2.2	Computertomografie.....	49
2.3	Magnetresonanztomografie.....	50
2.4	C-Bogen intraoperativ.....	50
2.5	Strahlungsintensitäten und –Dauer.....	51
3.	Therapie.....	51
3.1	Konservativ.....	51
3.2	Operativ.....	52
3.2.1	Verwendetes Material.....	53
3.2.2	Personal und Dauer.....	53
3.2.3	Verfahren.....	53

3.3	Operationsabhängige Komplikationen.....	56
3.3.1	Intraoperative Komplikationen.....	56
3.3.2	Früh postoperative Komplikationen.....	58
4.	Stationärer Aufenthalt.....	59
4.1	Dauer.....	59
4.2	Medikation.....	59
4.3	Pflege.....	60
4.4	Nicht-operationsabhängige Komplikationen.....	60
4.5	DRG.....	62
5.	Nachuntersuchungsgruppe.....	63
5.1	Gesamtkollektiv der Nachuntersuchungsgruppe.....	63
5.2	Schmerz.....	63
5.3	Neurologische Ausfälle.....	64
5.4	Bewegungseinschränkung.....	64
5.5	Pseudarthrose.....	65
5.6	Materialdislokation und –bruch.....	67
5.7	Korrigierende Operationen.....	67
IV.	Diskussion.....	68
V.	Zusammenfassung.....	85
VI.	Anhang.....	86
1.	Literaturnachweis.....	86
2.	Lebenslauf.....	93
3.	Danksagung.....	95
4.	Eidesstattliche Erklärung.....	96

I. Legende

Abbildungen

1. Abbildung aus „Die Struktur zur Ätiologie der Densfraktur“ von Amling M, Wening VJ, Pösl M, Grote HJ, Hand M, Delling G, Der Chirurg, 65, S. 964-969, 1994.....Seite 2
2. Abbildung aus „Anatomie“ von Schiebler TH, Schmidt W, Springer-Verlag, 2000.....Seite 3
3. Abbildung aus „Anatomie“ von Schiebler TH, Schmidt W, Springer-Verlag, 2000.....Seite 4
4. Abbildung aus „Quantitative Anatomy of the Second Cervical Vertebra“ von Doherty BJ, Heggeness MH, Spine Vol. 20, Number 5, 513-517, 1995..... Seite 5
5. Abbildung aus „Anatomie“ von Schiebler TH, Schmidt W, Springer-Verlag, 2000.....Seite 6
6. Abbildung aus „Fractures of the Odontoid Process of the Axis“ von Anderson und D’Alonzo, The Journal of Bone and Joint Surgery Vol. 56-A, No. 8, Dec 1974.....Seite 8
7. Abbildung aus “New Subtype of Acute Odontoid Fractures (Type IIA)” von Hadley et al., Neurosurgery Vol 22, No 1, Part 1: 67-71, 1988..... Seite 9
8. Abbildung aus “Fractures of the Dens – an analysis of thirty-seven cases” von Schatzker et al., The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 53 B, No. 3, Aug. 1971..... Seite 9
9. Abbildung aus “Eléments de pronostic des fractures de l’odontoide” von Roy-Camille et al., Revue de Chirurgie Orthopédique, 66, 183-186, 1980..... Seite 10
10. Abbildung aus „Ventrale oder dorsale Spondylodese der Densbasisfraktur – eine neue Klassifikation zur Wahl des chirurgischen Zuganges von Eysel und Roosen, Zentralblatt für Neurochirurgie, 54 (4), 159-65, 1993..... Seite 10
11. Abbildung aus „Halswirbelsäule – Diagnostik und Therapie“ von Dvorak et al. aus dem Thieme-Verlag, 1999.....Seite 12
12. Abbildung aus “Prevertebral hematoma in cervical spine injury. Incidence and Etiological significance” von Penning et al., Neuroradiology 1: 557-565, 1980..... Seite 13
13. Abbildung aus „Neurosurgical management of acute atlas-axis combination fractures a revue of 25 cases“, J Neurosurg 70: 45 – 49, 1989..... Seite 18

14. Abbildung aus „Unfallchirurgie – Band Wirbelsäule“ von Tscherne et al., Springer-Verlag, 1999.....	Seite 24
15. Abbildung aus „Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1-C2“ von Grob et al., Orthopäde 16: 46 – 54, 1987.....	Seite 25
16. Abbildung aus „Unfallchirurgie – Band Wirbelsäule“ von Tscherne et al., Springer-Verlag, 1999.....	Seite 26
17. Abbildung aus „The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis“ von Dickman et al., J. Neurosurg 74 : 190-198, 1991.....	Seite 26
18. Abbildung aus „The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis“ von Dickman et al., J. Neurosurg 74 : 190-198, 1991.....	Seite 27
19. Abbildung aus „The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis“ von Dickman et al., J. Neurosurg 74 : 190-198, 1991.....	Seite 28
20. Abbildung aus „Posterir C1-C2 Fusion with Polyaxial Screw and Rod Fixation“ von Harms et al., Spine Vol. 26, No. 22 2467-2471, 2001.....	Seite 29
21. Abbildung aus „Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1-C2“ von Grob et al., Orthopäde16: 46 – 54, 1987.....	Seite 30
22. Abbildung aus „Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1-C2“ von Grob et al., Orthopäde16: 46 – 54, 1987.....	Seite 30
23. Abbildung aus „Direct anterior approach to the upper cervical spine“ von Fang und Ong, The Journal of Bone and Joint Surgery 44A: 1588 – 1604, 1962.....	Seite 31
24. Abbildung aus “Lateral atlantoaxial arthrodesis: A screw fixation technique” von DuToit et al., S Afr J Surg 14: 9-12, 1976.....	Seite 33
25. Abbildung aus „Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1-C2“ von Grob et al., Orthopäde 16: 46 – 54, 1987.....	Seite 35
26. Abbildung aus „Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1-C2“ von Grob et al., Orthopäde 16: 46 – 54, 1987.....	Seite 35
27. Abbildung aus „Manual of internal fixation, 3rd edition, Müller et al., Springer Verlag, 1991.....	Seite 36

Fotos

1. Foto: MRT-Aufnahme der HWS der Patientin Nr. 61 von lateral (eigene Sammlung).....	Seite 15
2. Foto: Model mit angelegter Schanz'scher Krawatte (eigene Sammlung).....	Seite 19
3. Foto: Model mit angelegtem Philadelphia-Kragen (eigene Sammlung).....	Seite 20
4. Foto: Model mit angelegtem Stif-Neck (eigene Sammlung).....	Seite 20

5.	Foto: Halo.Fixateur mit Weste (eigene Sammlung).....	Seite 21
6.	Foto: abgeschlossene Vorbereitung zur Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler (eigene Sammlung).....	Seite 51
7.	Foto: Doppelgewindeschraube auf K-Draht (eigene Sammlung).....	Seite 53
8.	Foto: Inhalt des Operationssiebs „Dens Verschraubung“ der Firma Königssee (eigene Sammlung).....	Seite 54
9.	Foto: K-Draht, Schutzhülse und Zielbohrbüchse der Firma Königssee (eigene Sammlung).....	Seite 54
10.	Foto: Ausmessen der benötigten Schraubenlänge entlang eine K-Drahts (eigene Sammlung).....	Seite 55
11.	Foto: Implantation einer Schraube in den Dens über einen K-Draht (eigene Sammlung).....	Seite 55
12.	Foto: Kontrolle des Bewegungsumfangs nach anteriorer Kompressions-schraubenosteosynthese bei Patientin Nr. 47 (eigene Sammlung).....	Seite 56
13.	Foto: Röntgenaufnahmen nach anteriorer Kompressionsschraubenosteosynthese bei Patientin Nr. 52 (eigene Sammlung).....	Seite 57
14.	Foto: Röntgenaufnahme (Denszielaufnahme) des Patienten 53 (eigene Sammlung).....	Seite 58
15.	Foto: Röntgenaufnahme des postoperativen Ergebnisses einer Patientin mit Material-Versagen und konsekutiver Pseudarthrose.....	Seite 66

Diagramme

1.	Diagramm: gesammelte Daten zu anatomischen Meßgrößen des Axis von Doherty B, Heggeness MH, Quantitative Anatomy of the Second Cervical Vertebra, Spine 20, No. 5: 513-517, 1995, Schaffler MB, Alson MD, Heller JG, Garfin SR, Morphology of the dens, Spine 17, 738-743, 1992 und Xu R, Nadaud MC, Ebraheim NA, Yeasting RA, Morphology of the Second Cervical Vertebra and the Posterior Projection of the C2 Pedicle Axis, Spine Vol. 20, No. 3: 259-263, 1995.....	Seite 5
2.	Diagramm aus “Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury” von Goldberg et al., Ann Emerg Med 38: 17-21, 2001.....	Seite 7
3.	Diagramm aus „The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine injury” von Ryan et al., Injury 23 (1): 38-40, 1992.....	Seite 8
4.	Histogramm zur Altersverteilung der Patienten – eigene Werte.....	Seite 45
5.	Altersverteilung der Patienten unterschieden nach Geschlecht – eigene Werte..	Seite 45

6.	Anzahl der Patienten in den einzelnen Gruppen – geordnet nach Unfallursachen – eigene Werte.....	Seite 46
7.	Verteilung der Unfallursachen auf die einzelnen Altersgruppen – eigene Werte..	Seite 47
8.	Anzahl der Frakturtypen – eigene Werte.....	Seite 48

Tabellen

1.	Tabelle: Liste aller 68 Patienten der Studie.....	Seite 43
2.	Tabelle: klinische Ergebnisse zweier konservativ behandelter Patienten.....	Seite 65
3.	Tabelle: klinische Ergebnisse zweier operativ behandelter Patienten.....	Seite 65

II. Einleitung

1. Arbeitshypothese

Frakturen des zweiten Halswirbels treten in ca. 20% der akuten Verletzungen der zervikalen Wirbelsäule auf. Davon ist in ca. 9 bis 18% der Fälle der Dens Axis betroffen. [62, 115]

Im letzten Jahrhundert wurden zahlreiche Verfahren entwickelt oder verbessert, um eine Densfraktur zu versorgen. Gallie [53], Brooks/Jenkins [22], Magerl [89] und Harms [65] veröffentlichten Methoden, mit Hilfe derer über einen posterioren Zugang Atlas und Axis fixiert werden konnten, allerdings mit einer massiven Einschränkung der Bewegung in diesem für die Rotation wichtigen Segment.

Die direkte Densverschraubung von ventral, die in unserem Sprachkreis zuerst von Böhler 1981 [18] veröffentlicht wurde, bietet im Gegensatz zu den vorher genannten Techniken eine Möglichkeit, die Fraktur primär zu versorgen und verspricht, eine Wiederherstellung physiologischer Verhältnisse in nur kurzer Zeit. Viele retrospektive Studien [1, 2, 8, 10, 11, 19, 20, 23, 24, 26, 29, 33, 43, 45, 50, 60, 66, 69, 78, 81, 82, 98, 125] wurden seitdem zu diesem Thema veröffentlicht.

Die vorliegende klinische Analyse versucht, die Langzeitergebnisse von Patienten mit Frakturen des Dens Axis nach operativer Methode nach Böhler [17, 18] zu evaluieren. Dazu wurde ein Kollektiv von 68 Patienten retrospektiv analysiert. Angestrebt wurde eine operative Versorgung (n=36).

Komplikationen im stationären Verlauf der Patienten wurden mit Langzeitergebnissen in Relation gestellt. Dazu erfolgte eine Nachuntersuchung, für die 31 Patienten gewonnen werden konnten. Die Untersuchung erfolgte in unterschiedlichen Abständen, vier Monate bis zwölf Jahre nach Krankenhausaufenthalt.

Es wurde versucht, die Operationstechnik mit Hilfe der Langzeitergebnisse kritisch zu beleuchten und anhand der entstandenen Komplikationen Verbesserungsmöglichkeiten für eine optimale Therapie für Patienten mit Dens Axis Frakturen aufzuzeigen.

2. Anatomie der oberen Halswirbelsäule

2.1 Besonderheiten der morphologischen Struktur des Dens Axis

Der Dens Axis gehört zu den sogenannten kurzen Knochen. Charakteristische Merkmale sind eine dünne oberflächliche Schicht, die Substantia corticalis, und ein inneres Schwammwerk aus dünnen Knochenbälkchen, die Substantia spongiosa. [120]

In einer histomorphologischen Untersuchung von Amling et al. [6] wurde gezeigt, dass der Dens Axis eine strukturelle Heterogenität aufweist. Besonders in der Densbasis war ein hohes Aufkommen von frei endenden Trabekeln, Mikrokallusformationen und eine dünnere Kortikalis als in anderen Abschnitten des Dens bemerkbar.

Dieses sind Anzeichen einer relativen statischen Insuffizienz oder Spannungsspitzen. Der Bereich der Densbasis zeichnet sich daher als Fraktur-Prädektionsstelle gemäß der Typ II-Fraktur nach Anderson und D'Alonzo [8] ab.

Eine subdentale Synchondrose war in 22% der untersuchten Fälle erkennbar. Sie befand sich allerdings immer im oberen Bereich des Axiskörpers und wird nicht als prädisponierend für eine Fraktur ausgewiesen.

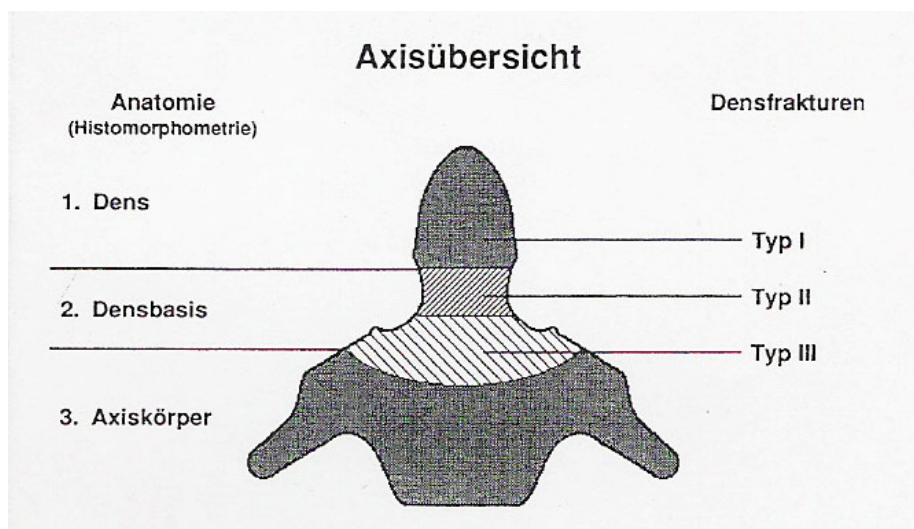


Abbildung 1: Axisübersicht mit Kennzeichnung der Lokalisation der Densfrakturtypen nach Anderson und D'Alonzo [8] gemäß der histomorphometrischen Untersuchung nach Amling et al. [6]

2.2 Anatomie der oberen Halswirbelsäule

Der Axis besitzt als charakteristisches Merkmal den Dens Axis, einen knöchernen Zapfen, der nach oben in den Ring des Atlas hineinragt.

Funktionell ist der Axis in sechs Kopfgelenke eingebunden, die einerseits Wirbelsäule und Schädel und andererseits Atlas und Axis miteinander verbinden.

Das Atlantookzipitalgelenk besteht aus dem linken und rechten Kondylus okzipitalis und den Foveae articulares superiores atlantis. Der dazugehörige Bandapparat besteht aus der Membrana atlantookzipitalis anterior und der Membrana atlantookzipitalis posterior, wobei die vordere Membran eine Fortsetzung des vorderen Längsbandes und die hintere die des Lig. flavum ist.

Die Articulatio atlantoaxialis setzt sich aus vier Gelenken zusammen, zwei medialen und zwei lateralen. Bei der Articulatio atlantoaxialis mediana artikuliert die vordere Fläche des Dens mit der Fovea dentis des vorderen Atlasbogens und die hintere Fläche mit einer Auflagerung aus Faserknorpel des Lig. transversum atlantis. Die Gelenkachse verläuft longitudinal durch den Dens.

Ein starker Bandapparat sichert seine Lage und verhindert zu heftige Bewegungsausschläge. Darunter sind die Ligamenta alaria, die paarig angeordnet sind und seitlich am Dens entspringen, nach oben zum seitlichen Rahmen des Hinterhauptloches auseinander weichend. Weiter findet sich das Ligamentum cruciforme atlantis, das sich aus den Fasciculi longitudinales und dem Ligamentum transversum atlantis zusammen setzt. Die Fasciculi ziehen vom Axis zum Vorderrand des Foramen magnum, während sich das Ligamentum transversum zwischen rechter und linker Massa lateralis ausspannt und den Dens in seiner Lage hält.

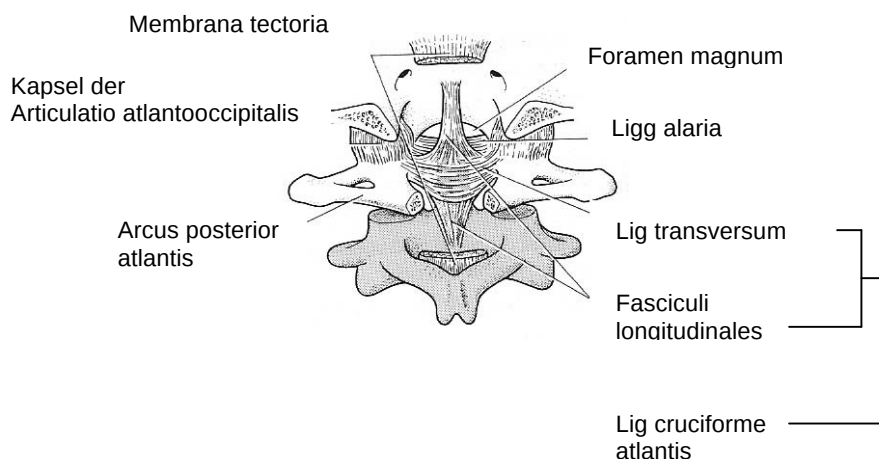


Abbildung 2: Ansicht von dorsal auf das Lig cruciforme [120]

Saldinger et al. [116] untersuchten Ligamenta alaria und Lig. transversum histologisch: beide Bänder bestehen hauptsächlich aus kollagenen Fasern und weisen nur zu geringen Maßen elastische Anteile auf. Doch während die Fasern der Ligg. alaria fast über den ganzen Verlauf hinweg parallel verlaufen, zeigen sich im Lig. transversum auch gekreuzte Fasern, die circa 30 Grad auseinander divergieren können. Dies ermöglicht dem Lig. transversum eine geringe Elastizität von bis zu 3mm.

Das Ligamentum apicis dentis zieht von der Spitze des Dens zum Vorderrand des Foramen magnum. Es hat keine mechanische Bedeutung.

Die übrigen beiden der sechs Kopfgelenke werden von den lateralen Atlantoaxialgelenken gebildet, wobei Facies articulares inferiores atlantis mit den Facies articulares superiores axis artikulieren.

Die Membrana tectoria setzt sich nach unten in das vordere Längsband fort. Ihr direkt aufgelagert ist die Dura mater des Rückenmarks. [120, 132]

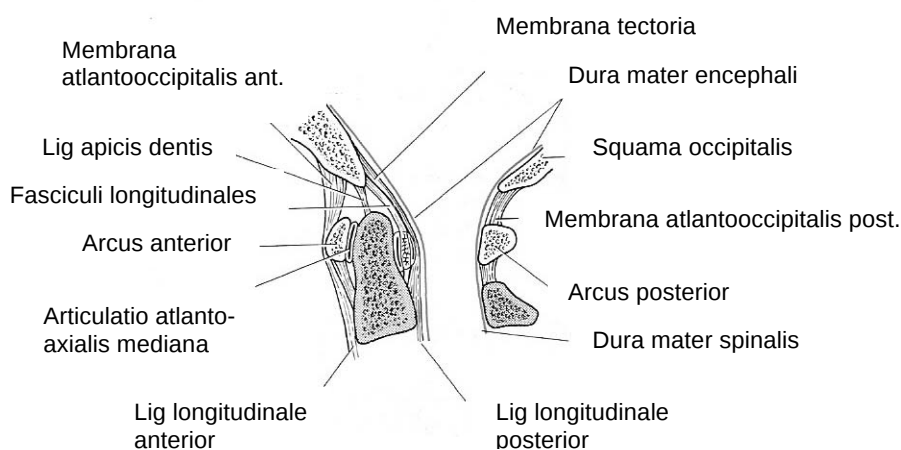


Abbildung 3: Ansicht von lateral auf das Atlantoaxialgelenk [120]

Auch die Kenntnis der anatomischen Dimensionen ist eine Voraussetzung für die operative Therapie und die Auswahl der Implantate.

Der Axis, in diesem Zusammenhang vor allem der Dens Axis, sind von verschiedenen Autoren untersucht und vermessen worden. Folgende Ergebnisse sind dabei entstanden.

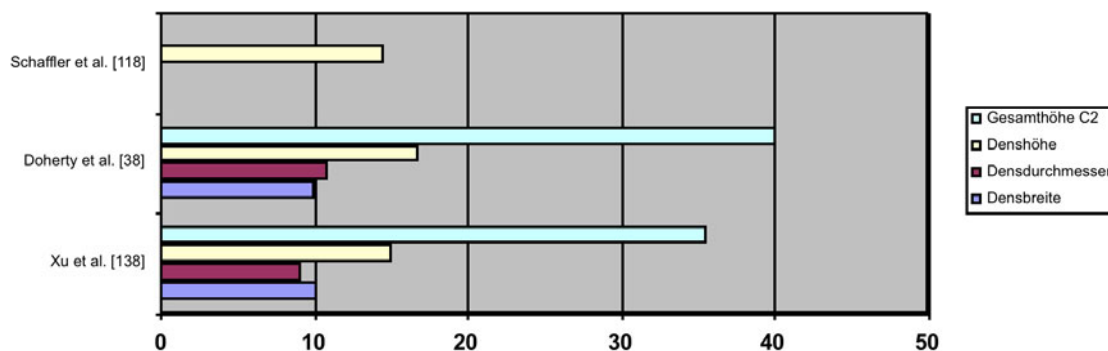


Diagramm 1: Vergleich von Densparametern in verschiedenen Studien – Werte in mm

Bei der Graphik muss beachtet werden, dass nicht alle Autoren zwischen weiblichen und männlichen Denspräparaten unterschieden haben und die übernommenen Werte von Xu et al. [138] zu Durchschnittswerten zusammengefasst wurden, um eine repräsentative Graphik zu erhalten.

Die Graphik gibt nur ungefähre Anhaltspunkte, da vor allem im Bezug auf die Denshöhe nicht die Länge einer Schraube innerhalb des Dens gemessen wurde sondern die von außen messbare Höhe.

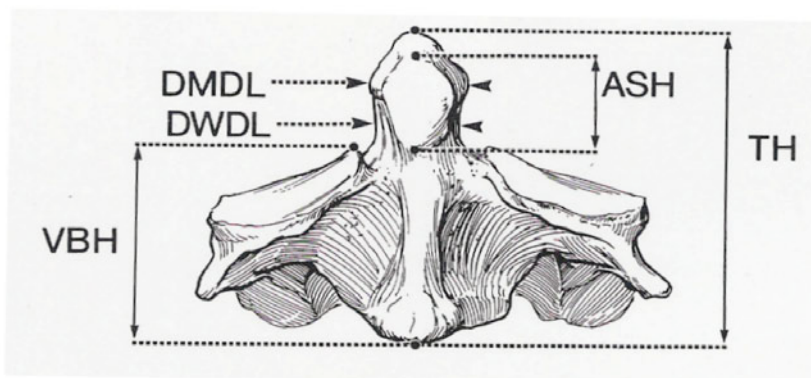


Abbildung 4: Neben anderen Größen wurden z. B. von Doherty und Heggeness [38] auch die gesamte Denshöhe (hier: TH) bestimmt

Weiter muss der Arteria vertebralis große Beachtung geschenkt werden. Sie verläuft ab dem sechsten Halswirbel durch die Foramina transversalia. Nachdem sie auch das Foramen des Atlas durchlaufen hat, beschreibt sie hinter der Massa lateralis einen Bogen, durchdringt die Membrana atlantooccipitalis posterior und vereinigt sich mit der gegenseitigen Arterie oberhalb der Densspitze auf dem Klivus zur A. basilaris.

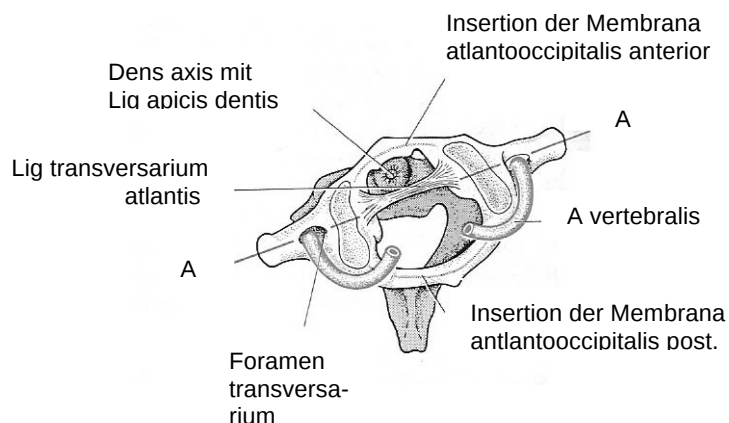


Abbildung 5: Ansicht auf den Atlas mit Verlauf der A vertebralis; Achse A-A für Beuge- und Streckbewegungen im Atlantookzipitalgelenk [120]

2.3 Bewegungsumfänge in der Halswirbelsäule

In den Atlantokzipitalgelenken sind vor allem Vor-, Rück- und Seitwärtsbewegungen möglich. Die Flexion und Extension kann jeweils um 9-15 Grad in beide Richtungen ausgeführt werden und eine Seitwärtsbewegung ist um jeweils 4-8 Grad möglich. [85] Isolierte Bewegungen des Atlantookzipitalgelenks werden jedoch normalerweise nicht ausgeführt, sondern zusammen mit der gesamten HWS. Diese Ergebnisse sind relativ strittig. [42]

Die Hauptfunktion der Atlantoaxialgelenke hingegen ist die Rotation. Mit einem Ausmaß von 40-47 Grad zu jeder Seite macht dies ca. 50% des gesamten Bewegungsumfanges in der HWS aus. [85] Die unterschiedlichen Rotationsmöglichkeiten in den einzelnen Halswirbelsäulenabschnitten können gesondert betrachtet werden. Um die Rotation in den Segmenten C1 und C2 zu untersuchen, kann man die Rotation aus maximaler Flexion heraus passiv durchführen (Normalwert je 40-45°) und um die Gesamtrotation in den Abschnitten C3-C7 zu untersuchen, führt man eine passive Drehung aus maximaler Extension aus (Normalwert je 60-80°). [42]

Außerdem sind die Atlantoaxialgelenke auch zu einer Flexion und Extension fähig. Dies geschieht, indem der vordere Atlasbogen bei der Extension bis zur Spitze des Dens Axis hoch gleitet. [131]

Die Gesamtausmaße der Bewegung in der HWS sind folgende gemäß Dvorak et al. [42] :

- o Flexion/Extension einseitig: ca. 70 Grad
- o Seitwärtsneigung einseitig: ca. 45 Grad
- o Axiale Rotation einseitig: ca. 75 Grad

3. Densfrakturen

3.1 Ätiologie

Nach White und Panjabi [136] muss eine nach anterior oder posterior gerichtete Kraft auf den Axis wirken, um eine Densfraktur zu verursachen. Die Ruptur des Ligamentum transversum hingegen wird durch eine nach anterior gerichtete Vektorkraft ausgelöst.

Fielding et al. [49] fanden in einer biomechanischen Studie, die die Reißfestigkeit von 20 Ligamenta transversa überprüfte, dass jedes einzelne eine andere Stärke aufwies. Das bedeutete, dass bei jedem Band verschieden große Kräfte aufgewendet werden mussten, bis es zur Ruptur kam, unabhängig vom Alter des Kadavers.

Die nach anterior gerichteten Kräfte, die dabei auf den Atlas durchschnittlich wirkten, um das Lig. transversum zu zerreißen, betrugen dabei 706,1 bis 1088,5 Newton.

Dabei können die Hilfsbänder, hier vor allem die Ligg. alaria, die Ruptur nicht verhindern.

3.2 Epidemiologie

Im Vergleich mit anderen Segmenten der Halswirbelsäule ist am häufigsten C2 von Frakturen und Dislokationen betroffen. [55]

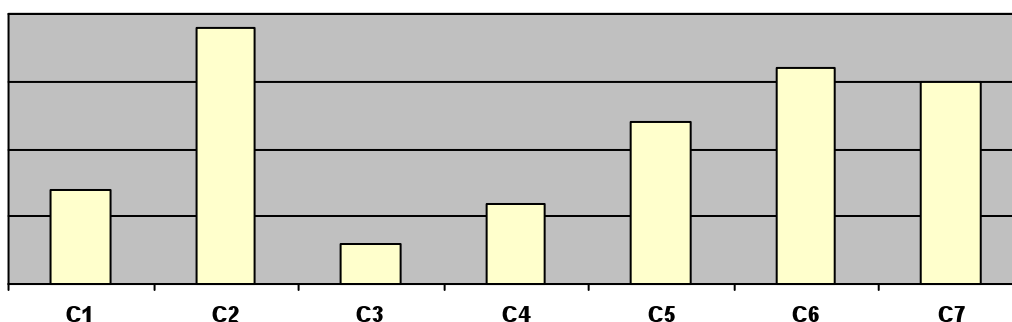


Diagramm 2: Frakturen der Halswirbelsäule – relative Häufigkeit (nach Goldberg et al. [55])

Ryan et al. [115] überprüften 657 Patienten mit Läsionen der Halswirbelsäule und fanden heraus, dass vor allem Patienten zwischen 20 und 29 Jahren Frakturen in diesem Bereich erlitten, dabei aber vor allem in der unteren HWS (C3-Th1).

Die Inzidenz für im Bereich C3-Th1 gelegene Halswirbelsäulenverletzungen nahm mit zunehmendem Alter wieder ab, wo hingegen dann die Inzidenz für eine Läsion in den Bereichen C1-C2 anstieg.

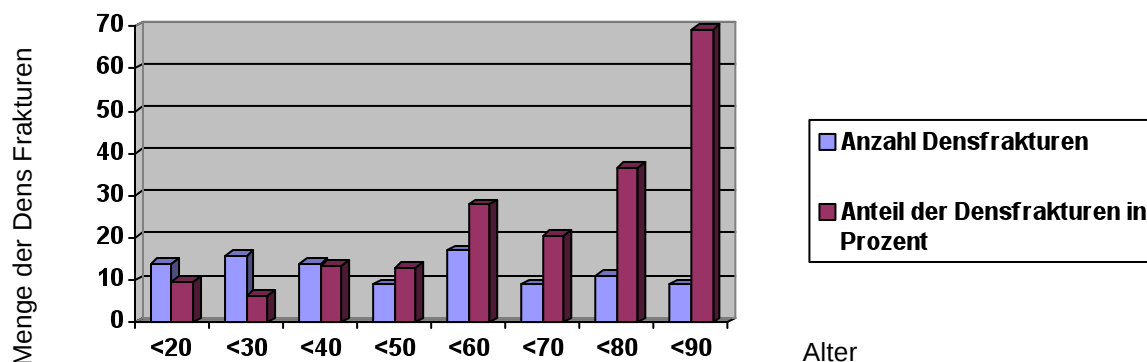


Diagramm 3: Graphik aus “The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine” von Ryan et al. [115]

Die Grafik verdeutlicht, dass bei den älteren Patienten über 60 Jahren der Anteil an Densfrakturen im Vergleich zu Verletzungen der übrigen HWS höher ist.

Während im fortgeschrittenen Alter meistens Stürze aus geringer Höhe für die Densfrakturen ursächlich sind, treten diese Läsionen bei jüngeren Patienten häufiger auf Grund von Unfällen im Strassenverkehr oder beim Sport auf.

3.3 Klassifikationen

Die Einteilung nach Anderson und D’Alonzo [8] hat sich im klinischen Alltag etabliert, u.a. weil sie einen Anhalt für die Prognose der Heilung der Fraktur liefert.

Man unterscheidet drei Typen:

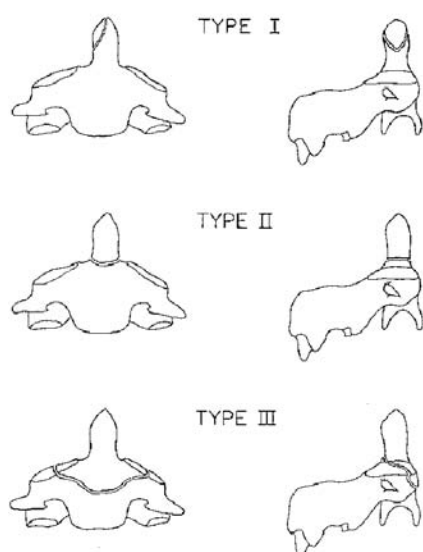


Abbildung 6: Fraktуреinteilung nach Anderson und D’Alonzo [8]

Typ I ist die Fraktur der Densspitze und stellt eine Abrissfraktur dar. Dieser Frakturtyp weist im Verlauf die niedrigste Komplikationsrate auf und kann rein konservativ behandelt werden.

Typ II ist die Fraktur des Denshalses. Die lateralen Gelenkflächen sind hier nicht von der Fraktur betroffen. Dieser Typ kommt am häufigsten vor und die Fraktur weist besonders bei hinzu kommender Dislokation hohe Pseudarthrosraten auf. [26]

Typ III ist die Fraktur der Densbasis und ist die zweit-häufigste Fraktur. Die Bruchlinien verlaufen bis in den Axiskörper hinein und können auch die Gelenkflächen mit betreffen.

Eine in den letzten Jahren zu dieser Einteilung hinzu gekommene Kategorie stellt der Typ IIA nach Hadley et al. [61] dar, der durch eine Trümmerzone auf Höhe der bereits bekannten Typ II-Fraktur [8] charakterisiert ist.

Dieser Subtyp, der bei ca. 5% der Typ II-Frakturen [61] vorkommt und mit Hilfe moderner Dünnschicht-CT Untersuchungen dargestellt werden kann, weist unabhängig von der Größe der Dislokation, dem Alter der Patienten und dem neurologischen Status bei Aufnahme ein besonders hohes Risiko auf, im weiteren Verlauf eine Pseudarthrose zu entwickeln. Somit erfordert diese Art von Fraktur primär immer eine operative Versorgung. [61]

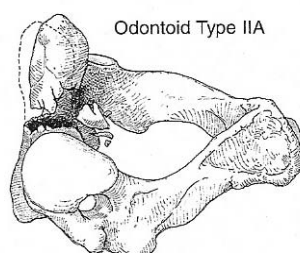


Abbildung 7: Typ IIA, additional zur Einteilung nach Anderson und D'Alonzo hinzu gekommen [62]

Weitere Klassifikationen gibt es von Roy-Camille [111] und Schatzker et al. [119].

Schatzker et al. [119] teilten die Frakturen in hohe und tiefe ein. Sie gingen dabei von Versuchen mit Hunden aus, bei denen der Dens über und unterhalb der Ligg. accessoria durchtrennt wurde. Bei den hohen Frakturen heilte der Bruch nicht, im Falle der Tiefen immer. Es wurde die These aufgestellt, dass der Dens über Vasa nutricia versorgt wird, die ihn apikal und von peripher über die Ligg. accessoria erreichen. Die abgeschnittene Blutversorgung bei der hohen Fraktur würde eine Heilung unmöglich machen.

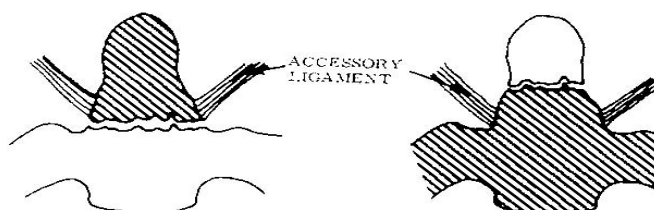


Abbildung 8: links ist die tiefe Fraktur zu sehen, rechts, die hohe. Die Art der Fraktur geht immer vom Ansatz des akzessorischen Ligamentes aus. [119]

Roy-Camille [111] teilte die Frakturen in 4 Typen ein. Diese Einteilung entspricht vom Prinzip her der Klassifikation von Anderson und D'Alonzo [8]. Auch Roy-Camille haben versucht, gemäß der Diagnose des Frakturtyps eine Aussage über die Prognose zu treffen. In die prognostischen Faktoren sind die Stabilität und die Richtung des Frakturspaltes mit eingeflossen.

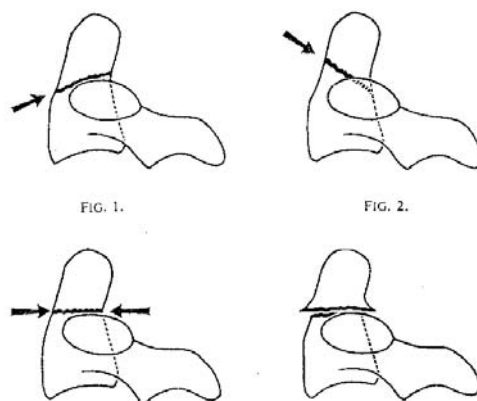


Abbildung 9: In Figur 1 sieht man den Frakturverlauf von ventral inferior nach dorsal superior: gute Prognose; Figur 2 zeigt einen Verlauf von ventral superior nach dorsal inferior: weniger gute Prognose; Figur 3 beschreibt den horizontalen Frakturverlauf: mit guter Prognose; Figur 4 zeigt den „Gendarmenhut“: sehr schlechte Prognose [111]

Die Einteilung nach Eysel und Roosen [46] ist dieser Einteilung sehr ähnlich, richtet sich aber nicht nach der Prognose, sondern nach der Eignung zur anterioren Kompressionsschraubenosteosynthese.

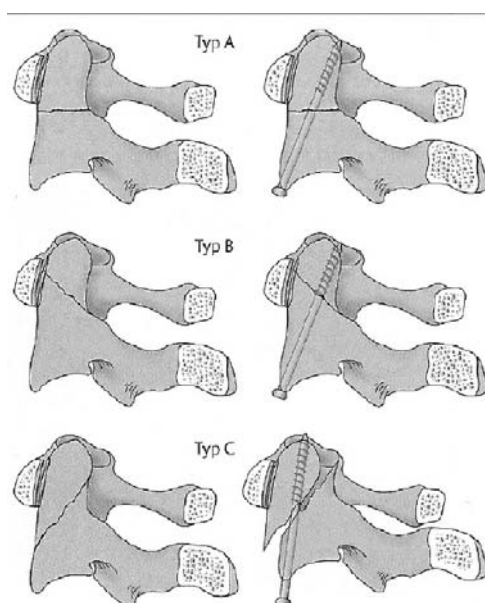


Abbildung 10: Einteilung von Densfrakturen nach Eysel und Roosen [46]. Beim Typ C kann es aufgrund des kleinen Winkels zwischen Densschraube und Frakturlinie zu einer Parallelverschiebung der Fragmente entlang der Osteosynthese kommen.

3.4 Klinische Befunde

Patienten mit einer Dens Axis Fraktur können ein breites Spektrum von Symptomen zeigen. Initial können unspezifische Beschwerden auftreten wie:

- o Nackenschmerzen
- o Paravertebrale Muskelverspannungen
- o (schmerzhaft) eingeschränkte Bewegungsumfänge

Diese Krankheitszeichen treten einzeln oder in verschiedenster Kombination auf oder fehlen vollkommen.

Eine große Gefahr besteht bei polytraumatisierten Patienten, die wegen Bewusstlosigkeit, Intoxikation oder einem assoziierten Schädel-Hirn-Trauma keine Angaben zu Beschwerden im Nackenbereich machen können. Hier kann es passieren, dass die Densfraktur gar nicht oder zu spät erkannt wird. [26]

Ohne Reposition und Fixierung können sich später neurologische Ausfälle entwickeln. Fairholm et al. [47] berichteten in ihrer Darstellung von folgenden neurologischen Symptomen:

- o Monoparese
- o Brown-Séquard-Syndrom¹
- o Hemiparese
- o Tetraparese
- o Tetraplegie mit respiratorischen Ausfällen.

Amyes und Anderson [7] konnten aus ihrer Serie von 63 Patienten über folgende Symptomen berichten:

- o Muskelschwäche
- o überschießende Reflexe
- o Babinski-Reflex
- o Hyper- oder Hypästhesien in der Okzipitalregion
- o Beeinträchtigung des Schmerz- und Temperatursinns
- o Par- oder Hypästhesien in den Händen und Fingern.

Bei der klinischen Untersuchung sollte der Patient zunächst nach dem Unfallhergang und Beschwerden im Nackenbereich befragt werden. Dann kann die Palpation der paravertebralen Muskulatur auf muskulären Hartspann erfolgen. Weiter müssen im Verlauf dann Röntgenaufnahmen angefertigt werden (siehe I. 3.5.1).

¹ **Brown-Séquard-Syndrom:** Eine halbseitige Rückenmarksläsion, bei der es kaudal der Läsion zu einer ipsilateralen epikritischen und kontralateralen protopathischen Empfindung kommt. Weiter besteht wegen der Pyramidenbahnläsion zudem eine ipsilaterale spastische Lähmung unterhalb der Läsionshöhe. Im Segment der Schädigung ist die Lähmung durch die Vorderhörner schlaff, während das theoretisch zu erwartende hypästhetische Areal im Segment durch das Überlappen der Dermatome klinisch meist nicht nachweisbar ist. [92]

Die orientierende neurologische Untersuchung erfolgt mit der Überprüfung der Muskeigenreflexe, Sensibilität und Motorik. Die Muskeigenreflexe der oberen Extremität sind Bizeps-², Trizeps-³, Brachioradialis-⁴, Trömner-⁵ und Knipsreflex⁶.

Die Prüfung der Sensibilität kann orientierend mit der Überprüfung der Dermatome erfolgen.

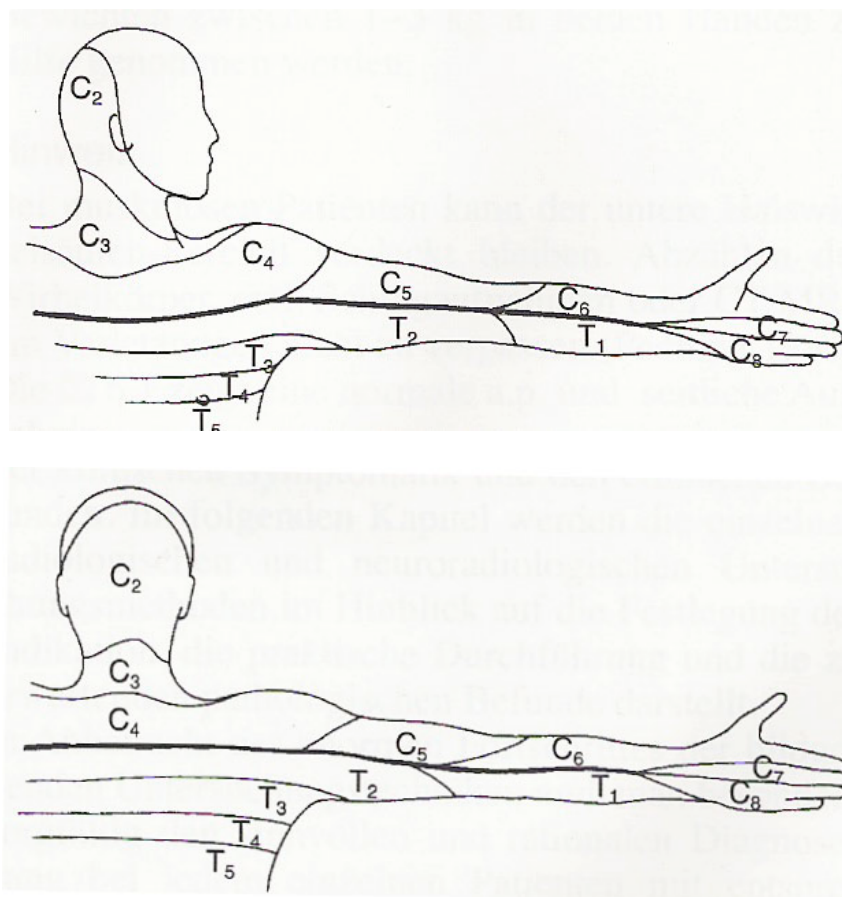


Abbildung 11: Dermatome der zervikalen Nervenwurzeln C1 bis T5, Ansicht von ventral und dorsal [42]

² **Bizepssehnenreflex:** auszulösen durch Auflegen des Daumens des Untersuchers auf die Bizepssehne und Schlagen des Reflexhammers auf das Grundglied des Daumens – Reflexerfolg bei Beugebewegung des Unterarmes [92]

³ **Trizepssehnenreflex:** auszulösen durch Schlag auf die Trizepssehne bei angewinkeltem Ellenbogen – Erfolg bei ruckartiger Streckbewegung des Unterarmes [92]

⁴ **Brachioradialissehnenreflex:** auszulösen durch Beklopfen der distalen Radiuskante – Erfolg bei leichter Beugebewegung des Unterarmes [92]

⁵ **Trömner-Reflex:** auszulösen durch Anschlagen der Fingerkuppen des Untersuchers gegen die Fingerkuppen des Patienten – Erfolg bei Beugung der Fingerendglieder, einschließlich des Daumens [92]

⁶ **Knips-Reflex:** auszulösen durch Knipsen der Nägel des dritten und vierten Fingers des Patienten zwischen Daumen und Zeigefinger des Untersuchers – Erfolg bei Beugung der Fingerendglieder, einschließlich des Daumens [92]

3.5 Radiologische Diagnostik

3.5.1 Natives Röntgen

Wenn der eingelieferte Patient stabil, nicht intubiert und bei vollem Bewusstsein ist, beginnt die bildgebende Diagnostik zunächst mit der Durchführung eines konventionellen Röntgenbildes. [135]

Es sollte bei Verdacht auf eine Fraktur im Bereich der oberen Halswirbelsäule eine Aufnahme der gesamten HWS (C1-C7/Th1) in AP-Stellung und von seitlich erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die Schultern des Patienten maximal nach unten gezogen werden, um den Übergang von der zervikalen in die thorakale Wirbelsäule ausreichend beurteilen zu können. Zu diesem Zweck kann das Halten von Gewichten in beiden Händen des Patienten manchmal eine Hilfe sein, [42] wenn der Patient dies toleriert.

Daffner [30] schlug die ABCS-Regel zur systematischen Beurteilung konventioneller Röntgenbilder der traumatisierten Wirbelsäule vor.

- o A: alignment and anatomy abnormalities
- o B: bony integrity abnormalities
- o C: cartilage space abnormalities
- o S: soft tissue abnormalities

Zur Beurteilung des Weichteilgewebes (engl.: soft tissue) müssen die Ausmaße des retropharyngealen Raumes und des retrotrachealen Raumes beachtet werden. [105]

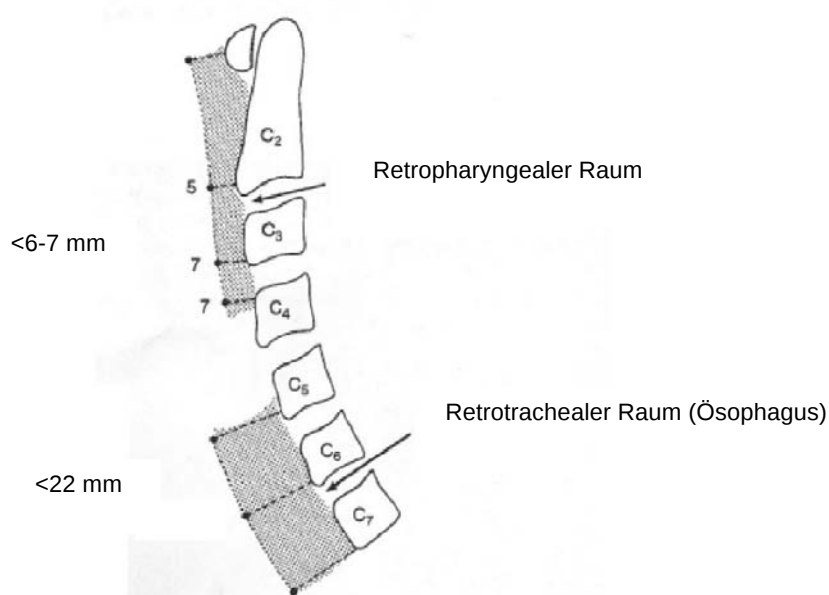


Abbildung 12: Messtechnik zur Bestimmung des Retropharyngeal- und Retrotrachealraumes nach Penning [104], Normalbefunde wie in der Grafik angegeben

In der seitlichen Ansicht ist außerdem die Weite des Spinalkanals wichtig. Bei der Beurteilung des retrodentalen Raumes wird vor allem die Drittelregel nach Steel angewendet. Diese besagt, dass bei einem mittleren Durchmesser von 3 cm des Spinalkanals je 1 cm vom Querschnitt der Medulla und des Dens ausgefüllt werden, so dass für die Bewegungsausschläge ein weiterer Zentimeter zur Verfügung steht. [126]

In der seitlichen Aufnahme kann auch die Distanz zwischen Dens und Arcus anterior des Atlas einen Hinweis auf eine Ruptur des Lig. transversum liefern. Der kritische Wert, der nicht überschritten werden sollte, liegt bei 3mm.

Bei dem konkreten Verdacht auf eine Densfraktur sollte auch eine transorale Aufnahme des Dens erfolgen. Hier erschweren oft Überlagerungen die Beurteilung der anatomischen Verhältnisse. Dieser sogenannte Macheffekt beruht auf der Entdeckung des österreichischen Physikers und Philosophen Ernst Mach von 1865. Unterschiedlich dichte Strukturen, die sich überlagern, wie die Densbasis, das Okziput, der Atlasbogen, Hautfalten im Nacken und Schneidezähne, erzeugen helle und dunkle Linien. Auf diese Weise kann u. a. eine Densfraktur vorgetäuscht sein. [31]

3.5.2 Computertomografie

Nach der Einführung der CT in den frühen 70er Jahren wurde schnell deutlich, dass die verletzte Wirbelsäule eines der wichtigsten Anwendungsgebiete sein würde.

Allgemeine Indikationen für die Anwendung eines CTs im Bereich des Skeletts sind ein Verdacht auf Frakturen, Tumor-/ Metastasendiagnostik und bestehende Kontraindikationen gegen ein MRT (z.B. Herzschrittmacher, Platzangst).

Ein computertomografischer Scan der Wirbelsäule sollte mit einem Multidetektor-Spiral-CT (MD-CT) und enger Kollimation ($\leq 1\text{mm}$) erfolgen.

Mit dem Dünnschicht-CT mit koronaren, sagittalen und 3-dimensionalen Rekonstruktionen ist es möglich, Klärung zu schaffen, wenn durch ein natives Röntgen eine Densfraktur nicht sicher ausgeschlossen werden konnte – dies gilt besonders für schräge oder vertikale Frakturverläufe. Auch für eine spätere OP-Planung ist das CT unersetzlich und zum Ausschluss von Kombinations-Frakturen. [110]

Densfrakturen treten häufig auch im Zuge eines Polytraumas auf. Auch in diesen Fällen wird ein Trauma-Scan mit einem Mehrschicht-Spiral-CT durchgeführt. [77] Somit können lebensbedrohliche Verletzungen von Schädel, Wirbelsäule, Lunge, Abdomen und Becken im Zuge eines 30-minütigen „one stop shopping“ bildtechnisch dargestellt werden. [86]

3.5.3 MRT

Das Anwendungsgebiet der Magnetresonanztomografie liegt in der Darstellung von Verletzungen der Weichteile und vaskulären Strukturen. Bei dieser Technik werden keine Röntgenstrahlen verwendet.

Die T2-Wichtung eignet sich vor allem für die Beurteilung des Myelons, des Spinalkanals und der Bandscheiben, während die T1-Wichtung eher der Beurteilung des Knochenmarks dienlich ist.

Das MRT bietet auch gute Möglichkeiten bei der Diagnostik von Tumoren, Entzündungen und Nekrosen des Knochens und der Weichteile. Okkulte Frakturen lassen sich mit Hilfe des Kernspintomographen häufig an Hand eines Ödems sicherer erkennen.

Im Falle der Densfrakturen spielt das MRT eine besondere Rolle bei der Frage nach der Ruptur des Lig transversum. Diese Verletzung schränkt beispielsweise die Wirksamkeit der Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler ein, da die Fraktur trotz interner Fixation weiterhin instabil wäre [49].

Kontrastmittel des MRTs ist meistens Gadolinium. Das hochtoxische Ion ist an einen Chelatbildner gebunden und kann so nicht die Zellwand oder die intakte Blut-Hirn-Schranke durchdringen. Wenn diese Barriere jedoch durch pathologische Prozesse gestört ist, kann es sich anreichern und führt zu einer Signalzunahme des Prozesses in der T1-Gewichtung.

MR-Kontrastmittel besitzt ein deutlich geringeres allergisches Potenzial als Röntgenkontrastmittel, wie sie manchmal beim CT verwendet werden. Es besteht keine relevante Nephrotoxizität. [110]



Foto 1: MRT der Patientin Nr. 61, Röntgenbefund: Frakturen der HWS älteren Datums; intramedulläre Signalintensität

3.5.4 Bildwandler

Bildwandler finden bei der bildlichen Darstellung der Densfraktur vor allem intraoperativ Verwendung und sind hier unersetzbar. Jeder Vorstoß des Bohrers oder einer Schraube im Knochen muss in zwei Ebenen kontrolliert werden, um eine Verletzung der empfindlichen Strukturen im kraniozervikalen Übergang zu vermeiden [17, 18, 34, 131]. Ein Gerät stellt die Fraktur in AP-Stellung dar, das andere bietet eine Ansicht von lateral.

Durch das zweite Gerät wird auch Beleuchtungszeit eingespart, was eine verminderte Strahlenbelastung für den Patienten bedeutet. Außerdem muss das Gerät somit nicht wiederholt geschwenkt werden, um die Fraktur in der zweiten Ebene darzustellen.

In neuerer Zeit werden auch 3D-Bildwandler verwendet. Sie erlauben eine räumliche Darstellung, müssen jedoch auch geschwenkt werden, was zu einem Zeitverlust führt.

Bei Verdacht auf eine ligamentäre Verletzung der Halswirbelsäule, können Funktionsaufnahmen mit dem Bildwandler in der Akutphase nach stattgehabten Trauma schnell Klärung schaffen.

3.5.5 Funktionelles Röntgen

Funktionelle Röntgenaufnahmen geben Auskunft über eine mögliche Hypo- und Hypermobilität zwischen einzelnen Wirbeln.

Einige Autoren [26, 37, 83, 117, 123] wandten dieses Verfahren in ihren Untersuchungen zur Kontrolle des postoperativen Verlaufs an. Fehlende Instabilität des Axis zum Atlas war ein Kriterium für eine vollzogene knöcherne Fusion, auch wenn keine trabekuläre Durchbauung erkennbar und somit nur auf eine fibröse Heilung zu schließen war [36]. Dabei wurde vor allem auf die atlantoaxiale Distanz zwischen vorderem Atlasring und Dens Axis geachtet.

Der Patient steht mit seiner linken Körperseite an der Bildplatte. Am Rücken und am Sternum wird er mit gepolsterten Stützen fixiert. Der Patient wird gebeten, den Kopf maximal zu beugen. Bei den passiv gehaltenen Bildern fasst der Untersucher unter Verwendung geeigneter Schutzkleidung den Hinterkopf und das Kinn des Patienten. Es werden zwei Bilder - eins in maximaler Flexion und eins in maximaler Extension - angefertigt.

Diese Untersuchung kann auch in Seitenlage durchgeführt werden.

Die grafische Auswertung der beiden Bilder erfolgt, indem die Extensionsaufnahme auf einen Film im Format 18x24 und die Flexionsaufnahme auf einen normalen Film 24x36 abgelichtet wird. Die Extensionsaufnahme wird auf die Flexionsaufnahme gelegt, so dass die

Wirbelkörper C7 beider Bilder direkt aufeinander liegen. Dann wird entlang der Kante der Extensionsaufnahme eine Kante auf dem Flexionsbild gezogen. Genauso wird mit dem Wirbelkörper C6 verfahren. Schließlich ergeben sich zwei Linien, deren Winkel den jeweiligen Bewegungsausschlag zwischen den beiden Wirbeln ergibt. Auf die gleiche Weise kann mit allen anderen Wirbeln vorgegangen werden. Es bestehen auch computerassistierte Methoden, um die menschliche Fehlerrate zu verringern. [42]

Dvorak et al. [42] führten dieses Verfahren als Diagnostikum für die segmentale Hypo- und Hypermobilität in der HWS durch, sowie zur Beurteilung der translatorischen Bewegung und des Zentrums für Rotation.

3.5.6 Strahlungsintensität und –dauer

Die Strahlenexposition von Schädel und Extremitäten ist grundsätzlich geringer als bei Aufnahmen vom Körperstammbereich, da dort die strahlensensiblen Organe liegen.

Um die Strahlenbelastung in Relation zur Empfindlichkeit der einzelnen Organe zu setzen, wird der Begriff Effektive Äquivalentdosis verwendet (kurz: Effektive Dosis).

Die Effektive Dosis ist die Summe der Organdosen, gewichtet mit den Gewebewichtungsfaktoren (Sievert, kurz: Sv).

Somit ergibt sich für die radiologische Diagnostik im Bereich der Halswirbelsäule eine insgesamt kleine effektive Äquivalentdosis, da sich in diesem Bereich nur die Schilddrüse befindet, die einen im Vergleich mit Keimdrüsen oder Knochenmark niedrigeren Organwichtungsfaktor besitzt. [110]

3.6 Kombinationsverletzungen

Bei Mehrfachverletzten wird im Rahmen der primären Diagnostik stets ein großes Augenmerk auf die übrige Halswirbelsäule gelegt.

Dickman et al. [34] publizierten 1995 Ergebnisse von 860 Patienten, die in den letzten 10 Jahren mit einer akuten Verletzung der Halswirbelsäule eingeliefert wurden. Sie fanden heraus, dass 43% der Atlasfrakturen und 16% der akuten Axisfrakturen kombiniert vorlagen. Die häufigste Kombinationsfraktur des Atlas und des Axis in dieser Studie war die C1 Fraktur, kombiniert mit der Typ II Dens Fraktur.

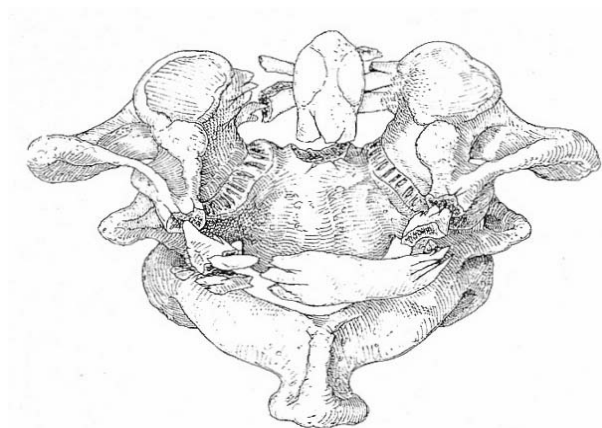


Abbildung 13: Kombinationsfraktur aus Typ II Densfraktur nach Anderson und D'Alonzo [8] und einer Jeffersonfraktur [34]

Gleizes et al. [54] differenzierten die C1-Frakturen noch weiter. In dieser Analyse, die 784 HWS-Frakturen auf Kombinationsverletzungen untersuchte, lagen Densfrakturen am häufigsten mit Läsionen des Arcus posterior des Atlas vor. Weniger häufig waren Kombinationen von Densfrakturen mit Jefferson-Frakturen oder Verletzungen des Arcus anterior.

Die Wahl der Operationsmethoden weicht unter den verschiedenen Autoren erheblich voneinander ab. Während Dickman et al. [34] eine posteriore Fusion nach Gallie [53] bevorzugten oder bei der Fusion ebenfalls das Okziput mit einbezogen, favorisierten andere [54], vor allem im Falle der Instabilität der Atlasfraktur, die transartikuläre Verschraubung nach Magerl [89]. Wenn nur der posteriore Ring des Atlas gebrochen war und weiter eine Typ II Densfraktur vorlag, wurde die Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler [17, 18] angewandt und die Atlasfraktur konservativ zur Ausheilung gebracht.

Die posteriore Fusion ist bei einer Fraktur des posterioren Atlasrings kontraindiziert. So richtet sich die operative Strategie bei einer stabilen Atlasfraktur nach dem Dens und die Atlasfraktur wird konservativ mittels assoziierter externer Fixierung behandelt.

Erst bei einem Auseinanderweichen der Massae laterales des Atlas um mehr als 7mm [72] kommen rigidere operative Maßnahmen wie die transartikuläre Verschraubung, die posteriore Fusion nach Harms oder die okzipitozervikale Fixierung zur Anwendung. [4]

4. Therapiemöglichkeiten

4.1 Externe Fixierung

4.1.1 Schanz-Kragen

Der Schanz-Kragen ist eine weiche Zervikalstütze und gewährleistet nur eine geringe Immobilisation. Dieser Kragen hat für den Patienten eher eine mahnende Funktion, sich zu schonen und nicht größere Bewegungen mit der Halswirbelsäule auszuführen.

Sie ist angenehm zu tragen und kann die Haut in der Regel nicht verletzen.

Verwendet wird der Schanz-Kragen bei:



- o Weichteilverletzungen (z.B. leichte Distorsionen der HWS)
- o Ausbehandlungsphase nach dem Tragen rigiderer Orthesen wie dem Halo-Fixateur [129]
- o Definitiv sicher stabilisierte Frakturen der HWS

Foto 2: Schanz-Kragen

4.1.2 Philadelphia-Kragen

Der Philadelphia-Kragen ist eine harte Zervikalstütze und bei konservativem Therapiemanagement am häufigsten gebräuchlich.

Aufgrund ihrer Form sitzt sie dem Thorax auf und schließt das Kinn mit ein, so dass sie den gesamten Hals mit umfasst. Sie schränkt die Bewegung in der oberen Halswirbelsäule sehr stark ein und bietet eine signifikant höhere Fixierung als eine weiche Zervikalstütze. Allerdings besteht bei längerem Tragen das Risiko von Hautulzera, vor allem am Kinn.

Anwendung findet diese Methode bei:



- o Vorübergehender Ruhigstellung bei der Diagnostik
- o Behandlung stabiler, unverschobener Frakturen in der HWS
- o Ruhigstellung der HWS nach operativer Fixierung
- o Schwere Distorsionen der HWS [131]

Foto 3: Philadelphia-Kragen

4.1.3 Stif-Neck

Diese Stütze ist aufgrund der verwendeten Materialien noch steifer als der Philadelphia-Kragen, sollte daher auch nur wenige Stunden getragen werden, weil sich sonst schnell Druckstellen an der Haut ausbilden können. Der Stif-Neck umfasst den Hals in ähnlicher Weise wie die Philadelphia-Stütze.

Angewendet wird er bei:



- o Prophylaktischer und therapeutischer Ruhigstellung in der präklinischen Phase (z.B. Unfall)
- o Schienung der HWS während der ersten Stunden im Krankenhaus [131]

Foto 4: Stif-Neck

4.1.4 Sternal Occiput Mandibular Immobilisation (SOMI)

Der SOMI ist ein starrer Metallrahmen, der sich auf die Brust abstützt und mit einer Kinnstütze verbunden ist. Er verhindert die Flexion besser als die Extension. Die Rotation wird im Vergleich mit dem Philadelphia-Kragen schlechter eingeschränkt.

Der SOMI ist gebräuchlicher im angloamerikanischen Raum. [131]

4.1.5 Minerva-Gips

Der Minerva-Gipsverband wird heutzutage nur noch selten angelegt, er stellt aber eine kostengünstige Alternative zum Halo-Fixateur dar. [131]

Bei dieser Gips-Technik stellen sich jedoch erhebliche hygienische Probleme ein, da große Teile des Oberkörpers mit eingeschlossen werden müssen.

4.1.6 Halo-Fixateur



Der Halo-Fixateur stellt nicht nur eine Möglichkeit zur Schienung dar, wie die vorab beschriebenen Orthesen, sondern er wird von vielen Autoren [39, 57, 62, 63, 79, 83, 107, 108, 109] auch primär als das Therapeutikum der Wahl bei Dens-Axis-Frakturen verwendet.

Indikationen für den Halo-Fixateur sind allgemein Frakturen der Halswirbelsäule, einschließlich instabiler Frakturen und ausgeprägter ligamentärer Verletzungen mit Instabilität. Außerdem kann diese Orthese postoperativ angepasst werden, wenn eine Operation ohne interne Fixation erfolgt ist (z.B. posteriore Spondylodese nach Brooks [22]) [15]

Foto 5: Halo-Fixateur mit Weste und geschlossenem Ring

Allgemein kann der Halo-Fixateur nicht verwendet werden bei begleitenden Schulterfrakturen, einem Thoraxtrauma oder einer ausgeprägten Fettleibigkeit. [131]

Im konkreten Fall der Densfrakturen bestehen Kontraindikationen bei großen Frakturdislokationen bei mehr als 4mm oder 10° Angulation, Dislokationen nach posterior, einem Patientenalter von mehr als 60 Jahren oder einer verspäteten Diagnosestellung von mehr als 3 Wochen. [109, 123]

Die Angaben zu den Materialien können sich bei den unterschiedlichen Herstellern unterscheiden. Das Gewicht der kompletten Stütze beträgt zwischen zwei und vier kg. Die Tragezeit liegt in den meisten Fällen bei 12 Wochen und die metallischen Bestandteile sind aus MRT-fähigem Material.

Es gibt den Halo-Fixateur in verschiedenen Ausführungen. Ein Unterschied bei den Modellen besteht zwischen offenen und geschlossenen Ringen. Der Vorteil des offenen Rings liegt darin, dass der Kopf des Patienten die ganze Zeit auf einem schmalen Polster gelagert werden kann, anstatt von einer weiteren Person während des Vorganges gehalten werden zu müssen.

Wetzel et al. [135] untersuchten die Unterschiede zwischen offenen und geschlossenen Ringen prospektiv und fanden keine Abweichungen im Heilungsverlauf und der Komplikationsrate. Allerdings klagten signifikant mehr Patienten, die mit dem offenen Ring versorgt worden waren, über Schmerzen im Bereich der Stifte.

Die Technik zur Anpassung des Halo am Kopf des Patienten ist unter den verschiedenen Modellen ähnlich.

Der Abstand zwischen Schädelkalotte und Ring sollte 1-2 cm betragen. Die richtige Westengröße wird über den Brustumfang bestimmt.

Es werden vier Stifte in der Tabula externa der Schädelkalotte platziert. Sie werden rechtwinklig zum Schädel angebracht, da diese Position einen signifikant besseren Halt gegen Scherkräfte bietet. [130]

Das zentrale Loch im Ring sollte über dem Nasenrücken liegen. Empfehlungen für die Eintrittspunkte der Stifte am vorderen Schädel sind folgende [131] :

- o Ventral des M. temporalis und der Fossa temporalis, weil der Knochen im Bereich der Squama ossis temporalis dünn ist und schmerzhafte Irritationen des Muskels beim Kauen entstehen können
- o Lateral der Mitte der supraorbitalen Leiste, um die Nn. supraorbitales und supratrochleares sowie den Sinus frontalis zu schonen
- o Unterhalb der größten Schädelzirkumferenz, um eine Verschiebung des Ringes nach kranial zu vermeiden, d.h. der Ring darf nicht höher als maximal 1cm oberhalb der oberen Begrenzung der Ohrmuschel angebracht werden

- o Oberhalb der Orbita, um eine Verschiebung oder ein Eindringen in die Orbita zu vermeiden.

Die genauen Eintrittspunkte am Hinterkopf sind nicht genau festgelegt. Die Stifte werden unter Lokalanästhesie eingebracht. Stichinzisionen sind nicht erforderlich. [21]

Bei der Montage sollte der Patient die Augen schließen, um spätere Hautspannung im Bereich der Oberlider zu verhindern.

Abschließend sollten eventuell verwendete Abstandshalter entfernt werden, um die Ausbildung von Druckstellen und Hautnekrosen zu verhindern. Die Stifte müssen mit Muttern gesichert und der Ring über vier Stangen mit der Weste verbunden werden.

Abschließend wird eine Röntgenaufnahme durchgeführt, um die Frakturstellung zu dokumentieren.

Nach 48 Stunden sollten die Stifte das erste Mal nachgezogen werden. Wegen der Infektionsgefahr und einer möglichen Lockerung müssen die Patienten alle ein bis zwei Wochen einen Arzt konsultieren, um die Einstichstellen kontrollieren und die Stifte gegebenenfalls nachziehen zu lassen.

4.2 Operative Verfahren

4.2.1 Historie

Der erste Versuch, Verletzungen der oberen Halswirbelsäule operativ zu versorgen, wurde 1910 von Mixter und Osgood [97] durchgeführt.

Nach der Beschreibung von Gallie [53] 1939 der posterioren Fusion mit Hilfe eines autogenen Knochenkeils, folgte 1978 die Veröffentlichung der Methode von Brooks und Jenkins. [22] Mängel der Gallie'schen Technik wurden ausgeglichen, was zu einer größeren Stabilität führte, die in verschiedenen biomechanischen Tests bewiesen werden konnte. [58, 68]

Magerl, der als erster die Technik der transartikulären Verschraubung von C1 und C2 vorstellte und 1979 zum ersten Mal eine Fraktur des Dens Axis mit einer anterioren Zugschraubenosteosynthese [60] durchführte, gab diese Methode an Böhler weiter, der sie 1981 in unserem Sprachraum als erster veröffentlichte [18].

Nakanishi berichtete 1980 unabhängig von dieser Operationsmethode [102, zitiert in 52], jedoch auf Japanisch.

4.2.2 Posteriore transartikuläre Verschraubung nach Magerl [89]

Dieses Verfahren setzt eine spezielle Lagerungstechnik voraus. Die obere HWS sollte möglichst gebeugt sein und die untere HWS möglichst extendiert. Diese Position erleichtert das spätere Einbringen der Schrauben.

Es werden zwei Bildwandler bereit gestellt. Nach der Reposition muss die Inzision vom Okziput bis zum Vertebra prominens erfolgen.

Nach erfolgter Darstellung von C1 und C2 wird ein doppelt gelegter Zerklagendraht unter dem hinteren Atlasbogen durchgezogen.

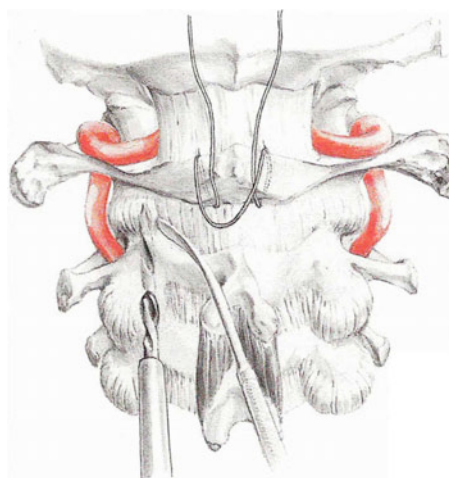


Abbildung 14: Ansatz der ersten Bohrung nach Durchführung der Zerklage Cave: Arteria vertebralis [131]

Der Eintrittspunkt für die Schrauben liegt in einer kleinen Knochengrube im unteren, medialen Quadranten des Gelenkfortsatzes C2 in der Nähe seines Übergangs zur kaudalen Lamina. Die Bohrung erfolgt in sagittaler Richtung. Der Bohrer sollte im besten Falle die Gelenkfläche von C2 dorsal verlassen und an der hinteren Begrenzung der Gelenkfläche von C1 den Atlas treffen. Das Ziel ist der vordere Atlasbogen. Ein flexibler Bohrer kann zur Verbesserung des Schraubenwinkels nützlich sein. Die Schrauben werden in der Regel als Stellschrauben mit Gewindeschneide eingebracht.

Abschließend erfolgt eine posteriore Fusion. [89, 131]

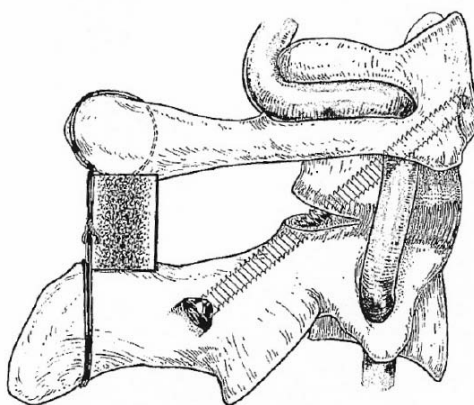


Abbildung 15: Seitliche Ansicht der transartikulären Verschraubung nach Magerl [89]

Die rigide interne Fixierung führt dazu, dass die postoperative externe Fixierung durch eine weiche Orthese allenfalls sechs Wochen betragen muss.

Indikationen stellen instabile Situationen zwischen C1 und C2 dar - zum Beispiel im Falle einer Kombination einer Densfraktur mit einer instabilen Atlasfraktur. Auch erhebliche Gelenksinkongruenzen, die das Risiko beschleunigter degenerativer Veränderungen mit sich bringen, sollten gemäß D. Grob und F. Magerl [60] mit einer transartikulären C1/C2-Verschraubung versorgt werden.

4.2.3 Minimal invasive atlantoaxiale Verschraubung nach McGuire und Harkey [94]

Dieses Verfahren ähnelt im Ergebnis der transartikulären Verschraubung nach Magerl, unterscheidet sich jedoch in der Durchführung. Hier erfolgen nur kleine Hautschnitte über den dorsalen Anteilen von Atlas und Axis und ein Zentimeter lateral der Dornfortsatzreihe in Höhe des 1. bis 2. Brustwirbels.

Nach Aufspreizen mit einer Schere wird ein 3mm dicker K-Draht, der als Trokar dient, unter palpatorischem Kontakt mit den dorsalen Rippenbögen vorgeschoben, bis der Draht auf die Lamina von C2 trifft. Während des ganzen Vorgangs wird die Lage des Drahtes mit zwei Bildwandlern überprüft.

Der Draht wird nun ein kleines Stück in den Knochen eingeschlagen und dann eine doppelte Führungshülse über ihn geschoben. Die äußere Hülse weist an ihrem Ende einen kleinen Sporn auf. Dieser wird unter den kaudalen Rand der Lamina des Axis geschoben und verhakt sich dort. Nach Entfernung des Drahtes kann die Bohrung durchgeführt werden. Nach Entfernung der inneren Hülse wird das Gewinde geschnitten und die Schraube eingedreht.

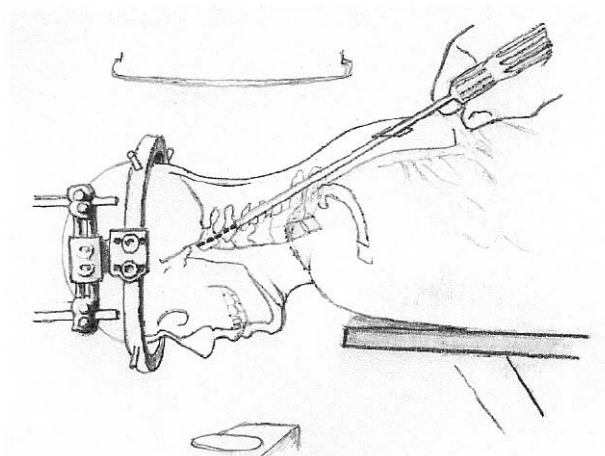


Abbildung 16: Minimalinvasive Methode nach McGuire und Harkey [94] Über die Hülse kann minimalinvasiv eine transartikuläre Verschraubung nach Magerl [89] erfolgen

Durch den kleinen Zugang werden Blutverlust, Infektionsrisiko und postoperative Schmerzen gering gehalten.

Außerdem kann bei diesem Verfahren der Bohrwinkel beliebig gewählt werden, was für den Sitz der Schrauben und den Erfolg der Operation maßgeblich sein kann.

Da dieses Verfahren lediglich die minimalinvasive Variante der transartikulären Verschraubung nach Magerl ist, bleibt die Indikationsstellung dieselbe. [89, 131]

4.2.4 Dorsale atlantoaxiale Spondylodese nach Gallie [53], Brooks [22] und anderen [37]

Es wurden verschiedene Varianten der dorsalen Spondylodese beschrieben.

Bei der Methode nach Gallie [53], wird ein Knochenspan in H-Form dorsal an den Atlas und Axis angelegt.

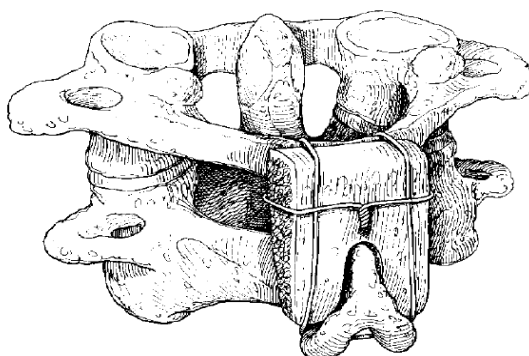


Abbildung 17: Atlantoaxiale Fusion nach Gallie [53]

Diese Operationsvariante ist die technisch einfachste Lösung, weil die Zerklage nicht um den Bogen von C2 herumgeführt werden muss.

Allerdings ist diese Methode auch die instabilste, wie verschiedenste biomechanische Tests beweisen konnten. Das Verfahren nach Brooks und Jenkins erzielte hier vor allem im Hinblick auf die Stabilität bessere Ergebnisse [58, 68].

Der Unterschied zur Gallie-Technik besteht darin, dass hier zwei Knochenspäne verwendet werden, angepasst an den Zwischenraum von Arcus posterior des Atlas und den Laminae des Axis. Diese werden zu Beginn der Operation aus dem Beckenkamm gewonnen. Beide sollten ca. 1,25 x 3,5 cm groß sein.

Der eigentliche Eingriff an der HWS beginnt dann mit einer Inzision vom Okziput bis zur Höhe des dritten oder vierten Halswirbels. Die Processi spinosi und Laminae werden dargestellt und schließlich der Arcus posterior des Atlas durch subperiostale Dissektion freigelegt. Die Oberflächen des Atlas und des Axis, die in Kontakt mit dem Knochenspan kommen, werden kürettiert, um das Weichteilgewebe zu entfernen. Bei der Darstellung der posterioren Anteile des Atlas und Axis sind die Verläufe der A. vertebralis und der okzipitalen Nerven zu berücksichtigen.

Zwei Stahl-Drähte werden unter dem Bogen beidseits durchgeführt. Die Drähte liegen ventral der Fasern der Membrana atlanto-axialis.

Die Seiten beider Knochenspäne werden angeschnitten und in den Zwischenraum zwischen dem Atlas und dem Axis eingepasst. In Position gehalten, werden die Drähte über den Spänen festgezogen.

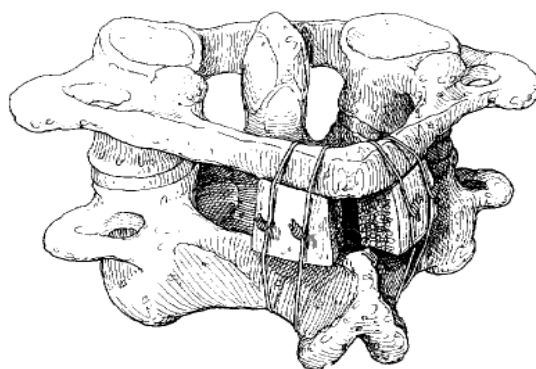


Abbildung 18: Atlantoaxiale Fusion nach Brooks und Jenkins [22]

Eine im Vergleich zu den anderen Verfahren neuere Variante ist die interspinale Technik von Dickman et al. [37]

Sie verbindet die Methoden von Gallie [53] und Brooks [22], indem zwar lediglich ein Knochenstück verwendet wird, dieses allerdings wie bei Brook/Jenkins [22] zwischen die Laminae von Atlas und Axis eingefügt wird.

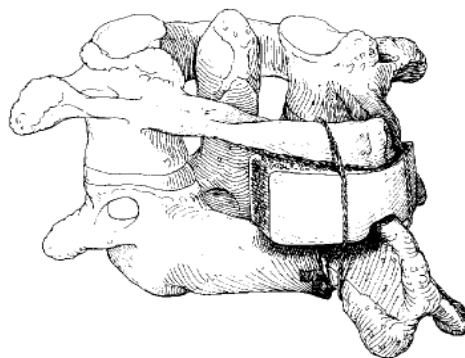


Abbildung 19: Atlantoaxiale Fusion nach Dickman [37]

Die Indikation für die posteriore Fusion waren vor Veröffentlichung der Böhler'schen Kompressionsschraubenosteosynthese frische Densfrakturen, mit und ohne hinzukommende Ruptur des Lig. transversum, alte Densfrakturen, die eine atlantoaxiale Instabilität verursachen, ein Os odontoideum und rheumatoide Arthritis [22, 27, 36, 37].

Postoperativ muss oft die externe Fixierung mit einem Halo-Fixateur erfolgen.

4.2.5 Posteriore Fusion nach Harms [65]

Die Vorbereitung dieses Verfahrens beinhaltet die Lagerung des Patienten in Bauchlage und die sterile Abdeckung und Positionierung eines Bildwandlers.

Der dorsale Zugang erfolgt vom Okziput bis zur Höhe C3/C4. Nach Befreiung der Knochen vom periostalen Gewebe, wird das Ganglion des dorsalen Nervens nach kaudal retrahiert, um die Eintrittsstelle für die Massa lateralis Schrauben für C1 frei zu halten. Die Atlasschrauben werden gerade oder leicht konvergent und parallel zur Ebene des posterioren Bogens eingebracht. Es wird ein Gewindeschneider verwendet und eine 3,5 mm polyaxiale Schraube bikortikal eingebracht. Sie kommt mit ihrer Spitze im vorderen Atlasring zu liegen.

Die Bohrung des Axis erfolgt daraufhin, beginnend am medialen, kranialen Quadranten des Isthmus, ca. 20 bis 30° nach kranial verlaufend. Das Einbringen der Schrauben verläuft weiter wie im Falle der Atlasschrauben.

Abschließend kann, falls notwendig, eine Manipulation erfolgen, indem Zug oder Druck auf die Schrauben ausgeübt wird, um eine Fraktur oder Luxationsstellung zu reponieren. Abschließend kann eine Fixierung durch ein Stangensystem erfolgen. Diese Fixierung kann entweder temporär verbleiben oder es kann eine Fusion durch eine Dekortikation und Anlage eines kortikospongiösen Knochenspins aus dem Beckenkamm durchgeführt werden.

Die Indikation für diese Fixierung sind Situationen mit einem instabilen Gelenk C1/C2 wie zum Beispiel bei Frakturen der oberen HWS sowie ein symptomatisches Os odontoideum, rheumatoide Arthritis, rotatorische Subluxation und Missbildungen. [65]

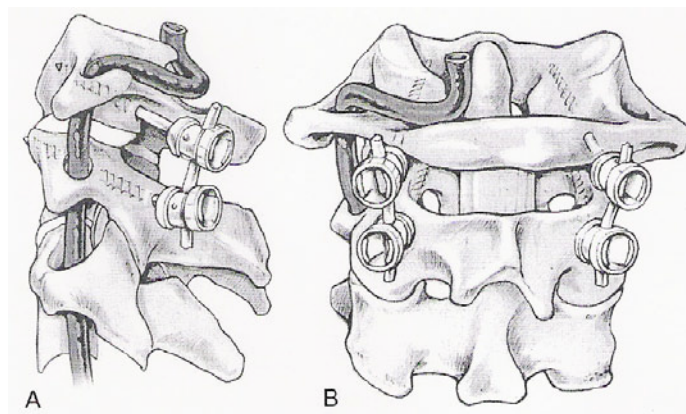


Abbildung 20: Die obere HWS nach der C1-C2 Fixierung durch eine Kombination aus einem Schrauben- und Stangensystem, A: laterale Ansicht B: posteriore Ansicht [65]

4.2.6 Okzipito-Zervikale Spondylodese

Die Okzipito-Zervikale Spondylodese ist eine der rigidesten Formen der Fixierung der oberen Halswirbelsäule. Der Operateur kann dabei wählen zwischen:

- o Fixationen mit Zerklagen/Klemmen/Haken oder
- o Versteifungen mit Schrauben und Platten.

Eine weitere Variante ist die Verwendung von autogenen, kortikospongiösen Knochenimplantaten.

Präoperativ wird eine bestmögliche Reposition der Fraktur und eine neutrale Stellung des Kopfes im Verhältnis zum Körper sicher gestellt. Das geplante Ausmaß der Fusion hängt dabei vom Frakturtyp ab.

Der Hautschnitt liegt auf der Mittellinie von der Protuberantia okzipitalis externa bis auf C7, wenn eine Fixierung inklusive transartikulärer Verschraubung geplant ist.

Das Subkutangewebe wird bis zur Fascia nuchae durchtrennt. Danach werden die sehnigen Ansätze der autochthonen Nackenmuskulatur scharf abpräpariert, um subperiostal auf die Wirbelbögen zu gelangen. Mit einem elektrischen Messer werden auf beiden Seiten die tiefe Nackenmuskulatur von kranial nach kaudal abgelöst. Im Bereich der unteren Halswirbelsäule kommen noch die sehnigen Ansätze des M. spinalis und des M. multifidus zervicis hinzu. Schließlich wird der M. rektus kapitis posterior minor vom weiter ventral liegenden Tuberkulum posterius atlantis abpräpariert. Wenn die Darstellung der Gelenke C1/C2

erforderlich ist, werden die Gelenkkapseln am kaudalen Ansatz inzidiert. Die Weichteile können dann bis knapp oberhalb des Knorpels des unteren Gelenkfortsatzes von C1 abgeschoben werden.

Die transartikuläre Verschraubung sollte, wie unter I. 4.2.2 beschrieben, vorbereitet werden. Eventuelle weitere benötigte Schrauben werden in AO-Technik entlang der HWS fixiert. Bevor das kraniale Plattenende am Okziput befestigt wird, sollte nochmals die Stellung des Kopfes überprüft werden.

Das Bohren am Hinterkopf erfolgt in Schlagbohrtechnik, um einem plötzlichen Vordringen des Bohrers in das Schädelinnere vorzubeugen.

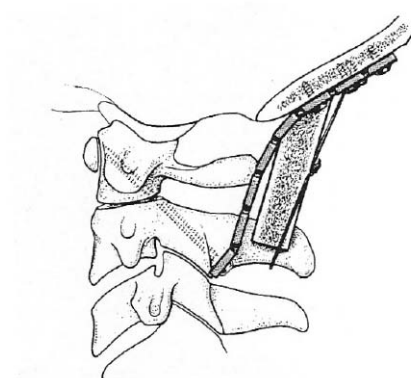


Abbildung 21: Okzipitozervikale Osteosynthese mit transartikulärer Verschraubung, Ansicht von lateral [60]

Schließlich wird ein kräftiger monokortikaler Knochenblock aus dem hinteren Beckenkamm entnommen. Er sollte auf dem Dornfortsatz von C2 „reiten“. Das Implantat wird mit einer Draht-Zuggurtung, die um den Dornfortsatz und eine Schraube im Okziput geschlungen ist, an Okziput, Atlas und Axis gepresst. Zuvor wird dazu dieser Bereich der HWS angefrischt und spongiöser Knochen freigelegt.

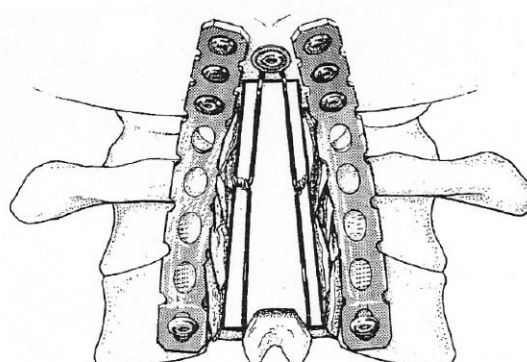


Abbildung 22: Okzipitozervikale Osteosynthese mit transartikulärer Verschraubung und Zuggurtung mit einer Drahtzerklage [60]

Postoperativ muss der Patient keine rigiden Fixationen wie z. B. die Halo-Weste erdulden.

Nachteilig für den Patienten bei diesem Verfahren ist die erhebliche postoperative Bewegungseinschränkung der oberen Halswirbelsäule. Es besteht ebenfalls die Gefahr, dass der Kopf in Hyperextensions- oder –flexionsstellung fixiert wird.

Da diese Operation nicht nur der Fixation der Gelenke zwischen Okziput und Axis dient, sondern bis auf C6 erweiterbar ist, kann eine Arthrodesse im Atlantoaxialgelenk geschaffen werden, trotz großer degenerativer Veränderung in der Halswirbelsäule.

Außerdem kann dieses Verfahren auch für die nötige Stabilität bei Kombinationsverletzungen von Atlas und Axis sorgen, da ein intakter Atlasbogen nicht erforderlich ist. [32]

4.2.7 Transorale Fusion nach Fang und Ong [48]

Die Hauptindikationen für den transoralen Zugang liegt nach Crockard [28] bei Densfrakturen mit Polyarthrit, wesentlichen Verschiebungen des Dens, erheblicher Pannusbildung und/oder einer nicht reponierbaren atlanto-axialen Subluxation. Ruf et al. [113] sieht mit Hilfe dieser Technik auch eine Therapiemöglichkeit bei instabilen Atlasfrakturen.

Generell kann man sagen, dass das Verfahren vor allem angewendet wird, wenn der Rückenmarkskanal durch Pannus- oder Tumorgewebe verengt wird und neurologische Symptome entstanden sind. Dazu gehört auch die basiläre Impression bei rheumatischen Erkrankungen, wenn Therapieversuche mit Kortison nicht helfen konnten.

Vor dem oralen Zugang empfehlen die Autoren eine dreitägige Vorbereitung mit Tetrazyklinen, um die Bakterien im Mund zu dezimieren und das Risiko einer späteren Wundinfektion zu vermindern. Das Antibiotikum wird als Mund- und Nasenspray gegeben. Dieses Verfahren wird bis zum siebten postoperativen Tag weitergeführt und systemisch ergänzt. [48]

Der Patient kann entweder in Seiten- oder in Rückenlage gelagert werden. Die Seitenlage hat den Vorteil, dass Blut und Knochenbröckel vom Bohren in die Tonsillenloge fallen und eine dauerhafte gute Sicht erlauben. [28]

Mit einer speziellen Boyle-Davies Zange kann der Mund offen gehalten und der weiche Gaumen mit der Uvula nach oben gedrückt werden. Nach Palpation wird eine Inzision von ca. 3 cm über dem Processus anticus des Atlas durchgeführt.

Ein Pharynxspatel öffnet die Inzision und macht das Operationsfeld frei.

Das vordere Längsband des M. longus colli wird durchtrennt, die Basis des Dens dargestellt und vom Bindegewebe befreit.

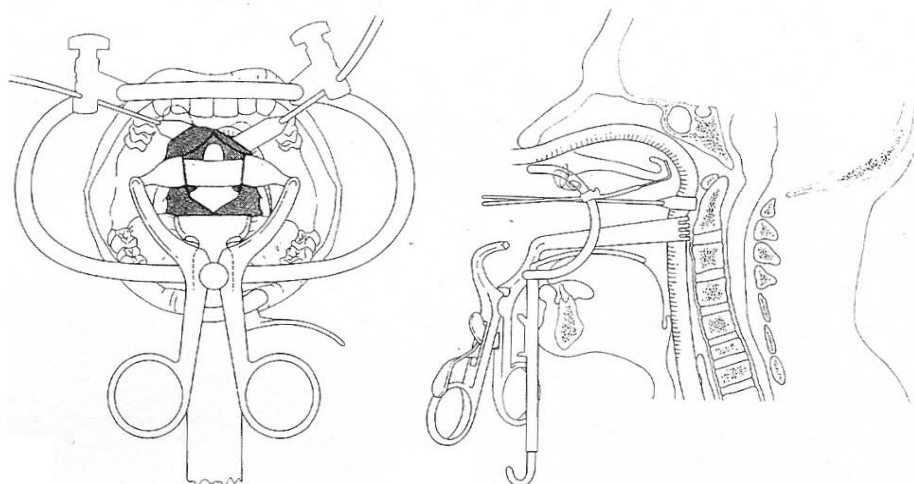


Abbildung 23: Links die Ansicht auf den vorderen Atlasbogen und den Axis nach Inzision des hinteren Pharynx und rechts die Platzierung der Instrumente [48]

In dieser Situation kann mit Hilfe spezieller langer Instrumente verdrängend wachsendes Pannus- oder Tumorgewebe entfernt werden.

Das postoperative Verfahren wird von Fang und Ong [48] als zwei- bis dreimonatiges Liegen auf einer zu kurzen Matratze oder bauchwärts auf einer speziellen Schiene beschrieben, um den Kopf konstant hyperextendiert zu halten. Crockard [28] hingegen empfiehlt eine Ruhigstellung mittels Halo-Weste.

Weiter ist die postoperative Mundpflege von äußerster Wichtigkeit und muss mindestens 4-stündlich erfolgen. Die Magensonde, die nach Narkotisierung eingeführt wurde, wird für 5 Tage belassen.

4.2.8 Lateraler Zugang nach DuToit [40]

Die Indikation für den lateralen Zugang besteht vor allem bei Densfrakturen, die mit Frakturen des posterioren Rings des Atlas kombiniert sind, weil die posteriore Spondylodese in diesem Fall nicht anwendbar ist. Weitere Indikationen sind Subluxationen zwischen C1/C2, bei rheumatischer oder morphologischer Genese. [40, 84, 124]

Der Patient wird auf dem Rücken gelagert. Der Kopf ist dabei vom Operationsfeld weggedreht und leicht nach hinten gebeugt. Der Prozess transversus dient als knöcherne Landmarke, an der es sich zu orientieren gilt. Der Schnitt verläuft entlang des Vorderrands des M. sternocleidomastoideus, an der anterioren Seite des Prozess mastoideus beginnend und endend ca. 2 cm unterhalb des Kieferwinkels. Der Autor schlägt eine leicht

nach anterior gebogene Inzision vor, um ein besseres kosmetisches Ergebnis zu erzielen. Die V. jugularis und der N. auricularis werden identifiziert.

Der M. sternocleidomastoideus wird vom Prozess mastoideus abgetrennt und nach unten aus dem OP-Feld gehalten. Der N. akzessorius liegt 2-3 Finger breit unter der Spitze des Prozess mastoideus und läuft in eine posterior-inferiore Richtung. Dieser Nerv muss nicht extra aufgesucht werden, da der Retraktor, der im anterior-inferioren Winkel der Wunde liegt, diesen Nerv von vorn herein ausser Sicht halten sollte.

Der Muskelbauch, der nun über den anterior-superioren Abschnitt des OP-Feldes ragt, ist der hintere Muskelbauch des M. digastricus und sollte nach anterior-superior gehalten werden, um dann den Blick auf die Spitze des Prozess transversus atlantis freizugeben. Direkt über der Spitze liegen die A. und V. okzipitales, die mobilisiert und nach oberhalb gehalten werden müssen.

Nun kann sicher die Inzision der prävertebralen Faszie erfolgen, bis auf den Prozess transversus hinunter. Die subperiostale Dissektion erfolgt entlang der anterioren Grenze des Prozess transversus in Richtung Massa lateralis. Ein Retraktor wird in diese Lücke eingesetzt, um die abgelösten anterioren zervikalen Muskeln und die interne V. jugularis nach anterior zu halten. Der somit gut sichtbare anterio-laterale Anteil des Atlas wird nun von weiterem Weichteilgewebe befreit und das laterale atlantoaxiale Gelenk indentifiziert. Wenn in dieser Ebene verblieben wird, kann der A. vertebralis aus dem Weg gegangen werden, die geschützt, tief am Ursprung des M. levator skapulae, liegt.

Der Kopf wird nun zurück in die Neutral-0-Position gebracht.

Um die Bohrung zu vereinfachen, wurde von den beschreibenden Autoren [40] eine Bohrhilfe konstruiert, die stets einen Winkel von 25° einhält. Das Hilfsmittel wird in koronarer Ebene gehalten und auf der anterioren Seite des Prozess transversus gestützt. Die Spitze wird unter direkter Sicht in das atlantoaxiale Gelenk gedrückt. In der transversalen Ebene bleibend, wird der Bohrwinkel um ca. 10 Grad hinter die Frontalebene hinaus geändert. (Bohrer 2mm, Bohrtiefe 20-24mm)

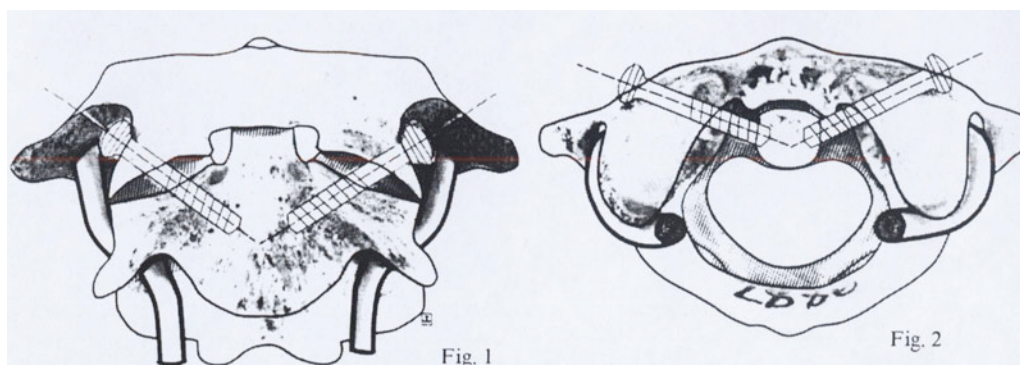


Abbildung 24: Schraubensitz nach der Methode nach DuToit [40], Fig. 1: ventrale Ansicht, Fig. 2: apikale Ansicht

Bevor die eingedrehte Schraube festgezogen wird, wird das Gelenk kürettiert und der Spalt mit autogener Spongiosa aufgefüllt. Dann wird der M. sternocleidomastoideus wieder an den Processus mastoideus angebracht.

Der Vorgang wird auf der anderen Seite auf gleiche Weise wiederholt.

4.2.9 Kompressionschraubenosteosynthese nach Böhler/Magerl [17, 18]

Die Indikation für die Methode nach Böhler [17, 18] liegt zufolge Grob und Magerl [60] bei allen frischen Densfrakturen mit bestehender Dislokation oder Dislokationstendenz, insbesondere die, die der Gruppe II [8] angehören. Weitere relative Indikationen sind eine breitbasige Typ III [8] Fraktur im Bereich des Corpus Axis ohne Dislokation und die Undurchführbarkeit einer längeren externen Fixierung mit dem Halo.

Eine sorgsam durchgeführte Vorbereitung mit korrekter Lagerung und Darstellung der Fraktur mit Bildwandlern in AP-Stellung und von lateral ist äußerst wichtig für den Erfolg der Methode. Im Falle einer Dislokation erfolgt die geschlossene Reposition direkt präoperativ.

Als Inzision wird ein Halbkragenschnitt auf Höhe C4/C5 verwendet. Er wird kurz über dem Kartilago krikoides angesetzt und schräg nach lateral über sechs bis sieben Zentimeter fortgesetzt. Alternativ kann auch ein Kocher'scher Kragenschnitt angewandt werden, der später eine kleinere Narbe zurücklässt.

Der retropharyngeale Raum wird medial des neurovaskulären Bündels erreicht. Weitere Dissektionen erfolgen stumpf entlang des Lig. longitudinale anterior, bis das Tuberculum anterior des Atlas getastet werden kann.

Ein Instrument wird seitlich an den Hals in entsprechender späterer Bohrrichtung gehalten und die Lage zum Dens mit dem seitlichen Bildwandler verifiziert. Bei Patienten mit Adipositas oder Fassthorax kann die Bohrung behindert sein. Für solche Fälle empfehlen Tscherne et al. folgendes Vorgehen:

- o Verstärkte Reklination des Kopfes falls ohne Repositionsverlust möglich
- o Translation des Kopfes im Verhältnis zum Rumpf nach ventral
- o Verwendung eines flexiblen Bohrers für eine flache Bohrung [131]

Mit Hilfe der Bildwandler wird nun die inferiore Vorderkante des Axis identifiziert und von dort aus ein 1,8 mm dicker Bohrdraht über die Fraktur hinweg in den Dens gebohrt. Der Bohrdraht sollte mit seiner Spitze in der distalen Kortikalis versenkt werden.

Während des Bohrens wird die Lage des Drahtes immer wieder über die Bildwandler kontrolliert.

Die Längen der benötigten Schrauben werden ausgemessen, indem ein zweiter K-Draht an den implantierten Draht angehalten und die Differenz bestimmt wird. Über den Draht wird nun eine kanülierte Schraube eingeführt, die bis zur Kortikalis an der äußersten Densspitze implantiert werden sollte, um eine ausreichende Stabilität der Schraube gewährleisten zu können.

Durch den Bohrvorgang und das Eindrehen der Schrauben erfolgt eine mechanische Frakturierung (Mikrofrakturen) der Trabekel, vergleichbar mit Mikrokallusformationen. [134]

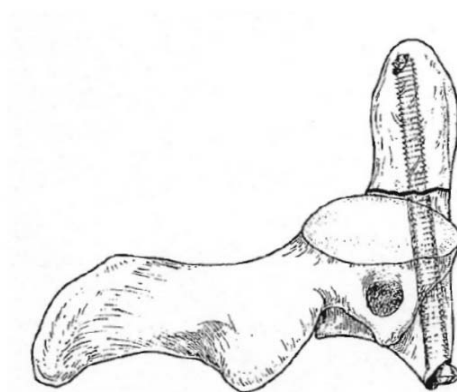


Abbildung 25: Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler [18] von lateral [60]

Um auch die rotatorischen Kräfte an der Fraktur zu minimieren, wird eine zweite Schraube in der gleichen Weise eingebracht.

Abschließend können die beiden Hilfsdrähte wieder entfernt werden.

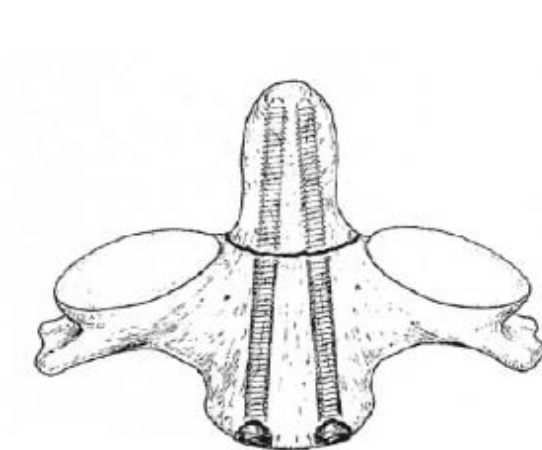


Abbildung 26: Kompressionschraubenosteosynthese von ventral [60]

Die von Böhler beschriebene Verwendung von Kleinfragment-Spongiosaschrauben mit Beilagscheiben ist heute weniger gebräuchlich und ist weitestgehend durch kanülierte Doppelgewinde-Schrauben ersetzt worden, die sich mit dem Kopf im Knochen versenken.

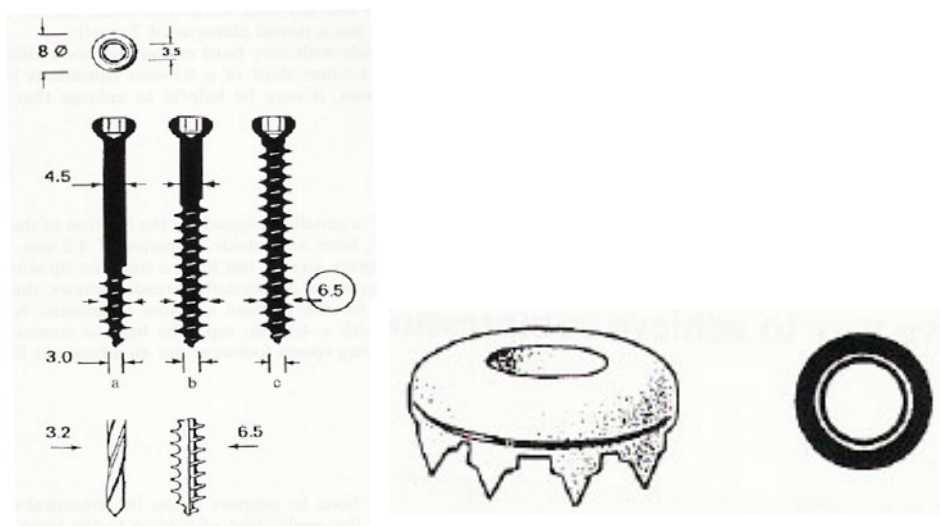


Abbildung 27: Links: Spongiaschrauben mit verschiedenen Gewindelängen, Rechts: Unterlegscheiben [101]

Postoperativ benötigen die Patienten häufig nur einen Schanzkragen für ca. sechs Wochen. In manchen Fällen kann die postoperative Ruhigstellung in einem Philadelphia-Kragen oder einer Halo-Weste indiziert sein.

Dies kommt vor allem bei älteren Patienten mit möglichen Nebendiagnosen wie Osteoporose oder rheumatoider Arthritis vor, die das Risiko für die Entwicklung einer Pseudarthrose vergrößern, oder bei Kombinationsfrakturen [3, 4].

5. Prognose

5.1 Komplikationen und postoperative Beschwerden

5.1.1 Intraoperative Komplikationen

Komplikationen des ventralen Zugangs:

- o Pharyngeale Ödeme durch zu starken Zug an den viszerale Strukturen
- o Parese der Stimmbandmuskulatur durch zu starken Hakendruck am Nervus laryngeus recurrens
- o Einseitige Lähmung der Zungenmuskulatur durch eine Verletzung des Nervus hypoglossus
- o Sensibilitätsstörungen der laryngealen Mukosa
- o Lähmung des Muskulus krikothyroideus und somit postoperative Heiserkeit durch eine Läsion des Nervus laryngeus superior

- o Horner Syndrom durch Verletzung des Trunkus sympathikus [14]
- o Blutung durch Läsion der Arteria vertebralis beim zu weiten Vordrehen der Schraube über die Spitze des Dens hinaus [29]
- o Verletzung der spinalen Strukturen durch zu weites Vorbohren der Schraube
- o Pseudarthrose durch falsche Positionierung der Schrauben
- o Zu kurzes Implantat [14]
- o Implantatversagen [14]

Komplikationen des posterioren Zugangs:

- o Verletzung spinaler Strukturen durch das Einbringen von Drahtzerklagen [16, 27, 39, 131]
- o Verletzung der Arteria vertebralis
- o Verletzung des Nervus subokzipitalis
- o Verletzung des Nervus okzipitalis major durch zu weite Präparation des ersten und zweiten Wirbelbogens
- o Bei Vorliegen einer Polyarthritits oder Osteoporose Verletzung des Arcus posterior des Atlas durch zu starken Druck des Raspatoriums [14] oder der Zuggurtung

5.1.2 Postoperative Komplikationen

Postoperative Komplikationen können eingeteilt werden in allgemeine, wie sie in allen chirurgischen Fächern auftreten, und spezielle, die vor allem bei der Versorgung von Frakturen auftreten.

Allgemeine Komplikationen:

- o Pulmonale Komplikationen: Pleuraerguss, Pneumothorax, Atelektasen, Pneumonien und respiratorische Insuffizienz
- o Kardiale Komplikationen: Akutes Herz-Kreislauf-Versagen (hier vor allem Herzinfarkt) und dekompensierte Herzinsuffizienz
- o Thrombosen und Embolien: Phlebothrombose, Lungenembolie
- o Durchgangssyndrom
- o Stressulkus
- o Dekubitus
- o Fieber: verursacht durch Wundinfektionen, Harnwegsinfekte, Katheter-Sepsis, Pneumonie und Sepsis

- o Nachblutung
- o Retentionsblase
- o Intestinale Passagestörung: Magen- und Darmatonien [121]

Spezielle Komplikationen im Fachbereich Unfallchirurgie/Orthopädie sind:

- o Bruch des Implantats
- o Infektionen durch ein kontaminiertes Implantat
- o Frakturheilungsstörungen: verspätete Heilung, Pseudarthrose [121]

Spezielle postoperative Komplikationen im Bereich der oberen Wirbelsäule sind:

- o Meningitis
- o Komplikationen des ZNS: Liquor-Fisteln, neuronale Defizite durch ein direktes operatives Trauma oder ein Hämatom
- o Komplikationen des peripheren Nervensystems: temporäre oder persistierende Heiserkeit, sensible Ausfälle
- o Verletzung der A. vertebralis [29]
- o Bruch eines verwendeten autologen Knochenimplantates [39]

5.2 Neurologische Ausfälle

Die Prognose von neurologischen Ausfällen bei Verletzungen der Halswirbelsäule hängt vom Ausmaß der initialen Läsion ab. Nicht bei jeder Fraktur des Dens Axis entsteht eine direkte oder durch vaskuläre Beteiligung indirekte Beschädigung des Halsmarks.

Eher kleineren Ausmaßes sind die HWS-Distorsionen, im Volksmund auch Schleudertraumata genannt, die in drei Grade eingeteilt werden können. Diese entstehen vor allem bei Verkehrs- und Sportunfällen.

Beim Grad I fehlen neurologische Symptome noch gänzlich, während diese sich beim Grad II schon durch z. B. Kribbelparästhesien äußern können. Beim Grad III liegen deutliche neurologische Ausfälle wie Paresen vor, so dass der Patient zum Beispiel nicht alleine das Auto verlassen kann.

Die Arbeitsausfälle liegen je nach Gradeinteilung bei bis zu 6 Wochen, allerdings kann es zu 10-20%igen Minderungen der Erwerbsfähigkeit von bis zu 2 Jahren (Grad III) kommen. [108, 129]

Rückenmarksverletzungen können entweder direkt durch eine mechanische Kompression (z. B. durch ein disloziertes Frakturfragment) oder indirekt durch eine Störung der lokalen Blutzufuhr oder ein sogenanntes „secondary injury“ bei starker Ödembildung entstehen.

Die Prognose dieses so genannten Querschnittsyndroms ist abhängig von dem Ausmaß der primären Schädigung der Medulla. Die American Spinal Injury Association [12] hat dazu eine

Klassifikation veröffentlicht, die eine Einteilung der Verletzung des Rückenmarks in 5 Grade (A bis E) erlaubt. Bei Grad A liegt eine komplette Schädigung des Marks vor, während die Grade B bis D verschieden starke inkomplette Läsionen beschreiben. Grad E stellt den physiologischen Zustand dar. Ausgehend von dieser Einteilung besteht ein unterschiedliches Risiko, Residualzustände von spastischer Plegie, erhöhtem Muskeltonus, gesteigerter Muskeleigenreflexe, positiver Pyramidenbahnzeichen, Sensibilitätsverlusten, Rückenmarksautomatismen und einer automatischen Blase zu entwickeln.

Bei Schädigung des Halsmarks in Höhe C2/C3 können zusätzlich Abfälle von Puls und Blutdruck sowie eine Verminderung der Atemfrequenz entstehen, die besonders bei hinzu kommenden Begleiterkrankungen oder einem Polytrauma mit insuffizienter Kreislauftsituation zu lebensbedrohlichen Situationen führen können. [100]

5.3 Pseudarthrose

Die Denspseudarthrose entsteht durch eine nicht erkannte oder ungenügend behandelte Odontoidfraktur. Eine primäre Diastase und resorptive Vorgänge im Frakturspalt sind begünstigende Faktoren. In Einzelfällen ist nach einigen Jahren im Röntgenbild ein vom Corpus Axis isolierter Dens zu erkennen. [129]

Weitere Einflüsse, die das Risiko vergrößern, später eine Pseudarthrose zu entwickeln, sind:

- o Typ II nach Anderson und D'Alonzo [8]: Densfrakturen des Typ 2 haben die höchste Pseudarthroserate. [26]
- o Dislokation: Viele Autoren vergleichbarer klinischer Studien sind sich einig, dass eine Dislokation des Dens zum Axis ein größeres Risiko mit sich bringt, später eine Pseudarthrose zu entwickeln.

Über das Ausmaß des Versatzes, der eine Pseudarthrose begünstigt, bestehen unterschiedliche Auffassungen. Schatzker et al. [119] sahen erst ab 7mm eine größere Gefahr, Greene et al. und Hadley et al. [57, 62] machten eine Dislokation von 6mm für eine schlechte Prognose verantwortlich und Clark & White [26] und andere [63, 109] sahen schon ab 5mm Versatz ein erhöhtes Risiko. Hannsen et al. [63] berechneten unter der alleinigen Berücksichtigung von Patienten mit einer Dislokation ab 5mm eine Erhöhung der Pseudarthroserate um 75%.

- o Richtung der Dislokation: Viele Autoren [39, 57, 63, 109] glauben, dass die Richtung der Dislokation nach posterior im Vergleich mit dem Versatz der Frakturenden nach anterior eine höhere Pseudarthroserate bedeutet. Andere [26, 62] sind der Meinung, dass allein das

Ausmaß der Dislokation zählt und beide Richtungen, anterior und posterior, zu gleichen Teilen eine Pseudarthrose auslösen können.

- o Angulation: Clark und White [26] berichteten ebenfalls in ihrer Multicenter Study, dass auch eine Angulation von 10 Grad und mehr im Frakturspalt die Gefahr einer ausbleibenden Frakturheilung signifikant erhöhte.

- o Frakturrichtung: Roy-Camille [111] stellt in seiner klinischen Arbeit einen Zusammenhang dar zwischen der Richtung der Fraktur und dem Risiko, eine Pseudarthrose zu entwickeln. Dabei hatten horizontale Frakturen und welche mit der Richtung ventral/inferior → dorsal/superior eine gute Prognose. Eine weniger gute hing zusammen mit der Richtung des Frakturspalts ventral/superior → dorsal/inferior. Die höchste Risiko, eine Pseudarthrose zu entwickeln, hatten Densfrakturen, deren distales Frakturende der Form eines Gendarmenhuts („London policeman's hat“ oder „chapeau de gendarme“) entsprachen.

- o Patientenalter: Einige Autoren [39, 83], die klinische Studien präsentierten, in denen die Patienten mit Densfrakturen primär extern fixiert worden waren, stellten eine signifikant höhere Pseudarthroserate bei den älteren Patienten fest. In einigen Studien [82] war dies schon ab 50 Jahren der Fall, in anderen [39] erst ab 65. Greene et al [57] hingegen verglichen die Heilungsergebnisse in einer klinischen Studie mit 120 Patienten mit Typ II Densfraktur und kamen zu dem Schluss, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen den verschiedenen Altersgruppen und der Prognose erkennbar war.

- o Verspätete Diagnosestellung: Dunn et al. [39] kamen zu dem Schluss, dass eine Verzögerung zwischen Diagnosestellung und Therapiebeginn von mehr als einer Woche ebenfalls zu einer erhöhten Pseudarthroserate führten, wohingegen andere [17, 18, 69, 98, 99] auch Densfrakturen mit schon Wochen oder Monaten zurück liegendem Trauma erfolgreich mit der anterioren Kompressionsschraubenosteosynthese behandelten.

- o Typ IIA: Hadley et al. [61] stellte 1988 einen so genannte neuen Subtyp der Densfrakturen vor. Dieser hat eine schlechte Prognose und sollte früh operativ versorgt werden

(siehe I. 3.3)

- o Osteoporose: Patienten mit Osteoporose haben, durch deutlichen Strukturverlust in der Densbasis, gegenüber skelettgesunden Patienten ein gesteigertes Densfrakturrisiko. Dieses lässt sich histomorphologisch durch vermehrt vorkommende Mikrokallusformationen und filigrane Trabekel in der Densbasis nachweisen. [6] Ein so vorgeschädigter Knochen hält nur schlecht eine implantierte Schraube, so dass sich ein höheres Pseudarthroserisiko ergibt.

5.4 Bewegungseinschränkung

Bewegungseinschränkungen kommen bei allen aufgelisteten Verfahren vor, unabhängig wie sehr die Osteosynthese der Anatomie gerecht wird.

Bei den Verfahren nach Gallie [53], Brooks und Jenkins [22], Harms [65] und Magerl [89], die durch eine Fusion der atlantoaxialen Gelenke zur Frakturheilung führen, ist unabhängig von der Wahl zwischen den einzelnen Methoden für alle Patienten eine Einschränkung der Rotation von bis zu 50% in beide Richtungen zu erwarten. [17, 18, 60]

Doch auch die anteriore Kompressionsschraubenosteosynthese, die eine Fraktur anatomisch wiederherstellt, ohne in die rotatorische Funktion einzugreifen, verursacht bei einigen nach diesem Verfahren behandelten Patienten Bewegungseinschränkungen.

In der ersten klinischen Ergebnisstudie zu dieser Methode konnte Böhler [17, 18] in seinem Patientenkollektiv bei sieben Patienten von elf nach der neuen Methode operierten Densfrakturen postoperativ leichte bis starke Einschränkungen in der Rotation erkennen. Die Drehbewegung des Halses war entweder zu einer Seite oder zu beiden 15-55° eingeschränkt.

III. Material und Methoden

1. Material

Diese klinisch retrospektive Untersuchung analysiert die Daten von 68 Patienten, die zwischen 1982 und 2007 wegen Frakturen des Dens Axis behandelt worden sind.

Die folgende Liste gibt einen Überblick über alle Patienten in chronologischer Reihenfolge, beginnend mit dem Jahr 1982, endend mit 2007.

Patienten-nummer	Geschlecht	Alter	Diagnose bei Aufnahme (gekürzt)
1	W	21	Densfraktur, inkomplettes Transversalsyndrom, Polytrauma
2	W	20	Densfraktur, Hemiplegie
3	M	74	Densfraktur
4	M	47	Densfraktur, Atlasfraktur
5	W	45	Densfraktur, Unterarmfraktur
6	M	70	Densfraktur und Corpus Axis Fraktur
7	M	25	Densfraktur, Halsmarkschädigung
8	M	30	Schädelhirntrauma, Densfraktur
9	M	76	Densfraktur
10	M	42	Densfraktur, Atlasfraktur
11	W	23	Densfraktur, Transversalsyndrom, SHT, Polytrauma
12	W	87	Densfraktur
13	W	50	Densfraktur
14	M	38	Densfraktur
15	W	42	Densfraktur, Axis-Berstungs- und -Bogenfraktur, u.a. HWS-Verletzungen
16	M	59	Densfraktur
17	M	26	Densfraktur, Axisfrakturen, HWK 2/3-Subluxation, Polytrauma
18	M	32	Densfraktur und okzipitoatlantale Luxationen
19	M	17	Dens-Trümmerfraktur
20	W	87	Densfraktur
21	W	25	Densfraktur, Atlasbogenfraktur, HWK 6/7-Luxation, Transversals.
22	M	11	Dens- und Axis-Luxationsfraktur
23	M	27	Densfraktur
24	M	40	Densfraktur, SHT, Polytrauma
25	M	33	Densfraktur, LWK-Frakturen, Polytrauma
26	W	33	Densfraktur, inkomplettes Transversalsyndrom, Polytrauma
27	M	75	Densfraktur, Transversalsyndrom, Schädelhirntrauma
28	W	89	Densfraktur, Atlasbogenfraktur
29	W	77	Densfraktur, vordere und hintere Atlasfraktur
30	M	56	Densfraktur, distale Radiusfraktur
31	M	60	Densfraktur, Atlasbogenfraktur
32	W	85	Densfraktur
33	M	87	Densfraktur, Einengung des Spinalkanals
34	M	61	Densfraktur
35	W	78	Densfraktur, Atlasfraktur
36	M	26	Densfraktur, Armplexusparese re, SHT
37	W	94	Densfraktur, Fraktur des Atlantoaxialgelenkes li
38	M	87	Densfraktur, Insult, Hemiparese re

39	M	80	Densfraktur, Mittelgesichtsfraktur, SHT, SAB, Insult
40	M	55	Densfraktur, SHT, SAB
41	M	43	Densfraktur, Kribbelparästhesien re. Hand
42	M	97	Densfraktur
43	M	57	Densfraktur, LWK1-Fraktur, Einengung des Spinalkanals
44	M	35	Densfraktur
45	W	72	Densfraktur, Polytrauma, SHT
46	W	74	Densfraktur
47	W	61	Densfraktur
48	W	92	Densfraktur mit Beteiligung der atlantoaxialen Gelenke
49	W	90	Densfraktur, posteriore Atlasbogenfraktur
50	M	28	Densfraktur, SHT
51	M	90	Densfraktur, Atlasbogenfraktur li
52	W	80	Densfraktur, Polytrauma, SAB
53	M	66	Densfraktur, spinale Enge in Höhe C5/C6
54	W	81	Densfraktur
55	M	42	Densfraktur, Axisfraktur
56	M	75	Densfraktur
57	W	70	Densfraktur
58	W	84	Densfraktur, Atlasbogenfraktur
59	M	48	Densfraktur
60	W	66	Densfraktur mit Beteiligung des li Processus transversus Axis
61	W	83	Densfraktur, bds. Atlasbogenfraktur
62	W	62	Densfraktur, Rippenserienfraktur
63	W	78	Densfraktur
64	W	90	Densfraktur, Os Sacrumfraktur li, BWK 12 Fraktur
65	W	41	Densfraktur
66	W	92	Densfraktur bei Osteoporose, Commotio cerebri, Nasenbeinfraktur
67	M	63	Densfraktur
68	W	86	Densfraktur, Atlasbogenfraktur

Tabelle 1: Liste aller Patienten in chronologischer Reihenfolge von 1982 bis 2007. Die Angabe des Alters entspricht dem bei Aufnahme

2. Methode

Vorbereitend erfolgte die retrospektive Analyse der Basisdaten aller Patienten. Die Akten wurden dazu gesichtet, um Faktoren wie Alter, Geschlecht, Unfallursache, begleitende Verletzungen und den stationären Verlauf erarbeiten zu können.

Die einzelnen Frakturtypen wurden mit einer erneuten Kontrolle der röntgenologischen Bildgebung (Nativ-Röntgen, CT, MRT) bestimmt. Die Operationsberichte und Entlassungsbriefe wurden nach intraoperativen, postoperativen und anderen Komplikationen im Verlauf des stationären Aufenthalts überprüft.

Um Aussagen über den Langzeitverlauf der Patienten mit Dens Axis Fraktur machen zu können, wurde eine Nachuntersuchung angestrebt.

Erfragt wurden:

- o Chronische Schmerzzustände
- o Chronische Einnahme von Analgetika
- o Bewegungseinschränkungen der HWS
- o Neurologische Ausfälle
- o Rekurrensparesen
- o Implantatversagen
- o Reoperation
- o Pseudarthrosen

Wenn möglich, wurden die Patienten wieder in die Klinik einbestellt, wo eine komplette Anamnese und sowohl klinische wie auch röntgenologische Untersuchung erfolgen konnte.

Die anderen Patienten erhielten diese Untersuchungen als poststationäre Kontrolle bei ihrem nachbehandelnden Arzt. Diese wurden von uns angeschrieben, und gebeten, Angaben über oben genannte Faktoren in Form eines Fragebogens zu machen.

III. Ergebnisse

1. Gesamtkollektiv

1.1 Alter und Geschlecht

Die Altersverteilung aller Patienten lag zwischen 11 bis 97 Jahren. Das arithmetische Mittel betrug 59,4 Jahre.

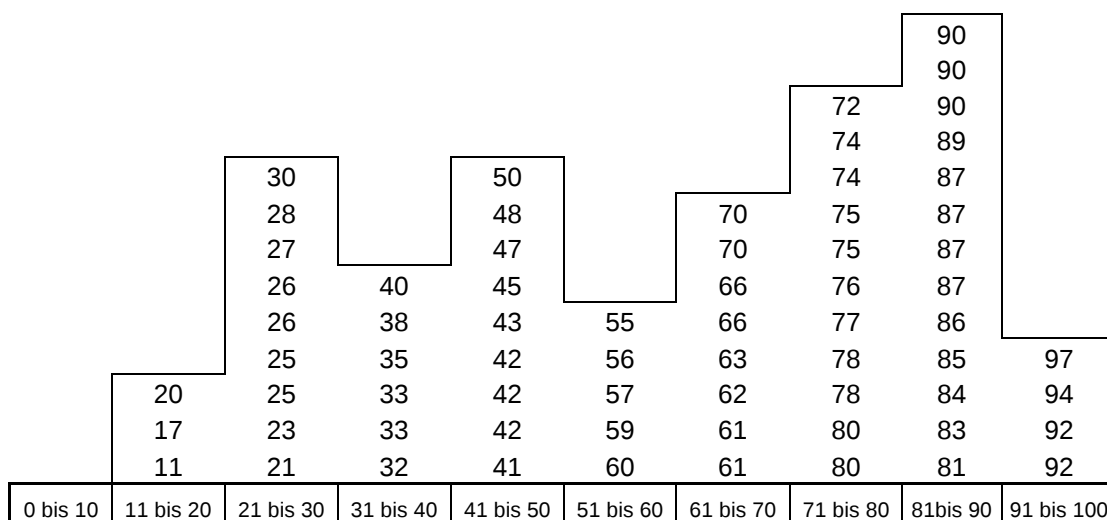


Diagramm 4: Histogramm zur Altersverteilung aller Patienten – Zahlenangaben in Jahren

Das Gesamtkollektiv bestand aus 32 Frauen und 36 Männern. Das Durchschnittsalter der Frauen lag bei 67,6 Jahren, das der Männer bei 52,2.

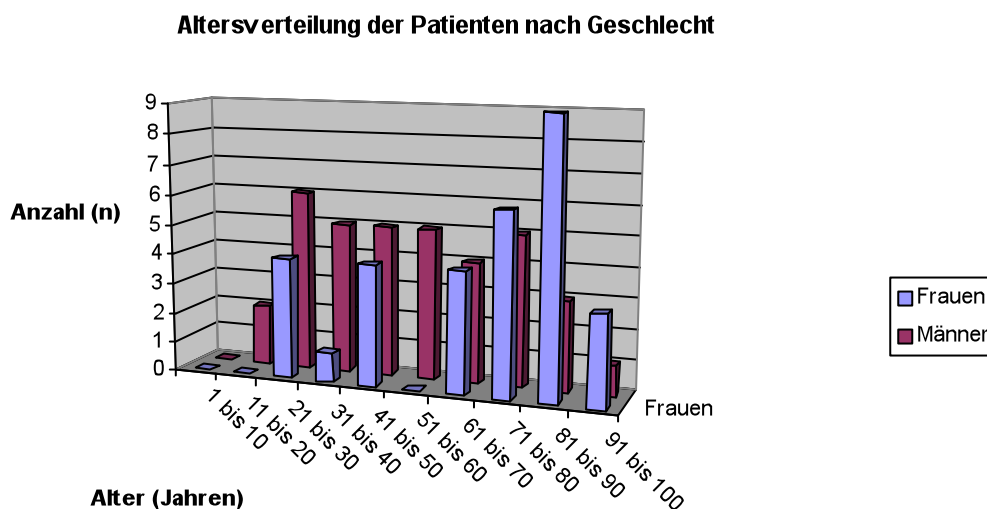


Diagramm 5: Altersverteilung der Patienten - unterschieden nach Geschlecht

Das Diagramm 5 zeigt die Altersverteilung aller Patienten, unterschieden zwischen Frauen und Männern. Man kann deutlich erkennen, dass die größte Gruppe die der Frauen zwischen 80 und 90 Jahren war, gefolgt von Männern mit 20 bis 30 Jahren.

1.2 Unfallursache

Die häufigste Ursache für Densfrakturen waren Stürze (n=36). Diese wurden unterschieden in Stürze aus geringen Höhen (n=27) wie aus dem Stehen oder Sitzen und Stürzen aus großen Höhen (n=9), darunter von Treppen, Leitern oder Bäumen.

Ursache für Stürze aus geringen Höhen waren häufig Schwindelattacken, aber auch zu Grunde liegende Erkrankungen wie Morbus Parkinson oder Epilepsie.

Die zweithäufigste Ursache für Dens Axis Frakturen waren Verkehrsunfälle (n=22). In dieser Gruppe wurden Patienten erfasst, die entweder als Fußgänger von einem Auto angefahren wurden oder als Fahrer oder Beifahrer eines PKWs, LKWs oder Motorrads an einem Unfall beteiligt waren.

Die dritte Gruppe waren Sportunfälle (n=4), darunter der Sprung in unbekannte Gewässer oder Fahrrad- und Reitunfälle.

„Sonstige“ bildet eine Gruppe von sechs Patienten, bei denen der Unfallhergang entweder unklar blieb oder die in eine Schlägerei verwickelt waren.

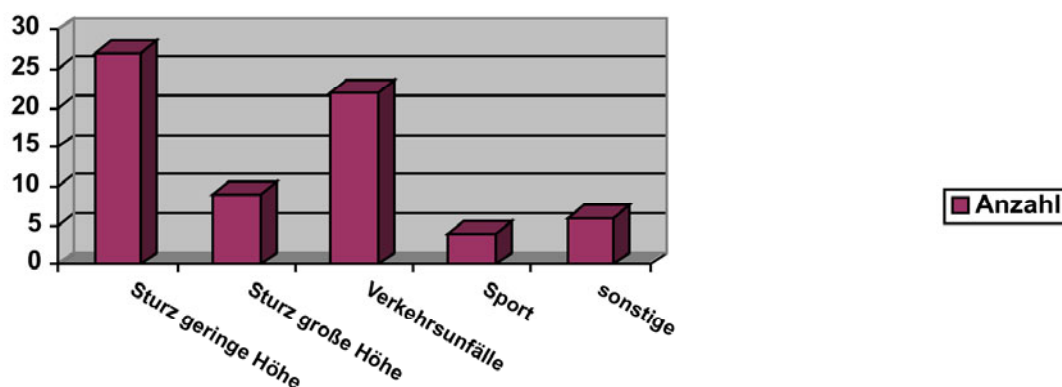


Diagramm 6: Anzahl der Patienten in den einzelnen Gruppen – geordnet nach Unfallursachen

Die Gruppe der Patienten, die einen Sturz aus geringer Höhe erlitten, waren zwischen 41 und 97 Jahren alt (arithmetisches Mittel: 78,3 Jahre). Diese Patientengruppe bestand zu 70,3% aus Frauen (n = 19).

Bei Stürzen aus großer Höhe waren die Patienten im Mittel 59,9 Jahre alt und waren zu 66,6% männlich (n=6).

Die Patienten, die an einem Verkehrsunfall beteiligt waren, waren zwischen 21 und 80 Jahren alt, bei einem arithmetischen Mittel von 40,6 Jahren. In dieser Gruppe waren 59% der Beteiligten Männer (n=13). In diese Gruppe wurden sowohl Autofahrer als auch Fussgänger mit eingefasst.

Die Sportgruppe umfasste Patienten zwischen 11 und 43 Jahren – arithmetisches Mittel bei 32,8 Jahren. Diese Gruppe bestand nur aus männlichen Patienten.

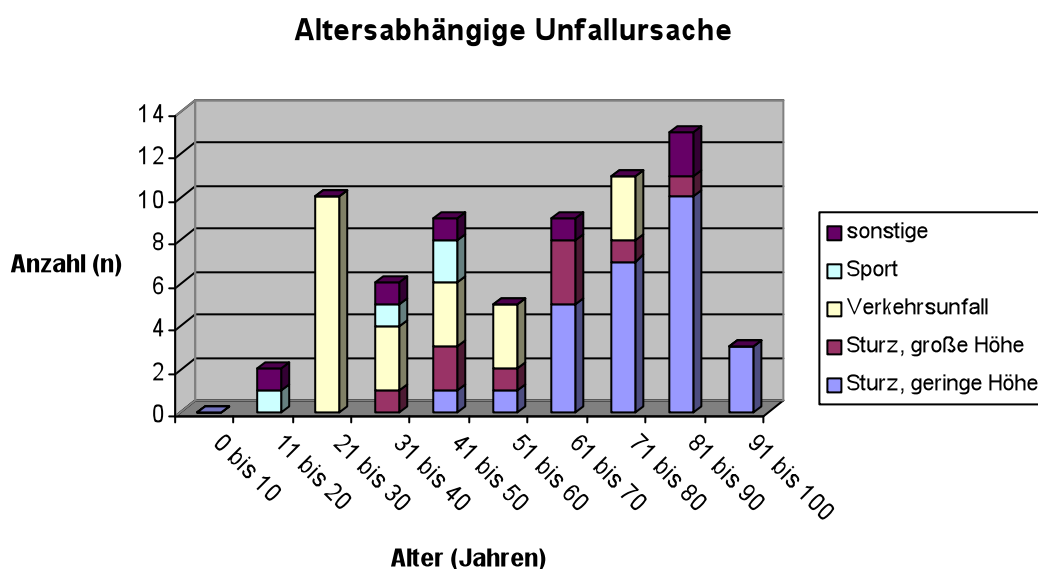


Diagramm 7: Verteilung der Unfallursachen auf die einzelnen Altersgruppen

Das Diagramm Nr. 7 setzt Altersgruppen mit Unfallursachen in Beziehung. Man kann deutlich erkennen, dass jüngere Patienten (21 bis 30 Jahre) häufig auf Grund eines Verkehrsunfalls eine Fraktur des Dens Axis erleiden, während bei den 81 bis 90-jährigen vor allem der Sturz aus geringer Höhe ursächlich ist.

1.3 Frakturtyp und Diagnoseverzögerung

Bei insgesamt 68 Patienten hat der Frakturtyp I [8] einen Anteil von 1%, der Frakturtyp II [8] einen Anteil von 65% und der Frakturtyp III [8] einen Anteil von 34%.

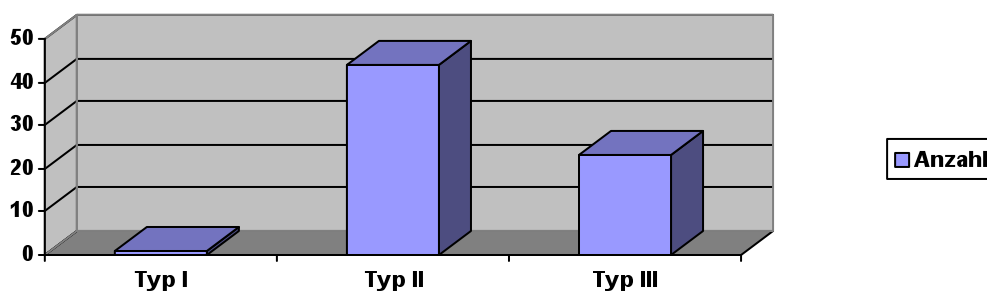


Diagramm 8: Anzahl der Frakturtypen (nach Anderson und D'Alonzo [8]) bei einer Gesamtheit von 68 Patienten

In neun Fällen erfolgte die Diagnosestellung verzögert. Sechs Patienten (Nr. 9, 25, 41, 47, 56, 59) stellten sich erst nach Tagen oder Wochen persistierender Nackenschmerzen einem Arzt vor.

Bei Patient Nr. 8 standen andere Verletzungen, insbesondere das Schädelhirntrauma, zunächst im Vordergrund, so dass erst nach Absetzen der Sedierung, Symptome erkennbar waren und Tage später zur Diagnose führten.

Trotz initial angefertigter Bilder wurden die Densfrakturen von zwei weiteren Patienten (Nr. 15, 42) zunächst übersehen und erst nach Revision derselben erkannt.

1.4 Kombinationsfrakturen

In 55,9 % der Fälle lagen die Densfrakturen kombiniert vor ($n = 38$). Davon kamen bei fast einem Drittel der Patienten, 28 % ($n = 19$), neben der Fraktur des Dens auch andere Frakturen der oberen Halswirbelsäule wie Atlas-, Corpus Axis- und HWK3-Frakturen hinzu. Von diesen drei genannten kam die Atlasfraktur mit einem Anteil von 68,4 % ($n = 13$) am häufigsten kombiniert mit der Dens Axis Fraktur vor.

Frakturen der restlichen Wirbelsäule (BWK-, LWK- und Os sacrum-Frakturen) fanden sich bei 3 Patienten.

Schädelhirntraumata wurde bei insgesamt elf Patienten (Nr. 8, 11, 24, 27, 36, 39, 40, 45, 50, 52, 66) diagnostiziert, Densfrakturen im Zuge eines Polytraumas kamen acht mal (Nr. 1, 11, 17, 24, 25, 26, 45, 52) vor.

Querschnittssyndrome, sowohl inkomplett als auch komplett, ergaben sich bei elf Patienten (Nr. 1, 2, 7, 11, 18, 21, 26, 27, 33, 42, 68) – teilweise mit Todesfolge.

Weitere Patienten ($n=7$) hatten Frakturen an den Extremitäten, den Rippen oder im Gesicht. Das Durchschnittsalter der Patienten in der Gruppe mit isolierten Frakturen betrug 63,6 Jahre. Dies liegt wahrscheinlich an der großen Zahl von älteren Patienten, die aufgrund

eines Sturzes aus geringer Höhe in das Krankenhaus eingeliefert wurden. Die Hälfte der Patienten waren älter als 65 Jahre.

2. Bildgebende Diagnostik

2.1 Röntgen

Bei wachen, orientierten Patienten mit Verdacht auf eine Fraktur der Halswirbelsäule, wurde vor einer klinischen Untersuchung zunächst eine Röntgenaufnahme in zwei Ebenen und transoral durchgeführt.

Intubierte, polytraumatisierte Patienten wurden im CT untersucht (siehe I. 3.5.2).

Patienten, die aufgrund der Densfraktur operiert wurden, erhielten postoperativ eine nativ radiologische Kontrolle der Schraubenosteosynthese.

Es wurden stets mehrere Bilder angefertigt, um sowohl einen Eindruck von der gesamten Halswirbelsäule zu bekommen, als auch fokussiert C1 bis C3 und die Schraubenposition im Dens kontrollieren zu können.

2.2 Computertomografie

Vor 2006 basierte die Diagnostik auf Nativaufnahmen, die bei Mehrfachverletzten durch ein CT ergänzt wurde. Bei intubierten Schwerverletzten wird seit 2006 ein Ganzkörper-CT, sogenannter Trauma-Scan, durchgeführt. Dies ist eine CT-Untersuchung mit zuzüglicher 3D-Rekonstruktion. Dadurch wird eine Anfertigung von Röntgenbildern der HWS überflüssig.

Bei Patienten, die wach, orientiert und mit gutem Allgemeinzustand in die Klinik eingewiesen wurden, wurde zuzüglich ein CT der Halswirbelsäule durchgeführt, wenn das native Bild zur Diagnose „Dens-Axis-Fraktur“ führte oder eine Fraktur nicht komplett ausgeschlossen werden konnten.

Außerdem wurden CT-Aufnahmen angefertigt, um die operative Versorgung der Fraktur planen zu können.

Alle Patienten, bis auf Nr. 42 und 41, wurden einer CT der Halswirbelsäule unterzogen.

3.2.3 Magnetresonanztomografie

Von den 68 behandelten Patienten erhielten neun eine Kernspinuntersuchung.

In den meisten Fällen musste bei vorliegender Dislokation des Dens das Myelon auf spinale Beteiligung hin untersucht werden. Weiter wurde versucht, Rupturen des Lig. transversum zu erkennen, die bei unseren Patienten, die mit dieser Technik untersucht wurden, nicht vorlagen.

Die Patientin Nr. 63 zeigte nach erfolgreich durchgeführter Operation respiratorische Beschwerden und Dysphagie. Das daraufhin erfolgte MRT wies ein prävertebrales Serom nach.

Bei Patientin 61 konnte durch das MRT gezeigt werden, dass die Fraktur, die vermeintlich durch einen aktuellen Treppensturz entstanden war, Folge eines anderen Sturzes gewesen sein musste, der weiter zurücklag.

Zwei Patienten erhielten eine angiographische Kernspinuntersuchung, um Verletzungen der A. vertebralis, auszuschließen, bei vorliegender Mitbeteiligung des Foramen transversarium und der lateralen atlantoaxialen Gelenke, die man zuvor im CT gesehen hatte. In beiden Fällen konnte eine Läsion des Gefäßes ausgeschlossen werden.

3.2.4 C-Bogen intraoperativ

Bei jeder durchgeführten Kompressionsschraubenosteosynthese wurden intraoperativ zwei C-Bögen verwendet, um die richtige Positionierung der Schrauben im Dens in zwei Ebenen kontrollieren und dokumentieren zu können. (siehe „Operative Verfahren“, Kapitel II)

Durchschnittlich wurden die Patienten 9 Minuten 20 Sekunden durchleuchtet.



Foto 6: abgeschlossene Vorbereitung: Lagerung des Patienten, Einstellung der beiden C-Bögen in AP-Ebene und von lateral

3.2.5 Strahlungsintensität und –dauer

Die effektive Dosis bei einer konventionellen Röntgenaufnahme der Halswirbelsäule beträgt 0,18 mSv. Durchschnittlich erhielt ein Patient circa fünf Röntgenaufnahmen der HWS.

Eine CT-Aufnahme der Halswirbelsäule schlägt mit circa 3 mSv zu Buche.

Eine besonders hohe Strahlenbelastung tritt bei Durchleuchtungsuntersuchungen wie bei Verwendung des C-Bogens auf. [110]

3. Therapie

3.1 Konservativ

Insgesamt wurden 32 Patienten konservativ mittels externer Zervikalstütze behandelt.

Vor 1995 wurden dazu vor allem Halo-Fixateure und Horsley-Krawatten verwendet. In dieser Zeit fand auch die Crutchfield-Extension vor einer operativen oder konservativen Therapie zur Reposition der Fraktur Anwendung.

Nach 1995 kamen vor allem Philadelphia-, Henßke-Krawatten und Schanz-Kragen zum Einsatz, stets ohne vorherige Extension.

In die Gruppe der konservativ behandelten Patienten wurden ebenfalls neun Patienten (Nr. 11, 12, 18, 33, 38, 39, 42, 45, 68) eingeschlossen, deren Allgemeinzustand durch die Schwere der übrigen Verletzungen oder die zugrundeliegende Erkrankung (hier: Morbus Parkinson) so reduziert war, dass die Densfraktur zweitrangig war.

Ein Hauptgrund für die konservative Behandlung war jedoch die ablehnende Haltung der Patienten gegenüber dem operativen Eingriff. Ein anderer Grund war die Entscheidung aus ärztlicher Sicht für das konservative Verfahren. Faktoren wie die Diagnose einer Typ III Fraktur [8] und bettlägerige Patienten mit reduziertem Allgemeinzustand führten in diesen Fällen zur Entscheidung gegen eine Operation – stets mit Hinblick auf die individuelle Situation des Patienten.

Die Patienten, die einen Henßke- und Schanz-Kragen erhielten, wurden primär ebenfalls mit einer Philadelphia-Krawatte behandelt, ertrugen dann aber nicht die starre Orthese, so dass man sich für die angenehmere Variante entscheiden musste.

3.2 Operativ

Zusammen wurden 36 Patienten nach der Methode von Böhler [17, 18] operativ versorgt.

Zwölf Densverschraubungen bis 1995 erfolgten variantenreich. Dort wurden die Schrauben drei mal einzeln eingebracht, davon zwei mal mit dorsaler Drahtzerklage kombiniert. Die anderen neun Frakturen wurden doppelt, davon bei zwei Patienten mit hintereinander gelegenen Implantaten verschraubt.

Nach 1995 erfolgten die 24 Kompressionsschraubenosteosynthesen fast gleichbleibend, wie von Böhler [17, 18] beschrieben.

Lediglich ein Patient (Nr. 30) erhielt nur eine Schraube, da die zuerst eingebrachte eine schräge Position aus AP-Sicht zeigte und für die zweite Schraube daher nicht genügend Platz gewesen wäre.

Patientin 46 erhielt drei Spongiosaschrauben. Die zuerst eingebrachte 20er Schraube diente zur Stabilisierung der Densbasis. Die beiden weiteren (30 und 28mm lang) fassten die Densspitze und brachten den nötigen Zug auf die Bruchstücke.

3.2.1 Verwendetes Material

Vor 1995 wurden überwiegend nicht kanülierte Spongiaschrauben verwendet, zweimal nur (Patienten 3 und 8) Mecron-Hohlschrauben.

Danach verwendete man vor allem kanülierte Schrauben, zunächst Spongiaschrauben der Firma Synthes®, seit 2005 aber auch Kompressionsschrauben mit Doppelgewinde, vor allem der Firma Königsee®.

Die Durchmesser der Schrauben lagen zwischen 3,0 und 4,5 mm, die Längen zwischen 28 und 40mm.



Foto 7: 34er kanülierte Kompressionschraube mit Doppelgewinde, durchbohrt von einem Kirschner-Draht mit 10mm Gewinde – beides von der Firma Königsee®

3.2.2 Personal und Dauer

Bei den meisten Operationen waren ein Operateur, ein erster und ein zweiter Assistent, ein Instrumenteur, ein Springer und ein Anästhesist während der Operation zugegen.

Die OP-Zeiten lagen zwischen 40 und 150 Minuten – im Durchschnitt bei 69,9 Minuten.

3.2.3 Verfahren

Die Operation wird in Rückenlage durchgeführt. Mit zwei Bildwandlern wird die Densfraktur in zwei Ebenen dargestellt und geschlossen reponiert.

Dann erfolgt der Kocher'sche Kragenschnitt, daraufhin Durchtrennung der Subkutis, des Platysmas und der geraden Halsmuskulatur mit Darstellung der Schilddrüse. Die venösen Gefäße werden mit einer Ligatur versorgt. Parallel der oberen Polgefäße und medial der

Karotis wird der Oesophagus aufgesucht, der bereits von den Anästhesisten mit einer Magensonde markiert worden ist. Die weitere Präparation erfolgt bis zur Basis des 2. Halswirbelkörpers. Digital wird die Unversehrtheit der Trachea und des Oesophagus überprüft.



Foto 8: Inhalt des Operationssiebs „Dens-Verschraubung“: radiologisch transparente Haken, Kirschner-Drähte mit Gewinde, Schraubendreher, Zielbohrbüchse, Schutzhülsen, kanülierter Messstab, selbsthaltende Schraubenpinzette und kanülierte Kompressionsschrauben mit Doppelgewinde

Mit Hilfe einer Schutzhülse und unter Kontrolle der Bildwandler werden zwei Kirschnerdrähte bis knapp über die Kortikalis der Densspitze positioniert.

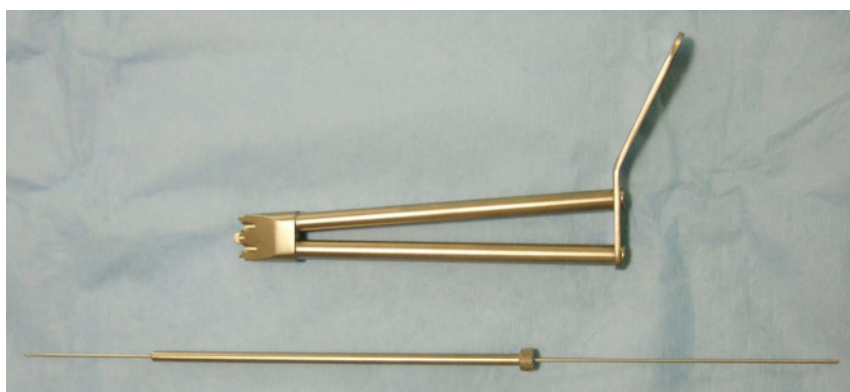


Foto 9: Kirschner-Draht durch die Schutzhülse hindurch gesteckt und Zielbohrbüchse – Produkte der Firma Königsee®

Zur besseren Positionierung der Drähte und Schrauben wird seit einiger Zeit ein Zielgerät verwendet, das die Methode erleichtert.

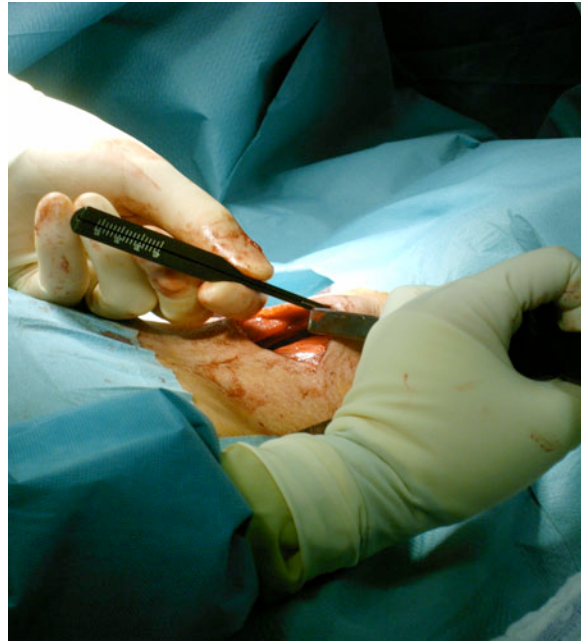


Foto 10: Ausmessen der benötigten Schraubenlänge entlang des rechten Kirschnerdrahtes

Die Schraubenlänge wird ausgemessen und zwei kanülierte Schrauben so weit eingedreht, bis sie die Spitze des Dens fassen.

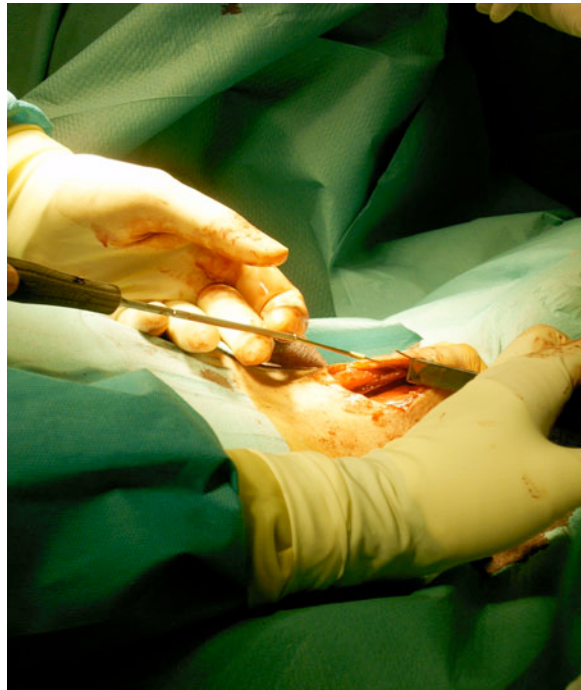


Foto 11: Die rechte Schraube wird über den Kirschner-Draht, der als Führung dient, in den Dens Axis eingebracht. Der erste Assistent hält mit einem radiologisch transparenten Haken dem Operateur die Sicht frei. Der linke Kirschner-Draht ist ebenfalls schon im Dens platziert und ragt frei aus der Wunde heraus.

Dann erfolgt die Entfernung der Drähte und anschließend röntgenologische Kontrolle der Position der beiden Schrauben, Ausspülen der Wunde und Einlage einer Redondrainage bei Bluttrockenheit. Die Subkutis wird mit adaptierenden Nähten verschlossen und die Hautnaht erfolgt fortlaufend intrakutan. Nach Anlage eines sterilen Verbands und einer Halskrawatte kann der Patient durch den Anästhesisten erweckt werden

3.3 Operationsabhängige Komplikationen

3.3.1 Intraoperative Komplikationen

Schwierigkeiten während der Operation ergaben sich in zwölf (Nr. 1, 7, 29, 30, 34, 36, 40, 47, 49, 52, 55, 58) von 36 operierten Patienten, was einer intraoperativen Komplikationsrate von ca. 33% entspricht. Vor allem Patienten, die einen vergleichsweise kurzen Hals hatten, einen Fass-Thorax, fest implantierte Zahnprothesen oder osteoporotischen Knochen stellten entweder ein mechanisches Hindernis für den Bohrwinkel des Schraubendrehers oder ein radiologisches für die Durchleuchtung des C-Bogens dar.

Die Patienten mit den Nummern 1, 7, 36, 40, 47 und 52 wiesen einen für die Böhler'sche Operationstechnik anatomisch nachteilige Halsform auf.



Foto 12: Patientin Nr. 47: Kontrolle des Bewegungsumfangs nach erfolgter Operation

Der anatomisch nachteilige kurze, gedrungene Hals mit eingeschränkter Möglichkeit zur Reklination erschwerte den Zugang

Der Patientin 1 wurde intraoperativ die zweite Schraube entfernt, da sich eine Lockerung der Frakturfragmente während des Einbringens der Schrauben zeigte. Um trotzdem eine gewisse Stabilität zu erreichen, wurde eine Drahtzerklage zwischen den Dornfortsätzen HWK 1 und 2 durchgeführt.

Patient 7 musste nach erfolglosem Versuch der Implantation einer Schraube diese ersatzlos entfernt werden. Die Schraube konnte bei eingeschränkter Reklination des Kopfes nicht korrekt platziert werden. Die Fraktur wurde ohne Schraube mit einer Halo-Weste konservativ behandelt.

Bei Patient 40 führte die chirurgische Enge zu Fehlbohrungen der K-Drähte.

Die Patientin mit der Nummer 47 wies einen kurzen Hals und einen Fassthorax auf und das Einbringen der Schrauben war schwierig, weil am Gelenkspalt zwischen HWK 2 und 3 Exostosen vorlagen, die zunächst mit einem Luer abgetragen werden mussten, so dass die spätere Bildgebung den Eindruck erweckte, die linke Schraube würde 3 mm zu weit nach distal abstehen.

Patientin 52 wies zu einem ebenfalls anatomisch nachteiligen Hals auch einen Fassthorax und einen langen Dens auf, so dass die Enden der Schrauben trotz der Verwendung eines kurzen Schraubendrehers nur knapp über dem Frakturspalt zu liegen kamen (siehe Bild 33). Und weil die Überprüfung der Position der Schrauben mit dem Bildwandler ebenfalls nur schlecht möglich war, konnte die Frakturadaption nur über einen funktionellen Test der Flexion und Extension gesichert werden.

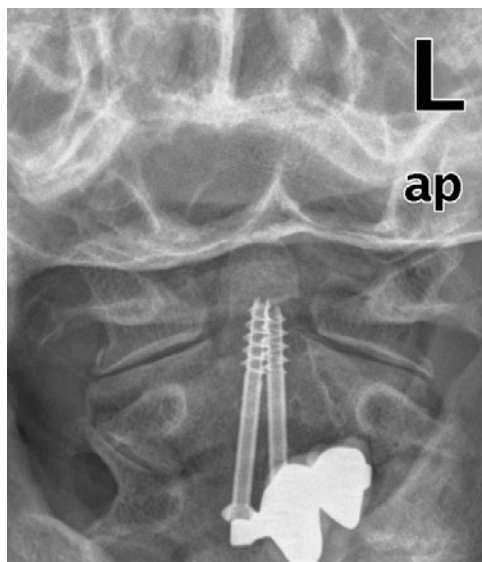


Foto 13: AP-Aufnahme transoral der Patientin Nr. 52 – man sieht deutlich, dass die Schraubenspitzen nur knapp über dem Frakturspalt zu liegen kommen. Die Patientin hatte postoperativ keine Beschwerden angegeben.

In drei Fällen (Nr. 29, 30 und 58) war die Sicht mit dem C-Bogen auf die Fraktur durch Zahnplomben oder Frakturen des Atlas eingeschränkt.



Foto 14: transorale Aufnahme des Dens Axis des Patienten Nr. 53 – Wo ist die Frakturlinie?

Bei Patient 34 zeigten sich Probleme beim Eindrehen von Doppelgewindeschrauben in den Dens. Die Fraktarenden wurden durch die Schrauben eher weiter auseinander geschoben, anstatt sie zu komprimieren, was sich allerdings erst nach Herausziehen der Drähte zeigte. Somit mussten zunächst die Schrauben wieder entfernt werden, um erneut Drähte und Schrauben einzubringen.

3.3.2 Früh postoperative Komplikationen

Die häufigsten postoperativen Beschwerden der Patienten waren vorübergehende Heiserkeit (Nr. 64) und Schluckstörungen (Nr. 10, 40, 62, 63, 66). Die neurologische Symptomatik bildete sich in allen Fällen zurück.

Die Densfraktur des Patienten Nr. 8 wurde mit zwei Schrauben versorgt, die hintereinander eingebracht wurden. Intra- und früh postoperativ konnte bildtechnisch eine korrekte Stellung der Fraktur und der Schrauben gezeigt werden. Allerdings empfahl der Radiologe eine Kontroll-Tomographie, die fünf Tage später erfolgte. Diese deckte eine Dislokation des Dens um 6mm vom Axis-Körper und um eine halbe Densbreite nach dorsal auf. Offenbar hatte die kürzere 30 mm-Mekron-Hohlschraube das Densfragment nicht gefasst. Es wurden dann in einer zweiten Sitzung beide Schrauben, wieder hintereinander, ausgetauscht. Postoperativ wurde nach dem zweiten Eingriff ein Übertagen der Schrauben um 4mm röntgenologisch nachgewiesen.

Weitere Komplikationen im Zuge der Schraubenimplantation stellten sich bei Patient Nr. 1 ein. Bei dem Versuch, die zweite Schraube in den Dens einzubringen, zeigte sich über dem

Bildwandler eine Frakturdislokation. Letztendlich wurde entschieden, den Bruch mit nur einer Schraube zu behandeln. In den postoperativen Röntgenkontrollen ergab sich später ein seitlicher Ausbruch der Schraube aus dem Dens und eine Frakturdislokation. Die weitere Therapie wurde dann mit dem Halo-Fixateur für 6 Wochen fortgeführt.

Bei den Patientinnen Nr. 29 und 35 bot sich in den postoperativen Röntgenkontrollen eine Angulation des Dens mit einem 2mm großen Spalt. Beide waren im häuslichen Umfeld gestürzt und hatten sich eine isolierte Läsion des Dens zugezogen. In beiden Fällen war die Osteosynthese bei intraoperativer Prüfung durch den Bildwandler stabil gewesen.

Weitere Komplikationen waren eine starke Schmerzausstrahlung in die rechte Schulter, Patientin Nr. 65, die nur mit hohen Morphingaben und zusätzlicher psychotherapeutischer Betreuung allmählich abklangen.

Bei den Patienten mit den Nummern 34 und 40 traten postoperativ Unruhezuständen aus unterschiedlicher Genese (40: posttraumatische Unruhe, 34: C2-Abusus) auf.

Die Komplikationsraten im früh postoperativen Verlauf lagen bei 36 operativ versorgten Patienten bei 31%.

4. Stationärer Aufenthalt

4.1 Dauer

Die Liegedauern aller Patienten lagen zwischen einem und 49 Tagen, durchschnittlich vierzehn.

Aus der Gruppe der operierten Patienten lag die durchschnittliche Verweildauer bei 16,2 Tagen, bei den konservativ behandelten Patienten bei 9,9.

4.2 Medikation

Unter den einzelnen Patienten wurde kein Zusammenhang zwischen den unterschiedlichen Dosierungen der Schmerzmedikation, der Art der Therapie und dem erlebten Schmerz deutlich.

Von der Gruppe der nicht-steroidalen Antiphlogistika wurden vor allem Medikamente wie Metamizol, Ibuprofen und Diclofenac, aus der Gruppe der Opiode vor allem Oxycodon verwendet.

Patienten, die aufgrund ihrer Schmerzsymptomatik Opiode benötigten, waren sowohl in der Gruppe der konservativ behandelten Patienten, als auch in der Gruppe der operativ versorgten Patienten gleich häufig vorhanden. Es ließ sich kein Zusammenhang zwischen zusätzlichen Grunderkrankungen oder Schwere des Unfalls und der Höhe der Medikationsdosis feststellen.

4.3 Pflege

Die Aufgabe des Pflegepersonals im Umgang mit Patienten, die ein Trauma der Halswirbelsäule erlitten haben, ist es, die Vitalzeichen, hier insbesondere die Atmung, sowie die Motorik und die Sensibilität von Armen und Beinen zu überprüfen. Außerdem wird auf die Funktionen von Blase und Darm sowie den Allgemeinzustand und Schmerzen geachtet, um mögliche Verschlechterungen des neurologischen Status schnellstmöglich zu erkennen und die Information an das ärztliche Personal weiterzuleiten.

Beim Waschen oder Wechseln des Bettbezugs muss darauf geachtet werden, den Kopf nicht zu bewegen. Wird das Drehen des Patienten erforderlich, sollte er „en bloc“ bewegt und eine gedachte Linie von der Nase zum Bauchnabel immer beibehalten werden. [94]

4.4 Nicht-operationsabhängige Komplikationen

Fünf Patienten (Nr. 11, 18, 33, 42 und 68) verstarben einige Tage nach Einlieferung ins Krankenhaus aufgrund eines hohen Querschnittssyndroms.

Patient 11 hatte in einem Alter von 23 Jahren einen Motorradunfall erlitten. Diagnosen bei Aufnahme waren Polytrauma, Schädelhirntrauma und eine Densfraktur Typ II [8].

Patient 18, bei Unfall 32 Jahre alt, war als Fußgänger von einem Auto angefahren worden. Die zur Querschnittsläsion führende Verletzung war die okzipitoatlantale Luxation. Zuzüglich zeigte die Bildgebung auch eine Densfraktur Typ I [8].

Patient Nr. 33, damals 87-jährig, war bewusstlos auf der Straße aufgefunden worden. Die CT ergab eine Densfraktur Typ II [8], wobei der Dens stark nach dorsal luxiert war und den Spinalkanal um 2/3 einengte. Der schlechte Allgemeinzustand erlaubte kein operatives Vorgehen und der Patient verstarb einige Tage später.

Die Densfraktur des Patienten Nr. 42, damals 97 Jahre alt, war zunächst auf den durchgeführten Röntgenbildern nicht erkannt worden. Erst nach erneuter Sicht der Bilder

erfolgte die Stellung der Diagnose und der Patient wurde umgehend wieder ins Krankenhaus zurück verwiesen.

Ein operatives Therapiemanagement konnte leider nicht erfolgen, da sich der klinische Zustand des Patienten zusehends verschlechterte und er bald darauf verstarb. Die Sektion ergab die kardiopulmonale Insuffizienz bei Pneumonie und zentraler Dysregulation.

Die Patientin Nummer 68, 86 Jahre alt, war aus ungeklärter Ursache eine Treppe runtergestürzt und vom Notarzt bei einem GSC von 3 am Unfallort intubiert worden.

Die Patientin hatte eine Densfraktur Typ II [8] und eine Fraktur des Atlasbogens erlitten. Die Sektion ergab eine Malazie der Medulla oblongata auf Höhe der Frakturen und die vom Pathologen genannte Todesursache war auch in diesem Falle ein Versagen der zentralen Regulationsmechanismen.

Somit kann man in fünf von 68 Fällen (Nummer 11, 18, 33, 42 und 68) von einer Densfraktur mit Todesfolge sprechen. Die Patienten Nummer 11 und 18 sind nicht seziert worden.

Die Unfallhergänge von zwei weiteren Patienten ließen sich im einzelnen nicht mehr rekonstruieren, da sie im Garten liegend (Nr. 38) oder am Fuße einer Treppe (Nr. 39) aufgefunden wurden. Die Patienten, im Alter von 80 und 87 Jahren, mussten intensivmedizinisch versorgt werden. Jedoch verstarben sie aufgrund ihres gravierenden Allgemeinzustandes bald nach Einlieferung in die Klinik.

Patientin 45, bei Unfall 72 Jahre, verstarb an einer ethyltoxischen Leberzellnekrose. Die Patientin war als Fußgängerin von einem Auto angefahren und primär vom Notarzt mit einem GCS von 6 aufgefunden worden. Aufgrund ihres desolaten Zustandes, bei vorliegendem Polytrauma, Schädelhirntrauma und Densfraktur Typ III [8], musste von einer Lebertransplantation abgesehen werden.

Eine weitere Patientin (Nr. 9) verstarb aufgrund einer Meningoenzephalitis, die sich sehr wahrscheinlich aufgrund der präoperativ durchgeführten Crutchfield-Extension entwickelt hatte.

Patient Nr. 27 verstarb aus ungeklärter Ursache nach Extension. Der damals 33 Jahre alte Patient, der in einen Auffahrunfall verwickelt war und neben der Densfraktur Typ II [8] auch ein Schädelhirntrauma erlitt, starb nach einer Woche an der Crutchfield-Klemme.

Ein weiterer therapieassoziiertes Todesfall ergab sich im Falle der Patientin Nr. 33, damals 33 Jahre, die aufgrund eines Autounfalls als polytraumatisierte Patientin, zuzüglich mit einer Densfraktur Typ II [8], ins Krankenhaus eingeliefert wurde. Sie verstarb aufgrund einer Agranulozytose bei Gabe eines Aminoglykosids. Warum das Antibiotikum verabreicht wurde, ergab sich leider nicht aus den gefundenen Unterlagen.

Die restlichen Todesfälle waren Folge der zugrunde liegenden Erkrankungen mit Morbus Parkinson, Herzinsuffizienz und Lungenfibrose.

4.5 DRG

DRGs (diagnosis related groups) sind auf Diagnosen und Prozeduren bezogene kostenhomogene Fallgruppen. Den DRGs zugeordnete Relativgewichte legen fest, um wie viel teurer bzw. billiger der aktuelle Fall im Vergleich zu einem Standardfall mit einem Relativgewicht von 1,0 ist.

Wichtig für die Entgeldeberechnung sind auch die Nebendiagnosen. Je nach Schwere und Anzahl der neben der Hauptdiagnose bestehenden oder während des Krankenhausaufenthaltes entstehenden Nebendiagnosen wird der PCCL (patient clinical complexity level) eines Patienten berechnet. Der PCCL kann zwischen 0 und 4 liegen, wobei der höchste Wert nur bei operativen DRGs vorkommt. [97]

Das Relativgewicht der Diagnose „Fraktur des Dens Axis“ als Hauptdiagnose entspricht 1,412. Es gibt hier keine Unterscheidung nach den Typen gemäß der Klassifikation nach Anderson und D'Alonzo. [8]

Wenn der persönliche Komplikations- und Komorbiditätslevel (PCCL) eines Patienten bei 0 liegt, beträgt die wahrscheinliche Verweildauer im Krankenhaus zwischen 2 und 19 Tagen.

Bei einer erdachten Verweildauer von 7 Tagen in einem Krankenhaus mit einer Baserate von 2968 Euro wird die entgültige Summe, nach erfolgter Operation und Pflege, 4190,82 Euro betragen.

Wenn sich der PCCL bei einem Patienten nun durch Komplikationen wie Pneumonie, Herzinfarkt und ähnliches auf 4 erhöht, steigt auch das effektive Relativgewicht auf 2,79 an. In diesem Fall wird die mögliche Krankenhausverweildauer 5 bis 34 Tage betragen und an das gleiche Krankenhaus eine Summe von 8280,72 Euro ausgezahlt werden.

5. Nachuntersuchungsgruppe

5.1 Gesamtkollektiv der Nachuntersuchungsgruppe

Bei insgesamt 31 Patienten konnten wir Daten über den poststationären Verlauf sammeln. Dies entspricht 45,6% aller Patienten.

Eine von uns eigenständig durchgeführte Anamnese mit klinischer und röntgenologischer Untersuchung erfolgte dabei in 15 Fällen. Die Daten der restlichen 16 Patienten wurden dabei freundlicherweise von den nachbehandelnden Ärzten zur Verfügung gestellt.

Zu Beginn der Datenerhebung waren 17 Patienten bereits verstorben, entweder noch während des stationären Aufenthaltes (n =15) oder danach (n = 2).

Die Daten von 20 Patienten ließen sich nachträglich nicht mehr erheben. Die Gründe dafür sind vielfältig. Häufig hatten die Patienten den Arzt gewechselt, so dass der angeschriebene Mediziner keine Aussagen über den poststationären Verlauf machen konnte oder die Patienten wurden unter der angegebenen Adresse nicht mehr erreicht.

In der Gruppe der nachuntersuchten Patienten lag das durchschnittliche Alter bei 53,9 Jahren, was vom arithmetischen Mittel der gesamten Gruppe um 5,5 Jahre abweicht (59,4 Jahre).

Das Geschlechterverhältnis ist mit 18 Männern zu dreizehn Frauen in der Nachuntersuchungsgruppe ähnlich dem Gesamtkollektiv mit 36 Männern und 32 Frauen.

Wir konnten die Daten von 18 operativ versorgten (Nr. 1, 5, 8, 10, 14, 23, 24, 29, 30, 31, 40, 46, 47, 52, 55, 59, 60, 67) und dreizehn konservativ behandelten Patienten (Nr. 4, 7, 13, 15, 16, 19, 20, 22, 23, 48, 51, 56, 61) auswerten.

5.2 Schmerz

Von dauerhaften Schmerzen berichteten 10 Patienten (Nr. 4, 10, 13, 16, 24, 51, 57, 60, 61, 67).

Von den 18 operativ behandelten Patienten gaben vier (22%) länger andauernde starke Schmerzen an, aus der Gruppe, die konservativ therapiert wurden, sprachen sechs (46%) davon.

Zu chronischer Einnahme von Analgetika führte dies jedoch nur bei einem kleinen Anteil der Patienten (n = 3).

Einer (Nr. 67) war bei Erhebung der Anamnese erst 4 Monate zuvor operiert worden.

Patientin (Nr. 36) kam nach einem Sturz ins Krankenhaus, wo nur eine veraltete Fraktur diagnostiziert werden konnte und das Datum des primären Traumas unklar blieb.

Sie hatte die operative Versorgung der entstandenen Pseudarthrose abgelehnt und litt auch ca. 1,5 Jahre nach ihrem stationären Aufenthalt unter Schmerzen, die sie mit Analgetika behandelte.

Patient Nr. 49 hatte während des ersten Jahres nach der Behandlung starke Schmerzen, die zur Einnahme von Medikamenten führten, zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung jedoch keine Beschwerden mehr.

5.3 Neurologische Ausfälle

Neurologische Ausfälle traten in 6 Fällen auch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch auf.

Patientin 1 hatte Schwierigkeiten mit der Finger-Feinmotorik, so dass das Schließen von Knöpfen sehr mühsam war. Weiter zeigte sie eine Spastik in den unteren Extremitäten.

Auch die Patienten mit den Nummern 5, 7, 10, 17 und 26 zeigten im Zuge der Nachuntersuchung neurologische Auffälligkeiten wie Thermhypästhesie, Polyneuropathien, eine periphere Fazialisparese und Gedächtnisstörungen, die allerdings alle einem schweren Unfallhergang oder Grunderkrankungen wie Alkoholsucht und schizophrenen Episoden zuzuschreiben sind und nicht direkt mit der erworbenen Densfraktur in Zusammenhang gebracht werden können.

Rekurrens paresen, die durch den operativen Zugang bei der Methode nach Böhler hätten auftreten können, traten in unserer Reihe nicht auf.

Die unter III.3.3.2 beschriebenen temporären Schluckstörungen und Heiserkeit, die bei sechs unserer Patienten postoperativ auftraten, sistierten im weiteren Verlauf.

5.4 Bewegungseinschränkung

Am häufigsten traten in der Gruppe der nachuntersuchten Patienten Bewegungseinschränkungen auf. Bei 42% der Patienten (n = 13) (Nr. 1, 4, 10, 16, 20, 30, 40, 47, 52, 56, 57, 60, 61) waren diese nachweisbar.

Unter 18 operativ behandelten Patienten waren 37% (n=7) betroffen und bei dreizehn konservativ therapierten Patienten 46% (n=6).

Die Bewegungseinschränkung bei den einzelnen Patienten war verschieden stark ausgeprägt. Die Rotation, bei einem angenommenen physiologischen Bewegungsausmaß der HWS von 150° (Normalnull: 75/0/75) [42], war bis zu 71% eingeschränkt.

Die Eingrenzung der Bewegung in Flexion und Extension betrug bei einem Normalwert von ca. 140° der gesamten HWS [42] bis zu 78%.

Die Seitwärtsneigung war bei einem Normalwert von ca. 90° (Normalnull: 45/0/45) [42] war ebenfalls bis zu 78% eingeschränkt.

Die stärksten Begrenzungen ergaben sich bei den konservativ behandelten Patienten Nr. 16 und 56.

	Patient Nummer 16	Patient Nummer 56
Rotation (gesamt)	43°	50°
Flexion/Extension (gesamt)	30°	60°
Seitneigung (gesamt)	31°	20°

Tabelle 2: Ergebnisse in der Nachuntersuchung der Bewegung bei den Patienten Nr. 16 und 56

Doch auch bei operativ versorgten Patienten ergaben sich teilweise fast 50%ige Einschränkungen der Bewegung. Am stärksten waren in dieser Gruppe die Patienten Nr. 1 und 10 betroffen.

	Patient Nummer 1	Patient Nummer 10
Rotation (gesamt)	85°	86°
Flexion/Extension (gesamt)	88°	51°
Seitneigung (gesamt)	54°	40°

Tabelle 3: Ergebnisse der Nachuntersuchung der Bewegung bei den Patienten Nr. 1 und 10

5.5 Pseudarthrose

Eine Pseudarthrose wurde bei drei Patienten (Nr. 5, 29 und 56) gefunden.

Die als erstes genannte 45-jährige Frau hatte sich die Densfraktur bei einem Suizidversuch wahrscheinlich unter Einfluss von Wahnvorstellungen zugezogen. Nebentbefundlich wurde eine Unterarmtrümmerfraktur festgestellt, die primär eine Amputation notwendig machte.

Zunächst erhielt sie eine Crutchfield-Extension und wurde dann mit einer einzelnen Spongiosaschraube operativ versorgt, um dann weiter in einer psychiatrischen Einrichtung behandelt zu werden.

Im Zuge der Nachuntersuchung zeigte sich nach erneuter nativ radiologischer Aufnahme eine Pseudarthrose bei liegender, nicht gebrochener Schraube. Eine neurologische Untersuchung konnte nicht erfolgen, da die Patientin zu einem weiteren Termin nicht erschien.

Patientin Nr. 29 war 77 Jahre alt, als sie aus sitzender Position stürzte. Es wurde eine Dens Axis Fraktur Typ II [8], eine vordere und eine hintere Atlasbogenfraktur mit diskreter Stufenbildung diagnostiziert. Die Atlasfraktur wurde als stabil eingestuft und nicht operativ behandelt, so dass lediglich eine Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler [17, 18] durchgeführt wurde. Intraoperativ entstanden aufgrund einer nachteiligen Halsanatomie und Zahnplomben Schwierigkeiten beim Einbringen der Schrauben. Es konnte trotzdem ein bündiges Abschießen des Frakturspaltes erzielt werden. Eine erneute radiologische Kontrolle, ca. eine Woche nach OP-Termin, zeigte eine intakte Osteosynthese mit ventraler Stufenbildung von 4mm und einen ventral geöffneten Frakturspalt um 2mm bei unwesentlicher Einengung des Spinalkanals. Die Patientin wurde, mit der Empfehlung eine Henßge-Krawatte für 6 Wochen zu tragen, zurück ins Heim gebracht.

Zur Nachuntersuchung wurde die Patientin ca. 6 Jahre später erneut radiologisch untersucht. Die Bilder wiesen eine Pseudarthrose auf mit Bruch beider Schrauben auf Höhe des Spaltes. Weiteres ist unter 5.6 (Materialdislokationen und -brüche) aufgeführt.



Foto 15: transorale Röntgenaufnahme der Patientin Nr. 29 vom Mai 2007 – beide Schrauben sind gebrochen und es liegt eine Pseudarthrose vor

Patient Nr. 56, 75 Jahre alt, war zehn Tage vor Aufnahme 2005 gestürzt und mit dem Hinterkopf aufgeprallt. Er hatte zuvor einen Chiropraktiker wegen der Nackenschmerzen aufgesucht und war bei ausbleibender Besserung der Symptome in der Notaufnahme erschienen. Das CT erbrachte die Diagnose einer Densfraktur Typ III [8] bei zugrunde liegender rheumatoider Arthritis. Der Patient lehnte eine Operation trotz ärztlicher Aufklärung über etwaige Komplikationen ab und wurde mit einer Philadelphia-Krawatte für 6 Wochen

konservativ weiter behandelt. Bei ambulanter Untersuchung einen Monat nach Aufenthalt auf Station beklagte er sich weiter über ziehende Schmerzen in der HWS, die aber insgesamt rückläufig zu sein schienen. Neurologische Ausfälle waren zu keinem Zeitpunkt aufgetreten. Es wurde ein weiteres Tragen der Halskrawatte für 2 Wochen angeraten. Die Nachuntersuchung beim niedergelassenen Orthopäden zeigte die Ausbildung einer Pseudarthrose. Der Patient konnte nicht mehr über Schmerzen im Halsbereich berichten, jedoch war die Bewegung in der Halswirbelsäule stark eingeschränkt.

4.6 Materialdislokation und -bruch

Diese Komplikation trat in unserem Patientenkollektiv insgesamt nur ein Mal (Nr. 29) auf. Im Zuge der Nachuntersuchung konnte eine Röntgenaufnahme in zwei Ebenen und eine transorale Aufnahme durchgeführt werden. Die Bilder (siehe Bild 36) demonstrieren zwei im Dens liegende kanülierte AO-Schrauben, à 3mm, die in Höhe des pseudarthrotischen Frakturspalts beide gebrochen sind. Die Nachuntersuchung hatte keine weiteren pathologischen Befunde gezeigt. Die Bewegung war in alle Richtungen altersgemäß durchführbar. Die Patientin hatte zu keiner Zeit nach der Operation neurologische Ausfälle oder Schmerzen gehabt und war über den Verlauf der Behandlung sehr zufrieden gewesen.

5.7 Korrigierende Operationen

Eine operative Korrektur erfolgte nur bei Patient Nr. 8. Auf diese postoperative Komplikation wurde bereits unter III .3.3.2 eingegangen. Bei Patientin Nr. 29 wurde kein weiteres operatives Vorgehen angestrebt, da man aufgrund der Beschwerdefreiheit der Patientin mit guten Bewegungsumfängen in der HWS von einer bindegewebigen Heilung der Fraktur ausgehen konnte.

IV. Diskussion

Bei Diagnosestellung einer Dens Axis Fraktur Typ II nach Anderson und D'Alonzo [8] wird von der Mehrzahl der Autoren [1, 2, 8, 10, 11, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 33, 37, 40, 43, 45, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 56, 59, 60, 61, 62, 69, 78, 81, 82, 84, 89, 94, 98, 99, 102, 106, 111, 116, 124, 125] unabhängig von der verwendeten Technik ein primär operatives Vorgehen favorisiert, da über eine hohe Pseudarthroserate bei konservativer Therapie berichtet wird.

Unter den möglichen operativen Methoden [22, 37, 40, 48, 53, 65, 89, 117] wird die Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler/Magerl [17, 18] als Behandlungsverfahren gemeinhin anerkannt und ist auch unserer Erfahrung nach das beste Verfahren bei der primären Versorgung von Typ II und mancher Typ III Densfrakturen [8].

Der anteriore Zugang bietet allgemein viele Vorteile. Im Vergleich zu verschiedenen Varianten der posterioren Fusion [22, 37, 53] wird bei Anwendung der Böhler'schen Technik die Nackenmuskulatur geschont, die Entnahme eines Knochenspins aus der Crista iliaca bleibt dem Patienten erspart und postoperativ kann auf die Verwendung eines Halo-Fixateurs verzichtet werden. Diese Punkte haben alle einen günstigen Einfluss auf den postoperativen Verlauf des Patienten mit schnelleren Entlassungen und reduzierter Morbidität.

Doch wie sind die poststationären Ergebnisse einige Jahre nach Operation?

Viele klinische Studien [1, 2, 10, 11, 17, 18, 19, 23, 24, 33, 43, 45, 50, 60, 69, 78, 81, 82, 98, 99, 106, 125] zeigen gute Ergebnisse in der poststationären Phase, was Fusionsraten, Bewegungsausmaße, Schmerzen und neurologische Ausfälle betrifft.

Doch auch 28 Jahre nach Veröffentlichung der Technik der anterioren Kompressionsschraubenosteosynthese läßt sich bei der Recherche in den gängigen Datenbanken keine Analyse finden, die verbindliche Vorschläge für das Management von Typ II Dens Axis Frakturen liefern kann.

Ziel war es, in einem Gesamtkollektiv von 32 Frauen und 36 Männer das funktionelle Outcome, die ossäre Durchbauung, die Komplikations- sowie die Revisionsrate zu identifizieren. Die Altersverteilung lag dabei zwischen 11 und 97 Jahren mit einem fast ausgeglichenen Verhältnis zwischen Unter-65-jährigen und Über-65-jährigen. Das durchschnittliche Alter lag bei 59,4 Jahren.

Bei den männlichen Verletzten findet sich ein Gipfel in der Verteilung der Altersgruppen zwischen dem 20. und 60. Lebensjahr, während bei den Frauen eine zwei-gipflige Altersverteilung zu finden ist. Das erste Maximum – zwischen 20 und 40 Jahren - entspricht in der Entstehung der Verletzung der der Männer, während das Zweite – zwischen 70 und 90 Jahren – wahrscheinlich von einem erhöhten Frakturrisiko durch postmenopausale

Osteoporose herrührt. Diese Altersverteilung ähnelt anderen Studien [10, 11, 24, 43, 69, 81, 82, 98, 99, 125].

Ebenso verhält es sich mit der Analyse der Unfallursachen. Die Anzahl der Stürze aus geringer Höhe (n=27), Stürze aus großer Höhe (n=9), Verkehrsunfälle (n=22) und Sportunfälle (n=4) entsprechen den Ergebnissen anderer [1, 2, 10, 43, 67, 69, 80, 98, 99, 106].

Isolierte Densfrakturen kamen in 44,1% (n=30) der Fälle vor. Diese Gruppe besteht zu 43% aus Frauen und zu 57% aus Männern. Dieses scheint zunächst verwunderlich, da man in dieser Gruppe ein vermehrtes Aufkommen von Frauen über 70 Jahre vermutet hätte. Jedoch fällt bei genauerer Betrachtung auf, dass sich in unserer Analyse viele jüngere Männer (30-60 Jahre) im Zuge eines Krampfleidens, einer Alkoholintoxikation oder bei Morbus Parkinson eine isolierte Densfraktur zuzogen. Daher ist auch das Durchschnittsalter bei Männern mit isolierter Densfraktur im Vergleich mit den Frauen in dieser Gruppe um 11 Jahre vermindert. In den meisten Fällen bestanden jedoch weitere Verletzungen. Neben Polytraumata, Querschnittssyndromen und Extremitätenverletzungen kam es in seltenen Fällen auch zu Frakturen der unteren Wirbelsäule oder des Beckens.

28% der Kombinationsfrakturen fanden sich in der oberen Halswirbelsäule. Am häufigsten (68,4%) kam es dabei zu Brüchen des vorderen und/oder hinteren Atlasbogens.

Diese Zahlen werden durch andere Untersuchungen bestätigt, die ein Aufkommen von Kombinationsfrakturen im Bereich C1/C2 in 10-23% [43, 69, 80] oder 40-50% [66, 98] fanden.

Generell lässt sich sagen, dass die Patienten mit Begleitverletzungen im Durchschnitt sieben Jahre jünger waren als die mit isolierten Densfrakturen. Dieses deckt sich mit epidemiologischen Daten [115].

Seit der Publikation der Methode von Böhler 1981 [17, 18] haben vor allem die Anwendung von modifizierten Schrauben zu einem besseren Ergebnis für die Patienten geführt. Statt Kleinfragment-Spongiosaschrauben mit Unterlegscheiben [17, 18], wie von Böhler in den ersten Veröffentlichungen beschrieben, werden heutzutage vor allem kanülierte Schrauben mit Durchmessern von 3,0 bis 4,5 mm verwendet, die eine Kompression ermöglichen.

Auch in unserer Patientenreihe wurden bis 1995 vor allem nicht-kanülierte Spongiosaschrauben mit Unterlegscheiben eingesetzt. Bei drei der nachuntersuchten Patienten konnten röntgenologisch Zeichen der Reizung der Bandscheibe C2/C3 nachgewiesen werden. Klinisch ergaben sich als Folge für die Patienten unterschiedlich ausgeprägte Schmerzen und Bewegungseinschränkungen.

In dreizehn Fällen wurden nach 1995 kanülierte Doppelgewindeschrauben eingesetzt. 31% (n=4) dieser Gruppe konnten nachuntersucht werden.

Zwei dieser Patienten (50%) wiesen einen völlig komplikationslosen Verlauf auf.

Die übrigen hatten leichte Beschwerden wie gering gradige Schmerzen oder Verminderung in der Bewegung der HWS. Bei einer Patientin wurde bei subjektiver Beschwerdefreiheit eine Pseudarthrose mit Implantatversagen festgestellt.

Die übrigen Patienten (n=23) wurden mit Spongiosaschrauben behandelt, die in den meisten Fällen kanüliert waren. Von diesen wurden vierzehn Patienten (61%) nachuntersucht. 64% (n=9) in dieser Gruppe klagten über Beschwerden in Form von Bewegungseinschränkungen und Schmerzen. Die Bewegungsfunktionsstörungen schränkten die Rotation in der HWS auf teilweise bis zu 50% ein.

Weiter zeigten sich in der radiologischen Verlaufskontrolle der Patienten mit Spongiosaschrauben Zeichen einer Reizung des Bandscheibenfachs C2/C3, jedoch bei subjektiver Beschwerdefreiheit.

Ebenfalls traten in dieser Gruppe zwei komplizierte Verläufe mit Entwicklung einer Pseudarthrose auf.

Wegen der kleinen Anzahl nachuntersuchter Patienten, die mit Doppelgewindeschrauben behandelt worden sind, können keine Rückschlüsse hinsichtlich eines besseren postoperativen Ergebnisses mit diesem Typ von Schrauben gezogen werden. Es lassen sich jedoch Tendenzen erkennen, die auf bessere Resultate nach der Behandlung mit Doppelgewindeschrauben hindeuten.

Auch in anderen klinischen Studien [17, 18, 78] wurde über eine vermehrte Irritation durch die Schraubenköpfe der Spongiosaschrauben berichtet, die bei den behandelten Patienten zu Schmerzen, Bewegungseinschränkungen der rotatorischen Komponente von bis zu 50% und radiologisch nachgewiesenen Reaktion der Knochen im Bereich der Bandscheiben C2/C3 führten.

Die Doppelgewindeschraube zeigt auch Vorteile bei der Therapie der schrägen Frakturlinie nach anterior kaudal. Der Frakturtyp entspricht gemäß der Klassifikation nach Eysel und Roosen dem Typ C [46]. Auch bei diesen Frakturen konnten gute Ergebnisse bei primärer Frakturheilung erzielt werden [78, 82].

Weitere Untersuchung zum Vergleich mit kanülierten Spongiosaschrauben zeigten eine höhere Stabilität [87, 92] und gute Fusionsraten von 85% [83] bei der Verwendung der Doppelgewindeschrauben.

Desweiteren ist in der Diskussion um die Implantatwahl auch die Frage um die Anzahl der verwendeten Schrauben strittig.

Eine Reihe von Autoren favorisieren die Therapie der Densfrakturen Typ II und III [8] mit nur einer Schraube [19, 33, 66, 69, 73, 81, 99, 125] und erzielen mit diesem Management gute Ergebnisse.

Eine biomechanische Studie [56] und weitere klinische [10, 11, 69] konnten keine signifikanten Unterschiede im Vergleich zwischen der Verwendung von einer Schraube gegenüber zwei

feststellen. Die Autoren schlussfolgerten, dass nur eine Schraube in den Dens eingebracht werden sollte, um das Risiko der Malpositionierung bei der Implantation der zweiten Schraube nicht eingehen zu müssen. [103]

In einer klinischen Studie [43] wurden daher bei 30 Patienten mit Typ II Densfrakturen nach Anderson und D'Alonzo jeweils 2 kanülierte Kortikalisschrauben aus Titan mit einem Durchmesser von nur 2,7mm verwendet. Die Schraubendurchmesser, die sich in anderen Studien finden, liegen zwischen 3,0 und 4,5mm. Dies ist auch in unserer Analyse der Fall. Die Ergebnisse waren sehr gut mit einer Fusionsrate von 100%. Es zeigte sich kein Implantatversagen oder –ausbruch im postoperativen Verlauf.

Die Frage nach der Schraubenanzahl wird daher weiterhin kontrovers diskutiert. Es gibt zahlreiche Autoren, die eine Densverschraubung mit 2 Implantaten favorisieren [1, 2, 10, 17, 18, 19, 33, 43, 45, 69, 98], um die rotatorischen Kräfte über der Schraube auszuschalten, die zu Schraubenbruch und Pseudarthrosen führen können.

Unsere Patienten wurden vornehmlich mit einer doppelten Schraubenosteosynthese versorgt, nur vier von 36 (11%) mit nur einer Schraube. Die Gründe lagen meist in einer Malpositionierung der ersten Schraube.

Von diesen konnten drei nachuntersucht werden. Zwei von ihnen zeigten Bewegungseinschränkungen in der HWS und bei einer Patientin konnte eine Pseudarthrose festgestellt werden.

Die beiden Pseudarthrosen in der Gruppe der operativ versorgten Patientinnen ereigneten sich je bei der Therapie mit nur einer Schraube und mit zwei. Somit kann abschließend keine Aussage getroffen werden, ob der singulären Verschraubung der Vorzug gegeben werden sollte.

Ein Hauptfaktor, der intraoperativ in unserer sowie in anderen Studien [1, 2, 45] zu Komplikationen mit Malpositionierungen von Schrauben führte, war der jeweilige Körperbau des Patienten.

Ein Fassthorax oder zur kurzer Hals, wie sie in vier Operationsberichten dokumentiert wurden, führte früh postoperativ bei einem Patienten zu einer transienten Dysphagie.

Drei aus dieser Gruppe konnten nachuntersucht werden und zeigten bei allen in der Nachuntersuchung Einschränkungen in der Bewegung der HWS.

Andere Größen, die nach Etter et al. [45] zu intraoperativen Komplikationen führen können, sind Halswirbelsäulen mit einem von vorn herein minimalen Bewegungsumfang, eine starke Kyphose der Brustwirbelsäule und Frakturen, bei denen eine Reduktion nur bei nach vorn gebeugtem Kopf erfolgen kann. Letzteres trat auch in unserer Reihe auf.

Letale Verläufe auf Grund intraoperativer Komplikationen fanden sich in unserer Studie nicht und waren bei der Literaturrecherche nur selten zu finden.

Daentzer et al. [29] veröffentlichten als erste den Fall eines Patienten, der mit der Kompressionsschraubenosteosynthese behandelt worden war und an einer massiven subarachnoidalen Blutung verstarb, da eine der beiden Schrauben 1cm über die Densspitze hinaus geragt hatte und ein Pseudaneurysma der linken A. vertebralis verursachte. Die Autoren gaben an, dass die Positionierung der Schrauben aufgrund eines bestehenden Fassthorax schwierig gewesen war.

Auch in der vorliegenden Reihe war bei einem Patienten in der postoperativen Röntgenkontrolle ein Herausragen einer Schraube von 4mm über die Densspitze hinaus festgestellt worden. Trotz des röntgenologischen Ergebnisses befand sich der Patient in der Nachuntersuchung in einem guten Allgemeinzustand mit verheilter Fraktur und einer regelrechten Bewegung in der HWS, bei fehlender neurologischer- oder Schmerzsymptomatik. Der Patient konnte seinen Beruf als Landwirt wieder aufnehmen.

Korrigierende Operationen mussten in unserer Reihe in zwei Fällen (6%) durchgeführt werden, einmal eine Reosteosynthese bei sekundärer Frakturdislokation und eine Schraubenentfernung, die ein weiteres Therapiemanagement mit dem Halo-Fixateur nach sich zog.

In anderen Berichten führten Frakturdiastasen, die sich beim Eindrehen der Schrauben entwickelten [1, 2, 8, 10, 66, 78], osteoporotischer Knochen, der die Schraube nicht halten konnte [65] und gebrochene K-Drähte [50] zu korrigierenden Reosteosynthesen.

Während im Falle der K-Drähte nichts weiter unternommen werden musste, umfaßte das Management der anderen Komplikationen entweder die Repositionierung der anterioren Schrauben [77, 81], die posteriore Fusion [9, 10, 66], die transartikuläre Verschraubung [69] oder die Ruhigstellung im Halo-Fixateur [8, 65]. Auf diese Weise konnten die Frakturen sekundär zur Ausheilung gebracht werden.

In unserem Kollektiv kam es bei einem Patienten zu einem K-Draht-Bruch, beim Versuch denselben nach Einbringen der Schraube herauszuziehen. Dieser wurde belassen und auch in der Nachuntersuchung zeigte der Patient keinerlei Komplikationen. Die Fraktur war knöchern durchbaut.

Schraubenbrüche traten in unserer Untersuchungs-Reihe lediglich ein Mal auf (3%). Hier wie in den meisten anderen Serien [10, 45, 50] waren sie mit einer Pseudarthrose vergesellschaftet.

Ein seitlicher Ausbruch der Schrauben durch die Kortikalis des Dens, mit oder ohne sekundäre Frakturdislokation, stellt sich vor allem bei langjährig alkoholkranken [1, 2] und älteren Patienten [1, 2, 8, 10, 11, 45, 78, 81, 98, 99, 125], meistens bei begleitender Osteoporose, ein.

Nur Apfelbaum et al. [10] schilderten in diesem Zusammenhang im Verlauf eines betroffenen Patienten ein hohes Querschnittssyndrom durch eine Redislokation der Fraktur. Dieses zog eine respiratorische Insuffizienz nach sich und führte so zu einem letalen Verlauf.

In den anderen Fällen wurden die instabilen Frakturen mit posterioren Fusionen oder der transartikulären Verschraubung nach Magerl [88] behandelt.

Die zwei Fälle von sekundären Frakturdislokationen (5%) wurden, wie bereits erwähnt, mittels Halo-Fixateur zur Ausheilung gebracht.

Neurologische Ausfälle traten in unserem Studienkollektiv vor allem als temporäre Heiserkeit (n=1) und Dysphagie (n=5) auf. Auch andere Autoren machten diese Erfahrung [17, 18, 19, 50, 69, 78, 98]. Indes wurde auch über anhaltende Rekurrensparesen [11] berichtet, die sich in unserem Kollektiv hingegen nicht fanden.

Bleibende neurologische Defizite büßten die Patienten nur dann ein, wenn sie schon bei Einlieferung ins Krankenhaus Symptome eines Querschnittssyndroms zeigten.

Insgesamt wurde bei 13% der Patienten (n=9) diese Diagnose festgestellt. In drei Fällen wurde das Querschnittssyndrom als inkomplett eingestuft, ASIA-Score C/D [12].

Harrop et al. [67] führten eine epidemiologische Studie von Verletzungen des oberen Halsrückemarks bei Frakturen des Dens Axis durch. Es stellte sich ein Unterschied dar in der Prognose zwischen Patienten mit einer kompletten Unterbrechung der motorischen Bahnen und einer inkompletten. Letztere zeigten, wenn sie die akute Phase nach dem Unfall überlebten, eine Besserung der neurologischen Symptomatik. Die Patienten konnten nach einiger Zeit von der Beatmung entwöhnt werden, während das bei einem kompletten Querschnitt nicht möglich war.

Bei unseren Patienten mit einem inkompletten Syndrom ließen sich bei zwei von ihnen ca. 12 und 14 Jahre nach dem Unfall noch residuale neurologische Ausfälle bei geringer Spastizität feststellen, so dass wir die Ergebnisse von Harrop et al. [67] bestätigt sehen.

55% der Patienten mit Querschnittssyndromen (n=5) verstarben im frühen stationären Verlauf aufgrund kardiopulmonaler Insuffizienz bei zentraler Dysregulation. Diese Diagnose konnte in zwei Fällen mit einer Sektion verifiziert werden.

Durch das Operationsverfahren selbst entstanden in unserer Analyse keine neurologischen Ausfälle.

In der Literatur wurde weiter über das Auftreten postoperativer Hämatome und Ösophagusperforationen berichtet, die eine sofortige Wundrevision erforderlich machten. [1, 2, 10, 78] Auch pharyngeale Ödeme [66] und Wundinfektionen [10, 50] fanden sich, jedoch nicht in unserer Patientenreihe.

Schmerzzustände, die auch nach verheilter Fraktur noch bei den Patienten auftraten, wurden beschrieben [1, 2, 8, 17, 18, 45, 50, 106, 125] und wurden auch von zehn unserer Patienten (32%) angegeben. Jedoch nur drei von ihnen nahmen regelmäßig Analgetika ein, wobei nur einer operiert worden war und das erst 4 Monate vor der Nachuntersuchung.

Der Anteil an Patienten, die in der Gruppe der operativ behandelten über Schmerzen klagten, war im Vergleich mit denen der konservativen Fraktion geringer (operativ: 21%, konservativ: 50%).

Eine Bewegungsfunktionseinschränkung nach einem operativen Eingriff bei Dens Axis Frakturen findet sich ebenfalls in unserer sowie in anderen klinischen Nachuntersuchungen [1, 2, 17, 18, 45, 98, 99, 106, 125]. Leider ist die Ätiologie dieser Beschwerden aus verschiedenen Gründen nicht immer eindeutig beurteilbar.

Zum einen hat man in den seltensten Fällen Angaben über den präoperativen Bewegungsumfang der HWS. Dies spielt vor allem eine Rolle bei dem oft fortgeschrittenen Alter im Kollektiv der Patienten mit Densfrakturen [98]. Die HWS kann hier degenerativ verändert oder schon vorgeschädigt sein.

Weiter ist der direkte Vergleich mit anderen Studien schwierig, da Angaben entweder nicht in Neutral-Null-Methode erfolgten [98] oder versucht wurde, lediglich Teilabschnitte des oberen Kopfdrehgelenks zu untersuchen. [1, 2]

Bei unseren Patienten, die nach Böhlers Methode [17, 18] behandelt wurden, traten Bewegungseinschränkung in 39% (n=7) der Fälle auf. Zwei dieser Patienten hatten dabei Verminderungen der Gesamtrotation von ca. 45%. Bis auf einen wurden alle diese Patienten mit Spongiaschrauben behandelt.

In der Gruppe der konservativ behandelten Patienten hatten 46% (n=6) eine Bewegungseinschränkung, davon einer mit einem Gesamtrotationsumfang von nur 43°, was lediglich 28% des physiologischen Bewegungsumfangs ausmacht.

Somit beläuft sich der Anteil aller Patienten, bei denen in der Nachuntersuchung eine Bewegungseinschränkung festgestellt werden konnte, auf 42% bei allen nachuntersuchten Patienten.

Über Pseudarthrosen wird in vielen Analysen [1, 2, 8, 10, 11, 19, 43, 45, 50, 81, 82, 98, 99, 125] berichtet. Sie resultierten auch in unserer Studie bei drei Patienten (10%), in zwei Fälle nach Kompressionsschraubenosteosynthese und bei einem weiterem nach konservativem Therapiemanagement mit Philadelphia-Kragen.

In einem Fall war in der Nachuntersuchung radiologisch eine fehlende Durchbauung des Frakturspalts bei nicht gebrochener Spongiaschraube nachgewiesen worden.

Dieses ist ein gutes Beispiel für die Wirkungen von rotatorischen Kräften auf die Fraktur bei Verwendung nur einer Schraube. Die Analyse zeigte, dass die einzelne Spongiosaschraube nicht schräg genug implantiert worden war, so dass es in der Folge zu einem so genannten „Dens on a stick“ kam.

Bei dem zweiten Fall einer Pseudarthrose nach doppelt eingebrachter Doppelgewindeschraubenosteosynthese war in der radiologisch-klinischen Nachuntersuchung eine Pseudarthrose mit zwei gebrochenen Schrauben nachgewiesen worden. Die Patientin war jedoch völlig beschwerdefrei.

Mögliche Ursachen für diesen Verlauf kann die früh postoperativ festgestellte anteriore Angulation im Frakturspalt von 2 mm sein, die eine für die Konsolidierung nötige Kompression auf die Frakturänder verhinderte.

Die schlechte Verankerung der Schrauben im Dens kann zum einen durch die intraoperativen Komplikationen bedingt gewesen sein, die im OP-Bericht als anatomische Enge und schlechte Sicht aufgrund von Zahnimplantaten dokumentiert wurden.

Weiter kann aufgrund der anamnestisch bestehenden klinischen Risikofaktoren (weiblich, älter als 70 Jahre, Nikotinkonsum, multiple Stürze) von einer verminderten Knochendichte im Sinne einer Osteoporose ausgegangen werden. [41]

Postoperativ wurde der Patientin eine weiche Henßke-Krawatte für 6 Wochen empfohlen.

Agrillo et al. [3] empfahl in solchen Fällen konsequent eine postoperative Weiterbehandlung mit einer Philadelphia-Krawatte.

Eine biomechanische Studie [70] testete in einem in-vitro Modell die unterschiedlichen Stabilitäten nach Densverschraubung und Halo-Weste je allein und bei Kombination von Densverschraubung und Halo-Fixierung zusammen. Sie fanden die größte Stabilität bei der kombinierten internen und externen Fixierung und schlugen dieses Therapiemanagement bei Patienten mit Nebenerkrankungen wie Osteoporose oder rheumatoider Arthritis vor.

Ob jedoch das Anlegen einer Halo-Weste für 6-12 Wochen postoperativ bei älteren Patienten, die zu rezidivierenden Stürzen neigen, vorteilhaft ist, bleibt zu bezweifeln.

Eine weitere relative Kontraindikation bei Anwendung der anterioren Kompressionsschraubenosteosynthese ist neben der Osteoporose die Ruptur des Lig. transversum. Bei einer kombinierten Atlasfraktur muss diese Verletzung ausgeschlossen werden, da sie zu Instabilität und konsekutiv zur Pseudarthrosen führen kann [35, 57]. Hier ist eine C1/C2 Fusion vorzuziehen.

Leider ist eine MRT-Untersuchung bei Patientin Nr. 29 nicht durchgeführt worden.

Unsere Recherche hat nur eine Analyse [81] identifiziert, in der konsequent MRT-Untersuchungen bei allen Patienten mit Dens Axis Frakturen angewendet wurden. Da die Integrität dieses Bandes eine hohe Bedeutung für den Erfolg des Böhler'schen Verfahrens

hat, sollte ein MRT bei Verdacht auf eine Ruptur des Lig. transversum stets durchgeführt werden [29].

Der dritte Patient mit Entwicklung einer Pseudarthrose in unserer Serie, ein damals 75-jähriger Mann, der gestürzt war und eine Densfraktur Typ III [8] erlitten hatte, lehnte die Operation ab und wurde konservativ mittels Philadelphia-Krawatte behandelt. Der Patient wies weder neurologische Ausfälle noch chronische Schmerzzustände auf. Jedoch war die Bewegung relativ eingeschränkt. Die Rotation in der Nachuntersuchung wurde mit 30°/0°/20° angegeben. Bei dem Patienten bestanden Knochenveränderungen in Form von Osteopenie und zystischen Veränderung, die am ehesten mit einer rheumatoiden Arthritis zu vereinbaren waren. Diese Grunderkrankung trug vermutlich zu diesem Verlauf bei.

Alle genannten Patienten lehnten korrigierende operative Maßnahmen zur Behandlung der Pseudarthrose ab.

Über die Therapie einer nicht konsolidierten Densfraktur mit einer Pseudarthrose per definitionem oder verlängertem Heilungsverlauf findet man in der Literatur widersprüchliche Angaben. Einige Autoren [3, 17, 18, 69, 98, 99] behandelten schon lange bestehende Frakturen des Dens Axis mit der Böhler'schen Technik [17, 18] und konnten gute Ergebnisse vorweisen. Apfelbaum et al. [10] verglich den postoperativen Verlauf zwischen Patienten mit frischen Densfrakturen und denen, deren Bruch schon Monate zurück lag. Eine knöcherne Durchbauung des Frakturspalts blieb in der Gruppe mit frischen Frakturen nur in 5% aus, während die Pseudarthroserate in der zweiten Gruppe mit 31% deutlich höher lag.

Demgegenüber gibt es einige Autoren [1, 2, 45, 50, 78], die bestehende Pseudarthrosen als relative Kontraindikation für die anteriore Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler [17, 18] bezeichnen und in diesen Fällen die Technik der posterioren Fusion vorziehen. Auch bei unseren Patienten stellten sich zwei mit mehreren Wochen alten Frakturen vor, die konservativ behandelt werden mussten, da eine Operation abgelehnt wurde. Bei beiden Patienten konnte keine Nachuntersuchung stattfinden, so dass wir hier keine Aussage treffen können.

Mit Verweis auf das durchschnittliche Alter der Patienten mit Densfrakturen, ist es nicht verwunderlich, dass es viele Berichte über Todesfälle in den verschiedenen Analysen gab. Sie wurden entweder dem zuvor schwerwiegenden Trauma oder der schlechten Konstitution der Patienten zugeschrieben [1, 2, 10, 11, 19, 43, 50, 66, 69, 78, 98].

Auch in unserer Untersuchung starben 22% der Patienten (n=15) bereits früh stationär im Zuge eines Polytraumas oder schwerwiegender zugrundeliegender Erkrankungen.

Die Nachuntersuchung ergab zwei weitere Todesfälle, die sich nach Entlassung ereigneten. Es fanden sich bei Studie der Literatur Fallbeispiele lang zurück liegender nicht verheilter Densfrakturen, die im Zuge eines Bagateltraumas plötzlich eine neurologische Symptomatik

entwickelten bei sekundären Dislokationen des Odontoids. [112] Einige Autoren [58] diskutieren ebenfalls die Möglichkeit eines letalen Verlaufs durch denselben Mechanismus. Einen Todesfall als direkte Komplikation der operativen Therapie kam in unserer Patientenreihe nicht vor, jedoch ereigneten sich andere therapieassoziierte Zwischenfälle. Es kam zu einer Agranulozytose bei Aminoglykosid-Gabe und in zwei anderen Fällen verstarben die Patienten nach Verwendung der Crutchfield-Klemme. Die genauen Hintergründe waren aus den Akten nachträglich nicht mehr ersichtlich. Die Crutchfield-Extension wurde nur zu Beginn der Studie bis 1995 genutzt. Repositionen von Densfrakturen erfolgten in den letzten Jahren stets direkt präoperativ in geschlossener Form und allgemeiner Anästhesie.

Es stellt sich also die Frage, wie eine Empfehlung zur Vermeidung der genannten Komplikationen formuliert werden kann?

Es finden sich in der Literatur verschiedene Hinweise zur optimalen Durchführung der Kompressionsosteosynthese [33, 78].

Eine Möglichkeit bietet das bildwandlergestützte Navigationssystem oder Virtual Fluoroscopy Technique, mit dessen Hilfe die Risiken schlecht positionierter Schrauben und neurovaskulärer Zwischenfälle weiter minimiert werden können.

Die Virtual Fluoroscopy ist eine bildgestützte Technik, die herkömmliche zwei-dimensionelle Bilder des C-Bogens zusammen mit einem optischen Suchsystem und einem Computer kombiniert und so in Echtzeit eine visuelle Verfolgung kalibrierter Instrumente in Relation zu vorher gewonnen Bildern ermöglicht. Es werden fluoroskopische Bilder mehrerer Ebenen gewonnen und gespeichert, bevor die chirurgische Navigation beginnt. Eine Kamera, die mit dem Computer verbunden ist, ermittelt dann die Position des Patienten und spezieller chirurgischer Instrumente während der Prozedur [75]. Die Position der Instrumente wird relativ zu den zuvor gespeicherten Bildern angezeigt und wird verschiedene Male pro Sekunde einem Update unterzogen, so dass während der Operation immer ein Feedback erfolgt, während der Chirurg operiert und die Instrumente bewegt. Die fluoroskopische Navigation ermöglicht es auch, Linien spezifischer Breite und Länge von der Spitze jedes navigierten Instruments aus, auf dem Bildschirm zu projizieren. Dies erlaubt eine genaue Positionierung und Planung der Implantation einer Schraube vor der tatsächlichen Durchführung. [13]

Diese Technik wird in der Pedikelverschraubung [51] und transartikulären Verschraubung nach Magerl [19, 133] und anderen Gebieten erfolgreich angewendet.

Auch im Falle der anterioren Kompressionschraubenosteosynthese wurde die Navigation bereits in einer In-vitro Studie [13] und einer klinischen [24] getestet.

Während die In-Vitro Studie [13] einen Vergleich zwischen der herkömmlichen Methode mit C-Bogen und Fluoroscopy aufstellen wollte, stellten Chibarro et al. [24] eine klinische Reihe von 10 Patienten vor.

Battaglia et al. [13] testeten das Verfahren der Navigation auf Unterschiede in Strahlenbelastung, OP-Zeit und die Genauigkeit der Schraubenpositionierung.

Die Strahlenbelastung und OP-Zeit waren geringer als bei dem herkömmlichen Verfahren mit C-Bogen.

Die Positionierung der Schrauben war bei Anwendung beider Verfahren gleich gut. Es fand sich bei beiden Methoden je eine Osteosynthese, bei der die Gewinde aus der anterioren Seite der Kortikalis des Dens hindurch in das mediale atlantoaxiale Gelenk ragten.

In der klinischen Studie [24] wurden in einer kleinen Untersuchungsgruppe eine Fusionsrate von 100% erzielt, bei jeglichem Fehlen von Materialfehlern oder Malpositionierung der Schrauben.

Diese Ergebnisse erlauben den Schluss, dass die Navigation zwar das Risiko schwerwiegender Komplikationen vermindert, jedoch nicht völlig beheben kann.

So stellt eine gründliche präoperative Planung kombiniert mit einer realistischen Indikationsstellung und einem versierten Chirurgen immer noch die beste Risikominimierung bei der operativen Versorgung der Dens-Axis Fraktur dar.

Auf Komplikationsfaktoren wie Osteoporose, rheumatoide Arthritis, degenerative Veränderungen der HWS muss bei einem Patientenkollektiv, in dem die Hälfte über 65 Jahre alt ist, besonders hingewiesen werden.

Bei den unter 65-jährigen kommen als erschwerende Faktoren Kombinationsfrakturen vor.

In 28% der Fälle ist eine Densfraktur mit einem weiteren Bruch im Bereich der oberen Halswirbelsäule vergesellschaftet. Hier ist die Atlasfraktur führend.

In diesem Zusammenhang ist es wichtig, weitere operative Verfahren zu beherrschen, um die größtmögliche Stabilität für den Patienten zu erreichen.

Der Halo-Fixateur wird auch heute noch als primäre Behandlungsvariante und Alternative zur operativen Versorgung angewendet. [79]

Die Fusionsraten bei Therapie der Densfrakturen mit dieser Variante der externen Fixation alleine sind jedoch sehr unterschiedlich und liegen zwischen 18-100%. [39, 62, 63, 79, 83, 109]

Der Halo-Fixateur wurde in unserer Analyse vor 1995 bei 33% der Patienten (n=12) eingesetzt, in einem Fall additional zur angewendeten Schraubenosteosynthese, da diese sich als instabil herausstellte. Es kam bei fünf Patienten zu geringeren Komplikationen wie Lockerungen, Ausriss oder Dekubiti an den Auflegestellen der Weste.

Sechs konnten nachuntersucht werden und zeigten alle eine knöcherne Durchbauung der ehemaligen Fraktur. Drei dieser Patienten litten an chronischen Schmerzen und die Bewegung der Halswirbelsäule war ebenfalls bei drei von ihnen leicht bis stark reduziert.

Viele Patienten fühlen sich mit dem Halo-Fixateur im alltäglichen Leben sehr stark eingeschränkt. In den zwölf Wochen Tragezeit können die Patienten Dinge wie die Körperhygiene nicht mehr eigenständig ausführen und sind auf Hilfe in Form von Familienangehörigen oder, falls nicht vorhanden, Pflegepersonal angewiesen. Majercik et al. [90] untersuchten 129 ältere und 289 jüngere Patienten mit einer Fraktur der HWS auf Unterschiede im klinischen Verlauf bei Therapie entweder mit dem Halo, einer harten Zervikalstütze oder einer Operation. Sie stellten fest, dass die Therapie älterer Menschen mit einem Halo-Fixateur extrem hohe Risiken von Pneumonie, akutem Kreislauf- / respiratorischem Versagen und schließlich Tod der Patienten bargen und daher der Operation, wenn möglich, stets der Vorzug gegeben werden sollte.

Im Vergleich mit anderen Halsorthesen ist der Halo-Fixateur am stabilsten, um die Halswirbelsäule von extern zu fixieren. Johnson et al. [74] zeigten, dass die übrigen nur 45% der Flexions-Extensions-Bewegung im atlanto-axialen Gelenk einschränken können, während der Halo-Fixateur davon 75% eingrenzt.

Und eine lediglich 50%ige Fusionsrate bei Rheumapatienten [25, 82, 108] kann bei Kombination der posterioren Fusion durch postoperative Weiterbehandlung mit dem Halo-Ring auf bis zu 84% erhöht werden [27, 36].

Auch die interne Fixierung mittels anteriorer Kompressionsschraubenosteosynthese kann mit Hilfe einer Halo-Weste in der ersten Zeit postoperativ unterstützt werden, wenn Komorbiditäten wie Osteoporose, rheumatoide Arthritis, eine Verletzung des Lig. transversum oder auch assoziierte stabile Atlasfrakturen auftreten. [70]

Die posteriore Fusion ist hingegen bei einer assoziierten posterioren Atlasringfraktur eine Kontraindikation. Dieses Verfahren war vor Veröffentlichung der anterioren Methode eine häufig angewendete Technik zur Behandlung der Dens Fraktur Typ II und III [8].

Die Technik nach Brooks/Jenkins [22] wurde aufgrund besserer biomechanischer Eigenschaften [56] dabei vorrangig angewendet.

Auf die relative Kontraindikation der Anwendung der anterioren Kompressionsschraubenosteosynthese bei osteoporotischen Patienten verweisend, schlagen einige Autoren [27, 36] zur Therapie der Densfrakturen für diese Gruppe daher primär eine dorsale Fusion vor. Die Autoren sind sich jedoch weitestgehend einig, dass sich die postoperative Nachbehandlung mit einem Halo-Fixateur für mindestens zwölf Wochen anschließen sollte. [27, 35, 36]

Die Fusionsraten der posterioren Spondylodese in den gefundenen Untersuchungen lagen zwischen 40 und 97%. [22, 26, 27, 34, 37, 91]

Dahingehend sind die Ergebnisse der transartikulären Verschraubung nach Magerl [89] in den entsprechenden klinischen Studien [34, 59, 70, 88] besser und liegen bei 95-100%.

Biomechanische in-vitro Tests [58, 59, 64], die Bewegungen in der oberen Halswirbelsäule nach posteriorer Fixierung mit verschiedenen Methoden prüften, konnten zeigen, dass die transartikuläre Verschraubung nach Magerl [89] und ihre Varianten [94] eine der stabilsten Formen der Fusion des Atlas mit dem Axis ist, vor allem bei Rotation und lateraler Flexion.

Diese Ergebnisse machen deutlich, warum dieses Verfahren bei instabilen Verletzungen vor allem des Atlas angewendet wird. Daher kann bei einer Kombinationsverletzung des Dens mit einer instabilen Jefferson-Fraktur des Atlas oder auch bei Denspseudarthrosen mit neurologischer Symptomatik die transartikuläre Verschraubung angewendet werden. [58, 114]

Ein Verfahren, bei dem unter anderem Techniken wie die posteriore Fusion und transartikuläre Verschraubung angewendet werden können, ist die okzipito-zervikale Spondylodese.

Dieses Verfahren wird vor allem bei ausgedehnten degenerativen Veränderungen oder auch weit reichenden Kombinationsfrakturen der oberen Halswirbelsäule angewendet, da ein intakter posteriorer Atlasbogen keine Voraussetzung für die Anwendung dieser Technik darstellt.

Eine klinische Studie zu diesem Verfahren wurde von Sasso et al. [117] vorgelegt. Er therapierte 32 Patienten, die an rheumatoider Arthritis, Wachstumsstörungen, Tumoren oder Infektionen erkrankt waren oder Kombinationsfrakturen erlitten hatten. Es wurde eine Kombination aus Platte und transartikulären Schrauben angewendet, mit dem Ergebnis einer 100%igen Fusionsrate. Alle Patienten trugen nur weiche Orthesen postoperativ für durchschnittlich elf Wochen.

Oda et al. [104] stellten zu diesem Thema eine biomechanische Studie vor, in der fünf verschiedenen Möglichkeiten für okzipito-zervikale Spondylodesen präsentiert und miteinander verglichen wurden. Die Ergebnisse zeigten, dass transartikuläre- und Pedikelschrauben im Vergleich zu Zerklagen und laminären Haken aus biomechanischer Sicht Vorteile für die okzipitozervikale Rekonstruktion bieten.

Eine Variante der okzipito-zervikalen Spondylodese ist die Verwendung von Halifax Klemmen, die das Risiko der Verletzung neuronaler Strukturen umgehen soll.

Aldrich et al. [5] stellten eine klinische Studie vor, in der Patienten mit Symptomatik in der unteren HWS und in der oberen HWS mit Halifax Klemmen versorgt wurden. Postoperativ wurde ihnen eine Philadelphia-Krawatte für sechs Wochen angelegt. Die untere HWS konnte

gut mit dieser Methode behandelt werden, belegt durch eine 100%ige Fusionsrate. Von den anderen mit Problemen in der oberen HWS erzielten nur 67% eine solide knöcherne Fusion. Aldrich kam zu dem Schluss, dass die Halifax Klemmen eher im unteren Bereich der HWS zur Anwendung kommen sollten oder zukünftig Patienten mit Verletzungen in der oberen zervikalen Wirbelsäule postoperativ zusätzlich mit einer Halo-Weste behandelt werden sollten. [5, 27]

Eine in den letzten Jahren hinzugekommene Technik, die posteriore Fusion von C1/C2 mit polyaxialen Schrauben nach Harms et al. [65] konnte ebenfalls gute postoperative Ergebnisse bei der Versorgung instabiler Situationen nach stattgehabten Frakturen, Fehlbildungen oder Erkrankungen rheumatischer Genese zeigen.

Diese Technik bietet darüber hinaus auch die Wahl zwischen einer temporärer Fixierung der Gelenke von Atlas zu Axis oder einer Fusion der ersten beiden Halswirbel.

Die Risiken bei Wahl dieser Methode sind ähnlich zu denen bei Anwendung der Magerlischen Technik mit Verletzung der A. vertebralis und Einbruch der Schrauben in den Spinalkanal.

Alle diese Methoden haben außer den bereits beschriebenen Risiken die Gemeinsamkeit, dass postoperativ eine Einschränkung der Bewegung in der oberen Halswirbelsäule eintritt, die vor allem die rotatorische Komponente betrifft.

Leider wurde in keiner der Studien darauf eingegangen. Nur Böhler [17, 18] und Grob [59] wiesen darauf hin, dass bei den posterioren Eingriffen an der oberen Halswirbelsäule mit einer zukünftigen Beschränkung in der Rotation gerechnet werden muss. Grob [59] konnte in seiner Studie einen Verlust der Fähigkeit zur Wendung des Kopfes im Halsgelenk um 50,3% feststellen. Die anderen beiden Bewegungsgrade, Extension/Flexion und Seitneigung, sind zwar auch betroffen, jedoch meistens nicht so stark wie die Rotation.

Jedoch kann auch eine langfristige rigide externe postoperative Fixierung die Mobilität der HWS deutlich einschränken [44]. Dies muss in den meisten Fällen bei der posterioren Fusion in Form einer Halo-Weste durchgeführt werden.

Auch die weiteren anterioren und lateralen Verfahren werden bei der Therapie der Densfrakturen angewendet und unterscheiden sich vor allem durch ihre Indikationsstellungen voneinander.

Die Autoren, die den transoralen Zugang bevorzugen [48], weisen darauf hin, dass sie in sagittaler Richtung genau auf die Störquelle eingehen können, ungehindert der dorsalen Strukturen. Jedoch bleiben die Infektgefahr, die Blutungsgefahr und die der teilweise empfohlenen Tracheotomie inhärenten Risiken bestehen.

Die transorale Route wird auch in der Traumatologie angewendet [87, 113], die Hauptindikation ist jedoch bei chronischen atlanto-axialen Dislokationen zu suchen, wie sie Monate nach einem Trauma bei zu spät erkannter Fraktur in diesem Bereich entstehen können. [76, 122]

Die Hauptindikation des lateralen Zugangs nach DuToit [40] liegt ebenfalls bei einem chronisch instabilen Gelenk zwischen C1 und C2. Doch die Autoren [40, 124] weisen auf die gute Anwendbarkeit dieser Methode bei frischen Densfrakturen hin, besonders bei gleichzeitigem Auftreten von Frakturen des posterioren Atlasrings.

Die wenigen klinischen Studien weisen auf zufriedenstellende postoperative Ergebnisse hin [122], jedoch bei kleinen Patientenkollektiven.

Ein biomechanische Studie, die einen direkten Vergleich der Stabilität von Magerlscher Methode und lateraler Arthrodesen nach DuToit anstellt, konnte bei der Recherche der Literatur nicht gefunden werden.

Ein großer Nachteil der Methode von lateral ist, dass ihre Durchführung stets zweimal erfolgen muss, was eine längere operative Dauer und stets ein zwei mal so hohes Risiko für Infektionen und intraoperative Fehler bedeutet.

Abschließend lässt sich sagen, dass das Verfahren der anterioren Kompressionsraubenosteosynthese nach Böhler/Magerl [17, 18] viele Vorteile gegenüber den alternativen Verfahren [22, 37, 40, 48, 53, 65, 89, 117] hat. Die Methode ist einfach, kostengünstig, sicher und bedarf in der Regel nur kurzer OP-Zeiten. Auf die Entnahme eines Knochenkeils aus der Crista iliaca kann verzichtet werden und die hintere Nackenmuskulatur wird geschont. Wenn postoperativ nur eine leichte externe Fixation mit einem Schanz-Kragen erforderlich ist, kann die Bewegungsfunktion in der HWS weitestgehend erhalten werden. Dieses reduziert die Morbidität der Patienten.

Eine verbindliche Aussage über die erarbeiteten Ergebnisse scheint nicht erlaubt, weil eine systematische Nachuntersuchung der objektiven funktionellen Ergebnisse aller Patienten schließlich nicht möglich war. Außerdem konnten nicht bei allen Patienten eine konsequente Nachuntersuchung durch eine gleichbleibende Person erfolgen. Dadurch kann das Ergebnis verfälscht sein.

Ein weiteres Problem ist die Nachuntersuchung der älteren Patienten über 65 Jahre.

Obwohl im ursprünglichen Patientenkollektiv das Verhältnis von Unter-65-jährigen und Über-65-jährigen mit fast 1 zu 1 ausgeglichen war, betrug es in der Nachuntersuchungsgruppe nur noch 2 zu 1, zugunsten der Unter-65-jährigen. Man muss annehmen, dass einige Jahre nach der Operation viele Patienten über 65 Jahren versterben, was eine ganzheitliche retrospektive Untersuchung schwierig macht.

Trotzdem fügt sich diese Studie mit einer Fusionsrate von 90% ein in die Reihe von retrospektiven Studien über Dens Axis Frakturen und ihre Behandlung.

Eine Rate von 21% der revisionspflichtigen Komplikationen zeigte sich bei Betrachtung von Faktoren wie sekundärer Frakturdislokation, Ausbruch von Schrauben durch die seitliche Kortikalis, Pseudarthrosen, Malpositionierung der Implantate und Angulation nach Osteosynthese.

Im Vergleich mit anderen klinischen Studien [11, 19, 81, 106], bei denen Komplikationsraten von ca. 10-17% auftraten, liegt unser Anteil darüber. Lediglich Aebi et al. [2] berichteten mit 24% über noch höhere Zahlen.

Es war jedoch bei keinem unserer Patienten zu Symptomen wie Instabilität mit neurologischen Ausfällen gekommen, so dass auf eine weitere operative Therapie verzichtet werden konnte. Lediglich in zwei Fällen wurde eine Weiterbehandlung im Halo-Fixateur bei instabiler Osteosynthese durchgeführt.

In der Gruppe der Nachuntersuchten, die nach der Böhler'schen Methode behandelt worden waren, gaben 39% Symptome wie Bewegungseinschränkungen und chronische Schmerzen an. Diese Beschwerden traten häufiger bei Anwendung von Spongiosaschrauben auf als bei Durchführung der Operation mit Doppelgewindeschrauben.

Weiter kam es bei Spongiosaschrauben zu radiologischen Zeichen einer Reizung des Bandscheibenfaches C2/C3. Auch postoperative Komplikationen wie sekundäre Frakturdislokationen und Pseudarthrosen traten nur im Zusammenhang mit Spongiosaschrauben auf.

Die mit der Böhler'schen Technik verbundenen möglichen Komplikationen durch anatomische Hürden wie einen kurzen Hals oder einen Fassthorax des Patienten gestalteten den intraoperativen Verlauf oft schwierig und führten häufig in unserer Analyse zu den oben genannten Beschwerden.

Daher ist eine gewissenhafte präoperative Planung für die anteriore Kompressionsschraubenosteosynthese und gegebenenfalls Auswahl eines alternativen Verfahrens sehr wichtig. Bei Anwendung des Böhler'schen Verfahrens sollten kanülierte Doppelgewindeschrauben verwendet werden, da sie die Durchführung erleichtern und so eine größere Sicherheit während der Implantation mit sich bringen.

Bei Analyse der Ergebnisse unserer konservativ behandelten Patienten lässt sich zwar ein ähnlich gutes Ergebnis hinsichtlich der Heilungsraten erzielen, jedoch waren Beschwerden wie Funktionseinschränkungen und Schmerzklagen sowohl anteilig höher als auch in ihrem Ausmaß.

Das Durchschnittsalter der Patienten mit kompliziertem Verlauf lag bei 45 Jahren. Daher können wir nicht das Argument einiger Autoren [8, 11] unterstützen, vor allem ein fortgeschrittenes Alter (>65 Jahre) führe zu einer erhöhten Komplikationsrate.

Wir favorisieren die Kompressionsschraubenosteosynthese nach Böhler mit zwei Schrauben, um eine Rotationsinstabilität zu vermeiden.

Patienten, die aufgrund ihres hohen Alters und charakteristischer Nebenerkrankungen ein hohes Risiko für eine Pseudarthrose wegen einer reduzierten Knochendichte aufweisen, müssen in der postoperativen Nachbehandlung konsequenter ruhiggestellt werden, z.B. mittels Philadelphia-Krawatte.

Größere klinische Studien sowie prospektive Analysen werden benötigt, um Leitlinien zur optimalen Diagnostik, Therapie und Nachbehandlung von Frakturen des Dens Axis heraus zu stellen und um Patienten mit einem erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen rechtzeitig erkennen zu können.

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie sollten die Daten von 68 Patienten mit Dens Axis Frakturen ausgewertet werden. Vier Monate bis 12 Jahre nach operativer oder konservativer Therapie wurden sowohl eine klinische Untersuchung zur Abklärung von Schmerzen, Bewegungseinschränkungen und neurologischen Ausfällen durchgeführt als auch eine radiologische, um mögliche Pseudarthrosen oder Materialversagen aufzudecken, die eine operative Revision nötig gemacht hätten. Die Nachuntersuchung erfolgte entweder durch die Mitarbeiter der Klinik oder die nachbehandelnden Mediziner, die Informationen mit Hilfe eines Fragebogens an uns weiter gaben.

Das Gesamtkollektiv besteht aus 36 Männern und 32 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 59,4 Jahren. Bei den Männern waren für die Frakturen vor allem Verkehrs- und Sportunfälle sowie Stürze aus großer Höhe vor ursächlich. Die Gruppe der Frauen erlitt vor allem Bagateltraumen mit Stürzen aus geringen Höhen. Mit 65% war die Dens Fraktur Typ II [8] am häufigsten vertreten. Isolierte Densfrakturen kamen in 44,1% der Fälle vor, unter den Kombinationsverletzungen waren die Läsionen der oberen HWS mit 28% am häufigsten vertreten. Die Atlasfraktur war in dieser Gruppe mit 68,4% dominierend.

Insgesamt wurden 36 Patienten nach der Methode von Böhler [17, 18] operativ versorgt und 32 Patienten konservativ behandelt. Die intraoperative Komplikationsrate belief sich auf 33%, früh postoperative Komplikationen entstanden in 31% der Fälle.

Für die Nachuntersuchungsgruppe konnten 31 Patienten gewonnen werden, 45,6% aller Patienten. In dieser Gruppe lag das Durchschnittsalter bei 55 Jahren. 18 Patienten wurden operativ und dreizehn konservativ behandelt.

Neurologische Ausfälle durch die Behandlung entstanden nicht oder waren transient.

Dauerhafte Schmerzen in der oberen HWS gaben insgesamt 10 Patienten an, bei 22% der operativ versorgten Patienten und 46% der konservativ behandelten. Bewegungseinschränkungen traten in 42% der Fälle auf, bei 39% der nach der Böhler'schen Methode therapierten Patienten und 46% der konservativ behandelten.

Pseudarthrosen fanden sich bei drei (Nr. 5, 29, 56) unserer Patienten und waren in einem Fall mit Materialversagen assoziiert. Operative Revisionen wurden nicht durchgeführt.

Die Fusionsrate im Gesamtkollektiv unserer Patienten liegt bei 90%.

Prospektive Studien werden benötigt, um Leitlinien zur optimalen Diagnostik, Therapie und Nachbehandlung von Frakturen des Dens Axis heraus zu stellen und Patienten mit kompliziertem Verlauf rechtzeitig erkennen zu können.

VI. Anhang

1. Literaturnachweis

1. Aebi M, Etter C, Die ventrale direkte Verschraubung bei Densfrakturen, Orthopäde 20: 147-153, 1991
2. Aebi M, Etter C, Coscia M, Fractures of the Odontoid Process – Treatment with Anterior Screw Fixation, Spine Vol 14, No. 10: 1065-1070, 1989
3. Agrillo A, Russo N, Marotta N, Delfini R, Treatment of remote Type II Axis Fractures in the elderly: Feasibility of anterior odontoid screw fixation, Neurosurgery, Vol. 63, No. 6, 1145-1151, 2008
4. Aicha KB, Laporte C, Akrouit W, Atallah A, Kassab G, Jégout D, Surgical management of a combined fracture of the odontoid process with an atlas posterior arch disruption: A review of four cases, Orthopedics & Traumatology: Surgery & Research, 2009
5. Aldrich EF, Weber PB, Crow WN, Halifax interlaminar clamp for posterior cervical fusion: a long-term follow up review, J Neurosurg 78: 702-708, 1993
6. Amling M, Wening VJ, Pösl M, Grote HJ, Hahn M, Delling G, Die Struktur zur Ätiologie der Densfraktur, Der Chirurg (1994) 65: 964-969
7. Amyes EW, Anderson FM, Fracture of the odontoid process; report of sixty-three cases, A. M. A. Archives of Surgery, 72(3), 377-93, 1956
8. Anderson LD, D'Alonzo RT, Fractures of the Odontoid Process of the Axis, The Journal of Bone and Joint Surgery Vol. 56-A, No. 8, Dec 1974
9. Andersson S, Rodrigues M, Olerud C, Odontoid Fractures: high complication rate associated with anterior screw fixation in the elderly, Eur Spine J 9, 56-60, 2000
10. Apfelbaum RI, Lonser RR, Veres R, Casey A, Direct anterior screw fixation for recent and remote odontoid fractures, Neurosurg Focus, Vol. 8, 2000
11. Arand M, Lemke M, Kinzl L, Hartwig E, Inzidenz von Komplikationen der Schraubenosteosynthese von Frakturen des Dens Axis, Zentralblatt für Chirurgie 126, 610-615, 2001
12. ASIA-Score, www.asia-spinalinjury.org
13. Battaglia TC, Tannoury T, Crowl AC, Chan DPK, Anderson DG, A cadaveric Study comparing Standart Fluoroscopy with Fluoroscopy-Based Computer Navigation for Screw Fixation of the Odontoid, Journal of Surgical Orthopaedic Advances Vol. 14, Number 4, 175-180, 2005
14. Bauer R, Kerschbaumer F, Poisel S, Orthopädische Operationslehre, Wirbelsäule, Thieme-Verlag 1991
15. Baumgartner R, Greitemann B, Grundkurs technische Orthopädie, Thieme-Verlag, 2002
16. Blacklock JB, Fracture of a sublaminar stainless steel cable in the upper cervical spine with neurological injury, J. Neurosurgery 81, 932-933, 1994

17. Böhler J, Anterior Stabilisation for acute fractures and Non-Unions of the Dens, *The Journal of Bone and Joint Surgery* Vol 64-A, No.1: 18-26, 1982
18. Böhler J, Schraubenosteosynthese von Frakturen des Dens axis, *Unfallheilkunde* 84: 221-223, 1981
19. Börm W, Kast E, Richter HP, Mohr K, Anterior Screw Fixation in Type II Odontoid Fractures: Is there a Difference in Outcome between Age Groups?, *Neurosurgery* Vol 52 (5) 1089-1093, 2003
20. Börm W, König RW, Albrecht A, Richter HP, Kast E, Percutaneous Transarticular Atlantoaxial Screw Fixation using a Cannulated Screw System and Image Guidance, *Minim Invas Neurosurg* 47: 111-114, 2004
21. Botte MJ, Byrne TP, Garfin SR, Use of skin incisions in the application of halo skeletal fixator pins, *Clin Orthop*, 246: 100-101, 1989
22. Brooks, AL, Jenkins EB, Atlanto-Axial Arthrodesis by the Wedge Compression Method, *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 60-A, No. 3, Apr 1978
23. Chi YL, Wang XY, Xu HZ, Lin Y, Huang QS, Mao FM, Ni WF, Wang S, Dai LY, Management of odontoid fractures with percutaneous anterior odontoid screw fixation, *Eur Spine J* 16, 1157-1164, 2007
24. Chibbaro S, Benvenuti L, Carnesecchi S, Marsella M, Serino D, Gagliardi R, The use of virtual fluoroscopy in managing acute type II odontoid fracture with anterior singel-screw fixation. A safe, effective, elegant and fast form of treatment, *Acta Neurochir* 147, 735-739, 2005
25. Clark CR, Goetz DD, Menezes AH: Arthrodesis of the cervical spine in rheumatoid arthritis, *J Bone Joint Surg (Am)* 71, 381-392, 1989
26. Clark CR, White AA, Fractures of the Dens – A Multicenter Study, *The Journal of Bone and Joint Surgery* Vol. 67-A, No. 9, Dec. 1985
27. Coyne TJ, Fehlings MG, Wallace MC, Bernstein M, Tator CH, C1-C2 Posterior Cervical Fusion: Long-term Evaluation of Results and Efficacy, *Neurosurgery* Vol. 37: No.4 688- 692, Oct 1995
28. Crockard HA, Ventrale Zugänge zur oberen Halswirbelsäule, *Orthopäde* 20: 140-146, 1991
29. Daentzer D, Deinsberger W, Böker DK, Vertebral artery complications on anterior approaches to the cervical spine, *Surg Neurol* 59: 300-309, 2003
30. Daffner RD, Imaging of vertbral trauma, Lippincott & Raven, Philadelphia 1996
31. Daffner RH, Pseudofracture of the dens:mach bands. *Amer.J. Roentgenolog.* 128, 607, 1977
32. Deen HG, Tolchin S, Combination Jefferson Fracture of C1 and Type II Odontoid Fracture requiring surgery: Report of two cases, *Neurosurgery* 25: 293-297, 1989
33. Dickman CA, Foley KT, Sonntag VKH, Smith MM, Cannulated screws for odontoid screw fixation and atlantoaxial transarticular screw fixation, *J Neurosurg* 83: 1095-1100, 1995
34. Dickman CA, Hadley MN, Browner C, Sonntag VKH, Neurosurgical management of acute atlas-axis combination fractures – a review of 25 cases, *J Neurosurg* 70: 45-49, 1989
35. Dickman CA, Mamourian A, Sonntag VKH, Drayer BP, Magnetic resonance imaging of the transverse atlantal ligament for the evaluation of atlantoaxial instability, *J Neurosurg* 75: 221-227, 1991
36. Dickman CA, Sonntag VKH, Surgical management of atlantoaxial nonunions, *J Neurosurg* 83: 248-253, 1995

37. Dickman CA, Sonntag VK, Papadopoulos SM, Hadley MN, The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis, J Neurosurg 74: 190-198, 1991
38. Doherty B, Heggeness MH, Quantitative Anatomy of the Second Cervical Vertebra, Spine 20, No. 5: 513-517, 1995
39. Dunn ME, Seljeskog EL, Experience in the Management of Odontoid Process Injuries: An Analysis of 128 Cases, Neurosurgery Vol 18, No 3: 306-310, 1986
40. DuToit G, Lateral atlantoaxial arthrodesis: A screw fixation technique, S Afr J Surg 14: 9-12, 1976
41. DVO-Leitlinie 2009 – Zur Prophylaxe und Therapie der Osteoporose, www.dv-osteoelogie.de
42. Dvorak J, Grob D et al., Halswirbelsäule –Diagnostik und Therapie, Thieme-Verlag, 1999
43. ElSaghir H, Böhm H, Anderson Type II Fracture of the Odontoid Process: Results of Anterior Screw Fixation, Journal of Spinal Disorders, Vol 13, No. 6, 527-530, 2000
44. Esmark H, Kalen R, Injuries of the atlas and axis. A follow-up study of 85 axis and 10 atlas fractures. Clin Orthop 217: 257-260, 1987
45. Etter C, Coscia M, Jaberg H, Aebi M, Direct Anterior Fixation of Fractures with a Cannulated Screw System, Spine Vol 16, No 3 Suppl: 25-32, 1991
46. Eysel, Roosen, Ventrale oder dorsale Spondylodese der Densbasisfraktur – eine neue Klassifikation zur Wahl des chirurgischen Zuganges, Zentralblatt für Neurochirurgie, 54 (4), 159-65, 1993
47. Fairholm D, Lee ST, Lui TNL, Fractured Odontoid: The Management of Delayed Neurological Symptoms, Neurosurgery Vol 38, No 1, 1996
48. Fang HSY, Ong GB, Direct Anterior Approach to the Upper Cervical Spine, The Journal of Bone and Joint Surgery 44-A: 1588-1604, 1962
49. Fielding JW, Cochran GVB, Lawsing JF, Hohl M, Tears of the Transverse Ligament of the Atlas, The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol 56-A, No 8, 1974
50. Fountas KN, Kapsalaki EZ, Karampelas I, Feltel CH, Dimopoulos VG, Mchinis TG, Nikolakakos LG, Boev AN, Choudhri H, Smisson HF, Robinson JS, Results of Long-Term Follow-Up in Patients undergoing Anterior Screw Fixation for Type II and rostral Type III Odontoid Fractures, Spine Vol. 30, No. 6, 661-669, 2005
51. Fritsch E, Duchow J, Seil R, Grunwald I, Reith W, Genauigkeit der fluoroskopischen Navigation von Pedikelschrauben, Orthopäde 31: 385-391, 2002
52. Fujii E, Kobayashi K, Hirabayashi K, Treatment of fractures of the odontoid process, Spine 13: 604-609, 1988
53. Gallie WE, Fractures and dislocations of the cervical spine, AM J Surg, 46: 495-499, 1939
54. Gleizes V, Jaquot FP, Signoret F, Feron JMG, Combined injuries in the upper cervical spine: clinical and epidemiological data over a 14-year period, Eur Spine J 9: 386-392, 2000
55. Goldberg W., Mueller C., Panacek E., Tigges S., Hoffmann J.R., Mower W.R.: Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. Ann Emerg Med 38: 17-21, 2001
56. Graziano G, Jaggars C, Lee M, Lynche W, A comparative Study of Fixation Technique for Type II Fractures of the Odontoid Process, Spine Vol. 18, Number 16: 2383-2387, 1993

57. Greene KA, Dickman CA, Marciano FF, Drabier J, Hadley MN, Sonntag VKH, Acute Axis Fractures – Analysis of Management and Outcome in 340 Consecutive Cases, Spine Vol 22, No 16: 1843-1852, 1997
58. Grob D, Crisco JJ, Panjabi MM, Wang P, Dvorak J, Biomechanical Evaluation of Four Different Posterior Atlantoaxial Fixation Techniques, Spine, Vol. 17, No. 5: 480-490, 1992
59. Grob D, Dvorak J, Panjabi MM, Hayek J, Die dorsale atlantoaxiale Verschraubung, Orthopäde 20 : 154-162, 1991
60. Grob D, Magerl F, Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1-C2, Orthopäde 16: 46-54, 1987
61. Hadley MN, Browner CM, Shih Sing Liu, Sonntag VKH, New Subtype of Acute Odontoid Fractures (Type IIA), Neurosurgery Vol 22, No 1, Part 1: 67-71, 1988
62. Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, Sonntag VKH, Acute axis fractures: a review of 229 cases, J Neurosurg 71 : 642-647, 1989
63. Hannsen AD, Cabanela ME, Fractures of the Dens in Adult Patients, The Journal of Trauma, Vol 27, No. 8, 928-934, 1987
64. Hanson PB, Montesano PX, Sharkey NA, Rauschnig W, Anatomic and Biomechanical Assessment of Transarticular Screw Fixation for Atlantoaxial Instability, Spine Vol. 16, No. 10: 1141-1145, 1991
65. Harms J, Melcher RP, Posterior C1-C2 Fusion with polyaxial screw and rod fixation, Spine Vol. 26, No. 22: 2467-2471, 2001
66. Harrop JS, Przybylski GJ, Vaccaro AR, Yalamachnili K, Efficacy of anterior odontoid screw fixation in elderly patients with Type II odontoid fractures, Neurosurg Focus 8 (6), 2000
67. Harrop JS, Sharan AD, Przybylski GJ, Epidemiology of spinal cord injury after acute odontoid fractures, Neurosurg Focus 8 (6), 2000
68. Hayek PD, Lipka J, Hartline P, Saha S, Albright JA, Biomechanical study of C1-C2 posterior arthrodesis techniques, Spine 18: 173-177, 1993
69. Henry AD, Bohly J, Grosse A, Fixation of odontoid fractures by an anterior screw, The journal of bone and joint surgery, Vol. 81-B, No. 3, 472-477, 1999
70. Ivancic PC, Beauchman NN, Mo F, Lawrence BD, Biomechanics of Halo-Vest and Dens Screw Fixation for Type II Odontoid Fracture, Spine Vol. 34, No. 5, 484-490, 2009
71. Jeanneret B, Magerl F, Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: Indications, technique and results of transarticular screw fixation, J Spinal Disord 5: 464- 475, 1992
72. Jefferson G, Fracture of the atlas vertebra, report of four cases, and a review of those previously recorded, Br J Surg 7: 407-422, 1920
73. Jenkins, A clinical comparison of one- and two-screw odontoid fixation, J. Neurosurg. 89: 366-370, 1998
74. Johnson R, Hart D, Simmons E, Ramsby G, Southwick WO, Cervical orthoses: a study comparing their effectiveness in restricting cervical motion in normal subjects, J Bone Joint Surg (Am), 59, 332-339, 1977
75. Kahler DM, Image guidance: fluoroscopic navigation, Clin Orthop 421: 70-76, 2004

-
76. Khodadadyan-Klostermann C, Kandziora F, Schnake KJ, Haas NP, Harms J, Transorale atlanto-axiale Plattenosteosynthese in der Behandlung einer fehlverheilten Densfraktur mit sekundärer atlanto-axialer Instabilität, *Chirurg* 72, 1298-1302, 2001
 77. Klöppel R, Schreiter D, Dietrich J, Josten C, Kahn T, Frühes klinisches Management nach Polytrauma mit 1- und 4-Schicht-Spiral-CT, *Radiologe* 42: 541-546, 2002
 78. Knöringer P, Die Osteosynthese der Densfraktur mit Doppelgewindeschrauben, *Operat Orthop Traumatol* 2, Heft 3: 178-192, 1990
 79. Koech F, Ackland HM, Varma DK, Williamson OD, Malham GM, Nonoperative Management of Type II Odontoid Fractures in the Elderly, *Spine Vol* 33, No. 26, 2881-2886, 2008
 80. Kuntz, C, Mirza SK, Jarell AD, Chapman JR, Shaffrey CI, Newell DW, Type II odontoid fractures in the elderly: early failure of nonsurgical treatment, *Neurosurg Focus* 8 (6): Article 7, 2000
 81. Lee SC, Chen JF, Lee ST, Management of acute odontoid fractures with single anterior screw fixation, *Journal of Clinical Neuroscience*, 11 (8), 890-895, 2004
 82. Lee SH, Sung JK, Anterior odontoid fixation using a 4,5mm Herbert screw: the first report of 20 consecutive cases with odontoid fracture, *Surgical Neurology* 66, 361-366, 2006
 83. Lennarson PJ, Mostafavi H, Traynelis VC, Walters BC, Management of Type II Dens Fractures, *Spine Vol.* 25, No 10: 1234-1237, 2000
 84. Lesoin F, Autricque A, Franz K, Villette L, Jomin M, Transcervical Approach and Screw Fixation for Upper Cervical Spine Pathology, *Surg Neurol* 27; 459-65; 1987
 85. Lippert, Lehrbuch Anatomie, 5. Auflage, Urban und Fischer, 2000
 86. Löw R, Düber C, Kreitner KF, Blum J, Rommens PM, Schweden F, Thelen M, Radiologische Diagnostik polytraumatisierter Patienten – Management unter Verwendung der Ganzkörper Spiral-Computertomographie, *Deutsches Ärzteblatt*, 26, 1744-1751, 2001
 87. Louis R, Die Chirurgie der Wirbelsäule, Springer-Verlag, 1985
 88. Magee W, Hettwer W, Badra M, Bay B, Hart R, Biomechanical comparison of a fully threaded variable pitch Screw and a partially threaded lag Screw for Internal Fixation of type II Dens Fractures, *Spine Vol.* 32 (17), 475-479, 2007
 89. Magerl F, Seemann PS, Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation, In: Kehr P, Weidner A (eds) *Cervical Spine I*, Springer, Wien, New York, pp 322-327, 1986
 90. Majercik S, Tashjan RZ, Biffi WL, Harrington DT, Cioffi WG, Halo Vest Immobilization in the Elderly: A Death Sentence?, *The Journal of Trauma, Injury and Critical Care*, 59 (2), 350- 357, 2005
 91. Marcotte P, Dickman CA, Sonntag VKH, Karahalios DG, Drabier J: Posterior atlantoaxial facet screw fixation, *J Neurosurg* 79: 234-237, 1993
 92. Masuhr KF, Neumann M, *Neurologie*, 5. Auflage, Duale Reihe, Thieme-Verlag, 2005
 93. McBride AD, Mukherjee DP, Kruse RN, Albright JA, Anterior Screw Fixation of Type II Odontoid Fractures – A Biomechanical Study, *Spine Vol.* 20 (17), 1855-1860, 1995
 94. McGuire RA, Harkey HL, Modification of technique and results of atlantoaxial transfacet stabilization, *Orthopedics* 18, 1029-1032, 1995

95. Menche N., Bazlen U., Kommerell T., Pflege heute, Urban&Fischer Verlag, 2. Auflage, S. 1008-1010, 2002
96. Metzger F, DRGs für Einsteiger – Lösungen für Kliniken im Wettbewerb, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 2006
97. Mixter SJ, Osgood RB, Traumatic lesions of the Atlas and Axis, Ann Surg, 51: 193-207, 1910
98. Montesano PX, Anderson PA, Schlehr F, Thalgott JS, Lowrey G, Odontoid Fractures Treated by Anterior Odontoid Screw Fixation, Spine Vol 16, No 3: 33-37, 1991
99. Morandi X, Hanna A, Hamlat A, Bassier G, Anterior Screw Fixation of Odontoid Fractures, Surg Neurolog 51, 236-240, 1999
100. Müller EJ, Muhr G, Wirbelsäulenverletzungen, Thieme-Verlag, 1999
101. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H, Manual of Internal Fixation, 3rd Edition, Springer Verlag, 1991
102. Nakanishi T, Internal fixation of odontoid fracture (in Japanese), Orthop Trauma Surg 23: 399-406, 1980
103. Nucci RC, Seigal S, Merola AA, Gorup J, Mroczek KJ, Dryer J, Zipnick RI, Haheer TR, Computed Tomographic Evaluation of the normal Adult Odontoid, Spine Vol 20, No. 3: 264-270, 1995
104. Oda L, Abumi K, Sell L, Haggerty CJ, Cunningham BW, McAfee PC, Biomechanical Evaluation of five different Occiput-Atlanto-Axial Fixation Techniques, Spine 24: 2377-2382, 1999
105. Penning L, Prevertebral hematoma in cervical spine injury. Incidence and etiological significance, Neuroradiology 1: 557-565, 1980
106. Platzter P, Thalhammer G, Ostermann R, Wieland T, Vécsei V, Gaebler C, Anterior Screw Fixation of Odontoid Fractures Comparing Younger and Elderly Patients, Spine Vol 32 (6), 1714-1720, 2007
107. Platzter P, Thalhammer G, Sarahrudi K, Kovar F, Vekszler G, Vécsei V, Gaebler C, Nonoperative Management of Odontoid Fractures using a Halo thoracic Vest, Neurosurg Vol 61 (3), 552-530, 2007
108. Poeck K, Hacke W, Neurologie 12. Auflage, Springer-Verlag, 2006
109. Polin RS, Szabo TS, Bogaev CA, Replogle RE, Jane JA, Nonoperative Management of Types II and III Odontoid Fractures: The Philadelphia Collar versus the Halo Vest, Neurosurgery Vol 38, No 3: 450-456, 1996
110. Reiser M, Kuhn F-P, Debus J, Radiologie, Duale Reihe, Thieme Verlag 2004
111. Roy-Camille R, Eléments de pronostic des fractures de l'odontoïde, Revue de Chirurgie Orthopédique, No. 66, 183-186, 1980
112. Rudzki JR, Lenke LG, Blanke K, Riew D, Pseudarthrosis of a Thirty-nine-Year-Old Dens Fracture Causing Myelopathy. A Case Report, J Bone Joint Surg Am. 86, 2509-2513, 2004
113. Ruf M, Melcher R, Harms J, Transoral Reduction and Osteosynthesis C1 as a Function-Preserving Option in the Treatment of Unstable Jefferson Fractures, Spine Vol. 29, No. 7: 823-827, 2004
114. Rüter A, Trentz O, Wagner M, Unfallchirurgie, Elsevier – Urban&Fischer, 2004
115. Ryan MD, Henderson JJ, The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine, Injury 23 (1): 38-40, 1992

116. Saldinger P, Dvorak J, Rahn BA, Perren SM, Histology of the Alar Ligaments and Transverse Ligaments, Spine Vol 15, No 4: 257-261, 1990
117. Sasso RC, Jeanneret B, Fischer K, Magerl F, Occipitocervical Fusion with Posterior Plate and Screw Instrumentation, Spine 19 : 2364-2368, 1994
118. Schaffler MB, Alson MD, Heller JG, Garfin SR, Morphology of the dens, Spine 17, 738-743, 1992
119. Schatzker, Fractures of the Dens, The Journal of Bone and Joint Surgery, Vol. 53 B, No. 3, Aug. 1971
120. Schiebeler TH, Schmidt W, Anatomie, Springer Verlag, 2000
121. Schumpelick V, Bleese N, Mommsen U, Kurzlehrbuch Chirurgie, 7. korrigierte Auflage, Thieme-Verlag, 2006
122. Seelig M, Roth R, Wördsdörfer O, Keerl R, Transorale Korrekturosteotomie einer in Fehlstellung verheilten transdentalen Luxationsfraktur, Unfallchirurg 103, 791-794, 2000
123. Seybold EA, Bayley JC, Functional Outcome of Surgically and Conservatively Managed Dens Fractures, Spine Vol 23, No 17: 1837-1846, 1998
124. Simmons EH, DuToit G jr, Lateral Atlantoaxial Arthrodesis, Orthopedic Clinics of North America Vol. 9, No. 4, October 1978
125. Song KJ, Lee KB, Kim KN, Treatment of odontoid fractures with single anterior screw fixation, Journal of Clinical Neuroscience 14, 824-830, 2007
126. Steel HH, Anatomical and mechanical considerations of the atlanto-axial articulations, The Journal of Bone and Joint Surgery 50-A: 1481-1482, 1968
127. Stöwsand D, Salam J, Müller W, Frakturen im Dens axis, Z Orthop 112: 875-877, 1974
128. Szyszkowitz R, Schleifer P, Verletzungen der Wirbelsäule. Huber, Bern 1995
129. von Torklus D, Gehle W, Die obere Halswirbelsäule 3. Auflage, Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York, 1987
130. Triggs KJ, Ballock RT, Lee TQ, Woo SL, Garfin SR, The effect of angled insertion on halo pin fixation, Spine 14: 781-783, 1989
131. Tscherne H, Blauth M, Unfallchirurgie, Band Wirbelsäule, Springer-Verlag 1997
132. Waldeyer, Anatomie des Menschen, 17. Auflage, de Gruyter 2003
133. Weidner A, Wähler M, Chiu ST, Ullrich CG, Modification of C1-C2 Transarticular Screw Fixation by Image-Guided Surgery, Spine Vol 25, Number 20: 2668-2674, 2000
134. Wening V, Amling M, Jungbluth KH, Dellling G, Zur Morphologie der operativ versorgten Densfraktur, Unfallchirurgie 20 (3), 125-130, 1994
135. Wetzel FT, Dunsieath NW, Kuhlenengel KR, Paul EM, Lahey DM, The effectiveness of the cervical halo: open versus closed ring. A preliminary report, Paraplegia 33: 110-115, 1984
136. White AA, Panjabi MM, The clinical biomechanics of the occipitoatlantoaxial complex, Orthopedic Clinics of North America, Vol 9, No 4, 1978
137. Witt AN, Rettig H, Schlegel KF, Orthopädie in Praxis und Klinik. Band 5/Teil 1: Spezielle Orthopädie, Wirbelsäule-Thorax-Becken. Thieme-Stuttgart, 1990
138. Xu R, Nadaud MC, Ebraheim NA, Yeasting RA, Morphology of the Second Cervical Vertebra and the Posterior Projection of the C2 Pedicle Axis, Spine Vol. 20, No. 3: 259-263, 1995

2. Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Julia Evers
Geburtsdatum: 25.12.1981
Geburtsort: Rendsburg
Adresse: Dahlweg 2
48153 Münster
Handy: 0176 – 62 25 80 12
Email: Julia.Evers@ukmuenster.de
Nationalität: deutsch
Familienstand: ledig

Schulische Ausbildung

08/88 - 07/92: Grundschule Schacht-Audorf
08/92 - 06/01: Hochschule Helene-Lange-Gymnasium, Rendsburg
06/2001: Abschluss des Abiturs

Au-Pair

09/01 - 08/02: Au-Pair Aufenthalt in Mailand, Italien

Medizinische Ausbildung / Hochschulstudium

10/02: Beginn des Medizinstudiums an der Universität Hamburg
09/04: Physikum am Universitätsklinikum Hamburg Eppendorf (UKE)
10/08: Staatsexamen am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE)

Famulaturen

05/2005: Chirurgische Ambulanz am Kreiskrankenhaus Rendsburg
Lehrkrankenhaus des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein
06/2005: Kardiologie, Städtisches Krankenhaus, Kiel
Lehrkrankenhaus des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein
08/2005: Pädiatrie am Universitätskrankenhaus Krakau, Polen

09/2005: Gynäkologie am Universitätskrankenhaus Krakau, Polen
Abteilungen der Jagiellonischen Universität, Krakau, Polen

Praktisches Jahr

08/07 - 11/07: Chirurgie – Terial im Somerset Hospital, Kapstadt, Südafrika
Lehrkrankenhaus der University of Cape Town, Südafrika

12/07 - 03/08: Pädiatrie - Terial, Universitätsklinikum, Krakau, Polen
Polish-American Institute of Pediatrics, Jagiellonian University, Krakau, PL

04/08 - 05/08: halbes Terial Innere Medizin, Toronto, Kanada
April: Kardiologie im Toronto East General Hospital
Mai: Notfallmedizin im St. Michael's Hospital
Lehrkrankenhäuser der University of Toronto, Kanada

06/08 - 07/08: halbes Terial Allg. Innere Medizin, Bethesda Allg. Krankenhaus, Hamburg
Lehrkrankenhaus der Universität Hamburg

Wahlfach

10/05 – 12/05: Unfallchirurgie in der Abteilung für Unfall-, Hand- und Wiederherstellung-
Chirurgie am AK Altona, Hamburg, Lehrkrankenhaus der Universitätsklinik
Hamburg-Eppendorf (UKE)
Klinikdirektor: Prof. Dr. med. V. J. Wening

Berufserfahrung

seit 03/09 Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des
Universitätsklinikums Münster
Klinikdirektor: Prof. Dr. med. M. J. Raschke

3. Danksagung

Mein Dank gilt dem Direktor der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie des AK Altona in Hamburg, Prof. Dr. med. J. V. Wening.

Die gute Zusammenarbeit wurde abgerundet durch eine stets schnelle Klärung fachlicher Fragen und eine effektive Hilfestellung während der Erstellung der Doktorarbeit.

Ich möchte mich auch bei den restlichen Mitarbeitern der Abteilung bedanken, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite standen. Hier besonders erwähnen möchte ich den stellvertretenden Chefarzt Dr. A. Zylinski und die Assistentinnen im Vorzimmer von Prof. Dr. Wening, Frau Ulrike Höger und Frau Annette Meyer-Kasten.

Besonderer Dank gilt meiner Familie und Freunden, die mir stets mit einem offenen Ohr und unterstützenden Worten zur Seite standen.

Von Herzen möchte ich mich dabei bei meinen Eltern, Elisabeth Evers und Harry Evers, sowie meinem Bruder, Jan Evers, für die große Hilfe und Unterstützung all meiner Ziele und Träume bedanken. Ohne sie hätte ich dies alles nicht erreichen können!

4. Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Unterschrift: