

Neurochirurgische Klinik der Universität Ulm/Günzburg
Chefarzt Prof. Dr. H.P. Richter

Ergebnisse von 80 konsekutiv operierten Densfrakturen
unter besonderer Berücksichtigung der ventralen
Schraubenosteosynthese

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin der Medizinischen
Fakultät der Universität Ulm

Gabriele Einsiedler

Ulm/Donau

2004

Amtierender Dekan: Prof. Dr. K.-M. Debatin

1. Berichterstatter: PD Dr. S. Rath

2. Berichterstatter: Prof. Dr. F. Gebhard

Tag der Promotion: 8. Juli 2005

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Fragestellung	S.6
2. Patienten und Methoden	S.9
2.1 Patientengut	S.9
2.2 Operationstechnik der ventralen Verschraubung	S.10
2.3 Auswertung der Unterlagen	S.12
3. Ergebnisse	S.16
3.1 Geschlechts- Altersverteilung	S.16
3.2 Unfallursachen	S.17
3.3 Präoperative Symptome	S.18
3.4 Verteilung der Frakturen	S.20
3.5 Anteil der primären Pseudarthrosen	S.21
3.6 Verteilung der Op – Techniken	S.22
3.7 Postoperative Ergebnisse	S.25
3.7.1 Frische Frakturen primär von ventral versorgt	S.25
3.7.2 Primäre Pseudarthrosen von ventral versorgt	S.28
3.7.3 Komplikationen	S.29
3.7.4 Ergebnisse bei Patienten mit Osteoporose	S.31
3.7.5 Ergebnisse bei älteren Patienten	S.32
3.7.6 Re-Operationen	S.33
3.7.7 Operationen von dorsal	S.34
4. Diskussion	S.35
4.1 Konservative Behandlung	S.36
4.2 Ventrale Schraubenosteosynthese	S.38
4.3 Sonstige Komplikationen	S.39
4.4 Veraltete Densfrakturen	S.40
4.5 Ältere Patienten	S.41
4.6 Dorsale Techniken	S.43

5. Zusammenfassung	S.44
6. Literaturverzeichnis	S.46
7. Danksagung	S.53

Abkürzungsverzeichnis

ap	anterior-posterior
begleit.	begleitend
C	Halswirbel
CT	Computertomographie
Op	Operation

1. Einleitung

Frakturen des Dens axis haben einen Anteil von 8-18% an allen Frakturen der Halswirbelsäule (Chan et al. 1983, Hadley et al. 1989, Böhler 1965, Clark u. White 1985) bzw. von 1-2% an Wirbelsäulenfrakturen insgesamt (Pitzen et al. 1994). Mixer und Osgood (1910) fanden in der Literaturrevue 18 Densfrakturen, 1928 konnte Osgood erst über 55 Fälle in der Literatur berichten (Osgood u. Lund 1928). Die Mortalität in dieser Serie betrug damals noch über 50%. Lediglich 3 Patienten wurden damals operativ versorgt, die anderen Fälle wurden mittels Ruhigstellung behandelt.

Densfrakturen treten bevorzugt nach Verkehrsunfällen oder nach Stürzen auf. Es sind alle Altersklassen betroffen, es erleiden jedoch zunehmend ältere Patienten diese Art der Fraktur (Pitzen et al. 1994, Weller et al. 1997, Bednar et al. 1995, Hanigan et al. 1993, Pepin et al. 1985).

Die Behandlung wird bis zum heutigen Tag kontrovers diskutiert. Ziel der Therapie sollte eine vollständige Ausheilung der Fraktur in anatomisch guter Reposition mit geringer Komplikationsrate und geringer Einschränkung der Funktionalität im Bereich der Halswirbelsäule sein. Bereits 1928 fanden Osgood und Lund (Osgood u. Lund 1928), dass die Rate der knöchernen Ausheilung gering ist. Die Pseudarthrosenrate wird in der Literatur mit 5-100% angegeben (Amyes u. Anderson 1956, Clark u. White 1985, Schweigel 1987). Die Erkenntnis von Osgood und Lund (Osgood u. Lund 1928), dass bei Patienten mit fehlender oder geringer Ausfallssymptomatik ein zweites, häufig minimales Trauma zu einem tödlichen Ausgang führt, zwingt zu irgendeiner Form von Behandlung.

Die konservative Behandlung erfolgt durch Immobilisation in einer Zervikalstütze, mittels eines Minerva-Gipses oder der seit seiner Einführung 1959 durch Perry und Nickel (Perry u. Nickel 1959) am häufigsten verwendeten Halo-Extension.

Diese Form der Therapie ist nicht komplikationslos, die Mortalitätsrate liegt zwischen 2-14% (Polin et al. 1996, Ekong et al. 1981).

Operative Stabilisierungseingriffe sind entweder von dorsal oder ventral möglich, wobei die dorsalen Techniken zuerst beschrieben wurden. Gallie begann 1939 mit der dorsalen atlanto-axialen Stabilisierung (Gallie 1939), Brooks entwickelte 1978 diese weiter (Brooks u. Jenkins 1978). Magerl entwickelte die transartikuläre C1/2 Verschraubung (Magerl u. Seemann 1987). Auf Grund der anatomischen Verhältnisse führen alle dorsalen Verfahren zu einem Verlust der Beweglichkeit im Kopfdrehgelenk, was für den Patienten eine erhebliche Einschränkung in der allgemeinen Lebensführung zur Folge hat.

Die ersten ventralen Verschraubungen wurden 1978 von Nakanisha (Nakanisha et al. 1978) und 1979 von Magerl durchgeführt. 1982 veröffentlichte Böhler erstmalig eine grössere Fallzahl dieses neuen Operationsverfahrens (Böhler 1982). Durch die ventrale Technik ist es möglich, die Beweglichkeit im atlanto-axialen Gelenk zu erhalten, was zu einem hohen Maß an Funktionserhalt führt.

1.1 Fragestellung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist nun, anhand einer retrospektiven Auswertung von 80 konsekutiv chirurgisch behandelten Patienten Erfolg und Komplikationsrisiken der operativen Therapie, insbesondere der ventralen Verschraubung, zu überprüfen und die gewonnenen Erkenntnisse mit der bestehenden Literatur - auch in Hinblick auf die konservative Differentialtherapie - zu vergleichen.

2. Patienten und Methoden

2.1 Patientengut

Es wurden 80 konsekutive Krankengeschichten von Patienten, die in der Neurochirurgischen Klinik der Universität Ulm am Bezirkskrankenhaus Günzburg in den Jahren 1985-1997 wegen einer Densfraktur operativ versorgt wurden, ausgewertet.

2.2 Operationstechnik der ventralen Verschraubung

Der Patient wird oral intubiert. In Rückenlage erfolgt, falls erforderlich, eine Reposition, diese wird durch z.B. Mayfield-Halterung fixiert. Der Mund muss durch eine Mullbinde oder durch röntgendurchlässigen Keil ausreichend geöffnet werden, damit während des Eingriffs der Dens überlagerungsfrei in antero-posteriorer Durchleuchtung dargestellt werden kann. Der Hautschnitt verläuft in Höhe des Ringknorpels (C5/C6). Der relativ tiefe Zugang ist notwendig, damit später die erforderliche schräge Bohrrichtung eingehalten werden kann. Am Oberrand des Musculus omohyoideus wird stumpf auf die Wirbelsäule eingegangen und dort retropharyngeal zur Bandscheibe C2/3 präpariert. Röntgen-negative Sperrer werden eingesetzt, 2 senkrecht aufeinander gerichtete Bildwandler werden hereingeschwenkt. Unter Durchleuchtung werden 2 Bohrdrähte, die an der vorderen unteren durch C2/3 eintreten und die dorsale Kortikalis der Densspitze knapp perforieren, eingebracht. Mit einem kanülierenden Bohrer mit definierter Eindringtiefe wird über die Bohrdrähte das Gewinde vorgebohrt. Der Bohrdraht wird entfernt, die Schraubenlänge ausgemessen und die Doppelgewindeschraube eingedreht bis die Fraktur überbrückt ist. Eine zweite Schraube wird in gleicher Weise platziert.

Es werden in der Regel 2 Schrauben verwendet. Mindestens eine Schraube soll eine Kompression der Frakturfragmente bewirken, die zweite dient mehr der Rotationsstabilität. Im Idealfall liegt das distale Gewinde in der Kortikalis der Densspitze oder perforiert diese um 1-2 mm. Das proximale Schraubengewinde sollte sich in der Kortikalis der unteren vorderen Basis des Axis befinden. Dadurch wird eine Irritation des Rückenmarks und des Bewegungssegments C2/3 vermieden. Eine Metallentfernung zu einem späteren Zeitpunkt ist nicht erforderlich. Neuerdings kann die Bohrdraht- bzw. Schraubenlage intraoperativ durch dreidimensionale Schnittbildgebung

(Iso-C-3D) überprüft werden und ggf. eine Korrektur sofort durchgeführt werden.

2.3 Auswertung der Unterlagen

Die Krankengeschichten sowie prä- und postoperative Röntgen- und Computertomographiebilder wurden retrospektiv ausgewertet.

2.3.1 Auswertungsparameter

Die Auswertung erfolgte anhand folgender Parameter:

1. Alter
2. Geschlecht
3. Typ der Fraktur (Erläuterung s.u.)
4. präoperative Beschwerden
5. chirurgische Technik
6. Komplikationen
7. postoperativer Verlauf
8. postoperative Schraubenlage
9. Repositionsergebnis
10. Ergebnis der Frakturheilung (Durchbauung, Pseudarthrose)
11. Auswertung der prä- und postoperativen Röntgen- und CT-Aufnahmen:

Bei allen Patienten wurden präoperativ anterior-posteriore (ap) und laterale Röntgenaufnahmen sowie meist auch transorale Aufnahmen der Halswirbelsäule und eine Computertomographie von C0-C3 angefertigt. Einige Tage nach chirurgischer Versorgung erfolgten Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen. Nach 6 und 12 Wochen wurden erneut Standardaufnahmen (ap/seitlich) angefertigt, in der Regel auch eine konventionelle seitliche Tomographie und/oder ein Computertomogramm des kranio-zervikalen Übergangs.

2.3.2 Nachbeobachtungszeit

Die Nachbeobachtung erfolgte über einen Zeitraum von mindestens 3 Monaten, meist über 6 bis 12 Monate, gelegentlich auch länger, d.h. bis zum Erreichen der knöchernen Ausheilung bzw. eines stabilen Zustands. In 2 Fällen lag die Nachbeobachtungszeit bei 6 bzw. 9 Jahren.

2.3.3 Fraktureinteilung

Die Einteilung der Frakturen erfolgte nach der 1974 von Anderson und D'Alonzo eingeführten Klassifikation in 3 Typen:

Typ1: Fraktur durch die Densspitze

Typ2: Fraktur durch die Basis des Dens

Typ3: Fraktur durch den Wirbelkörper von C2 (Axis) unterhalb der Densbasis

Die Klassifikation von Anderson und D'Alonzo war auf der Grundlage einer Serie von 49 Patienten aus den Jahren 1954 bis 1972 entstanden. Es wurden 2 Typ 1, 32 Typ 2 und 15 Typ 3 Frakturen kategorisiert und behandelt.

3. Ergebnisse

3.1 Geschlechts- und Altersverteilung

Von den 80 untersuchten Patienten waren 56 Männer und 24 Frauen.

Das Alter der Patienten lag zwischen 4 und 86 Jahren, das Durchschnittsalter lag bei 53,8 Jahren. Es fand sich ein Kind im ersten Lebensjahrzehnt, und zwei Jugendliche zwischen 10 und 19 Jahren. 14 Patienten waren zwischen 20 und 29 Jahre alt, weitere 5 Patienten zwischen 30-39 Jahren. In der Altersgruppe von 40-49 fanden sich 10 Patienten, in der Gruppe von 50-59 Jahren fanden sich 7 Patienten. 19 Patienten waren zwischen 60 und 69 Jahre alt, 11 Patienten waren zwischen 70 und 79 Jahren, ebenfalls 11 waren über 80 Jahre alt.

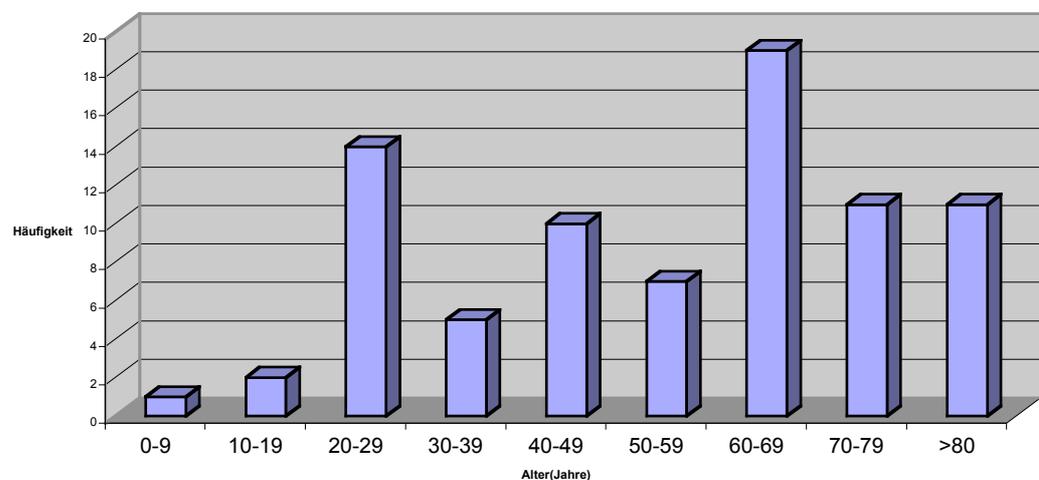


Abbildung 1: Altersverteilung aller 80 operierten Patienten

3.2 Unfallursachen

Bei den Unfallursachen fanden sich am häufigsten Verkehrsunfälle (34/80), zweithäufigste Ursache waren häusliche Stürze (29/80), an dritter Stelle finden sich Stürze aus großer Höhe bzw. Leiterstürze.

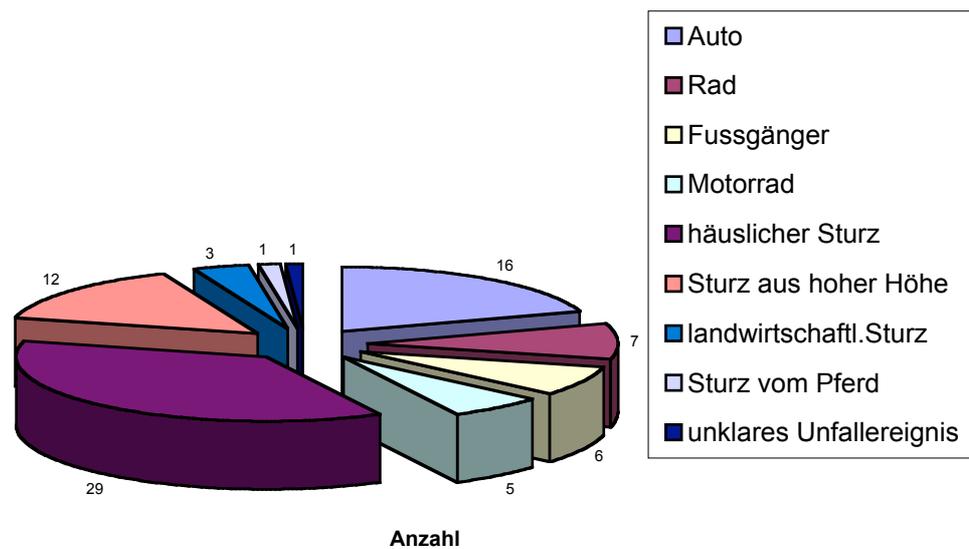


Abbildung 2: Häufigkeit der Unfallursachen (nach Anzahl) aller operierten Patienten

	Anzahl
Häuslicher Sturz	29
Autounfall	16
Leitersturz bzw. Sturz aus hoher Höhe	12
Radunfall	7
Fußgängerunfall	6
Motorradunfall	5
Landwirtschaftlicher Sturz	3
Sturz vom Pferd	1
Unklares Unfallereignis	1

3.3 Präoperative Symptome

Als Hauptsymptom beklagte die große Mehrzahl der Patienten (74/80) starke Nacken-Hinterkopfschmerzen. Die meisten äußerten, sie haben das Gefühl, den Kopf nicht mehr halten zu können. Bei 12/80 wurden neurologische Ausfälle diagnostiziert, davon waren 5 lediglich vorübergehend. Unter den passageren Defiziten fanden sich in zwei Fällen alleinige sensible Störungen, einmal eine geringe Parese der proximalen Oberarmmuskulatur mit einem sensiblen Ausfall. Bei einem Patienten waren die Sensibilitätsstörungen von einer Gangataxie begleitet. Im fünften Fall fand sich eine hochgradige Paraparese, die sich aber bereits präoperativ vollständig zurückbildete.

Persistierende Ausfälle fanden sich bei insgesamt 7 Patienten. Drei Patienten hatten initial Paresen der Arme (ein- und beidseitig), welche bis auf geringe Restparesen besserten. In einem Fall bestand eine Paraparese der Beine mit Gangataxie, diese war postoperativ weitgehend unverändert. Dreimal fand sich eine inkomplette höhergradige Tetraparese mit Gangunfähigkeit. Bei allen drei Patienten war das neurologische Defizit soweit rückläufig, dass sie mindestens wieder gehfähig waren.

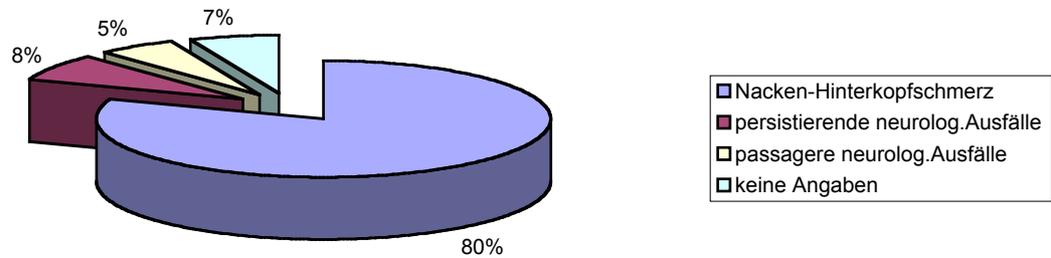


Abbildung 5: Häufigkeit präoperativ beklagter Symptome aller operierten Patienten (in %)

	Anzahl
Nacken-Hinterkopfschmerz	74
persistierende neurologische Ausfälle (meist teilweise rückläufig)	7
passagere neurologische Ausfälle (vollständige Rückbildung)	5
keine Angabe (Mehrfachangaben waren möglich)	6

3.4 Verteilung der Frakturen nach der Einteilung von Anderson und D'Allonzo

Vom Typ I gemäss obiger Klassifikation fand sich eine Fraktur, dies entspricht 1,25%. Vom Typ II fanden sich 58 Fälle, dies entspricht 72,5 %, vom Typ III waren es 21 (26,3 %).

Im Fall der Typ 1 Fraktur lag eine Pseudarthrose, Denshochstand und eine Rotationsfehlstellung C1/2 vor.

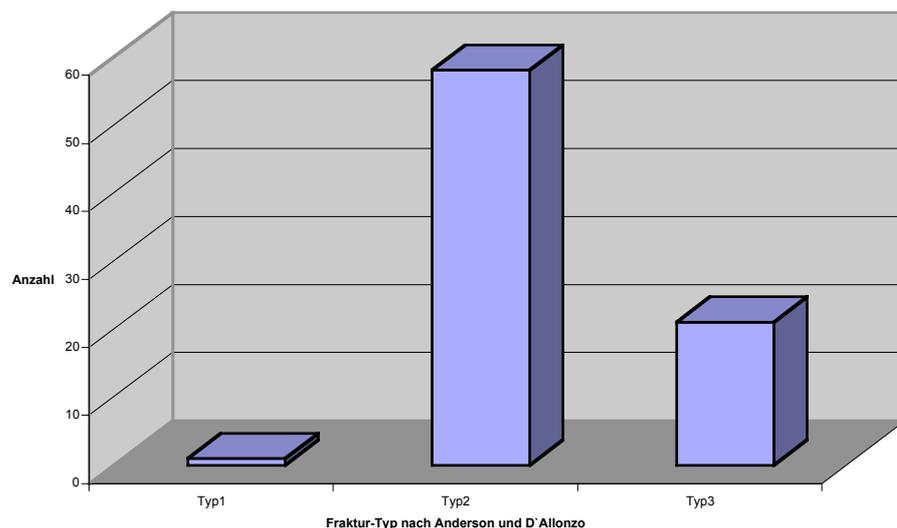


Abbildung 4: Häufigkeit der verschiedenen Fraktur-Typen nach der Klassifikation von Anderson und D'Allonzo

3.5 Anteil der primären Pseudarthrosen

Bei 12 von 80 Patienten fand sich zum Zeitpunkt der Erstoperation in der untersuchten Serie bereits eine Pseudarthrose, davon einmal vom Typ I, 9 vom Typ II und 2 vom Typ III.

3.6 Verteilung der Op-Techniken

66 Patienten (darunter 7 mit Pseudarthrosen) wurden primär von ventral operiert, davon 62 nur mit Schraubenosteosynthese, 3 mit Schraubenosteosynthese und Anlagerung von Spongiosa am Pseudarthrosespalt, und ein Patient zusätzlich mit Plattenosteosynthese.

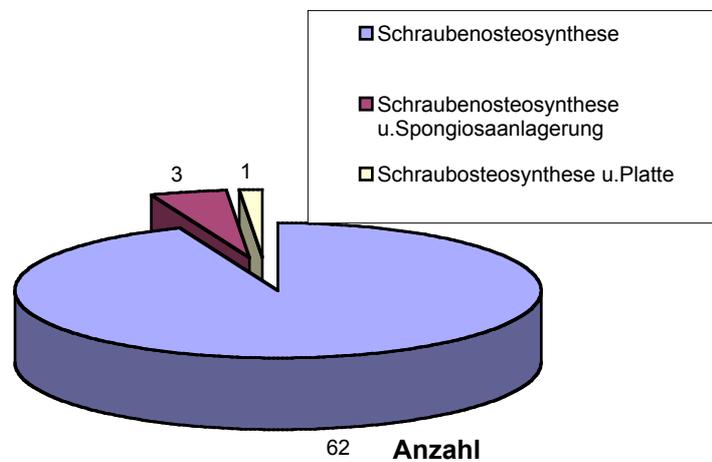


Abbildung 5: Häufigkeit der ventralen Op-Techniken bei 66 Patienten (Anzahl)

Von dorsal wurden primär 12 Patienten versorgt, weitere 2 Patienten wurden primär kombiniert von ventral und dorsal operiert

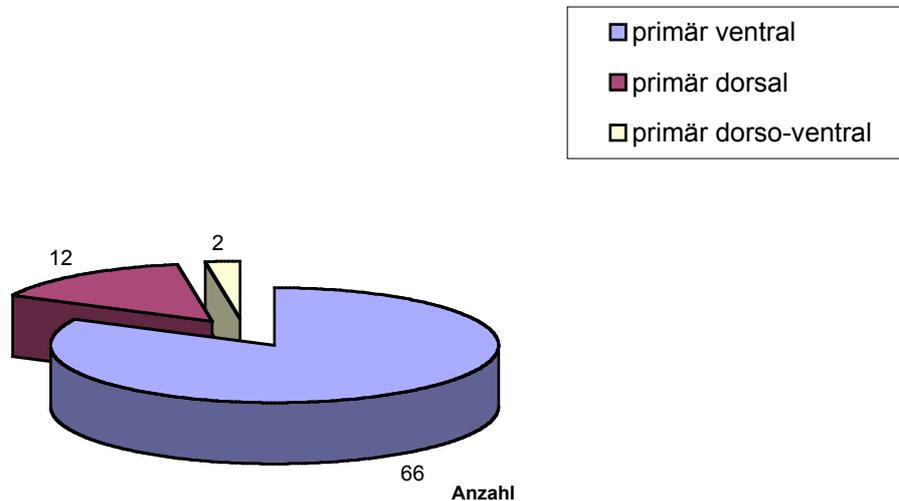


Abbildung 6: Häufigkeit der verschiedenen Op-Techniken (ventraler, dorsaler und dorso-ventraler Zugang) bei allen 80 operierten Patienten

Bei den Pseudarthrosen wurden 7/12 von ventral versorgt, davon 3 allein mit Schraubenosteosynthese, weitere 3 mit zusätzlicher Anlagerung von Spongiosa und 1 zusätzlich mit Platte. 5/12 wurden primär von dorsal operiert.

52 der primär von ventral operierten Frakturen waren vom Typ II, 14 vom Typ III.

Primär von dorsal wurden insgesamt 14 Frakturen versorgt (2 kombiniert ventral und dorsal). Bei 5 Patienten wurde die Indikation zur dorsalen Stabilisierung wegen Vorliegens einer Pseudarthrose, bei 8 wegen begleitender Frakturen und/oder Instabilitäten am kraniozervikalen Übergang gestellt. Davon hatten 4 eine zusätzliche Jefferson-Fraktur (davon 2 mit ligamentärer Instabilität C1/2), 2 eine gleichzeitige traumatische Spondylolisthese C2/3 (Hangman's fracture) und 2 eine zusätzliche ligamentäre Instabilität C1/2. Ein Patient litt zusätzlich an einem fortgeschrittenem Morbus Bechterew.

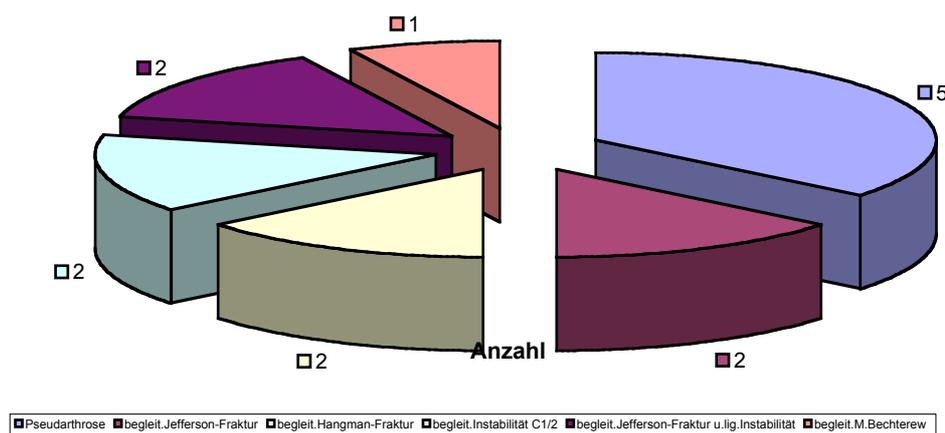


Abbildung 7: Häufigkeit der Diagnosen bei 14 primär dorsal bzw. dorso-ventral operierter Patienten

3.7 Postoperative Ergebnisse

3.7.1 Frische Fraktur primär von ventral versorgt (n=59)

38 Patienten (64,4%) waren während des Nachbeobachtungszeitraums klinisch beschwerdefrei, 11(18,6%) berichteten über mäßige Nackenschmerzen. 8 Patienten (13,6%) wurden erneut operiert, bei einem 4-jährigem Kind war postoperativ doch noch eine konservative Behandlung mittels Halo-Weste wegen Schraubenbruchs erforderlich und erfolgreich. Ein Patient verstarb (1,7 %) Der Tod trat am 3. postoperativen Tag durch eine fulminanten Pneumonie ein; der Patient war 83 Jahre alt.

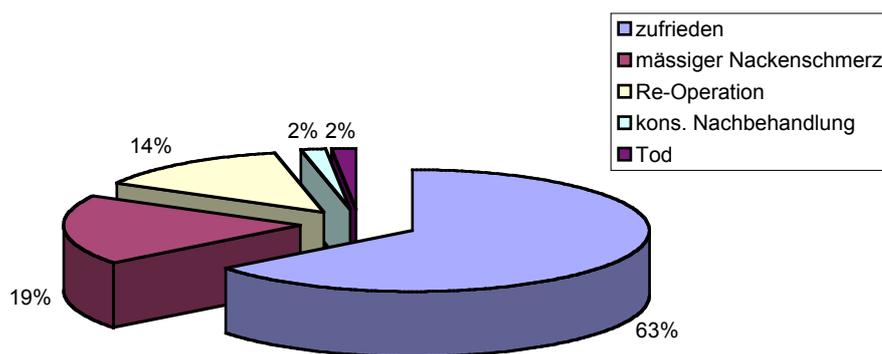


Abbildung 8: klinische Ergebnisse von 59 von ventral operierten frischen Frakturen

Bei 8/59 (13,6%) Patienten fanden sich radiologisch Pseudarthrosen bzw. Dislokationen. Sechs von ihnen wurden daher erneut operiert. Von diesen war bei 4/6 die Fraktur nicht knöchern durchbaut und disloziert, bei einem weiteren waren die Schrauben ausgebrochen (Alkoholiker mit Osteoporose), was zu einer Dislokation führte. Bei einem Patienten war die Fraktur zwar nicht durchbaut, jedoch auch nicht disloziert; der Patient beklagte Nackenschmerzen. Auch die übrigen nachoperierten Patienten beklagten Nackenschmerzen. Alle 6 wurden von dorsal atlantoaxial nach Magerl fusioniert (C1/2-Verschraubung). Von diesen 6 Patienten waren danach zwei beschwerdefrei, vier beklagten weiterhin Nackenschmerzen. Bei einem Patienten konnte wegen Beschwerdefreiheit auf eine Re-Operation verzichtet werden. In diesem Fall war der Frakturspalt nicht überbaut, die Schrauben lagen jedoch fest. Von einem Patienten wurde eine erneute Operation abgelehnt. Dieser Patient war 81 Jahre alt, es lagen bei ihm umfangreiche internistische Vorerkrankungen vor (Herzrhythmusstörungen, Niereninsuffizienz, Marcumarisierung). Die Fraktur war nach 7 Monaten immer noch nicht knöchern durchbaut, sie konnte intraoperativ auch nicht gut reponiert werden. Der Patient beklagte persistierende Nackenschmerzen.

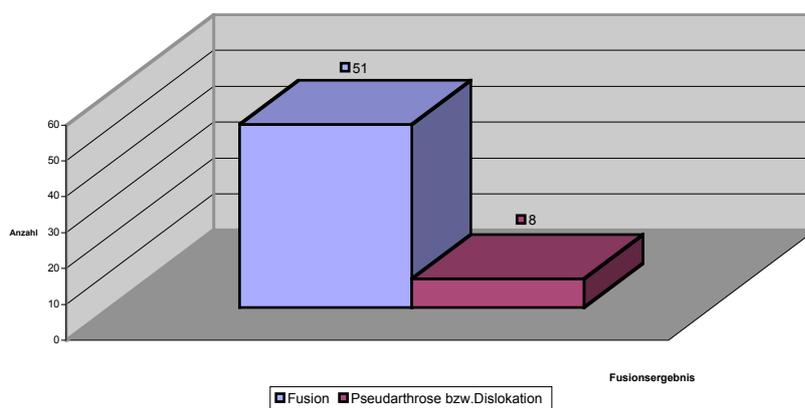


Abbildung 9: Fusionsergebnis nach ventraler Op bei frischer Fraktur

Bei 45/59 (76,3%) zeigte sich postoperativ eine exakte Reposition, bei 6/59 (10,2%) eine fast vollständige Reposition (Dislokation zwischen 1 und 2mm), 8 (13,6%) hatten ein schlechtes Repositionsergebnis (Dislokation >4mm).

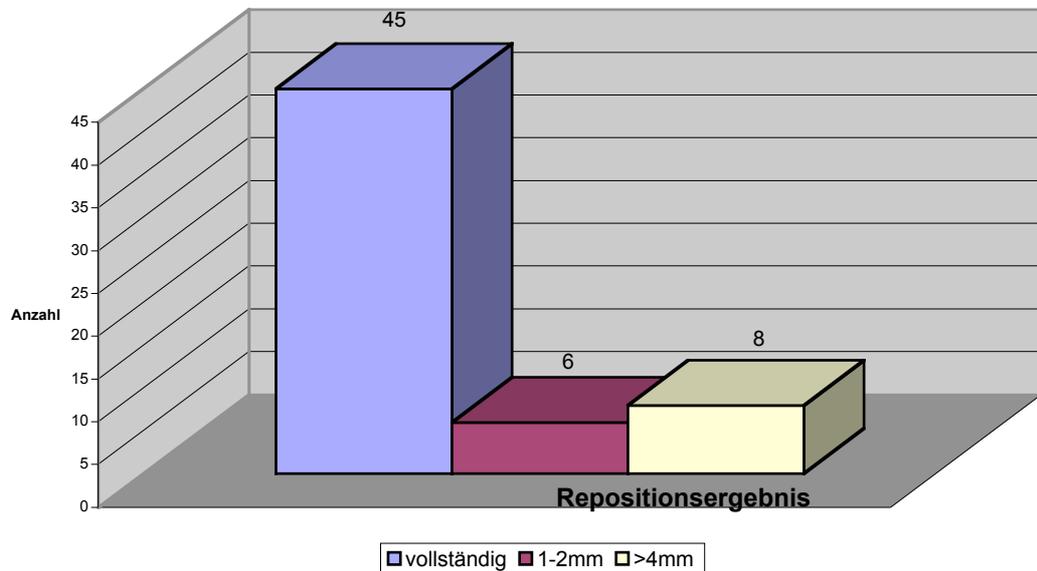


Abbildung 10: Repositionierungsergebnis nach ventraler Op

Von den Patienten mit einer vollständigen Reposition entwickelten 3/45 (6,7%) eine Pseudarthrose. Bei den fast vollständig Reponierten fand sich dies bei 1/6 (16,7%). In der Gruppe mit einem schlechten Repositionierungsergebnis (8 Patienten) kam es bei der Hälfte nicht zur knöchernen Durchbauung.

3.7.2 Primäre Pseudarthrosen von ventral versorgt (n=7)

Von den 7 Patienten waren 4 beschwerdefrei, 2 klagten über lediglich mäßige Nackenschmerzen. Dabei waren in 4 Fällen die Frakturen knöchern durchbaut, bei 2 Patienten kam es nicht zur knöchernen Fusion; die Frakturen zeigten in den Funktionsaufnahmen jedoch keine Instabilität. Bei einem Patienten erfolgte eine Reoperation bei erneuter Pseudarthrose. In diesem Fall waren die Schrauben nach 6 Monaten disloziert (wobei sie bei einer Kontrolle nach 6 Wochen noch korrekt lagen), die Fraktur war disloziert.

Der Patient beklagte geringe bis mässige Nackenschmerzen.

Die Re-Operation erfolgte von dorsal (C1/2-Verschraubung). Bei den Verlaufsuntersuchungen beklagte er nur intermittierende Nackenschmerzen bei stärkerer Belastung.

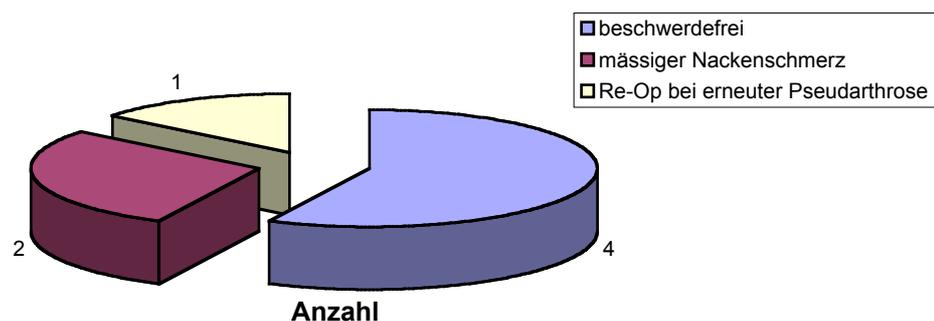


Abbildung 11: klinische Ergebnisse nach ventraler Op bei 7 älteren Frakturen (Pseudoarthrose)

3.7.3 Komplikationen bei 66 ventralen Densverschraubungen

(Mehrfachnennung möglich)

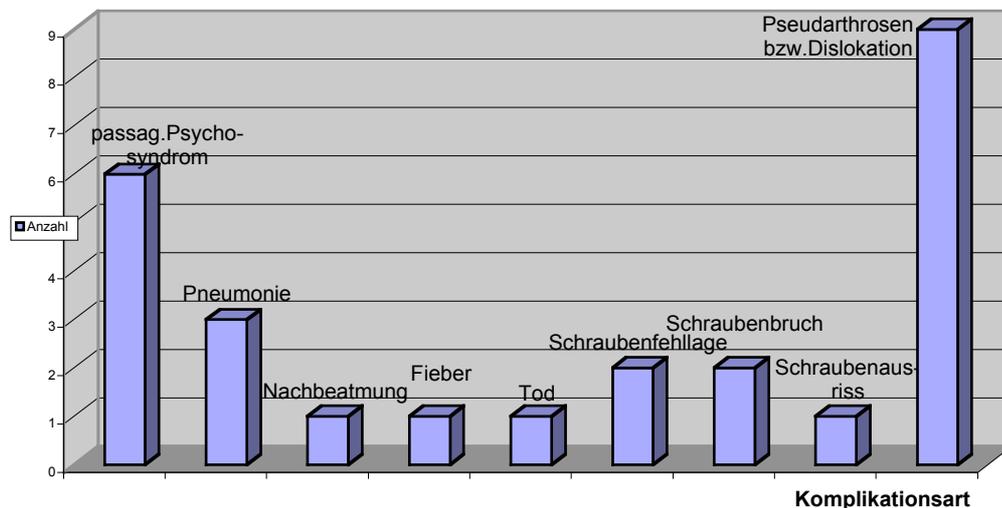


Abbildung 12: Anzahl der verschiedenen Komplikationen aller ventralen Ops

	Anzahl
Passageres Psychosyndrom	6
Pneumonie	3
Nachbeatmung über wenige Tage	1
Fieber	1
Tod	1
Schraubenfehlage	2
Schraubenbruch	2
Schraubenausriss	1
Pseudarthrosen und Dislokationen (insgesamt)	9

Das Alter der Patienten mit passagerem Psychosyndrom lag zwischen 49 und 84 Jahren (im Mittel 71,3 Jahre). Dabei war bei einem Patienten eine Alkoholkrankheit in der Anamnese bekannt, bei einer Patientin (49 Jahre)

wurde ein Normaldruckhydrozephalus diagnostiziert. Das Psychosyndrom trat im Verlauf intermittierend auf, die Patientin blieb deshalb arbeitsunfähig. Die Versorgung des Hydrozephalus z.B. mit einem Shunt wurde von der Patientin abgelehnt. Bei insgesamt 5 Fällen war das Psychosyndrom passager, in einem weiteren Fall persistierend intermittierend. Ein Patient hatte gleichzeitig eine Pneumonie.

Die Nachbeatmung erfolgte bei pulmonaler Insuffizienz über 5 Tage.

Der Todesfall trat durch respiratorischer Insuffizienz bei Pneumonie ein.

In den beiden Fällen mit Schraubenfehllage lag in einem Fall eine Schraube im Spinalkanal, die Schraubenlage wurde wenige Tage postoperativ korrigiert, die Kontrolle zeigte eine regelrechte Lage. Im anderen Fall überbrückten die Schrauben das Segment C 2/3, die Metallentfernung erfolgte 3 Monate nach dem Ersteingriff.

Der Schraubenausriss bei einem Patienten führte zu einer Dislokation, dies machte eine dorsale Fusion C 1/2 nach 3 Wochen notwendig.

Der Bruch einer Schraube blieb in einem Fall klinisch und radiologisch unerheblich, im anderen Fall handelte es sich um ein Kind. Am ersten postoperativen Tag wurde bereits eine Metallentfernung durchgeführt und eine Halo-Extension angelegt. Nach 6 Wochen war die Fraktur stabil, das Kind war beschwerdefrei.

3.7.4 Ergebnisse bei Patienten mit Osteoporose

Bei 17 der 59 von ventral operierten Patienten lag anamnestisch und/oder radiologisch eine Osteoporose vor. 11 von ihnen waren postoperativ völlig beschwerdefrei, 2 hatten mäßige Nackenschmerzen. 2 Patienten waren zwar beschwerdefrei, radiologisch zeigte sich jedoch eine Pseudarthrose. 2 klagten über stärkere Nackenschmerzen, wobei sich einmal eine Dislokation und einmal eine Pseudarthrose fand. In beiden Fällen wurde von dorsal erneut operiert.

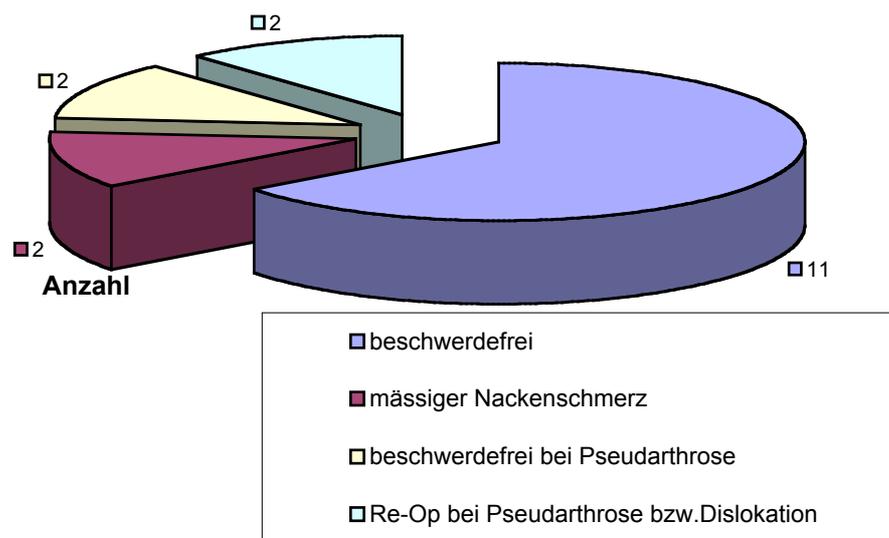


Abbildung 13: klinische Ergebnisse bei frischen Frakturen mit Osteoporose bei ventraler Op

3.7.5 Ergebnisse bei älteren Patienten

Insgesamt waren von den 59 primär von ventral operierten Patienten 34 (57,6%) 60 Jahre und älter.

15/59 (25,4%) waren zwischen 60 und 69 Jahre alt. Bei 9/59 (15,3%) lag das Alter zwischen 70 und 79 Jahren, 10/59 (16,9%) waren 80 Jahre und älter.

In der Gruppe der 60 bis 69-Jährigen erfolgte in 2 Fällen eine Re-Operation wegen Dislokation, in einem Fall wurde wegen Schraubenfehlage eine erneute Operation durchgeführt. 9 waren postoperativ beschwerdefrei, 4 beklagten mäßige Nackenschmerzen. 2 Patienten entwickelten ein passageres Psychosyndrom, eine Patientin musste wegen pulmonalen Problemen einige Tage nachbeatmet werden.

In der Gruppe der 70-79-Jährigen waren alle 9 Patienten beschwerdefrei, einer hatte radiologisch eine Pseudarthrose, welche bei Beschwerdefreiheit nicht erneut operiert wurde. In einem Fall fand sich ein passageres Psychosyndrom, in einem anderen Fall eine Pneumonie.

Bei den mindestens 80-Jährigen musste zweimal eine Re-Operation von dorsal erfolgen, einmal wegen Pseudarthrose, einmal wegen Dislokation. 6 Patienten berichteten über Beschwerdefreiheit, worunter einer radiologisch eine Pseudarthrose zeigte. Einer beklagte Nackenschmerzen bei Pseudarthrose, eine Re-Operation wurde jedoch vom Patienten nicht gewünscht.

In dieser Altersgruppe verstarb einer an respiratorischer Insuffizienz. Ein Patient zeigte ein passageres Psychosyndrom bei gleichzeitiger Pneumonie, einmal fand sich lediglich ein Psychosyndrom, eine Patientin hatte vorübergehend Fieber ohne Hinweis auf eine Wundinfektion.

Zusammengefasst zeigten sich bei 7/33 (21,2%) aller Patienten über 60 Jahre Pseudarthrosen bzw. Dislokationen, d.h. 7/8 aller Nicht-Fusionen der insgesamt 59 primär von ventral operierten frischen Frakturen findet sich in der Gruppe der Älteren. Die Gesamtmortalitätsrate der älteren Patienten lag bei 1/34 (2,9%).

3.7.6 Re-Operationen

Bei den von primär ventral operierten Patienten erfolgte in insgesamt 8 /66 Fällen (12,1%) eine erneute Operation, zweimal wegen Pseudarthrose, in 3 Fällen wegen Dislokation, bei 2 Patienten wegen Schraubenfehllage und in 1 Fall wegen Schraubenausriss.

Die Pseudarthrosen und Dislokationen wurden von dorsal (transartikuläre C1/2-Verschraubung) nachoperiert. Bei Schraubenfehllage erfolgte in einem Fall (die Schrauben lagen zu tief und haben das angrenzende Segment C 2/3 überbrückt) lediglich eine Schraubenentfernung, da die Fraktur bereits knöchern durchbaut war; im anderen Fall erfolgte eine erneute ventrale Schraubenosteosynthese, in diesem Fall zeigte die postoperative Röntgenkontrolle, dass die Schraubenspitze im Spinalkanal lag. Nach der Revision fand sich eine korrekte Lage.

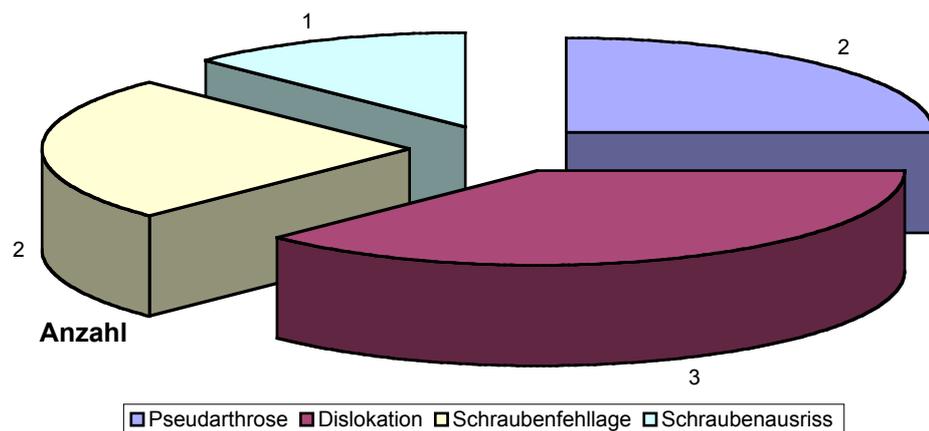


Abbildung 14: Indikationsverteilung bei Re-Operationen (Anzahl)

3.7.7 Operationen von dorsal (n=14)

14 Patienten wurden primär von dorsal operiert davon 2 kombiniert dorso-ventral.

14/14 (100 %) zeigten postoperativ radiologisch eine stabile Fusion.

Ebenso trat bei allen vierzehn (100 %) erwartungsgemäß eine hochgradige Bewegungseinschränkung der Kopffrotation ein.

10/14 (71,4%) gaben Schmerzfreiheit an, 4/14 (28,6%) beklagten mäßige Nackenschmerzen.

Bei einer Patientin, welche wegen einer ausgeprägten Tetraspastik bei Pseudarthrose primär von dorsal operiert wurde, besserte sich die neurologische Ausfallssymptomatik nicht. Es erfolgte Monate später eine transorale Densresektion, da der Dens eine persistierende Myelonkompression bedingte. Nach dem Zweiteingriff besserte sich die Spastik leicht.

4. Diskussion

Die häufigste traumatische Verletzung des Axis ist eine Fraktur des Dens, entweder durch die Densspitze (Typ 1), durch die Basis (Typ 2) oder den Wirbelkörper (Typ 3). Die speziellen anatomisch-biomechanischen Verhältnisse des C1-C2-Komplexes führen bei einer Fraktur des Dens zu einem Verlust der Restriktion der Translationsbewegung C1 gegenüber C2. Eine Ventral- oder Dorsalverschiebung des C1-Dens-Komplexes gegen den Wirbelkörper von C2 ist häufig. Verletzungen des Myelons sind möglich.

Die häufigsten Publikationen legen das Kriterium einer Fusion bzw. die Pseudarthrose als Behandlungsergebnis zu Grunde. Die radiologische Beurteilung dieses Kriteriums ist sicherlich nicht immer einfach und hängt auch sehr vom einzelnen Untersucher ab, ist aber das am meisten akzeptierte Kriterium. Angaben über Patientenzufriedenheit oder funktionelle Ergebnisse sind in noch höheren Maße subjektiv und liegen als Vergleichsmaßstab kaum vor.

4.1 Konservative Behandlung

Eine Multi-Center-Studie der Cervical Spine Research Society (Clark u. White 1985) ergab bei 18 Patienten, die nicht behandelt wurden, eine Pseudarthrosenrate von 100%. Es wurde daraus gefolgert, dass eine Nichtbehandlung einer Densfraktur als Therapieoption nicht mehr in Betracht zu ziehen ist. Auch Schweigel berichtete über eine 100%-ige Pseudarthrosenrate bei Unterlassen einer Therapie (Schweigel 1987).

Es liegt eine grössere Zahl von Behandlungsmöglichkeiten vor, sowohl konservativ wie auch operativ. Patienten mit Densfrakturen werden mit verschiedenen Orthesen zur externen Ruhigstellung versorgt, die Ergebnisse der unterschiedlichen Therapien differieren.

Polin (Polin et al. 1996) verglich 36 Patienten, die entweder mit einer Philadelphia-Zervikalstütze oder einer Halo-Extension versorgt wurden. Die Fusionsrate lag bei Patienten, die mit einer Cervicalstütze behandelt wurden mit 53% niedriger als bei einer Behandlung mit dem Halo-Fixateur (74%).

Bei Amyes (Amyes und Anderson 1956) lag bei 63 Patienten eine Pseudarthrose von 5% vor, Die Mortalitätsrate lag bei 8%. Böhler (Boehler 1965) fand 6% Nicht-Fusionen bei 37 Patienten. Chan und Lind (Chan et al. 1985) untersuchten jeweils 14 Frakturen, die Pseudarthrosenrate betrug 7%. Bei Schweigel (Schweigel 1987) fanden sich bei 47 Patienten 9% Nicht-Fusionen. 14% war die Rate bei Schiess (21 Frakturen), die Mortalitätsrate lag bei 7% (Schiess et al. 1982).

Clark und White (Clark u. White 1985) untersuchten 44 Patienten, die Quote der Pseudarthrose lag bei 32%, die Mortalitätsrate bei 3%. In einem anderen Kollektiv untersuchten diese Autoren 39 Patienten, die Quote lag dabei nur bei 23%. Anderson recherchierte insgesamt 38 Frakturen, 25% waren unter konservativer Behandlung nicht-fusioniert (Anderson und D'Alonzo 1974). In einer anderen Studie behandelte dieser Autor 19 Patienten, dabei waren

32% Pseudarthrosen. Im grössten Kollektiv mit 80 Frakturen, behandelt von Dunn (Dunn u. Seljeskog 1986), waren 25% nicht-fusioniert. Die höchste Nicht-Fusions-Rate mit 64% fand Schatzker bei 22 Patienten (Schatzker et al. 1971). Bei Polin lag diese Quote bei 29% bei insgesamt 35 Patienten. Diese betrug bei Ekong (Ekong et al. 1981) 45% (18 Frakturen). 44% fand Hanigan (Hanigan et al. 1993) bei 14 Patienten, die Mortalitätsrate betrug 33%. Bednar (Bednar et al. 1995) fand eine Sterberate von 27%.

Wenn man die verschiedenen Möglichkeiten der nicht-operativen Therapie außer Betracht lässt, ergibt sich eine Pseudarthrosenrate von 20,9% bei insgesamt 531 konservativen behandelten Patienten.

Die Mortalitätsrate der konservativen Behandlung liegt in der Literatur bei 11,9% bezogen auf 236 untersuchte Patienten.

4.2 Ventrale Schraubenosteosynthese

Pointillart (Pointillart et al. 1994) operierte 43 Frakturen mittels ventraler Schraubenosteosynthese, die Pseudarthrosen-Rate betrug 5%. Rainov (Rainov et al. 1996) fand bei 6% eine Nicht-Fusion (von 35 Patienten), die Mortalitätsrate beträgt 3%. Etter (Etter et al. 1989) fand in einer Studie mit 23 Frakturen eine Nicht-Fusion von 8%, in einem anderen Kollektiv von 20 Patienten von 15% (Etter et al. 1991). In beiden Gruppen lag die Mortalität bei 5%. Verheggen (Verheggen u. Jansen 1994) veröffentlichte 17 Fälle mit 6% Nicht-Fusion und der gleichen Todesrate. Aebi (Aebi et al. 1987) berichtet über 17 Frakturen, die Pseudarthrose beträgt 12%, die Mortalität 6%. Böhler (Böhler 1982) fand in seiner Gruppe von 15 Patienten 7% Nicht-Fusionen, keiner verstarb. Lediglich Dickmann (Dickmann et al. 1995) berichtete über ein 100%-iges Fusionsergebnis, auch lag die Mortalität bei 0%.

Die Pseudarthrosenrate liegt bei 180 von ventral operierten Patienten zwischen 0 und 15% , im Mittel liegt sie bei 7,2%. Im untersuchten Patientenkollektiv liegt die Rate der Pseudarthrosen bzw. Dislokationen bei frischen Frakturen bei 13,5 % und bei älteren (Pseudarthrose) 14,3 %. Somit ist die Rate der Pseudarthrose bzw. Dislokation bei diesem operativen Vorgehen sowohl in der Literatur als auch bei den vorliegenden Krankheitsfällen niedriger als bei konservativer Behandlung.

Die Mortalitätsrate bei oben aufgeführten Autoren liegt zwischen 0 und 6%, im Mittel bei 3%. Im vorliegenden Krankengut liegt diese Rate bei 1,5%. Die Rate der Todesfälle ist beim operativen Vorgehen deutlich niedriger als bei nicht-operativer Therapie.

4.3 Sonstige Komplikationen

Etter (Etter et al. 1991) berichtet in seiner Gruppe von 23 Patienten über 1 Schraubenbruch und 2 Wundhämatome. Esses (Esses u. Bednar 1991) beschreibt bei insgesamt 10 Frakturen eine komplette Schraubenfehlage und 4 Fälle, bei denen die Schraubenspitze 1-3 mm den Cortex durchbohrt; dies blieb jedoch funktionell unbedeutend. Aebi (Aebi et al. 1989) fand jeweils einen Schraubenausriss und eine Nachblutung bei 17 nachbeobachteten Patienten. Verheggen (Verheggen u. Jansen 1994) berichtet über 1 Wundinfektion bei 18 Frakturen. Etter (Etter et al. 1989) fand jeweils 1 Schraubenbruch und 1 Nachblutung. Über eine Schraubendislokation bei 35 operierten Frakturen berichtet Verheggen (Verheggen u. Jansen 1994). Arand (Arand et al.2001) berichten über 14, bei insgesamt 58 beobachteten Patienten, Komplikationen mit klinischer Relevanz, 10 davon waren revisionspflichtig. Er beschreibt in einem Fall den Abriss der Arteria carotis interna, durch einen zu kurzen Gewindeschutz wickelte sich das Gefäß um das Instrument, was zum Abriss des Gefäßes führte. In einem anderen Fall kam zu einer iatrogenen Oesophagusperforation, welche eine tiefe Weichteilinfektion bedingte. Eine Verletzung des Oesophagus wird auch von Apfelbaum (Apfelbaum et al.2000) beschrieben. Lediglich in der Serie von ElSaghir (ElSaghir und Böhm 2000) traten bei 30 operierten Fällen keinerlei Komplikationen auf.

4.4 Veraltete Dens-Frakturen

Knöringer (Knöringer 1990 b) sieht in einer Dens-Pseudarthrose eine Kontraindikation für eine ventrale Schraubenosteosynthese. Auch Etter (Etter et al. 1991) sieht darin keine Indikation. Rainov (Rainov et al. 1996) fand bei allen seiner operierten Fällen eine erneute Pseudarthrose bei bereits vorbestehender Pseudarthrose, wenn diese primär von ventral verschraubt wurden. Apfelbaum (Apfelbaum et al. 2000) fand bei veralteten Densfrakturen eine Fusionsrate von 25% nach ventraler Osteosynthese im Vergleich zu 88% bei frischeren Frakturen. Er empfiehlt deshalb eine dorsale Stabilisierung. Im Patientenkollektiv dieser Arbeit waren 7 Patienten, die mit Pseudarthrose mittels ventraler Schraubenosteosynthese versorgt wurden. Von diesen 7 Patienten musste lediglich einer bei erneuter Pseudarthrose von dorsal nochmals operiert werden. Somit kann man sich der Meinung einer Kontraindikation für ein primäres ventrales Vorgehen nicht zwingend anschließen, insbesondere wenn man bedenkt, dass bei einem solchen Vorgehen die volle Beweglichkeit im Kopfdrehgelenk erhalten werden kann. Dies bedeutet für den betroffenen Patienten ein hohes Maß an erhaltener Qualität in der Lebensführung.

4.5 Ergebnisse bei älteren Patienten

Wie in der Literatur findet sich ein großer Prozentsatz der Densfrakturen bei älteren Menschen. In einigen Untersuchungen der letzten Jahrzehnte zeigte sich bei dieser Gruppe, dass die konservative Behandlung in vielen Fällen unzufriedenstellende Ergebnisse bringt und auch komplikationsträchtig ist.

Andersson (Andersson et al. 2000) berichtet über 7 Pseudarthrosen bei 10 konservativ behandelten Patienten über 65 Jahre (70 %). Ryan und Taylor (Ryan u. Taylor 1993) beobachteten bei 22 von 29 nicht- operativ behandelten Fällen über 60 Jahre Pseudarthrosen (77 %). Pepin (Pepin et al. 1995) untersuchten den Verlauf von älteren Patienten in einer Serie von insgesamt 41 Densfrakturen. Sie stellten fest, dass der Halo-Fixateur insbesondere bei über 75-Jährigen sehr schlecht toleriert wird und raten zu einer frühen dorsalen C1/2 –Verschraubung. Sie fanden eine Nicht-Fusions-Rate von 54 %. Polin (Polin et al. 1996) fand 62 % Pseudarthrosen bei den über 60 Jährigen im Gegensatz zu 18 % bei Patienten unter 40 Jahren. Hanigan (Hanigan et al. 1993) behandelte 14 Densfrakturen bei über 80-Jährigen konservativ. 5 Patienten verstarben während der frühen Immobilisierungsphase (36 %). 4 der verbliebenen 9 Patienten entwickelten eine Pseudarthrose (44 %). Bei Bednar (Bednar et al. 1995) verstarben 8 von 19 Patienten (42 %) über 50 Jahre in den ersten 2-3 Wochen bei nicht-operativer Therapie. Auch sie raten zu einer frühen operativen Behandlung.

Hart (Hart et al.2000) untersuchte retrospektiv 5 Fälle von Patienten über 70 Jahre, bei diesen wurde eine Pseudarthrose konservativ behandelt. Die Behandlung beinhaltete jährliche klinische Kontrollen und das Tragen einer Zervikalstütze bei Bedarf (z.B. beim Autofahren oder aus Komfort). Das Auftreten einer Myelopathie wurde nicht beobachtet.

In der Literatur finden sich nur wenige Untersuchungen zu Ergebnissen bei ventraler Schraubenosteosynthese bei älteren Patienten. Berlemann und Schwarzenbach (Berlemann u. Schwarzenbach 1997) analysierten

19 Verschraubungen bei über 65 Jährigen, bei 3 von 19 (16 %) fanden sie eine Pseudarthrose. Seybold und Bayley (Seybold u. Beyley 1998) untersuchten 11 von ventral operierte Densfrakturen, die Patienten waren über 60 Jahre alt. 3 von 11 (17 %) entwickelten Pseudarthrosen.

Andersson (Andersson et al. 2000) analysierte ebenfalls 11 ventral versorgte Patienten über 65 Jahre. Er fand allerdings in 8 von 11 Fällen eine Pseudarthrose (63 %), so dass er zu einer dorsalen Versorgung rät, da er bei 7 von dorsal operierten Patienten keine einzige Pseudarthrose entdeckte.

Börm (Börm et al.2003) verglich 15 Patienten über 70 Jahre mit 12 Patienten, die jünger als 70 waren. Die Rate der stabilen Ausheilung ist in beiden Gruppen ähnlich (73% bei den Älteren und 75% in der 2.Gruppe). Die Komplikationsrate ist in der 1.Gruppe mit 20% höher als bei den Jüngeren (8%), erreichte jedoch keine statistische Signifikanz. Er beschreibt eine Mortalitätsrate von 7% bei den Patienten über 70 Jahre. Andere Autoren machen keine Angaben zur Mortalitätsrate bei älteren von ventral operierten Patienten.

In unserem Krankengut waren 34 der insgesamt 59 von ventral operierten Patienten 60 Jahre oder älter. Ein Patient verstarb, die Mortalität lag bei 2,9%. Bei 7 der restlichen Fälle fanden sich Pseudarthrosen oder Dislokationen. Wie in der Literatur ist die Rate der Nicht-Fusionen deutlich niedriger als bei konservativer Behandlung. Auch die Mortalitätsrate liegt weit unter der bei nicht-operativer Therapie.

4.6 Ergebnisse bei dorsalen Techniken

Coyne (Coyne et al. 1995) beobachteten 18 Patienten, die nach der Methode von Gallie oder einem modifizierten Verfahren operiert wurden. Bei der Technik nach Gallie wird ein Knochenspan zwischen Atlasbogen und dem Dornfortsatz des Axis eingebracht und mit einem Draht fixiert, dieser wird unterhalb des Dornfortsatzes und dem Atlasbogen platziert. Bei 2 der 18 Fälle entwickelte sich keine stabile Fusion. Bemerkenswert ist in der Nachbehandlung, dass bei 4 Patienten postoperativ eine Ruhigstellung im Halo-Fixateur erfolgte.

Griswold (Griswold et al. 1998) fanden bei 30 Fällen eine Nicht-Fusion in 3%, Brooks und Jenkins bei 14 Fällen in 7 % (Brooks u. Jenkins 1978); bei Sherk und Snyder lag sie bei insgesamt 254 Patienten bei 9,4 % (Sherk u. Snyder 1978), bei Smith (Smith et al. 1991) bei 11 %. Roy und Gibson untersuchten 4 Kinder. Es fand sich ein Fall einer Nicht-Fusion, dies führte zu einer Progression einer Tetraparese (Roy u. Gibson 1970).

Jeanneret und Magerl operierten 14 Patienten von dorsal, 2 nach der Technik nach Gallie, bei 12 wurde eine dorsale transartikuläre C1/C2 –Verschraubung durchgeführt. Postoperativ waren alle Fusionen stabil. Die Kopf-Rotation war im Mittel auf 35° beschränkt, die Seitneigung auf 15°-25° (Jeanneret u. Magerl 1992).

Im untersuchten Krankengut kam es bei 14/14 (100 %) zu einer stabilen Fusion.

Erwartungsgemäß fand sich in allen Fällen eine hochgradige Einschränkung der Kopfbeweglichkeit (ausgenommen sind Ante- und Retroflexion). Zehn Patienten (71,4%) waren schmerzfrei, vier (28,6%) beklagten mäßige Nackenschmerzen.

5. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit erfolgte die Auswertung von konsekutiv 80 operierten Densfrakturen in der Neurochirurgischen Klinik der Universität Ulm im Bezirkskrankenhaus Günzburg. Die größere Anzahl (66 Patienten) wurde mittels ventraler Schraubenosteosynthese versorgt, auf deren Ergebnisse das Hauptaugenmerk gerichtet wurde.

Der Anteil der Männer im untersuchten Krankengut überwiegt. Knapp über die Hälfte der Patienten ist 60 Jahre oder älter. Wie in anderen Publikationen ist bei den Frakturen der Typ II am stärksten vertreten.

Postoperativ zeigten 13,6 % der frischen von ventral operierten Frakturen keine stabile Ausheilung, und 14,3% der älteren Frakturen mit Pseudarthrose. In der Literatur liegt diese Rate im Mittel mit 7,2 % niedriger. Sie ist aber trotzdem deutlich niedriger als bei konservativer Behandlung. Bei den primär von dorsal operierten Fällen zeigten alle eine stabile Fusion. Dies deckt sich mit Angaben von anderen Autoren zu Ergebnissen nach C1/C2-Verschraubung.

Von den subjektiven Beschwerden mit starken Nacken-Hinterkopfschmerzen waren nach ventraler Operation 64,4% postoperativ abgeklungen (auch bei älteren Frakturen war die größere Zahl schmerzfrei). Nach dorsalem Vorgehen sind 71,4% schmerzfrei. Erwartungsgemäß fand sich in dieser Gruppe postoperativ eine hochgradige Einschränkung der Kopfbeweglichkeit.

Ein großer Teil der Frakturen konnte durch die ventrale Op-Technik vollständig anatomisch reponiert werden. Ein gutes Repositionsergebnis erhöht die Chance auf stabile Ausheilung.

Patienten mit Osteoporose haben keinen höheren Anteil an den nicht-fusionierten Fällen.

Beim älteren Menschen ist sowohl bei konservativer als auch bei ventraler Operation der Anteil der nicht-stabilen Ausheilungen erhöht.

Auch bei älteren Frakturen, bei denen bereits primär eine Pseudarthrose vorlag, kann durch eine ventrale Schraubenosteosynthese eine stabile Ausheilung erzielt werden.

Die Mortalitätsrate ist insgesamt gering. Auch beim älteren Patienten ist sie deutlich niedriger als bei einer konservativen Behandlung. Neben einer nicht-stabilen Ausheilung ist die Hauptkomplikation beim operativen Vorgehen das passagere Psychosyndrom.

Die ventrale Schraubenosteosynthese einer Densfraktur bietet die Möglichkeit einer stabilen Fusion bei geringem Mortalitätsrisiko auch beim älteren Menschen und bei Pseudarthrosen die Vermeidung des Verlustes der Kopfbeweglichkeit, wie dies bei dorsalen Op-Techniken immer auftritt.

6. Literaturverzeichnis

1. Aebi M, Etter C, Coscia M: Fractures of the Odontoid process. Treatment with Anterior Screw Fixation. *Spine* 14:1065-1070(1989)
2. Aebi M, Mohler J, Zäch G, Morschner E: Indication, surgical technique, and results of 100 surgically-treated fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 203:244-257(1986)
3. Aebi M, Nazarian S: Klassifikation der Halswirbelsäulenverletzungen. *Orthopäde* 16:27-36(1987)
4. Amyes E, Anderson F: Fracture of the odontoid process. *Arch. Surgery* 72:377-393(1956)
5. Anderson P, Budorick T, Easton K, Henley M, Saliccioli G: Failure of the halo vest to prevent in vivo motion in patients with injured cervical spines. *Spine* 16:S501-S505(1991)
6. Anderson L, D'Alonzo R: Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone and Joint Surg* 56A:1663-1674(1974)
7. 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)
8. Apfelbaum R., Lonser R.R., Veres R., Casey A. : Direct anterior screw fixation for recent and remote fractures. *J Neurosurg (Spine 2)* 93 :227-236(2000)
9. Arand M., Lemke M., Kinzl L., Hartwig E. : Inzidenz von Komplikationen der Schraubenosteosynthese von Frakturen des Dens axis. *Zentralbl Chir* 126 :610-615(2001)
10. Bednar D, Parikh J, Hummel J: Management of typ II odontoid process fractures in geriatric patients; a prospective study of sequential cohorts with attention to survivorship. *J Spinal Disord* 8:166-169(1995)

11. Berlemann U, Schwarzenbach O: Dens fractures in the elderly: Results of anterior screw fixation in 19 patients. *Acta Orthop Scand* 68:319-324 (1997)
12. Boehler J: Fractures of the odontoid process. *J of Trauma* 5:386-391(1965)
13. Boehler J: Anterior stabilization for acute fractures and non-unions of the dens. *J Bone and Joint Surg* 64A:18-27(1982)
14. Börm W., Kast E., Richter H.P., Mohr K.: Anterior screw fixation in type II odontoid fractures: is there a difference in outcome between age groups? *Neurosurgery* 52:1089-1094(2003)
15. Borne G, Bedou G, Pinaudeau M, Cristino G, Hussein A: Odontoid process fracture osteosynthesis with a direct screw fixation technique in consecutive cases. *J Neurosurgery* 68:223-226(1988)
16. Botte M, Garfin S, Byrne T, Woo S, Nickel V: The halo skeletal fixator. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 239:12-18(1989)
17. Brooks A, Jenkins E: Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg* 60A:279-284(1978)
18. Buchholz R, Cheung C: Halo vest versus spinal fusion for cervical injury: evidence from an outcome study. *J Neurosurgery* 70:884-892(1989)
19. Chan R, Schweigel J, Thompson G: Halo-thoracic brace immobilization in 188 patients with acute cervical spine injuries. *J Neurosurgery* 58:508-515(1983)
20. Clark C, White A: Fractures of the dens. A multicenter study. *J Bone and Joint Surg* 67A:1340-1348(1985)
21. Cooper P, Maravilla K, Sklar F, Moody S, Clark K: Halo immobilization of cervical spine fractures. *J Neurosurgery* 50:603-610(1979)

22. Coyne TJ, Fehlings MG, Wallace MC, Berstein M, Tator CH : C1-C2 posterior cervical fusion: long-term evaluation of results and efficacy. *Neurosurgery* 37:688-693(1995)
23. Crockard H, Heilman A, Stevens J: Progressive myelopathy secondary to odontoid fractures: clinical, radiological and surgical features. *J Neurosurgery* 78:579-586(1993)
24. Dickmann C, Foley K, Sonntag V, Smith M: Cannulated screws for odontoid fixation and atlantoaxial transarticular screw fixation. *J Neurosurgery* 83:1095-1100(1995)
25. Dunn M, Seljeskog E: Experience in the management of odontoid process injuries: an analysis of 128 cases. *Neurosurgery* 18:306-310(1986)
26. Ekong C, Schwartz M, Tator C, Rowed D, Edmonds V: Odontoid fracture: management with early mobilization using the halo device. *Neurosurgery* 9:631-637(1981)
27. ElSaghir H., Böhm H.: Anderson type II fracture of the odontoid process: results of anterior screw fixation. *J Spinal Disord* 13:527-530(2000)
28. Esses S, Bednar D: Screw fixation of odontoid fractures and nonunions. *Spine* 16:S483-S485(1991)
29. Etter C, Coscia M, Ganz R, Aebi M: Die Schraubenosteosynthese von Densfrakturen. *Unfallchirurg* 92:220-226(1989)
30. Etter C, Coscia M, Jaberg H, Aebi M: Direct anterior fixation of dens fractures with a cannulated screw system. *Spine* 16: 25-32(1991)
31. Eysel P, Roosen K: Ventrale und dorsale Spondylodese der Densbasisfraktur- eine neue Klassifikation zur Wahl des chirurgischen Zugangs. *Zentralbl Neurochir* 54:159-165(1993)
32. Gallie W: Fractures and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg* 46:495-499(1939)

33. Garfin S, Botte M, Waters R, Nickel V: Complications in the use of the halo fixation device. *J Bone and Joint Surg* 68A:320-325(1986)
34. Graziano G, Jagers C, Lee M, Lynch W: A comparative study of fixation techniques for type II fractures of the odontoid process. *Spine* 18:2383-2387(1993)
35. Griswold DM, Albright JA, Schiffmann E, Johnson R, Southwick WO : Atlanto-axial fusion for instability. *J Bone Joint Surg* 60A:285-292(1978)
36. Grob D, Magerl F: Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1 und C2. *Orthopäde* 16:46-54(1987)
37. Gumpfenberg v.S, Harms, J: Indikation und Technik der Osteosynthese bei Halswirbelsäulenverletzungen. *Chirurg* 63:849-855(1992)
38. Hadley M, Browner C, Sonntag V: Axis fractures: a comprehensive review of management and treatment in 107 cases. *Neurosurgery* 17:281-290(1985)
39. Hadley M, Dickman C, Browner C, Sonntag V: Acute axis fractures: a review of 229 patients. *J Neurosurg* 71:642-647(1989)
40. Hanigan W, Powell F, Elwood P, Henderson J: Odontoid fractures in elderly patients. *J Neurosurg* 78:32-35(1993)
41. Hart R., Saterbak A., Rapp T., Clark C.: Nonoperative management of dens fracture non-union in elderly patients without myelopathy. *Spine* 25:1339-1343(2000)
42. Jeanneret B, Magerl F.: Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: indication, technique, and results of transarticular screw fixation. *J Spinal Disorders* 4: 464-475(1992)
43. Knöringer, P: Osteosynthesis of the upper cervical spine and craniocervical junction. *Advances in Neurosurgery* 18:24-31(1990 a)

44. Knöringer P: Die Osteosynthese der Densfraktur mit Doppelgewindeschrauben. *Operat. Orthop. Traumatol.* 2:178-192(1990)
- b)
45. Kokkino A, Lazio B, Perin N: Vertical fracture of the odontoid process: case report. *Neurosurgery* 38:200-203(1996)
46. Lesoin F, Autricque A, Franz K, Villette L, Jomin M : Transcervical approach and screw fixation for the upper cervical spine pathology. *Surg Neurol* 27:459-465(1987)
47. Lind B, Nordwall A, Sihlbom H: Odontoid fractures treated with halo-vest. *Spine* 12:173-177(1987)
48. Magerl F, Seemann P: Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. *Cervical Spine* 1:322-327(1987)
49. Mixter S, Osgood R: Traumatic lesions of the atlas and axis. *Ann Surg* 51:193-207(1910)
50. Müller E.J., Wick M., Russe O.J., Muhr G.: Die direkte Verschraubung von Frakturen des Dens axis. *Unfallchirurg* 103:38-43(2000)
51. Nakanishi T, Sasaki T, Tokita N, Hirabayashi K: Internal fixation for the odontoid fracture. *Orthop Trans* 6:176-182(1982)
52. Osgood R, Lund C: Fractures of the odontoid process. *New England J Med* 198:61-72(1928)
53. Pedersen A, Kostuik J: Complete fracture-dislocation of the atlantoaxial complex: case report and recommendations for a new classification of dens fractures. *J Spinal Disord* 7:350-355(1994)
54. Pepin J, Bourne R, Hawkins R : Odontoid fractures, with special reference to the elderly patient. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 193:178-183(1985)
55. Perry J, Nickel V: Total cervical spine fusion for neck paralysis. *J Bone Joint Surg (Am)* 41:37-60(1959)

56. Pitzen T, Caspar W, W, Steudel W, Barbier D: Die Densfraktur des älteren Menschen und ihre operative Versorgung. *Akt Traumatol* 24:56-59(1994)
57. Pointillart V, Lopez Orta A, Freitas J, Vital J, Senegas: Odontoid fractures. Review of 150 cases and practical application for treatment. *Eur Spine J* 3:282-285(1994)
58. Polin R, Szabo T, Bogaev C, Reprogle R, Jane J : Nonoperative Management of typ II and III odontoid fractures: the Philadelphia collar versus halo vest. *Neurosurgery* 38:450-457(1996)
59. Polinsky M, Papadopoulos S: Nonunion of a typ II fracture after an apparent radiographic fusion: case report. *Neurosurgery* 35:136-139(1994)
60. Pospiech J, Schick U, Stolke D: Indications for surgery in upper cervical spine injury. *Neurosurg. Rev.* 19:73-79(1996)
61. Rainov N, Heidecke V, Burkert W: Direct anterior fixation of odontoid fractures with a hollow spreading screw system. *Acta Neurochir* 138:146-153(1996)
62. Renwick, G: The type III dens fracture and its associated soft-tissue injuries: a different form of hangman's fracture. *British J Radiology* 63:495-496(1990)
63. Rieger A, Ebel H, Laun A: Modifizierte Kirschner-Drahteinbringung für die direkte ventrale Verschraubung von Densfrakturen. *Zentralbl Neurochir* 56:97-101(1995)
64. Roy L, Gibson DA: Cervical spine fusion in children. *Clin Orthop* 73:146-151(1970)
65. Ryan MD, Taylor TK: Odontoid fractures in the elderly. *J Spine Disord* 6:397-401(1993)

66. Schatzker J, Rorabeck C, Waddell J: Fractures of the dens (odontoid process). An analysis of thirty-seven cases. *J Bone and Joint Surg* 53B:392-405(1971)
67. Schiess R, DeSaussure R, Robertson J: Choice of treatment of odontoid fractures. *J Neurosurg* 57:496-499(1982)
68. Schweigel J: Management of the fractured odontoid with halo-thoracic bracing. *Spine* 12:838-839(1987)
69. Seybold E, Bayley J: Functional outcome of surgically and conservatively managed dens fractures. *Spine* 23:1873-1846 (1998)
70. Sherk HH, Snyder B: Posterior fusions of the upper cervical spine: Indications, techniques and prognosis. *Ortho Clin North Am* 9:1091-1099(1978)
71. Smith MD, Philips WA, Hensurgen RN : Complications of fusion to the upper cervical spine. *Spine* 16:702-705(1991)
72. Verheggen R, Jansen J: Fracture of the odontoid process: analysis of the functional results after surgery. *Eur Spine J* 3:146-150(1994)
73. Weidner A: Operative Behandlungsmöglichkeiten des Halswirbeltraumas. *Dtsch Ärztebl* 95:C1312-C1317(1998)
74. Weller S, Malek A, Rossitch E: Cervical spine fractures in the elderly. *Surg Neurol* 47:274-281(1997)
75. Wening V, Amling M, Jungbluth K, Delling G: Zur Morphologie der operativ versorgten Densfraktur. *Unfallchirurgie* 20:125-130(1994)

7. Danksagung

Mein Dank gilt meinem Doktorvater und Chef PD. Dr. Rath für die Überlassung des Themas und seine stetige Ermunterung, meinen „Doktor“ zu machen. Er begleitet mein neurochirurgisches Leben von Anfang an und war mir immer ein toller Lehrer. Vielen, vielen Dank !

Dank auch an Jacqueline, die der Arbeit zum Schluss noch die äussere Form gegeben hat.

Last but not least Dank an Erwin, der den Computer-Crash dank Apple gemanagt und meine Launen in dieser Zeit geduldig ertragen hat.

