

Aus der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie
Prof. Dr. med. W. Lehmann
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Mortalität nach konservativ oder operativ therapierter Densfraktur des geriatrischen Patienten

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Ann-Kathrin Singer

aus
Bad Mergentheim

Göttingen 2023

Dekan:

Prof. Dr. med. W. Brück

Betreuungsausschuss

Betreuer*in:

Prof. Dr. med. S. Schmisch

Ko-Betreuer*in:

Prof. Dr. med. C. von Arnim

Prüfungskommission

Referent*in:

Prof. Dr. med. S. Schmisch

Ko-Referent*in:

.....

Drittreferent*in:

.....

Datum der mündlichen Prüfung:

.....

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel „Gesundheitsbezogene Lebensqualität und Mortalität nach konservativ oder operativ therapierter Densfraktur des geriatrischen Patienten" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den

.....

(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1 Einleitung	1
1.1 Anatomie der oberen Halswirbelsäule.....	2
1.2 Densfraktur.....	3
1.2.1 Epidemiologie.....	3
1.2.2 Ätiologie	4
1.2.3 Pathomechanismus	4
1.2.4 Klassifikation	5
1.2.5 Begleitverletzungen.....	6
1.2.6 Diagnostik	6
1.2.7 Therapie.....	9
1.2.8 Komplikationen.....	14
1.3 Fragestellung und Zielsetzung.....	16
2 Material und Methoden	17
2.1 Patientenkollektiv.....	17
2.2 Datenerhebung.....	17
2.3 Scores.....	18
2.3.1 Visual Analog Scale (VAS)	18
2.3.2 Neck Disability Index (NDI)	19
2.3.3 SF-36 Score	21
2.3.4 Charlson Age Comorbidity Index (CACI).....	24
2.3.5 Injury Severity Score (ISS).....	25
2.4 Statistik	26
3 Ergebnisse	27
3.1 Gesamtkollektiv	27
3.1.1 Geschlechter- und Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt.....	27
3.1.2 Vorerkrankungen	28
3.1.3 Alterskorrigierter Charlson Comorbidity Index (CACI)	29
3.1.4 Unfallursache	29
3.1.5 Frakturtyp nach Anderson und D'Alonzo.....	31
3.1.6 Begleitverletzungen.....	32
3.1.7 Verletzungsschwere nach dem Injury Severity Score (ISS).....	33
3.1.8 Therapie.....	33
3.1.9 Zeitraum zwischen Unfallereignis und operativer Versorgung.....	35
3.1.10 Dauer des stationären Aufenthaltes	36

3.1.11	Wohnsituation	37
3.1.12	Komplikationen und subjektive Beschwerden.....	38
3.1.13	Intrahospitale Mortalität	39
3.2	Rücksenderkollektiv (Nachuntersuchungsgruppe).....	41
3.2.1	Geschlechter- und Altersverteilung im Rücksenderkollektiv.....	41
3.2.2	Vorerkrankungen und alterskorrigierter Charlson Comorbidity Index (CACI) im Rücksenderkollektiv.....	41
3.2.3	Unfallursache im Rücksenderkollektiv	42
3.2.4	Frakturtypen nach Anderson und D'Alonzo und Therapie der Densfraktur im Rücksenderkollektiv.....	43
3.2.5	Begleitverletzungen und Verletzungsschwere nach dem Injury Severity Score (ISS) im Rücksenderkollektiv.....	43
3.2.6	Zeitraum zwischen Unfallereignis und operativer Versorgung im Rücksenderkollektiv.....	44
3.2.7	Stationäre Aufenthaltsdauer des Rücksenderkollektiv	44
3.2.8	Wohnsituation des Rücksenderkollektiv	44
3.2.9	Komplikationen und subjektive Beschwerden im Rücksenderkollektiv.....	45
3.3	Mortalität und Überlebenszeitanalyse.....	46
3.4	Ergebnisse der Fragebögen sowie Ermittlung von Einflussfaktoren auf die posttherapeutische Lebensqualität	50
3.4.1	Visual Analog Scale (VAS) im Rücksenderkollektiv.....	50
3.4.2	Neck Disability Index (NDI) im Rücksenderkollektiv	51
3.4.3	SF-36 Score – Auflistung der Fragen sowie Antworten des Rücksenderkollektivs	51
3.4.4	SF-36 Score – Skalenrohwerte und Transformation im Rücksenderkollektiv verglichen mit einer Normpopulation	54
3.4.5	Korrelation der Ergebnisse des VAS, NDI und SF-36 Score	58
4	Diskussion	61
4.1	Patientenkollektiv.....	61
4.2	Vorerkrankungen und Charlson Comorbidity Index.....	62
4.3	Unfallursache.....	62
4.4	Frakturtyp und Dislokation.....	63
4.5	Begleitverletzungen.....	63
4.6	Therapie.....	64
4.7	Zeitraum zwischen Unfallereignis und operativer Versorgung.....	66
4.8	Wohnsituation	66
4.9	Komplikationen und subjektive Beschwerden.....	66
4.10	Mortalität.....	67
4.10.1	Intrahospitale Mortalität	67
4.10.2	Mortalität und ihre Einflussfaktoren	68
4.10.3	Kurzfristige und langfristige Mortalität	69
4.11	Gesundheitsbezogene Lebensqualität	70

4.11.1	Visual Analog Scale.....	71
4.11.2	Neck Disability Index.....	72
4.11.3	SF-36 Score	72
5	Zusammenfassung.....	75
6	Anhang.....	78
6.1	SF-36 Fragebogen.....	78
7	Literaturverzeichnis	80

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Konventionelle Röntgenaufnahme einer Halswirbelsäule.....	2
Abbildung 2: Klassifikation der Densfraktur	6
Abbildung 3: Nativ-radiologische Aufnahme einer Typ IIA Densfraktur.....	7
Abbildung 4: CT-Diagnostik einer Typ IIA Densfraktur.....	8
Abbildung 5: Concorde-Position und Zugang zur HWS	10
Abbildung 6: Dorsale atlantoaxiale Stabilisierung nach Goel und Harms	12
Abbildung 7: Operative Standardlagerung zur ventralen Stabilisierung der HWS	12
Abbildung 8: Ventrale Schraubenosteosynthese nach Böhler	14
Abbildung 9: Beurteilung des subjektiven Schmerzlevels	18
Abbildung 10: Boxplot Altersverteilung zur Unfallzeit im Gesamtkollektiv	27
Abbildung 11: Altersverteilung zur Unfallzeit im Gesamtkollektiv	28
Abbildung 12: Komorbiditäten im Gesamtkollektiv.....	28
Abbildung 13: Alterskorrigierter CACI vor Therapiebeginn für das Gesamtkollektiv	29
Abbildung 14: Unfallursache einer Densfraktur im Gesamtkollektiv.....	30
Abbildung 15: Unfallursache im Gesamtkollektiv verglichen mit dem Geschlecht	30
Abbildung 16: Unfallursache im Gesamtkollektiv verglichen mit dem Alter	31
Abbildung 17: Frakturtypen bezogen auf das Gesamtkollektiv.....	32
Abbildung 18: Frakturtypen im Gesamtkollektiv verglichen mit dem Unfallmechanismus	32
Abbildung 19: Begleitverletzungen im Gesamtkollektiv.....	33
Abbildung 20: Therapieform im Gesamtkollektiv mit Bezug zum Frakturtyp	34
Abbildung 21: Zeitraum Unfalltag zu operativer Versorgung im Gesamtkollektiv.....	36
Abbildung 22: Wohnsituation der Patienten vor und nach dem Unfall.....	38
Abbildung 23: Altersverteilung zur Unfallzeit im Rücksenderkollektiv	41
Abbildung 24: Alterskorrigierter CACI vor Therapiebeginn für das Rücksenderkollektiv	42
Abbildung 25: Unfallursache im Rücksenderkollektiv	42
Abbildung 26: Therapiebezogene Komplikationen im Rücksenderkollektiv	45
Abbildung 27: Überlebenszeit in Abhängigkeit vom Geschlecht	47
Abbildung 28: Überlebenszeit in Abhängigkeit vom Alter	48
Abbildung 29: Überlebenszeit in Abhängigkeit vom CACI.....	48
Abbildung 30: Überlebenszeit in Abhängigkeit vom Therapieprocedere	49
Abbildung 31: VAS im Rücksenderkollektiv.....	50
Abbildung 32: NDI im Rücksenderkollektiv.....	51
Abbildung 33: Auswertung SF-36 Fragebogen im Rücksenderkollektiv	52

Abbildung 34: Vergleich SF-36 zwischen männlichem Rücksenderkollektiv und männlicher Normpopulation.....	55
Abbildung 35: Vergleich SF-36 zwischen weiblichem Rücksenderkollektiv und weiblicher Normpopulation.....	55
Abbildung 36: Vergleich SF-36 zwischen männlichem und weiblichem Rücksenderkollektiv.	56
Abbildung 37: Vergleich SF-36 zwischen Altersgruppen im Rücksenderkollektiv	56
Abbildung 38: Vergleich SF-36 zwischen konservativ und operativ therapierten Patienten im Rücksenderkollektiv	58
Abbildung 39: Vergleich SF-36 zwischen ventral und dorsal stabilisierten Patienten im Rücksenderkollektiv	58
Abbildung 40: Korrelation der Ergebnisse des NDI und des SF-36 Fragebogen iam Rücksenderkollektiv	59
Abbildung 41: Korrelation der Ergebnisse des VAS und des SF-36 Fragebogen im Rücksenderkollektiv	59
Abbildung 42: Korrelation der Ergebnisse des VAS und des NDI im Rücksenderkollektiv ..	60

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fragebogen zur Berechnung des Neck Disability Index	19
Tabelle 2: SF-36 Themengebiete, Fragenanzahl und Inhalt.....	22
Tabelle 3: Formeln zur Berechnung der Themengebiete SF-36.....	23
Tabelle 4: Abbreviated Injury Scale.....	25
Tabelle 5: Therapieform im Gesamtkollektiv mit Bezug zum Frakturtyp.....	34
Tabelle 6: Therapieentscheidung im Gesamtkollektiv in Korrelation zum CACI.....	35
Tabelle 7: Stationäre Aufenthaltsdauer in Abhängigkeit vom Alter, CACI, ISS und Therapie	37
Tabelle 8: Parameter der intrahospital verstorbenen Patienten.....	40
Tabelle 9: Therapieform mit Bezug zum Frakturtyp im Rücksenderkollektiv	43
Tabelle 10: Überlebensraten in Prozent bzgl. möglicher Einflussfaktoren.....	46
Tabelle 11: Durchschnittliche Überlebenszeit im Gesamtkollektiv sowie in Abhängigkeit vom Geschlecht, Alter, CACI und Therapieprocedere	47

Abkürzungsverzeichnis

A.	<i>Arteria</i>
a.p.	<i>Anterior-posterior</i>
AGES	Allgemeine Gesundheitswahrnehmung
AIS	<i>Abbreviated Injury Scale</i>
BWS	Brustwirbelsäule
C1 - C7	1. - 7. zervikaler Wirbel
CACI	<i>Charlson Age Comorbidity Index</i>
CCI	<i>Charlson Comorbidity Index</i>
CT	Computertomographie
CTA	Computertomographische Angiographie
EMRO	Emotionale Rollenfunktion
HTI	<i>Highest Trauma Index</i>
HWK	Halswirbelkörper
HWS	Halswirbelsäule
ISS	<i>Injury Severity Score</i>
KÖFU	Körperliche Funktionsfähigkeit
kons.	Konservativ
KÖRO	Körperliche Rollenfunktion
Lig. / Ligg.	<i>Ligamentum / Ligamenta</i>
LWS	Lendenwirbelsäule
M.	<i>Musculus</i>
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	<i>Nervus</i>
NDI	<i>Neck Disability Index</i>
OP	Operation
Proc.	<i>Processus</i>
PSYC	Psychisches Wohlbefinden
SCHM	Körperliche Schmerzen
SF-36	<i>Short-Form-36</i>
SOFU	Soziale Funktionsfähigkeit
VAS	<i>Visual Analog Scale</i>
VITA	Vitalität

1 Einleitung

Die Densfraktur zählt zu den häufigsten isolierten Halswirbelsäulenverletzungen im Alter. Bedingt durch die demographische Entwicklung konnte in den letzten Jahren eine steigende Inzidenz beobachtet werden. Durch die zunehmende Anzahl geriatrischer Patienten kommt es weltweit zu einem deutlichen Anstieg von Osteoporose-assoziierten Frakturen. Auf Grund der reduzierten Knochenfestigkeit im Alter kommt es schon bei Niedrigenergietraumata zu sogenannten Fragilitätsfrakturen. Die Folge sind eine reduzierte Lebensqualität mit Pflegebedürftigkeit und erhöhter Mortalität. Eine adäquate Therapie dieser Verletzungen ist daher insbesondere beim geriatrischen Patienten für die Wiedererlangung der Selbständigkeit entscheidend. Densfrakturen können sowohl konservativ als auch operativ behandelt werden. Hier existieren Leitlinienempfehlungen, die entsprechend dem Frakturtyp ein operatives Therapieverfahren oder die konservative Behandlungsform favorisieren. Im klinischen Alltag ist trotz dieser Empfehlungen die Wahl der optimalen Therapieform häufig schwierig. Insbesondere geriatrische Patienten haben zahlreiche Vorerkrankungen oder einen reduzierten Allgemeinzustand, sodass größere Operationen ein hohes Risiko darstellen. Die individuelle Patientenanamnese sollte zur Therapieplanung zwingend mitberücksichtigt werden. Ein einheitlicher Konsens bzgl. der Therapie der Densfrakturen lässt sich in der aktuellen Literatur nicht finden. Ziele der Therapie sind die Frakturheilung unter Vermeidung von Komplikationen, ein möglichst kurzer Krankenhausaufenthalt sowie die zügige Wiederherstellung der Mobilität mit Rückkehr ins gewohnte Umfeld. Ein Parameter zur Evaluation der medizinischen Behandlung und des Therapieerfolgs ist die gesundheitsbezogene Lebensqualität. In dieser Arbeit soll die Behandlungsqualität nach konservativ und operativ therapierter Densfraktur unter Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität untersucht werden. Zudem soll die Mortalität in Abhängigkeit vom Geschlecht, Alter, Komorbiditäten und der jeweiligen Therapie analysiert werden.

1.1 Anatomie der oberen Halswirbelsäule

Die Halswirbelsäule setzt sich aus sieben zervikalen Wirbeln (C1 - C7) zusammen. Funktionell und morphologisch werden zwei Abschnitte unterschieden (Putz 1981). Die obere Halswirbelsäule umfasst die Wirbel C1 und C2, die untere Halswirbelsäule die Wirbel C3 bis C7 (Bühren 2002). Die ersten beiden Halswirbel sind in ihrer Anatomie von den anderen Wirbeln zu unterscheiden und werden im Folgenden näher betrachtet (Abb. 1).



Abbildung 1: Konventionelle Röntgenaufnahme einer Halswirbelsäule (HWS) in seitlicher Projektion mit Markierung von Atlas (C1, gelb) und Axis (C2, rot) (eigene Aufnahme)

Der erste Halswirbel (Atlas) ist ringförmig angelegt und wird aus dem vorderen und hinteren Atlasbogen gebildet. Diese vereinigen sich seitlich in den *Massae laterales atlantis*. Lateral angrenzend liegen beidseits die *Processi transversi*, welche die *Foramina transversaria* bilden. Durch diese zieht ab dem sechsten Halswirbel die *Arteria (A.) vertebralis* nach kranial. Sie wird durch eine Vene und den *Nervus (N.) spinalis* begleitet und verläuft bogenförmig hinter die *Massae laterales*, durch die *Membrana atlantooccipitalis posterior* und vereinigt sich mit der *A. vertebralis* der Gegenseite oberhalb der *Densspitze* zur *A. basilaris* (Wurzinger 2007). Nach kranial artikuliert der Atlas mit den beiden *Hinterhauptkondylen* im oberen Kopfgelenk (*Atlantookzipitalgelenk*). Die Besonderheiten des Atlas sind der fehlende *Dornfortsatz* sowie der fehlende *Wirbelkörper*. Hier ragt der *kraniale Fortsatz* des zweiten Halswirbels, der *Dens axis*, in den Atlasring (Wurzinger 2007). Der zweite Halswirbel (Axis) besteht aus dem *Arcus vertebrae* und dem *Corpus vertebrae*. Der *Dens axis* sitzt als *Knochenzapfen* auf dem *Wirbelkörper* und besitzt ventral und dorsal eine knorpelige *Gelenkfläche*. Atlas und Axis artikulieren miteinander im *Atlantoaxialgelenk*, dem unteren Kopfgelenk (Wurzinger 2007). In den *bandscheibenfreien Kopfgelenken* sind Bewegungen in drei Ebenen möglich (*Extension*,

Flexion, Seitneigung und Rotation). Das Atlantookzipitalgelenk ermöglicht als Ellipsoidgelenk die Neigung des Kopfes nach vorne und hinten um jeweils 14 - 18° sowie in geringem Ausmaß die Seitneigung von jeweils 4 - 6°. Das Atlantoaxialgelenk mit seinen vier Einzelgelenken fungiert in seiner Gesamtheit als Zapfengelenk. Hauptbewegung ist die axiale Rotation des Atlas um den Dens axis mit jeweils 40 - 45°. Die Extension und Flexion beträgt hier jeweils 12 - 15° und die Seitneigung jeweils 5 - 7°. Im Alter nimmt die Beweglichkeit der HWS signifikant ab. Die Flexion ist um 12 %, die Extension um 32 %, die Seitneigung um 22 % und die Rotation um 25 % reduziert (Kuhlman 1993). Die großen Bewegungsumfänge werden durch einen kräftigen Bandapparat geführt und stabilisiert. Das Ligamentum (Lig.) atlantooccipitalis anterior verhindert die Dorsalflexion und das Lig. atlantooccipitalis posterior die Ventralflexion des Kopfes. Die Ligamenta (Ligg.) alaria entspringen paarig seitlich dem Dens axis und begrenzen sowohl die axiale Rotation als auch die Ventralflexion des Kopfes (Wurzinger 2007; Bühren 2002). Bei unerwarteter Rotation und Flexion können die Bandstrukturen durch ihre insgesamt geringe Elastizität reißen (Saldinger et al. 1990; Ishak et al. 2020). Die Gelenkform, der komplexe Bandapparat und die beteiligte ventrale, dorsale und laterale Muskulatur führen und stabilisieren das große Bewegungsausmaß in den Kopfgelenken (Wurzinger 2007; Penning 1978; Neuhuber 2007).

1.2 Densfraktur

1.2.1 Epidemiologie

Etwa ein Viertel aller relevanten Wirbelsäulenverletzungen betreffen die Halswirbelsäule, wovon zwei Drittel Verletzungen der oberen HWS sind (Bühren 2002; Oestern 2005; Vetter 2019). 9 - 18 % der Frakturen im Bereich der HWS sind Verletzungen des zweiten Halswirbelkörpers, wobei etwa 60 % den Dens axis betreffen (Hadley et al. 1989). Die Densfraktur tritt am häufigsten um das dritte Lebensjahrzehnt sowie nach dem 60. Lebensjahr auf und ist mit 7 - 13 % die häufigste isolierte Halswirbelsäulenverletzung bei über 70-jährigen Patienten (Ryan und Henderson 1992; Blauth et al. 2000; Oestern 2005; Laurer et al. 2010; Vetter 2019; Bühren 2002; Butler et al. 2010). Etwa 60 % aller Densfrakturen entsprechen einer Fraktur des Denshalses (Blauth et al. 2000; O'Brien et al. 2015). Im Alter steigt die Anzahl dieser Frakturen, sodass der Anteil bei den über 60-jährigen Patienten bei bis zu 80 % liegt (Vetter 2019). Demgegenüber nehmen die Frakturen der Densbasis mit zunehmendem Alter ab. Dieser Frakturtyp wird mit einem Anteil von 39 - 42 % aller Densfrakturen beschrieben (Blauth et al. 2000; O'Brien et al. 2015). Frakturen der Densspitze sind mit 1 - 3 % selten (O'Brien et al. 2015). In den letzten Jahren wurde eine steigende Inzidenz der Densfrakturen bei älteren Patienten

beobachtet. Dies kann mit den verbesserten Diagnosemöglichkeiten und dem demographischen Wandel zusammenhängen (Robinson et al. 2017; Stein et al. 2017; Vetter 2019).

1.2.2 Ätiologie

Ursächlich für eine Densfraktur sind bei jüngeren Patienten vor allem Hochrasanztraumata wie Verkehrs-, Sport- oder Arbeitsunfälle. Bei den über 65-jährigen Patienten sind es Stürze oder Bagatelltraumata (Hanigan et al. 1993; Lieberman und Webb 1994; Laurer et al. 2010; Bühren 2002; Blauth et al. 2000; Scholz et al. 2017; Vetter 2019; Meyer et al. 2018; Böhler 1982). Bei reduzierter Knochenfestigkeit im Rahmen von degenerativen Veränderungen, einer Osteoporose (Kaesmacher et al. 2017) oder einer Tumorerkrankung führen häufig bereits Niedrigenergietraumata zu einer Fraktur des Dens (Blauth et al. 2000; Vetter 2019). Die gestörte biomechanische Adaptation, reduzierte Regeneration und zunehmende Immobilisation mit daraus resultierendem Knochenabbau führen beim geriatrischen Patienten zur Abnahme von Knochenmasse und Knochenqualität. Zusammen mit der Reduktion von Muskelkraft und Koordination werden Stürze und damit zusammenhängend die Densfraktur begünstigt. Unabhängig vom Alter sind ca. 50 % der Verletzungen Folge von Verkehrsunfällen, 20 % Sturzfolge und zu 21 % sind es banale Traumata (Kayser et al. 2006; Bühren 2002). Hyperextension und Hyperflexion der HWS sowie sagittale Scherkräfte in Kombination mit axialer Kompression zählen zu den wichtigsten Verletzungsmechanismen einer Densfraktur (Oestern 2005; Bühren 2002; Puttlitz et al. 2000; Butler et al. 2010; Laurer et al. 2010). Eine Fraktur der Densspitze entsteht bei einer Hyperextension in Kombination mit anterolateraler Scherkraft oder Kompression, wohingegen die axiale Rotation mit anterolateraler Scherkraft eine Fraktur des Denshalses verursacht. Isolierte Hyperextensionstraumata führen meist zu Frakturen der Densbasis (Puttlitz et al. 2000; Laurer et al. 2010).

1.2.3 Pathomechanismus

Der Dens axis weist eine strukturelle Heterogenität auf. An der Densbasis ist die Dicke der Kortikalis sowie die Trabekelstruktur in ihrer Anzahl und Interaktion der Trabekel reduziert. Es resultiert eine geringere Knochenmasse in diesem Bereich und damit im Vergleich zur Densspitze und dem Wirbelkörper eine biomechanisch reduzierte Belastbarkeit. Die Densbasis ist daher Prädilektionsstelle für Frakturen (Amling et al. 1994; Amling et al. 1995). In Hinblick auf die Embryologie des Axis, der im Laufe der Embryogenese aus vier Knochenkernen gebildet wird, kann diese Prädilektionsstelle anatomisch belegt werden. Es vereinigen sich zwei Knochenkerne kranial zum Dens axis und weitere zwei Knochenkerne kaudal zum Corpus axis. Getrennt sind beide Abschnitte durch eine knorpelige horizontale Struktur, die subdentale

Synchondrose. Diese verknöchert in der weiteren Entwicklung bis zum siebten Lebensjahr (Akobo et al. 2015). In schnittbilddiagnostischen Untersuchungen wird von der Persistenz der subdentalen Synchondrose im adulten Axis berichtet. Sie hat eine geringe kortikale und trabekuläre Knochendichte (Gebauer et al. 2006; Castellana und Kósa 1999; Nalla et al. 2018). Die Mikroarchitektur des Axis kann daher für die Lokalisation, Altersverteilung und Häufigkeit der Densfrakturen mit verantwortlich sein (Blauth et al. 2000; Heggeness und Doherty 1993).

1.2.4 Klassifikation

In der Literatur sind verschiedene Klassifikationen beschrieben. In dieser Arbeit wird die klinisch gebräuchliche Klassifikation der Densfrakturen nach Anderson und D'Alonzo (1974) verwendet. Diese Klassifikation wurde durch Grauer et al. (2005) modifiziert, um genauere Auskunft über den Frakturverlauf bei den Typ II Frakturen angeben zu können.

Basierend auf der Frakturlokalisierung unterscheidet man drei Typen (Anderson und D'Alonzo 1974) (Abb. 2):

- Typ I Frakturen sind Abrissfrakturen der Densspitze. Sie beschreiben den knöchernen Ausriss der Ligg. alaria.
- Typ II Frakturen sind im Bereich des Denshalses lokalisiert.
 - Grauer A: Frakturverlauf von ventral-kranial nach dorsal-kaudal
 - Grauer B: horizontaler Frakturverlauf
 - Grauer C: Frakturverlauf von ventral-kaudal nach dorsal-kranial
- Typ III Frakturen betreffen die Densbasis. Die Frakturlinie kann bis in den Axiskörper ziehen und die Gelenkfläche betreffen.

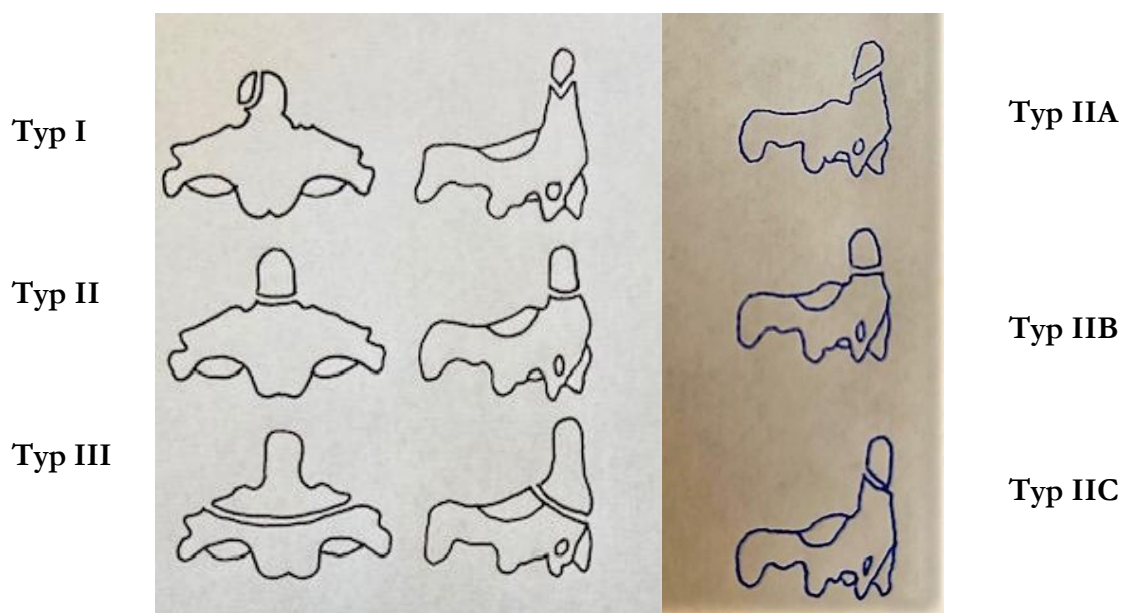


Abbildung 2: Klassifikation der Densfraktur nach Anderson und D'Alonzo (links) (eigene Zeichnung nach Kayser et al. 2006) sowie Subklassifikation nach Grauer (rechts) (eigene Zeichnung nach Grauer et al. 2005)

1.2.5 Begleitverletzungen

Eine isolierte Densfraktur findet sich in weniger als 50 % der Fälle. 53 % haben schwerwiegende Begleitverletzungen. Dazu zählen mit 24 % schwere Schädel-Hirn-Traumata und mit 10 % Wirbelsäulenverletzungen anderer Lokalisation (Bühren 2002). Bei 12 - 42 % der Patienten mit Verletzung der oberen HWS treten neurologische Symptome auf (Oestern 2005; Bühren 2002; Laurer et al. 2010; Butler et al. 2010).

1.2.6 Diagnostik

1.2.6.1 Klinische Befunde

Nach der zielführenden Anamnese zum Unfallhergang sowie relevanten Vorerkrankungen folgt die Inspektion und Palpation der Halswirbelsäule. Bei der klinischen Untersuchung können Prellmarken an Stirn oder Hinterkopf hinweisend für eine Hyperextensions- oder Hyperflexionsverletzung sein. Häufig liegt eine schmerzhafteste Bewegungseinschränkung mit Druck- und Klopfschmerz vor (Madert und Eggers 2009; Blauth et al. 2000). Weiterer wesentlicher Bestandteil ist die neurologische Untersuchung. Die Motorik der oberen Extremität wird im Seitenvergleich durch Ermittlung der Kraftgrade der segmentalen Kennmuskeln sowie des Reflexstatus überprüft. Berührungs-, Schmerz-, Vibrations-, Propriozeptions- und Temperaturempfinden sowie Spitz-Stumpf-Diskrimination überprüfen die Sensibilität (Ketterl 2010).

1.2.6.2 Bildgebende Diagnostik

Bei klinischem Verdacht einer Densfraktur wird in der Literatur ein diagnostisches Stufenschema aus drei Säulen empfohlen (Bühren 2002),

- dem konventionellen Röntgen,
- der Computertomographie (CT) und
- der Magnetresonanztomographie (MRT).

Nach der „Canadian C-Spine Rule for Radiography“ (Stiell et al. 2001) kann mit einer Sensitivität von 100 % und einer Spezifität von 42,5 % auf eine bildgebende Diagnostik verzichtet werden, wenn:

- keine Hochrisikofaktoren vorliegen (Alter < 65 Jahre, niedrigerenergetisches Trauma, keine Parästhesien der Extremitäten)
- nur Niedrigrisikofaktoren vorliegen (einfacher Unfall, Sitzen und Gehen möglich, keine Schmerzen im Bereich der HWS)
- die Kopffrotation beidseits um jeweils > 45° schmerzfrei möglich ist.

1.2.6.2.1 Konventionelles Röntgen

Besteht der Verdacht auf eine Verletzung der HWS und ist der Patient bei vollem Bewusstsein, so ist initial die nativ-radiologische Diagnostik in der anterior-posterior, der seitlichen Ebene sowie die Denszielaufnahme indiziert (Abb. 3). Indirekter Hinweis für eine Densfraktur ist ein verbreiteter prävertebraler Weichteilschatten, welcher physiologisch unter 7 mm ist (Penning 1980; Rojas et al. 2009; Blauth et al. 2000; Laurer et al. 2010). Die Häufigkeit eine Fraktur im Bereich der HWS durch allein nativ-radiologische Diagnostik zu übersehen wird mit 23 - 57 % angegeben (Imhof und Fuchsjäger 2002; Patel 2015; Holmes und Akkinapalli 2005).



Abbildung 3: Nativ-radiologische Aufnahme einer Typ IIA Densfraktur in a.p. (links) und seitlicher (rechts) Projektion (eigene Aufnahmen)

1.2.6.2.2 Computertomographie (CT) und computertomographische Angiographie (CTA)

Die Computertomographie stellt die sensitivste Methode zum Nachweis einer Densfraktur dar und ermöglicht die genaue Frakturklassifikation (Vetter 2019). Bei Verdacht auf eine knöcherne Verletzung der HWS sollte immer eine CT-Diagnostik durchgeführt werden (Laurer et al. 2010). Die CT-Diagnostik ist zur Beurteilung der Frakturausdehnung, des Frakturverlaufes und des Dislokationsgrades notwendig (Madert und Eggers 2009). Bei Patienten mit hohem Risiko für eine HWS-Fraktur ist die CT-Diagnostik die bevorzugte Screeningmethode (Blackmore et al. 1999; Holmes und Akkinapalli 2005; Daffner et al. 2006). Insbesondere bei geriatrischen oder polytraumatisierten Patienten ist die CT-Diagnostik mit einer Sensitivität von 99 % und einer Spezifität von 93 % eine schnelle und zuverlässige Methode, um alle relevanten Verletzungen in der Primärdiagnostik zu detektieren (Sanchez et al. 2005) (Abb. 4).

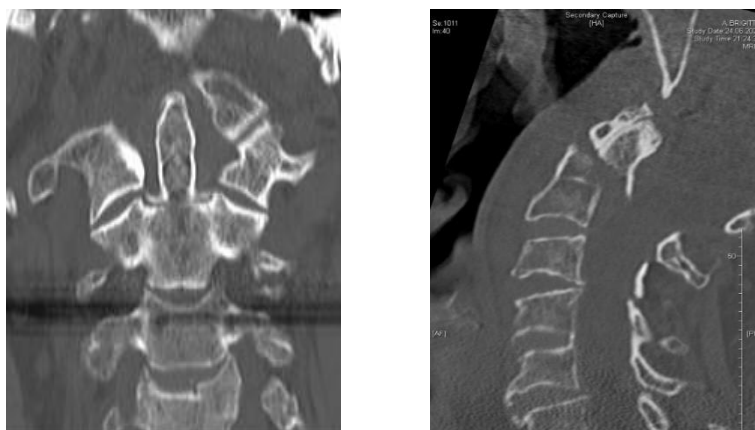


Abbildung 4: CT-Diagnostik einer Typ IIA Densfraktur koronar (links) und sagittal (rechts) (eigene Aufnahmen)

Da es bei Densfrakturen zu einer begleitenden traumatischen Gefäßverletzung kommen kann, sollte eine ergänzende Gefäßdarstellung im Sinne einer CTA durchgeführt werden. Diese kann zusätzlich eine Anomalie des Gefäßsystems aufzeigen, welche vor der operativen Versorgung wichtig aufzudecken ist (Laurer et al. 2010; Hajnovic et al. 2016; Sano et al. 2013; Eskander et al. 2010; Vetter 2019; Fleck et al. 2010; Nucci et al. 1995). Bei polytraumatisierten Patienten wird routinemäßig eine CTA durchgeführt.

1.2.6.2.3 Magnetresonanztomographie (MRT)

Die MRT-Diagnostik ist strahlungsfrei und stellt Weichteilstrukturen, Ligamente, Bandscheiben und Nervenwurzeln dar. Aufgrund der langen Untersuchungszeit ist die MRT-Diagnostik in der Primärdiagnostik der Densfrakturen nur eingeschränkt indiziert. Besteht bei einer Densfraktur der Verdacht auf eine zusätzliche osteoligamentäre Verletzung wird die MRT-Diagnostik ergänzend empfohlen (Vetter 2019).

1.2.7 Therapie

Densfrakturen können konservativ und operativ therapiert werden. Die Wahl der geeigneten Behandlungsform ist vom Frakturtyp mit Frakturlinienverlauf, Begleitverletzungen und dem Allgemeinzustand des Patienten abhängig (Ochoa 2005). Die oft vorliegende Osteoporose und die damit reduzierte Knochendichte muss in die Therapieauswahl mit einbezogen werden (Vetter 2019; Kaesmacher et al. 2017).

Ziel der konservativen und operativen Therapie ist:

- die Reposition der Fraktur,
- die Behandlung und Vorbeugung neurologischer Komplikationen sowie
- die Stabilisierung und dauerhafte Fusion (Frakturkonsolidierung).

Densfrakturen vom Typ I werden konservativ therapiert (Laurer et al. 2010). Für den Typ II wird die ventrale Schraubenosteosynthese empfohlen und laut aktueller Studienlage am meisten angewandt (Spiegl et al. 2018). Ausnahme ist der Typ IIC, bei dem aufgrund des Frakturlinienverlaufs die ventrale Schraubenosteosynthese nicht möglich ist (Hoffmann und Kandziora 2015; Eysel und Roosen 1993). Bei atlantoaxialer Instabilität, Pseudarthrose oder Osteoporose ist die dorsale atlantoaxiale Spondylodese indiziert (Hoffmann und Kandziora 2015; Bading et al. 2004; Joestl et al. 2016). Nicht-dislozierte und radiologisch stabile Typ III Densfrakturen können konservativ therapiert werden (Vetter 2019; Meyer et al. 2018; Laurer et al. 2010). In der aktuellen Literatur wird bei Patienten zwischen 60 - 80 Jahren eine operative Behandlung empfohlen (Badke 2018). Da die Mortalität ab dem 80. Lebensjahr im Rahmen der operativen Versorgung deutlich ansteigt, muss beim geriatrischen Patienten über 80 Jahre eine individuelle Entscheidung, abhängig vom Allgemeinzustand und den Komorbiditäten des Patienten getroffen werden (Badke 2018).

1.2.7.1 Konservative Therapie

Bei der konservativen Therapie einer stabilen Typ I oder nicht-dislozierten Typ III Densfraktur wird die HWS für insgesamt 6 - 12 Wochen in einer harten Zervikalorthese oder in Ausnahmefällen in einem Halo-Fixateur immobilisiert (Patel et al. 2015; Vetter 2019; Koutsogiannis und Dowling 2020; Hoffmann und Kandziora 2015). Der Stifneck wird nur in der präklinischen Phase zur vorrübergehenden achsgerechten Immobilisation der HWS verwendet. Bei den weichen Zervikalstützen kommt es zu keiner mechanischen Ruhigstellung, sodass diese nicht zur Primärtherapie der Densfrakturen verwendet wird (Tscherne und Blauth 1998). Der Halo-Fixateur gehört zur invasivsten und rigidesten Form der konservativen Therapie. Das Prinzip wurde erstmals von Perry und Nickel (1959) beschrieben. Er dient der

temporären Ruhigstellung von Densfrakturen nach geschlossener Frakturposition (Dunn und Seljeskog 1986; Koech et al. 2008; Platzer et al. 2007b; Hosssain et al. 2004; Komadina et al. 2003; Weller et al. 1997; Lögters et al. 2006; Bono 2007). Aufgrund seiner hohen Komplikations- und Mortalitätsrate sowie der Entwicklung moderner Operationsverfahren wird der Halo-Fixateur heute eher selten verwendet (Badke 2018; Koutsogiannis und Dowling 2020; Tashjian et al. 2006).

1.2.7.2 Operative Therapie mittels dorsaler Stabilisierungsverfahren

Die dorsale atlantoaxiale Spondylodese ist bei Typ II Densfrakturen mit atypischem Frakturverlauf, ausgeprägter Trümmerzone, klinisch relevanter Osteoporose, anatomische Besonderheiten sowie Typ III Densfrakturen mit einem kleinen Basisfragment indiziert (Hoffmann und Kandziora 2015). Früher wurden häufig Drahtcerclageverfahren verwendet, heute spielen diese nur noch in Kombinationsverfahren eine Rolle (Kandziora et al. 2010). Hierzu zählen die Techniken nach Gallie (1939), Brooks und Jenkins (1978) sowie Dickman et al. (1991). Zu den aktuell durchgeführten dorsalen Stabilisierungsverfahren zählen die dorsale transartikuläre atlantoaxiale Verschraubung nach Magerl (Jeanneret und Magerl 1992) sowie die dorsale atlantoaxiale Stabilisierung nach Goel und Harms (Goel und Laheri 1994; Harms und Melcher 2001). Auf andere Verfahren wie beispielsweise die okzipitozervikale Spondylose soll im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter eingegangen werden. Nach Narkoseeinleitung wird zunächst die Mayfield-Klemme angelegt und der Patient dann in Bauchlage und die Concorde-Position gebracht. Der Zugangsweg zur HWS ist eine dorsale Längsinzision vom Hinterhaupt bis zu den Proc. spinosi C3/C4. Nach Durchtrennung der Nackenfaszie und des Lig. nuchae werden die tiefen Muskelschichten knochenah von den Dornfortsätzen abgelöst. Mit einem Raspatorium werden Wirbelbögen, Lig. flava und Membrana atlantooccipitalis freipräpariert und die Ligg. interspinalia entfernt (Abb. 5). Nach durchgeführter dorsaler Stabilisierung erfolgt der schichtweise Wundverschluss mit Einlage einer Redon-Drainage (Tscherne und Blauth 1998).

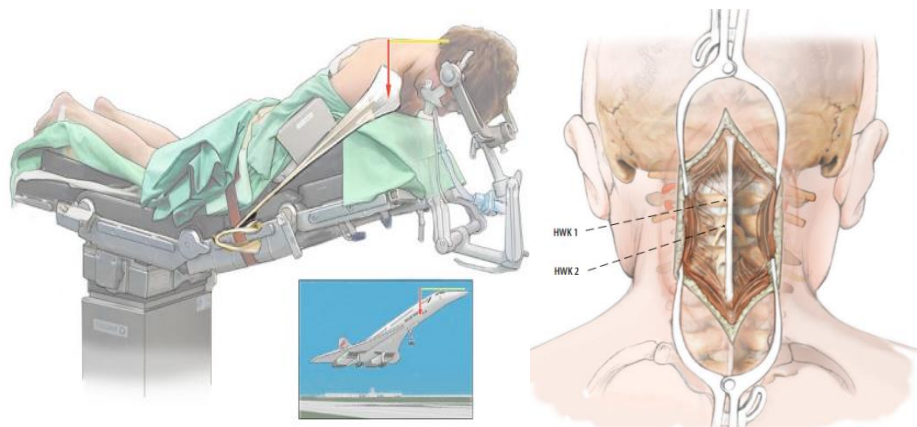


Abbildung 5: Concorde-Position (links) und Zugang zur HWS (rechts) schematisch (Viezens et al. 2019)

1.2.7.2.1 Dorsale transartikuläre atlantoaxiale Verschraubung nach Magerl

Magerl (1992) beschrieb erstmals die dorsale transartikuläre atlantoaxiale Verschraubung. Nach geschlossener Reposition unter Bildwandlerkontrolle sowie dorsalem Zugang zur HWS werden die Schrauben über den Isthmus des Atlas transartikulär in die Massae laterales des Axis eingebracht. Ein H-förmiger autologer Beckenkammspann wird zwischen C1/C2 eingebracht und durch eine dorsale Cerclage nach Gallie oder Brooks (Gallie 1939; Brooks Al 1978) oder mittels nicht-resorbierbarer Fäden fixiert. Soll im Verlauf das Implantat entfernt werden, kann das Verfahren ohne Knochenspann und Cerclage angewendet werden (Kandziora et al. 2010; Kaminski et al. 2008). Die dorsale transartikuläre atlantoaxiale Verschraubung nach Magerl ist biomechanisch stabil und weist mit 90 - 100 % eine hohe Fusionsrate auf (Haid et al. 2001; Kaminski et al. 2008; Suchomel et al. 2004; Schleicher et al. 2020). Das C1/C2 Segment ist stabilisiert und die Bewegung in diesem Segment aufgehoben (Magerl und Seemann 1987; Grob und Magerl 1987). Das offene Verfahren der dorsalen transartikulären atlantoaxialen Verschraubung nach Magerl (Jeanneret und Magerl 1992) kann auch minimal-invasiv rein perkutan über kleine Stichinzisionen durchgeführt werden (McGuire und Harkey 1995). Zur Anlage einer knöchernen Spondylodese ist zusätzlich ein kleiner Mittellinienschnitt notwendig (ElSaghir et al. 2005). Durch den kleineren Zugangsweg werden Operationszeit, Blutverlust, Infektionsrisiko und postoperative Schmerzen reduziert (Schleicher et al. 2020).

1.2.7.2.2 Dorsale atlantoaxiale Stabilisierung nach Goel und Harms

Die dorsale atlantoaxiale Stabilisierung wurde 1994 von Goel beschrieben (Goel und Laheri 1994) und 2001 von Harms (Harms und Melcher 2001) weiterentwickelt. Über einen Standardzugang zur HWS erfolgt die stumpfe Freipräparation der Dornfortsätze C2/C3 und des Atlasbogen. Anschließend werden die C2 Pedikelschrauben 20 - 30° aufsteigend eingebracht. Dann erfolgt die Platzierung der C1 Massa lateralis Schrauben. Abschließend werden die Längsträger eingesetzt (Abb. 6). Dies wird heute üblicherweise navigiert durchgeführt (Schütze et al. 2018). Dabei erfolgt initial intraoperativ ein CT-Scan. Nach Präparation der wichtigen Leitstrukturen erfolgt die Anlage einer Navigationsklemme auf den Dornfortsatz von HWK 2. Nach Referenzierung erfolgt das navigierte Einbringen von zwei Pedikelschrauben. Im Anschluss werden nach Referenzierung von HWK 1 auch hier unter Navigationskontrolle jeweils entsprechend des Pedikels zwei Schaftschrauben eingebracht. Abschließend wird ein Längsträger eingesetzt. Ist eine dorsale Fusion angestrebt, kann Knochenersatzmaterial oder autologe Beckenkamm-spongiosa angelagert werden (Kandziora et al. 2010; Kobbe et al. 2017).



Abbildung 6: Dorsale atlantoaxiale Stabilisierung nach Goel und Harms in seitlicher (links) und a.p. (rechts) Projektion (eigene Aufnahmen)

1.2.7.3 Operative Therapie mittels ventraler Stabilisierungsverfahren (Schraubenosteosynthese nach Böhler)

In der Literatur werden verschiedene ventrale Stabilisierungsverfahren beschrieben (Oestern 2005). In dieser Arbeit soll sich auf die ventrale Schraubenosteosynthese nach Böhler (1982) beschränkt werden, da dieses Verfahren in dem nachuntersuchten Patientenkollektiv angewandt wurde. Auf die ventrale transartikuläre atlantoaxiale Verschraubung nach Lesoin, die transorale Fusion nach Fang und Ong oder die winkelstabile Plattenosteosynthese soll nicht weiter eingegangen werden. Der Patient wird auf dem Rücken gelagert und der Kopf in einer gut gepolsterten Kopfschale oder einer Mayfield-Klemme eingespannt (Abb. 7) (Oestern 2005).



Abbildung 7: Operative Standardlagerung zur ventralen Stabilisierung der HWS (eigene intraoperative Aufnahme)

Die ventrale Schraubenosteosynthese wurde erstmals durch Böhler beschrieben (1982). Sie ist eine weichteilschonende operative Therapieoption, welche aktuell als Standardtherapie bei Typ IIA Densfrakturen empfohlen wird (Spiegel et al. 2018). Nach sterilem Abwaschen und Abdecken des Operationsgebietes wird mit Hilfe eines Kirschner-Drahts im seitlichen Strahlengang die Realisierbarkeit der Schraubenplatzierung überprüft (Spiegel et al. 2018). Der

4 - 5 cm lange Hautschnitt kann von rechts oder links erfolgen (Oestern 2005). Zunächst wird das Platysma durchtrennt sowie die oberflächliche Halsfaszie am Vorderrand des Musculus (M.) sternocleidomastoideus eröffnet. Durch stumpfe Präparation erreicht man die prävertebrale Region. Die A. carotis interna, der Ösophagus, die Trachea und der N. recurrens müssen intraoperativ geschont werden. Sollten Gefäßanomalien der A. thyreoidea superior den Zugangsweg erschweren, können diese legiert werden. Die HWS wird nach kranial bis zu den Segmenten C2/C3 präpariert. Im Anschluss wird die Bandscheibe C2/C3 mittels Kirschner-Draht unter Röntgenkontrolle identifiziert. Der Schraubeneintrittspunkt sollte an der Unterkante der Densbasis sein. Die Eröffnung kann mittels kanüliertem Bohrer oder Kirschner-Draht erfolgen, über den die entsprechende kanülierte Schraube bikortikal eingebracht wird. So kann die nötige interfragmentäre Kompression erreicht werden. Die Schrauben können ein kurzes Gewinde oder ein Doppelgewinde haben. Abschließend wird die Schraubenposition mittels Bildwandler kontrolliert (Abb. 8). Eine Stabilitätssteigerung kann bei schlechter Knochenqualität durch Zementaugmentation der Schraube erreicht werden (Scholz et al. 2011). Sollen zwei Schrauben verwendet werden, sollten diese dezentral und konvergierend eingebracht werden. Nach ausgiebiger Spülung und Einlage einer Redon-Drainage erfolgt der Verschluss von Platysma und Haut. Abschließend kann für 6 Wochen eine weiche zervikale Orthese angelegt werden. Postoperativ erfolgt die direkte physiotherapeutische Beübung ohne forcierte Bewegungen (Spiegel et al. 2018; Kandziora et al. 2010). Über die Wahl der Schraubenanzahl gibt es unterschiedliche Angaben. Studien belegen, dass eine Schraube im Vergleich zu zwei Schrauben biomechanisch ausreichende Stabilität und Kompression erreicht (Sasso et al. 1993; Jenkins et al. 1998; Graziano et al. 1993; Feng et al. 2012). Bei schlechter Knochenqualität oder anatomisch schwieriger Reposition wird die Verwendung von zwei Schrauben empfohlen. Ein anatomisch reduzierter Densdurchmesser kann die Verwendung von zwei Kortikalisschrauben unmöglich machen. Präoperativ sollte deshalb die Länge sowie der Durchmesser des Dens und die Knochenqualität mittels CT-Diagnostik überprüft werden, um die nötige Schraubenlänge und Schraubenanzahl abschätzen zu können (Spiegel et al. 2018). Durch die stumpfe Präparation wird die Operation blutungsarm durchgeführt. Sie ist gelenkerhaltend und ermöglicht dadurch eine postoperativ uneingeschränkte Beweglichkeit der HWS. Die Operationsdauer zeigt sich im Vergleich zu anderen Operationsverfahren kürzer (Spiegel et al. 2018). Zu den Kontraindikationen der direkten ventralen Schraubenosteosynthese zählen Mehrfragmentfrakturen, ein Frakturlinienverlauf von ventral-kaudal nach dorsal-kranial, sowie Frakturen, bei denen eine geschlossene Reposition nicht möglich ist. Nicht frakturspezifische Faktoren wie relevante Osteoporose, pathologische Frakturen, anatomische

Besonderheiten und ein schlechter Allgemeinzustand des Patienten schließen eine ventrale Schraubenosteosynthese aus (Spiegl et al. 2018; Kandziora et al. 2010).

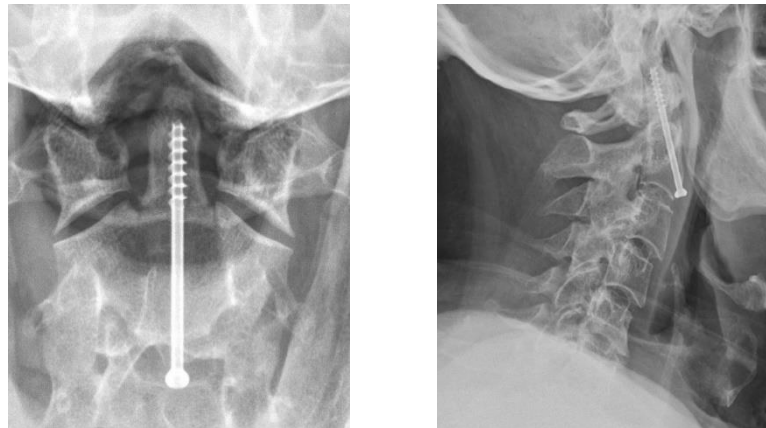


Abbildung 8: Ventrale Schraubenosteosynthese nach Böhler in a.p. (links) und seitlicher (rechts) Projektion (eigene Aufnahmen)

1.2.8 Komplikationen

Es müssen allgemeine sowie spezielle Komplikationen einer Densfraktur, abhängig vom Frakturtyp sowie der Therapieform unterschieden werden. Zu den Hautkomplikationen zählen das Ausbleiben einer knöchernen Konsolidierung mit Ausbildung einer Pseudarthrose oder die in Fehlstellung verheilte Densfraktur. Bei der posttraumatischen Pseudarthrose spielen eine ungenügende innere oder äußere Stabilisierung der Fraktur sowie ein persistierend weiter Bruchspalt eine Rolle. Zu den prädisponierenden Faktoren zählen ein verzögerter Behandlungsbeginn, Extensionsfrakturen, der Dislokationsgrad sowie eine ungenügende Reposition oder Schraubenfehlage. Nach konservativer Therapie wird eine Pseudarthroserate von 35 - 85 % angegeben (Eysel und Roosen 1993; Vetter 2019; Meyer et al. 2018). Nach operativer Therapie wird bei den dorsalen Verfahren eine Pseudarthroserate von 10 % und bei den ventralen Verfahren eine Pseudarthroserate von 12 % beschrieben (Vaccaro et al. 2013; Fountas et al. 2005; Spiegl et al. 2018; Aebi et al. 1989; Schleicher et al. 2020; Laurer et al. 2010). Da die Pseudarthrose häufig straff verheilt und damit eine stabile fibröse Verbindung ist, hat sie meist einen geringen klinischen Stellenwert (Heyde 2018). Zu den speziellen Komplikationen der konservativen Therapie zählen Hautulzerationen, die durch den direkten Hautkontakt der Orthese entstehen (Vetter 2019; Koech et al. 2008; Powers et al. 2006). Bei langer Immobilisation der HWS und damit einhergehender allgemeiner Bewegungseinschränkung steigt bei älteren Patienten die Morbidität und Mortalität (Hanigan et al. 1993; Kuntz et al. 2000; Meyer et al. 2018). Bei den 65 - 80-jährigen Patienten zeigt sich im Rahmen der konservativen Therapie eine erhöhte Mortalitätsrate, wohingegen bei den über 80-jährigen Patienten ein

genereller Vorteil der konservativen Therapie beschrieben wird (Heyde 2018; Badke 2018). Zu den speziellen perioperativen Komplikationen im Rahmen der ventralen Schraubenosteosynthese zählen die Verletzung von Halsorganen, Gefäßen oder Nerven. Die Wahrscheinlichkeit wird in der Literatur mit 9 % angegeben (Singla et al. 2015; Bühren 2002). Es kann im Verlauf zu Materiallockerung und kaudalem Einbruch oder ventralem Ausbruch der Schraube kommen (Arand et al. 2001; Oestern 2005; Scheidt et al. 2019; Spiegl et al. 2018; Hoffmann und Kandziora 2015). Insgesamt ist die ventrale Schraubenosteosynthese komplikationsarm. Bei der dorsalen Stabilisierung kann es intraoperativ zur Verletzung der A. vertebralis oder des N. occipitalis major mit Taubheitsgefühl und neuralgiformen Schmerzen des Hinterhaupts kommen. Postoperativ kann es zu Implantatversagen kommen. Die Rotationseinschränkung der HWS um 40 - 50 % gehört zu den erwartbaren postoperativen Beschwerden (Singla et al. 2015). Weitere allgemeine perioperative Komplikationen, unabhängig vom Frakturtyp oder der Therapieform, sind Infektionen und Wundheilungsstörungen, Implantatunverträglichkeiten, Blutung, Nachblutung und Hämatombildung sowie die Entstehung einer Thrombose oder Embolie.

1.3 Fragestellung und Zielsetzung

Ziel dieser retrospektiven Studie ist die Untersuchung der Behandlungsqualität und der gesundheitsbezogenen Lebensqualität nach konservativ bzw. operativ therapierter Densfraktur. Zudem soll die Mortalität in Abhängigkeit vom Geschlecht, Alter, Komorbiditäten und der jeweiligen Therapie analysiert werden.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

In die vorliegende Studie wurden alle Patienten, die aufgrund einer traumatischen Densfraktur konservativ oder operativ im Zeitraum von 2017 bis 2020 in der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen behandelt wurden, eingeschlossen. Zu den Ausschlusskriterien zählten pathologische HWS-Frakturen sowie Voroperationen an der Halswirbelsäule.

2.2 Datenerhebung

Die Daten der vorliegenden Dissertation wurden retrospektiv, monozentrisch erhoben. Vor Studienbeginn wurde bei der zuständigen Ethikkommission der Fakultät für Medizin der Universität Göttingen (Vorsitzender Prof. Dr. med. J. Brockmöller) die Zustimmung eingeholt (Antragsnummer 12/5/2021). Die ethischen Standards der Deklaration von Helsinki sind entsprechend erfüllt.

Über das Klinikarchiv wurden alle Patienten, die die Einschlusskriterien erfüllten, ausgewählt und pseudonymisiert mittels Microsoft Excel 365 tabellarisch aufgelistet. Nach Einsicht der elektronischen Patientenakten über das interne Krankenhaussystem „ixserv“ wurden folgende persönliche und unfallbezogene Daten erhoben:

- Kontaktdaten der Patienten
- Geschlecht und Patientenalter
- Vorerkrankungen
- Unfallmechanismus
- Frakturtyp (nach Anderson und D’Alonzo) sowie Begleitverletzungen
- Stationäre Aufenthaltsdauer, Aufenthalt auf einer Intensivstation
- Art der Therapie sowie Komplikationen
- Entlassungsort und Mortalität nach der jeweiligen Therapie

Zusätzlich wurden Operationsberichte eingesehen sowie prä- und posttherapeutische bildgebende Diagnostik über das klinikinterne Bildarchivprogramm Centricity PACS (GE Healthcare) hinsichtlich Frakturklassifikation und Dislokationsgrad ausgewertet.

Im Anschluss erfolgte die Kontaktaufnahme zum Einwohnermeldeamt, um bereits verstorbene Patienten zu ermitteln. Im Todesfall wurde das entsprechende Sterbedatum in die Studie einbezogen. Alle anderen Patienten erhielten postalisch eine Anfrage zur freiwilligen Teilnahme an der Studie. Zusätzlich enthalten war eine Beschreibung der vorliegenden Studie, ein Bogen zur Einverständniserklärung sowie ein standardisierter Fragebogen zu aktuellen Beschwerden und gesundheitsbezogener Lebensqualität. Die Scores sind im folgenden Abschnitt erläutert. Der SF-36 Fragebogen ist im Anhang hinterlegt. Alle erhobenen Daten wurden anonymisiert ausgewertet.

2.3 Scores

2.3.1 Visual Analog Scale (VAS)

Zur einfachen Beurteilung der subjektiven Schmerzsituation wurde eine numerische Analogskala um eine visuelle Darstellung mittels Smileys ergänzt (Kolltveit et al. 2020; Bijur et al. 2001; Langley und Sheppard 1985). Die Patienten wurden gebeten, auf einer Skala von null bis zehn ihr aktuelles Schmerzlevel im Bereich der Halswirbelsäule anzugeben (Abb. 9). Hierbei bedeutet null sowie der grüne, lachende Smiley keine Schmerzen, wohingegen zehn mit dem äquivalenten roten, traurigen Smiley den stärksten vorstellbaren Schmerz darstellt.



Abbildung 9: Eigene Darstellung zur Beurteilung des subjektiven Schmerzlevels

2.3.2 Neck Disability Index (NDI)

Der Neck Disability Index Score wird zur Evaluation von Schmerzen im Bereich der Halswirbelsäule verwendet. Er dient der subjektiven Einschätzung, inwieweit die HWS-Schmerzen die Lebensqualität des Patienten einschränken (Howard 2008). Die validierte deutsche Version (Cramer et al. 2014; Swanenburg et al. 2014) besteht insgesamt aus folgenden zehn Fragen (Tab. 1):

Tabelle 1: Fragebogen zur Berechnung des Neck Disability Index (Cramer et al. 2014)

Schmerzintensität	
Ich habe keine Schmerzen.	0 Punkte
Ich habe sehr geringe Schmerzen.	1 Punkt
Ich habe mäßige Schmerzen.	2 Punkte
Ich habe starke Schmerzen.	3 Punkte
Ich habe sehr starke Schmerzen.	4 Punkte
Ich habe stärkste Schmerzen.	5 Punkte
Persönliche Körperpflege	
Ich kann meine Körperpflege schmerzfrei erledigen.	0 Punkte
Ich kann meine Körperpflege unter Schmerzen erledigen.	1 Punkt
Ich bin wegen der Schmerzen bei der Körperpflege verlangsamt.	2 Punkte
Ich brauche etwas Hilfe bei der Körperpflege.	3 Punkte
Ich brauche täglich Hilfe bei der Körperpflege.	4 Punkte
Ich kann meine Körperpflege nicht mehr eigenständig durchführen.	5 Punkte
Heben	
Ich kann schwere Gegenstände schmerzfrei heben.	0 Punkte
Ich kann schwere Gegenstände unter Schmerzen heben.	1 Punkt
Ich kann schwere Gegenstände nur selten heben.	2 Punkte
Ich kann nur mittelschwere Gegenstände heben.	3 Punkte
Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben.	4 Punkte
Ich kann keine Gegenstände mehr heben oder tragen.	5 Punkte
Lesen	
Ich kann schmerzfrei lesen.	0 Punkte
Ich habe beim Lesen leichte Schmerzen.	1 Punkt
Ich habe beim Lesen mäßige Schmerzen.	2 Punkte
Ich kann wegen der Schmerzen nur wenig Lesen.	3 Punkte
Ich kann wegen der Schmerzen kaum Lesen.	4 Punkte
Ich kann wegen der Schmerzen nicht mehr Lesen.	5 Punkte
Kopfschmerzen	
Ich habe keine Kopfschmerzen.	0 Punkte
Ich habe unregelmäßig leichte Kopfschmerzen.	1 Punkt
Ich habe unregelmäßig mäßige Kopfschmerzen.	2 Punkte
Ich habe regelmäßig mäßige Kopfschmerzen.	3 Punkte
Ich habe regelmäßig starke Kopfschmerzen.	4 Punkte
Ich habe die meiste Zeit Kopfschmerzen.	5 Punkte

Konzentration	
Ich kann mich ohne Schwierigkeiten konzentrieren.	0 Punkte
Ich kann mich mit leichten Schwierigkeiten konzentrieren.	1 Punkt
Ich habe ziemliche Schwierigkeiten mich zu konzentrieren.	2 Punkte
Ich habe große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren.	3 Punkte
Ich habe sehr große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren.	4 Punkte
Ich kann mich nicht konzentrieren.	5 Punkte
Arbeit	
Ich kann alltägliche Arbeiten uneingeschränkt erledigen.	0 Punkte
Ich kann nur meine grundlegenden alltäglichen Arbeiten erledigen.	1 Punkt
Ich kann den größten Teil der alltäglichen Arbeiten erledigen.	2 Punkte
Ich kann meine alltäglichen Arbeiten nicht mehr erledigen.	3 Punkte
Ich kann kaum eine Arbeit erledigen.	4 Punkte
Ich kann keine Arbeiten mehr erledigen.	5 Punkte
Auto fahren	
Ich kann schmerzfrei Auto fahren.	0 Punkte
Ich kann mit leichten Schmerzen Auto fahren.	1 Punkt
Ich kann mit mäßigen Schmerzen Auto fahren.	2 Punkte
Ich kann wegen der mäßigen Schmerzen nur kurze Strecken Auto fahren.	3 Punkte
Ich kann wegen der starken Schmerzen kaum Auto fahren.	4 Punkte
Ich kann kein Auto mehr fahren.	5 Punkte
Schlafen	
Ich habe keine Schlafprobleme.	0 Punkte
Mein Schlaf ist kaum gestört.	1 Punkt
Mein Schlaf ist leicht gestört.	2 Punkte
Mein Schlaf ist mäßig gestört.	3 Punkte
Mein Schlaf ist stark gestört.	4 Punkte
Mein Schlaf ist komplett gestört.	5 Punkte
Freizeitaktivität	
Ich kann alle meine Freizeitaktivitäten schmerzfrei durchführen.	0 Punkte
Ich kann unter leichten Schmerzen meine Freizeitaktivität durchführen.	1 Punkt
Ich kann unter Schmerzen die meisten Freizeitaktivitäten durchführen.	2 Punkte
Ich kann wegen der Schmerzen nur einige Freizeitaktivitäten durchführen.	3 Punkte
Ich kann wegen der Schmerzen kaum Freizeitaktivitäten durchführen.	4 Punkte
Ich kann keine Freizeitaktivitäten durchführen.	5 Punkte

Geringe Einschränkungen werden mit null Punkten, die stärksten Einschränkungen mit fünf Punkten je Fragestellung bewertet. Die jeweiligen Punkte werden zur individuellen Gesamtpunktzahl addiert und durch die maximale Gesamtpunktzahl von 50 dividiert. Diese Punktzahl wird wiederum mit 100 % multipliziert (Cramer et al. 2014).

$$\text{NDI} = \frac{\text{Individuelle Gesamtpunktzahl}}{50} \times 100 \%$$

Das Ergebnis des NDI wird wie folgt bewertet:

0 – 8 % (0 – 4 Punkte)	keine Beeinträchtigung im alltäglichen Leben
10 – 28 % (5 – 14 Punkte)	milde Beeinträchtigung im alltäglichen Leben
30 – 48 % (15 – 24 Punkte)	moderate Beeinträchtigung im alltäglichen Leben
50 – 64 % (25 – 34 Punkte)	schwere Beeinträchtigung im alltäglichen Leben
70 – 100 % (\geq 35 Punkte)	komplette Beeinträchtigung im alltäglichen Leben

2.3.3 SF-36 Score

Mit dem SF-36 Fragebogen (Short-Form-36 Health Survey) lässt sich unabhängig vom Alter und dem aktuellen Gesundheitszustand die gesundheitsbezogene Lebensqualität aus Sicht der Befragten erfassen. So soll die körperliche und psychische Gesundheit des Patienten abgebildet werden. Der Test ist international anerkannt und zählt zu den Standardinstrumenten zur Erfassung der Lebensqualität (Bullinger 2000; Bullinger 1995). Der ursprünglich amerikanische SF-36 Health Survey umfasst 36 einfache Fragen, welche die Themen der körperlichen Funktionsfähigkeit (KÖFU), körperlichen Rollenfunktion (KÖRO), körperliche Schmerzen (SCHM), allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGES), Vitalität (VITA), soziale Funktionsfähigkeit (SOFU), emotionale Rollenfunktion (EMRO), psychisches Wohlbefinden (PSYC) und Veränderung des subjektiven Gesundheitszustands erfragen (Tab. 2) (Bullinger 2000). Jedes Themengebiet hat eine unterschiedliche Anzahl an Fragen. Die Antwortkategorien können binär oder mehrstufig sein. Jede Antwort ergibt einen Punktwert. Die Punkte werden innerhalb einer Themengruppe addiert. Einige Themengebiete werden speziell gewichtet. Hierfür existiert ein computergestütztes internetbasiertes Auswertungsprogramm „OrthoToolKit“. Außerdem werden alle Themengebiete in Werte zwischen null (schlechteste Lebensqualität) bis hundert (beste Lebensqualität) transformiert, was einen Vergleich untereinander und zwischen den Patientengruppen ermöglicht (Bullinger 2000).

Tabelle 2: SF-36 Themengebiete, Fragenanzahl und Inhalt (Bullinger 2000)

Themengebiet	Anzahl der Fragen	Inhalt
Körperliche Funktionsfähigkeit	10	Selbstversorgung, Gehen, Treppen steigen, Bücken, Heben, mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten
Körperliche Rollenfunktion	4	Alltägliche Aktivitäten
Körperliche Schmerzen	2	Schmerzen bei normaler Aktivität
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	Persönliche Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes, zukünftige Erwartungen
Vitalität	4	Aktuelle Energie oder Erschöpfung
Soziale Funktionsfähigkeit	2	Soziale Aktivitäten
Emotionale Rollenfunktion	3	Einfluss von emotionalem Zustand auf das alltägliche Leben
Psychisches Wohlbefinden	5	Allgemeine psychische Gesundheit
Veränderung der Gesundheit	1	Aktueller Gesundheitszustand verglichen mit letztem Jahr

In Tabelle 3 sind die Formeln für die Berechnung der Themengebiete und die Formel zur Transformation dargestellt. Das Themengebiet „Veränderung der Gesundheit“ muss nicht transformiert werden. Hier werden die Antworten als ordinal skalierte Daten sowie die prozentuale Häufigkeit jeder Antwortmöglichkeit angegeben.

Tabelle 3: Formeln zur Berechnung der Themengebiete (Bullinger 1998; Morfeld und Bullinger 2008)

Thema	Summe der Punktzahlen nach Umkodierung (tatsächlicher Rohwert)	niedrigster / höchster Rohwert	Mögliche Spannweite der Rohwerte
Körperliche Funktionsfähigkeit	$3a + 3b + 3c + 3d + 3e + 3f + 3g + 3h + 3i + 3j$ 1 – 3 Punkte / Frage	10 / 30	20
Körperliche Rollenfunktion	$4a + 4b + 4c + 4d$ 1 – 2 Punkte / Frage	4 / 8	4
Körperliche Schmerzen	$7 + 8$ Frage 7: 1 – 6 Punkte Frage 8: 1 – 5 Punkte	2 / 11	9
Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	$1 + 11a + 11b + 11c + 11d$ Frage 1: 1 – 5 Punkte Frage 11: 1 – 5 Punkte / Frage	5 / 25	20
Vitalität	$9a + 9e + 9g + 9i$ 1 – 6 Punkte / Frage	4 / 24	20
Soziale Funktionsfähigkeit	$6 + 10a + 10b + 10c + 10d$ Frage 6: 1 – 5 Punkte Frage 10: 1 – 5 Punkte / Frage	5 / 25	20
Emotionale Rollenfunktion	$5a + 5b + 5c$ 1 – 2 Punkte / Frage	3 / 6	3
Psychisches Wohlbefinden	$9b + 9c + 9d + 9f + 9h$ 1 – 6 Punkte / Frage	5 / 30	25

$$\text{Transformierte Skala} = \frac{(\text{tatsächlicher Rohwert}) - (\text{niedrigstmöglicher Rohwert})}{\text{mögliche Spannweite der Rohwerte}} \times 100$$

2.3.4 Charlson Age Comorbidity Index (CACI)

Der Charlson Comorbidity Index (CCI) zählt zu den am häufigsten verwendeten Komorbiditätsscores. Er bewertet sowohl die Schwere als auch die Anzahl von Komorbiditäten und die damit verbundenen perioperativen Risiken für den jeweiligen Patienten. Insgesamt erfasst der Score 19 Erkrankungen. Er ist ein Summenscore, bei dem jede Erkrankung mit einem Punktwert in die Berechnung einfließt. Die Punkte sind nach dem relativen Risiko, an der jeweiligen Erkrankung zu versterben berechnet (Charlson et al. 1987). Nachfolgend sind die Erkrankungen mit den dazugehörigen Punktwerten aufgelistet:

1 Punkt je Erkrankung:

Herzinfarkt, systolische Herzinsuffizienz, periphere arterielle Verschlusskrankheit, Demenz, zerebrovaskuläre Erkrankung, chronische Lungenerkrankung, Kollagenose, gastroduodenale Ulkuserkrankung, leichte Lebererkrankung, Diabetes mellitus

2 Punkte je Erkrankung:

Hemiplegie, moderate / schwere Nierenerkrankungen, Tumor, Leukämie, Lymphom, Diabetes mellitus mit Endorganschaden

3 Punkte je Erkrankung:

Moderate bis schwere Lebererkrankung

6 Punkte je Erkrankung

Metastasierter solider Tumor, AIDS

Anhand der errechneten Punktzahl lässt sich die 1-Jahres-Mortalität des Patienten angeben.

0 Punkte	= 12%ige 1-Jahres-Mortalität
1 - 2 Punkte	= 26%ige 1-Jahres-Mortalität
3 - 4 Punkte	= 52%ige 1-Jahres-Mortalität
≥ 5 Punkte	= 85%ige 1-Jahres-Mortalität

Im Verlauf wurde der CCI 1994 um den Faktor Alter erweitert und wurde zum Charlson Age Comorbidity Index (Charlson et al. 1994). Ab dem 50. Lebensjahr wird dem CCI pro Lebensjahrzehnt ein Punkt addiert. Je höher die Punktzahl des CACI, desto höher ist das Risiko für perioperative Komplikationen und das damit assoziierte Mortalitätsrisiko (Charlson et al. 1994).

2.3.5 Injury Severity Score (ISS)

Zur Beurteilung der Schwere des stattgehabten Traumas wurde der Injury Severity Score berechnet. Dieser wurde erstmals 1975 von Baker (Baker et al. 1974) veröffentlicht und wird standardmäßig in der Traumatologie zur Berechnung der Verletzungsschwere verwendet. Die Verletzungen werden sechs verschiedenen Körperregionen zugeordnet. Hierzu zählen die Hals-Kopf-Region, Gesicht, Thorax, Abdomen, Extremitäten und äußere Verletzungen. Abhängig von der Verletzungsschwere werden gemäß der Abbreviated Injury Scale (AIS) null bis sechs Punkte vergeben, wobei die Punktzahl sechs den schwersten Verletzungsgrad darstellt (Tab. 4).

Tabelle 4: Abbreviated Injury Scale (Baker et al. 1974)

VERLETZUNGSSCHWERE	
1	leicht
2	moderat
3	ernst
4	schwer
5	lebensbedrohlich
6	tödlich

Bei mehreren Verletzungen einer Region wird die schwerste Verletzung ausgewählt. Die drei am schwersten verletzten Körperregionen werden gemäß folgender Formel zur Berechnung des ISS-Score verwendet:

$$HTI^2 + HTI^2 + HTI^2 = \text{ISS-Score}$$

$$HTI = \text{Highest Trauma Index}$$

So können Werte zwischen drei (geringe Verletzungsschwere) und 75 (maximale Verletzungsschwere) errechnet werden. Bei letalen Verletzungen wird der ISS ohne Berechnung automatisch als 75 gewertet. Ein ISS Score unter 10 Punkten wird als leichtgradige, unter 25 Punkten als mittelgradige und über 25 Punkten als schwergradige Verletzung bezeichnet (Baker et al. 1974).

2.4 Statistik

Die Informationen aus den elektronischen Patientenakten sowie die Ergebnisse der Fragebögen wurden zunächst anonymisiert in einer Excel Tabelle (Microsoft® 365) erfasst und in das Softwareprogramm GraphPad Prism® (Version 4, GraphPad Software Inc., San Diego CA, USA, 2003) übertragen. Mit Hilfe beider Programme erfolgte die graphische Darstellung der Ergebnisse. Es erfolgte eine deskriptive sowie eine analytische Auswertung. Häufigkeiten wurden als absolute oder als relative Häufigkeiten angegeben. Es wurde der Mittelwert mit Standardabweichung und der Median mit Maximum / Minimum berechnet. Für den Vergleich von zwei unabhängigen Stichproben wurde der t-Test verwendet. Wenn keine Gaußsche Normalverteilung angenommen werden konnte, wurden die Messwerte mit dem U-Test nach Mann und Whitney verglichen. Ein p-Wert $<0,05$ wurde als statistisch signifikant, $p=0,05$ als Tendenz zur statistischen Signifikanz und $p<0,01$ als hochsignifikant gewertet. Ein p-Wert $>0,05$ war nicht signifikant. Zur Untersuchung von Zusammenhängen mehrerer Gruppen wurde die Varianzanalyse verwendet. Innerhalb der weiterführenden Statistik wurde die Kaplan-Meier Methode angewandt und zur Veranschaulichung der Überlebenswahrscheinlichkeit die Kaplan-Meier-Kurve generiert. Um herauszufinden, welche Einflussfaktoren die Zielvariable Überlebenswahrscheinlichkeit beeinflussen, wurden Analysen nach dem Cox-Regressionsmodell durchgeführt. Zum Vergleich der Fragebogen-Scores untereinander wurde eine Korrelationsanalyse mit Erhebung eines Korrelationskoeffizienten r nach Pearson und Spearman durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Gesamtkollektiv

In der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen wurden im Zeitraum von 2017 bis 2020 insgesamt 93 Patienten mit einer traumatischen Densfraktur therapiert und somit in die Studie eingeschlossen.

3.1.1 Geschlechter- und Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt

Von den 93 Patienten waren 35 männlich (37,6 %) und 58 weiblich (62,4 %). Zum Zeitpunkt der Verletzung betrug das mittlere Durchschnittsalter $78,9 \pm 13,7$ Jahre (min. 18 Jahre, max. 96 Jahre). Das mittlere Durchschnittsalter lag bei den weiblichen Patienten mit $82,5 \pm 8,2$ Jahren (min. 57 Jahre, max. 96 Jahre) höher als bei den männlichen Patienten mit $72,9 \pm 18,4$ Jahren (min. 18 Jahre, max. 92 Jahre).

Im Folgenden ist die Altersverteilung des Gesamtkollektivs sowie geschlechterspezifisch als Boxplot (Abb. 10) dargestellt:

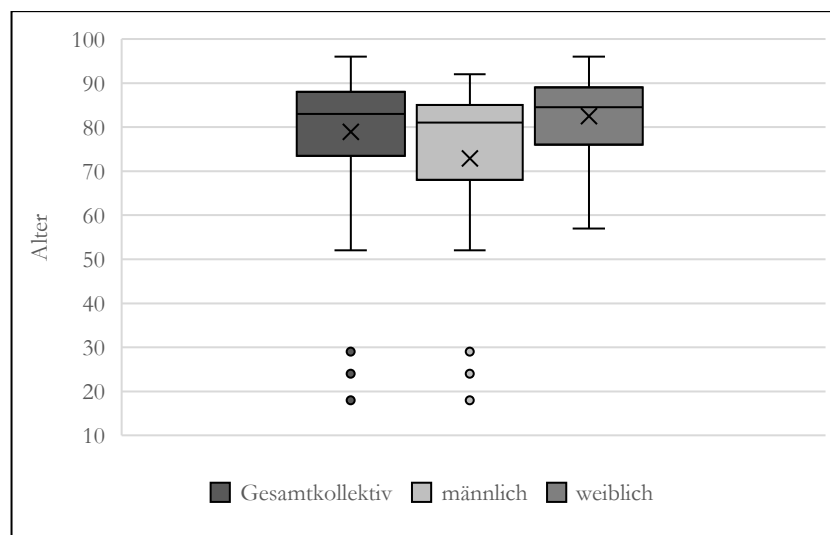


Abbildung 10: Boxplots zur Altersverteilung (in Jahren) zum Unfallzeitpunkt für das Gesamtkollektiv (n=93), männliche (n=35) und weibliche (n=58) Patienten

Abbildung 11 zeigt, dass die Häufigkeit der Densfraktur mit zunehmendem Alter zunächst ansteigt. Am häufigsten erlitten Patienten im Alter von 80 - 89 Jahren eine entsprechende Verletzung. Zudem waren mit zunehmendem Alter überwiegend Frauen betroffen. Ab dem 90. Lebensjahr nahmen die Densfrakturen im Gesamtkollektiv wieder ab.

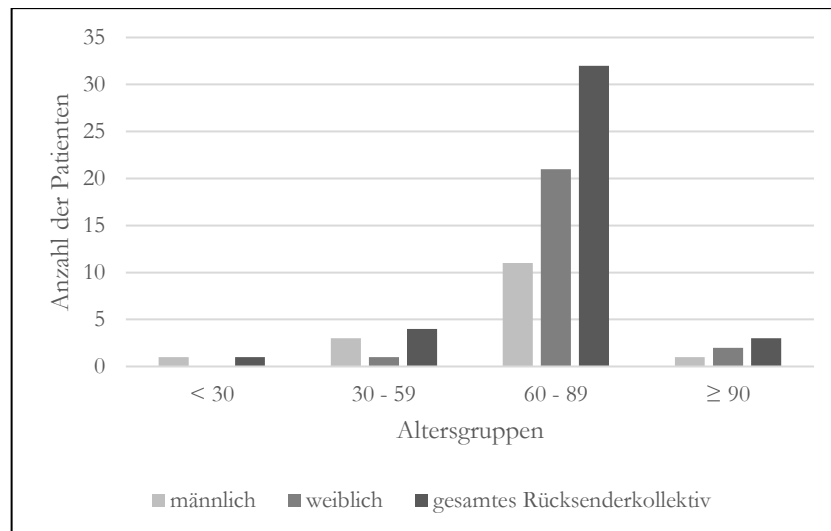


Abbildung 11: Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt für das Gesamtkollektiv (n=93), männliche (n=35) und weibliche (n=58) Patienten

3.1.2 Vorerkrankungen

Die Komorbiditäten der Patienten wurden anhand der Akteneinsicht herausgearbeitet und sind in Abbildung 12 dargestellt:

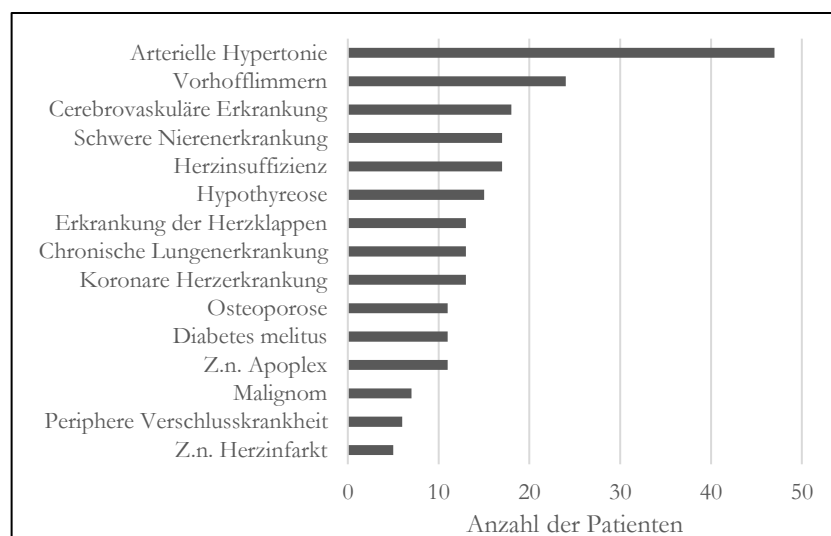


Abbildung 12: Darstellung der Komorbiditäten im Gesamtkollektiv (n=93) (mehrere Vorerkrankungen pro Patient möglich)

Von den insgesamt 93 Patienten hatten 75 Patienten (80,6 %) mindestens eine Vorerkrankung, wobei die maximale Anzahl an Komorbiditäten bei 10 Erkrankungen lag. Hierrunter hatten 62 Patienten (66,7 %) mindestens eine kardiovaskuläre Vorerkrankung. 18 Patienten (19,4 %) hatten keine Vorerkrankung. Das mittlere Durchschnittsalter dieser Gruppe betrug $67,7 \pm 22,7$ Jahre und es zeigte sich kein geschlechterspezifischer Unterschied.

3.1.3 Alterskorrigierter Charlson Comorbidity Index (CACI)

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde nachträglich der alterskorrigierte Charlson Comorbidity Index (CACI) vor Therapiebeginn erhoben. Dieser gibt das Risiko für perioperative Komplikationen und das damit assoziierte Mortalitätsrisiko an. In Abbildung 13 zeigt sich, dass nur drei männliche Patienten einen CACI von 0 Punkten hatten und damit ein Risiko von 12 % bestand, innerhalb des ersten postoperativen Jahres zu versterben. Fünf Patienten hatten mit einem CACI von 1 oder 2 Punkten ein Risiko von 26 %, hier zeigte sich kein geschlechterspezifischer Unterschied. Mit einem CACI von 3 oder 4 Punkten hatten 33 Patienten das Risiko für eine 52%ige 1-Jahres-Mortalität (14 männliche Patienten, 19 weibliche Patienten). Ein Risiko von 85%iger 1-Jahres-Mortalität mit einem CACI gleich oder größer 5 Punkte hatten insgesamt 52 Patienten (14 männliche Patienten, 38 weibliche Patienten). Zusammengefasst hatten über 50 % des Gesamtkollektivs aufgrund des Alters und der Komorbiditäten ein hohes Risiko innerhalb des ersten postoperativen Jahres zu versterben.

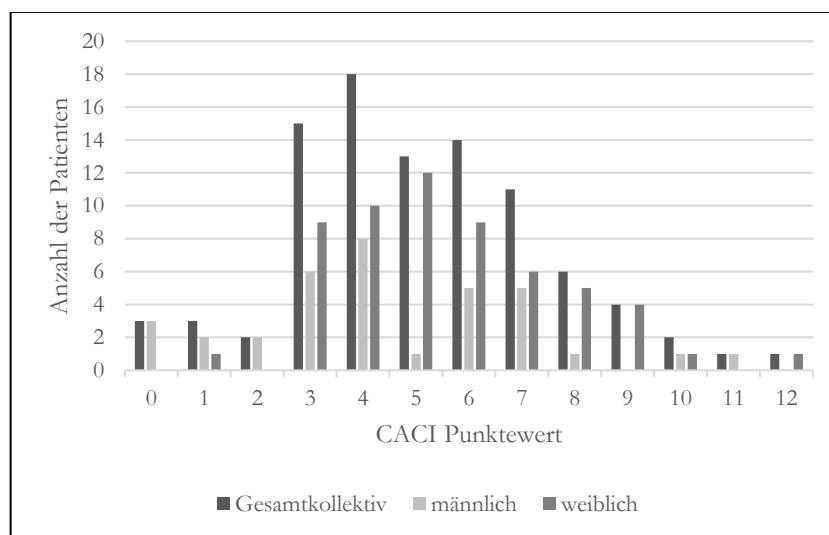


Abbildung 13: Alterskorrigierter Charlson Comorbidity Index (CACI) vor Therapiebeginn für das Gesamtkollektiv (n=93), männliche (n=35) und weibliche (n=58) Patienten

3.1.4 Unfallursache

Die häufigste Unfallursache einer Densfraktur war bei 60 von 93 Patienten (65,5 %) ein banaler Sturz. Dazu zählte der Sturz aus dem Stand, beispielsweise im Rahmen einer Synkope, ein Stolpersturz sowie der Sturz aus dem Sitzen. Die zweithäufigste Ursache war bei 19 von 93 Patienten (20,4 %) ein Sturz aus großer Höhe wie ein Treppen- oder Leitersturz. Der Verkehrsunfall mit dem PKW oder Fahrrad kam bei 14 von 93 Patienten (15,1 %) als Unfallursache vor (Abb. 14).

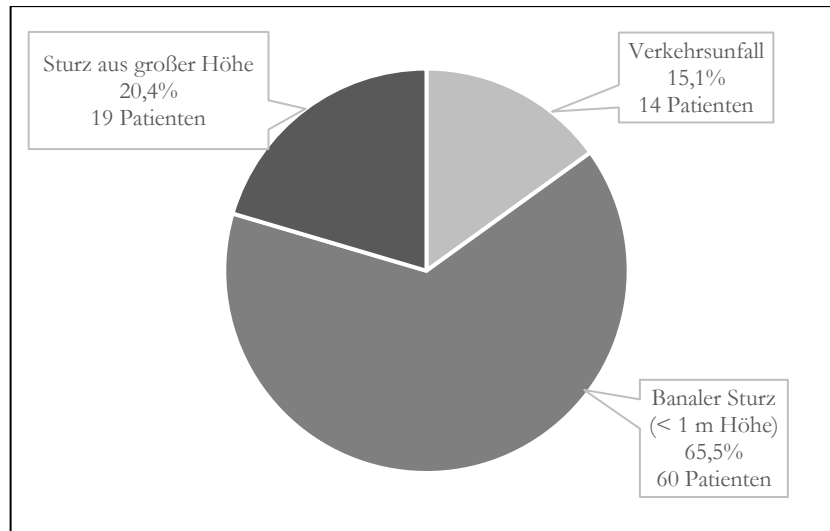


Abbildung 14: Darstellung der Unfallursache einer Densfraktur im Gesamtkollektiv (n=93)

Im direkten Vergleich der Unfallursache mit dem Geschlecht waren von den 60 banalen Stürzen 21 männliche (35 %) und 39 weibliche Patienten (65 %) betroffen. Bei den 19 Stürzen aus großer Höhe waren 7 männliche (36,8 %) und 12 weibliche Patienten (63,2 %) verletzt worden. Bei den Verkehrsunfällen gab es keinen geschlechterspezifischen Unterschied (Abb. 15).

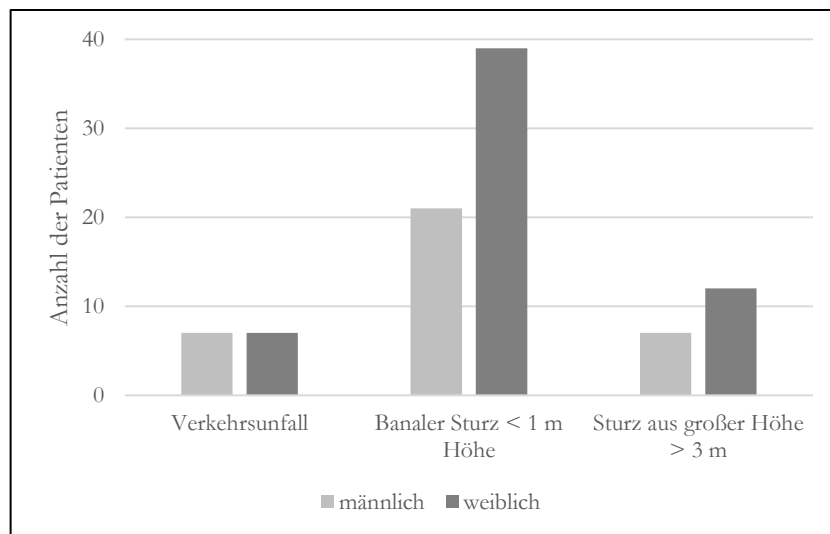


Abbildung 15: Darstellung der Unfallursache im Gesamtkollektiv (n=93), verglichen mit dem Geschlecht (männlich n=35, weiblich n=58)

Der Vergleich von Unfallursache und Alter zeigt, dass ab dem 60. Lebensjahr in allen Altersgruppen banale Stürze die Hauptursache waren (Abb. 16). Das mittlere Durchschnittsalter war in dieser Gruppe mit $82,3 \pm 8,4$ Jahren (min. 57 Jahre, max. 93 Jahre) am höchsten. Bei Stürzen aus großer Höhe waren die Patienten im mittleren Durchschnitt $76,6 \pm 16,8$ Jahre alt (min. 24 Jahre, max. 94 Jahre). Die Patienten, die an einem Verkehrsunfall beteiligt waren, waren im mittleren Durchschnitt mit $67,6 \pm 20,6$ Jahren am jüngsten (min. 18 Jahre, max. 84 Jahre).

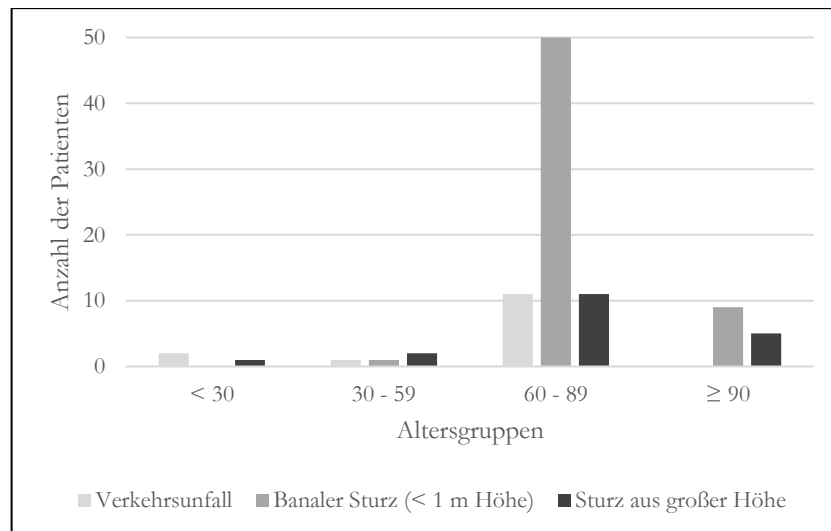


Abbildung 16: Darstellung der Unfallursache im Gesamtkollektiv (n=93), verglichen mit dem Alter

3.1.5 Frakturtyp nach Anderson und D'Alonzo

Von den insgesamt 93 Densfrakturen erlitt eine 90-jährige Patientin (1,1 %) eine Typ I Fraktur aufgrund eines banalen Sturzes. Der Frakturtyp II kam mit 70 Patienten (75,3 %) am häufigsten vor (42 Typ IIA, 20 Typ IIB, 8 Typ IIC). Das durchschnittliche Alter in dieser Gruppe betrug $79,5 \pm 12,7$ Jahre. Es waren 28 Männer (40 %) und 42 Frauen (60 %) betroffen. Ursächlich war am häufigsten ein banaler Sturz. 22 Densfrakturen (23,6 %) entsprachen dem Typ III (Abb. 17). Das durchschnittliche Alter betrug $76,5 \pm 16,2$ Jahre und es waren 7 männliche (31,8 %) und 15 weibliche (68,2 %) Patienten. Häufigste Ursache war auch hier der banale Sturz (Abb. 18). Bei 58 Patienten (62,4 %) war die Fraktur undisloziert. Eine Dislokation nach ventral zeigte sich bei 6 Patienten (6,4 %) (1 Typ IIA, 3 Typ IIB, 2 Typ IIC) und eine Dislokation nach dorsal bei 29 Patienten (31,2 %) (18 Typ IIA, 6 Typ IIB, 5 Typ III).

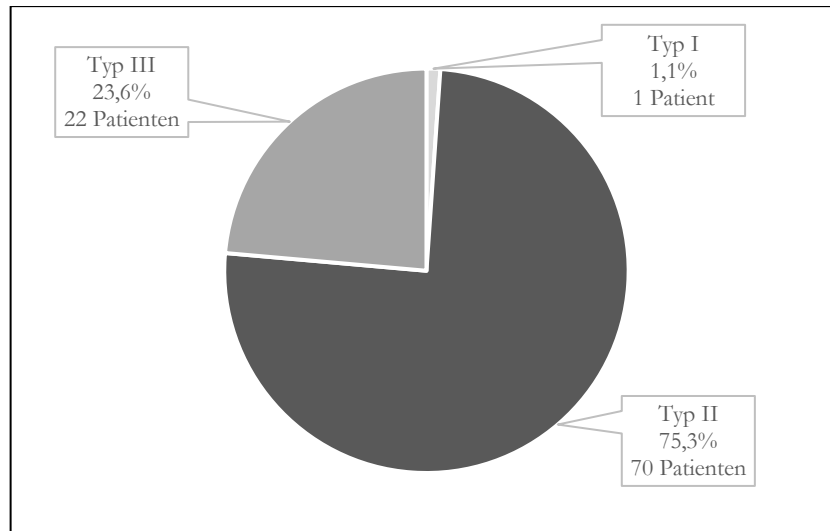


Abbildung 17: Darstellung der Frakturtypen nach Anderson und D'Alonzo bezogen auf das Gesamtkollektiv (n=93)

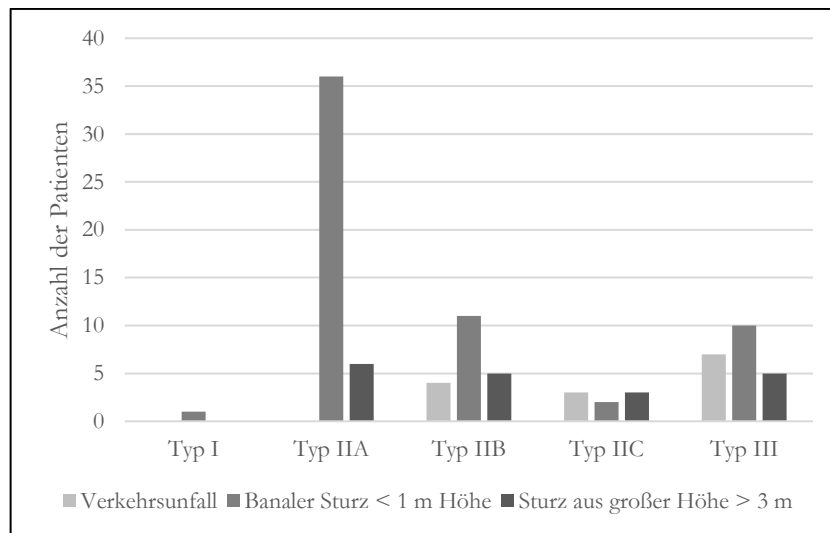


Abbildung 18: Darstellung der Frakturtypen nach Anderson und D'Alonzo im Gesamtkollektiv (n=93) verglichen mit dem Unfallmechanismus

3.1.6 Begleitverletzungen

Bei 16 Patienten (17,2 %) handelte es sich um eine isolierte Densfraktur. 77 der 93 Patienten des Gesamtkollektivs (82,8 %) hatten neben einer Densfraktur noch weitere Verletzungen. Im mittleren Durchschnitt waren es drei Begleitverletzungen (Abb. 19). Am häufigsten war bei 36 Patienten (38,7 %) die Kopfplatzwunde. Ein begleitendes Schädelhirntrauma wurde bei 23 Patienten (24,7 %) diagnostiziert, wobei 7 Patienten (7,5 %) eine traumatische Subarachnoidalblutung, ein Subduralhämatom, eine Kontusions- oder eine intrakranielle Blutung hatten. Bei 35 Patienten (37,6 %) gab es weitere Frakturen der HWS. Es kam bei 76 von 93 Patienten (81,7 %) zu einem frontalen und bei 17 Patienten (18,3 %) zu einem

dorsalen Kopfanprall. Bei den Patienten mit frontalem Kopfanprall hatte ein Patient (1,3 %) eine Typ I, 58 Patienten (76,3 %) eine Typ II (35 Typ IIA, 18 Typ IIB, 5 Typ IIC) und 17 Patienten (22,4 %) eine Typ III Densfraktur. Bei den Patienten mit dorsalem Kopfanprall waren es 12 Patienten (70,6 %) mit einer Typ II (7 Typ IIA, 2 Typ IIB, 3 Typ IIC) und fünf Patienten (29,4 %) mit einer Typ III Densfraktur.

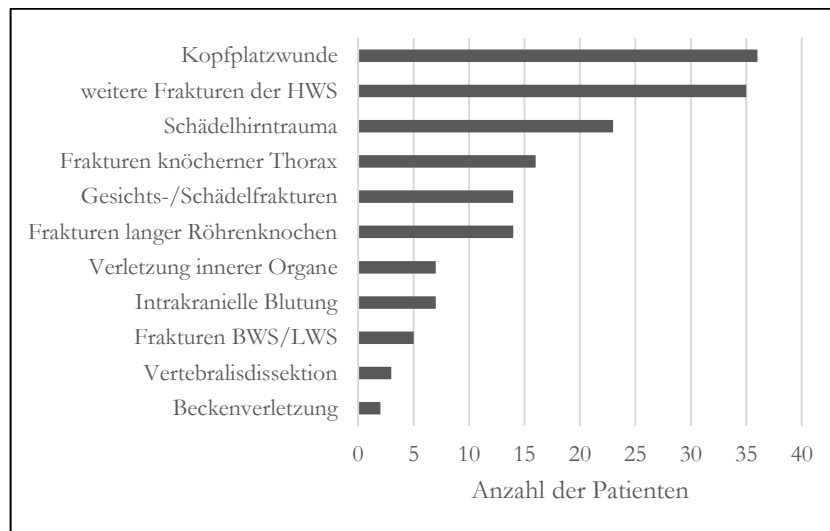


Abbildung 19: Darstellung der Begleitverletzungen im Gesamtkollektiv (n=93) (mehrere Verletzungen pro Patient möglich)

3.1.7 Verletzungsschwere nach dem Injury Severity Score (ISS)

Die Schwere der Verletzung wurde mit Hilfe des ISS ermittelt. Der durchschnittliche Wert lag bei 12,4 Punkten. 72 Patienten (77,4 %) hatten mit ≤ 10 Punkten eine leichte Verletzungsschwere. Mittelschwer verletzt waren mit < 25 Punkten 8 Patienten (8,6 %) und schwer verletzt mit über 25 Punkten 13 Patienten (14 %). Dieser Gruppe gehören auch die 8 intrahospital verstorbenen Patienten an.

3.1.8 Therapie

Von den insgesamt 93 Patienten wurden 38 Patienten (40,9 %) primär konservativ therapiert. Hier erfolgte die Ruhigstellung in einer harten Zervikalorthese über einen Zeitraum von mindestens 6 Wochen. Die konservative Therapie war bei 6 Patienten trotz bestehender Indikation zur operativen Versorgung expliziter Patientenwunsch oder Wunsch der Angehörigen. Hierunter hatten drei Patienten eine dislozierte Typ IIA und drei Patienten eine dislozierte Typ III Densfraktur. Bei 13 Patienten (8 Typ IIA, 1 Typ IIB, 1 Typ IIC, 3 Typ III) bestand aus ärztlicher Sicht prinzipiell die Indikation zur operativen Therapie. Aufgrund des reduzierten Allgemeinzustandes oder der Schwere der Begleitverletzungen wurde sich dennoch für eine konservative Therapie entschieden. Bei stabiler und undislozierter Fraktur (1 Typ I,

1 Typ IIA, 7 Typ IIB, 1 Typ IIC, 9 Typ III) entschied man sich bei insgesamt 19 Patienten für ein konservatives Therapieprocedere.

Primär operativ versorgt wurden insgesamt 55 Patienten (59,1%). Die ventrale Schraubenosteosynthese nach Böhler wurde bei 25 Patienten mit einer Typ II Densfraktur (19 Typ IIA, 5 Typ IIB, 1 Typ IIC) durchgeführt. Eine dorsale atlantoaxiale Stabilisierung nach Goel und Harms erhielten 27 Patienten. Hierunter waren 7 Typ III und 20 Typ II Densfrakturen (9 Typ IIA, 6 Typ IIB, 5 Typ IIC). Dieses Verfahren wurde navigiert durchgeführt. In drei Fällen musste bei Therapieversagen nach ventraler Stabilisierung zweizeitig eine dorsale Spondylodese durchgeführt werden. In Tabelle 5 sind die Therapieformen in Bezug zum Frakturtyp zusammengefasst. Eine ergänzende graphische Darstellung zeigt Abbildung 20.

Tabelle 5: Therapieform im Gesamtkollektiv (n=93) mit Bezug zum Frakturtyp

Therapie		Typ I n=1 (1,1 %)	Typ IIA n=42 (45,2 %)	Typ IIB n=20 (21,5 %)	Typ IIC n=8 (8,6 %)	Typ III n=22 (23,6 %)
konservativ n=38 (40,9 %)		n=1 (100 %)	n=12 (28,6 %)	n=8 (40,0 %)	n=2 (25,0 %)	n=15 (68,2 %)
chirurgisch n=55 (59,1 %)	direkte ventrale Schraubenosteosynthese nach Böhler		n=19 (45,2 %)	n=5 (25,0 %)	n=1 (12,5 %)	
	dorsale Spondylodese nach Goel und Harms		n=9 (21,4 %)	n=6 (30,0 %)	n=5 (62,5 %)	n=7 (31,8 %)
	Verfahrenswechsel		n=2 (4,8 %)	n=1 (5,0 %)		

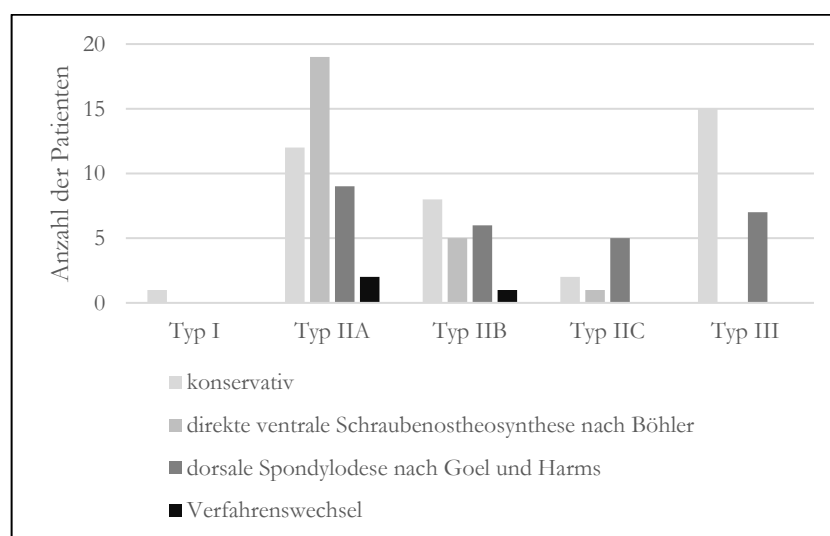


Abbildung 20: Therapieform im Gesamtkollektiv (n=93) mit Bezug zum Frakturtyp

Es lässt sich zusammenfassen, dass Typ II Densfrakturen unabhängig von der Unterklassifikation nach Grauer mit 68,6 % häufiger chirurgisch versorgt wurden. Bei den Typ III Densfrakturen überwog mit 68,2 % und bei den Typ I Frakturen mit 100 % die konservative Therapie. Innerhalb der Typ III Densfrakturen wurden 31,8 % chirurgisch versorgt. Hier wurde grundsätzlich die dorsale Spondylodese nach Goel und Harms angewandt. Die Typ IIA Frakturen wurden mit 71,4 % am häufigsten chirurgisch versorgt. Die bevorzugte Operationsmethode war mit 45,2 % die direkte ventrale Schraubenosteosynthese nach Böhler. Die Typ IIB und Typ IIC Frakturen wurden bevorzugt mittels dorsaler Spondylodese nach Goel und Harms therapiert. Vergleicht man das Alter der Patienten mit der Therapieentscheidung so fiel auf, dass bei den Patienten über 90 Jahre bevorzugt die konservative Therapie trotz bestehender Indikation zur operativen Versorgung durchgeführt wurde. Dies lag an dem Wunsch der Angehörigen oder an der Schwere der Begleitverletzungen bzw. des Allgemeinzustandes der Patienten.

Nachfolgend wurde überprüft, ob der CACI einen Einfluss auf die Therapieentscheidung hatte (Tab. 6). Die Patienten mit einem CACI ≤ 3 als auch die Patienten mit einem CACI > 3 Punkte wurden häufiger chirurgisch versorgt. Innerhalb der Gruppe der Patienten mit einem CACI ≤ 3 fiel allerdings auf, dass die Patienten insgesamt seltener konservativ therapiert wurden als die Patienten mit einem CACI > 3 .

Tabelle 6: Therapieentscheidung im Gesamtkollektiv (n=93) in Korrelation zum CACI

CACI	Gesamtanzahl	Konservativ	Chirurgisch
≤ 3	23	n=7 (30,4 %)	n=16 (69,6 %)
> 3	70	n=31 (44,3 %)	n=39 (55,7 %)

3.1.9 Zeitraum zwischen Unfallereignis und operativer Versorgung

Von den insgesamt 55 operativ behandelten Patienten wurde der Zeitraum zwischen Unfalltag und Operation ermittelt. Bei 33 Patienten (60 %) lag die Dauer zwischen Unfall und Operation bei 1 - 5 Tagen. 12 Patienten (21,8 %) wurden nach 6 - 10 Tagen operiert und bei 10 Patienten (18,2 %) erfolgte die Operation nach mehr als 10 Tagen (Abb. 21). Durchschnittlich vergingen $8,4 \pm 12,1$ Tage zwischen Unfalltag und operativer Versorgung der Densfraktur.

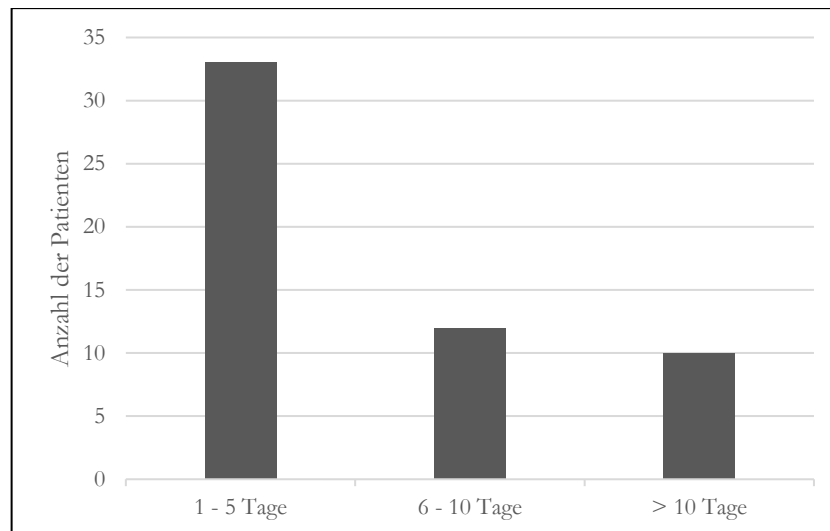


Abbildung 21: Zeitraum zwischen Unfalltag und operativer Versorgung in Tagen im Gesamtkollektiv (n=93)

Ursächlich für die verzögert erfolgten Operationen waren die Einrichtung einer Betreuung sowie sekundäre Zuverlegungen aus anderen Krankenhäusern. Hier konnte die operative Therapie erst nach 14, 17, 21 bzw. 23 Tagen erfolgen. Drei Patienten wünschten initial zunächst explizit ein konservatives Procedere. Bei sekundärer Frakturdislokation musste hier im Verlauf auf ein operatives Verfahren gewechselt werden. Sie wurden nach 33, 56 bzw. 68 Tagen operativ mittels dorsaler Spondylodese therapiert. Bei drei Patienten, welche erst nach 11, 13 und 14 Tagen operiert wurden, konnte keine Begründung ausgearbeitet werden.

3.1.10 Dauer des stationären Aufenthaltes

Konservativ therapierte Patienten waren durchschnittlich 6 Tage (min. 0 Tage, max. 25 Tage) und operativ versorgte Patienten durchschnittlich 17 Tage (min. 4 Tage, max. 80 Tage) in stationärer Behandlung. Der längste stationäre Aufenthalt eines Patienten mit konservativ therapierter Densfraktur war 25 Tage. Hier kam es im Rahmen des stationären Aufenthaltes zu einer kardiopulmonalen Reanimation und der Patient musste für einen längeren Zeitraum auf der Intensivstation behandelt werden. Nach dorsaler Spondylodese blieben die Patienten mit durchschnittlich 20 Tagen (min. 7 Tage, max. 80 Tage) länger in stationärer Behandlung als nach ventraler Stabilisierung mit durchschnittlich 13 Tagen (min. 4 Tage, max. 27 Tage). Die drei Patienten, bei denen es nach ventraler Stabilisierung zu einem Therapieversagen kam, mussten zweizeitig dorsal stabilisiert werden und blieben durchschnittlich 24 Tage (min. 7 Tage, max. 45 Tage) in stationärer Behandlung. Das Alter sowie der CACI zeigten keine Korrelation zur stationären Aufenthaltsdauer. Bezüglich des ISS zeigte sich, je höher dieser Wert war, desto länger verblieben die Patienten in stationärer Behandlung (Tab. 7). Insgesamt befanden sich

14 Patienten (15,1 %) postoperativ zur Überwachung oder aufgrund der Schwere der Begleitverletzungen auf einer Intensivstation.

Tabelle 7: Stationäre Aufenthaltsdauer in Abhängigkeit vom Alter, dem CACI, dem ISS und der Therapie (Gesamtkollektiv n=85, intrahospital verstorbene Patienten wurden extrahiert)

		Patientenanzahl	Stationäre Aufenthaltsdauer (in Tagen)	Durchschnittliche stationäre Aufenthaltsdauer (in Tagen)
Alter (in Jahren)	< 30	3	4 – 18	10
	30 – 59	4	7 – 28	13
	60 – 89	67	0 – 80	14
	≥ 90	11	2 – 27	10
CACI	≤ 3	22	2 – 80	15
	> 3	70	0 – 45	12
ISS	< 10	72	0 – 45	11
	< 25	8	4 – 36	18
	> 25	13	16 – 80	32
Therapie	konservativ	38	0 – 25	6
	ventrale Stabilisierung	25	4 – 27	13
	dorsale Spondylodese	27	7 – 80	20
	Verfahrenswechsel	3	7 – 45	24

3.1.11 Wohnsituation

Vor dem Unfall lebten 80 Patienten (86 %) im häuslichen Umfeld, 12 Patienten (12,9 %) im Pflegeheim und ein Patient (1,1 %) befand sich aufgrund seiner Vorerkrankungen auf der Palliativstation. Von den 80 Patienten, die zuvor im häuslichen Umfeld gelebt haben, konnten 33 Patienten (41,3 %) zurück in die Häuslichkeit entlassen werden, 30 Patienten (37,5 %) wurden in einer Rehabilitationseinrichtung weiterversorgt und 10 Patienten (12,5 %) wurden in eine Kurzzeitpflege verlegt. Ein Patient (1,2 %) wurde in der Abteilung für Innere Medizin weiterbehandelt und für einen Patienten (1,2 %) wurde ein Langzeitpflegeplatz organisiert. Fünf Patienten (6,3 %) sind intrahospital verstorben (Abb. 22).

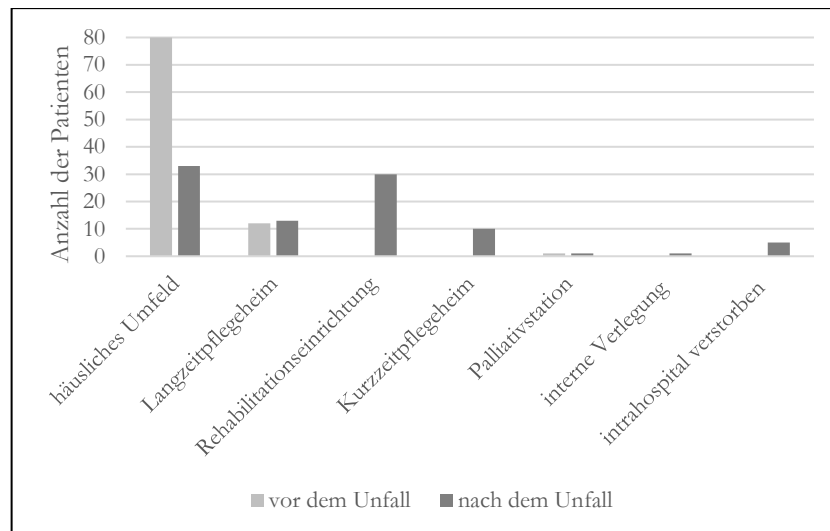


Abbildung 22: Wohnsituation der Patienten (n=93) vor und nach dem Unfall

3.1.12 Komplikationen und subjektive Beschwerden

Insgesamt hatten 27 der 93 Patienten (29 %) einen komplikationslosen Verlauf. Davon waren mehr komplikationslose Verläufe in der Gruppe der konservativen Therapie (16/38 Patienten, 42,1 %) als in der Gruppe der chirurgisch versorgten Patienten (11/55 Patienten, 20 %). Innerhalb der operativ behandelten Gruppe hatten nach ventraler Stabilisierung 32 % der Patienten (8/25 Patienten) einen komplikationslosen Verlauf. Nach dorsaler Spondylodese kam es in 88,9 % der Fälle (24/27 Patienten) zu Komplikationen.

3.1.12.1 Intraoperative Komplikationen

Bei einer 87-jährigen Patientin, welche sich im Rahmen eines banalen Sturzes eine Typ II Densfraktur sowie eine Kopfplatzwunde zugezogen hatte, kam es intraoperativ im Rahmen der ventralen Stabilisierung zu einem Kreislaufstillstand und die Patientin musste reanimiert werden. Zu den Vorerkrankungen der Patientin zählte ein arterieller Hypertonus sowie eine Marcumartherapie bei Vorhofflimmern. Einen Tag nach abgebrochener Operation erfolgte ein Verfahrenswechsel und die Densfraktur wurde dorsal stabilisiert. Bei einem anderen Patienten kam es im Rahmen der dorsalen Spondylodese zu einer Vertebralisdissektion. Diese konnte mittels Coiling therapiert werden.

3.1.12.2 Posttherapeutische Komplikationen

In der konservativen Gruppe hatten 18,4 %, nach ventraler Stabilisierung 28 % und nach dorsaler Spondylodese 53,3 % der Patienten therapieunabhängige Komplikationen. Hierzu zählten in absteigender Häufigkeit Pneumonien, Pleuraergüsse, Harnwegsinfekte, respiratorische und kardiale Komplikationen, Delir, akutes Nierenversagen und

Elektrolytentgleisung, Sepsis, Lungenarterienembolie, Schluckstörungen und Anämie. Zu den therapieassoziierten Komplikationen zählten in absteigender Reihenfolge der muskuläre Hartspann mit paravertebralen Schmerzen, Bewegungseinschränkungen und Hautdekubitus. Die revisionspflichtigen Komplikationen (4,3 % innerhalb des Gesamtkollektiv) umfassten die sekundäre Fragmentdislokation, Materialversagen und Wundheilungsstörungen. In der konservativen Gruppe hatten 26,3 %, nach ventraler Stabilisierung 36 % und nach dorsaler Spondylodese 53,3 % der Patienten therapieassoziierte Komplikationen.

3.1.13 Intrahospitale Mortalität

8 Patienten (8,6 %) verstarben nach dem Unfall im Krankenhaus (Tab. 8). Die Geschlechterverteilung zeigte sich ausgeglichen. Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug $85,1 \pm 10,7$ Jahre (min. 60 Jahre, max. 94 Jahren). Fünf der verstorbenen Patienten (62,5 %) haben zuvor mit ihren Familien in der häuslichen Umgebung gelebt und drei Patienten waren aufgrund ihrer Vorerkrankungen und ihres Allgemeinzustandes im Pflegeheim. Die Unfallursache war ausgeglichen zwischen einem banalen Sturz und dem Sturz aus großer Höhe verteilt. In 62,5 % der Fälle hatten die Patienten eine Typ II und in 37,5 % eine Typ III Densfraktur. Bis auf eine 94-jährige Patientin waren alle Patienten schwer vorerkrankt. Der CACI war nur bei Patient Nr. 8 mit 2 Punkten niedrig. Dieser Patient war alkoholisiert über eine Treppenstufe gestolpert und hatte sich dabei eine schwere Kopfverletzung zugezogen. Alle anderen Patienten hatten aufgrund ihres Alters und der Vorerkrankungen ein generelles Risiko von 85 % innerhalb des ersten posttherapeutischen Jahres zu versterben. Alle Patienten hatten neben der Densfraktur Begleitverletzungen. Die Begleitverletzungen gingen von einer einfachen Kopfplatzwunde oder Nasenbeinfraktur bis hin zu schwerem Schädelhirntrauma mit intrakranieller Blutung und Kalottenfraktur. 6 der verstorbenen Patienten wurden bzgl. der Densfraktur konservativ therapiert. Hierbei bestand bei allen Patienten prinzipiell die Indikation zur operativen Versorgung. Bei zwei Patienten wurde diese Empfehlung durch die Angehörigen abgelehnt und bei vier Patienten wurde sich aus ärztlicher Sicht aufgrund des Allgemeinzustandes des Patienten sowie der Begleitverletzungen für die konservative Therapie entschieden. Zwei Patienten erhielten eine ventrale Stabilisierung. Intraoperativ ergaben sich keine Komplikationen. Verstorben sind die Patienten innerhalb 0 - 16 Tagen. Die Todesursachen waren bei fünf Patienten eine respiratorische Insuffizienz im Rahmen einer stationär erworbenen Pneumonie und bei drei Patienten kam es zu einer erfolglosen Reanimation bei Kreislaufstillstand unterschiedlicher Genese.

Tabelle 8: Parameter der intrahospital verstorbenen Patienten (n=8)

Patient	1	2	3	4	5	6	7	8
Geschlecht	w	w	m	w	m	m	w	m
Alter (in Jahren)	88	91	82	88	87	91	94	60
Leben	zu Hause	zu Hause	zu Hause	Heim	Heim	Heim	zu Hause	zu Hause
Unfall- ursache	Sturz aus großer Höhe	Sturz aus großer Höhe	banaler Sturz < 1 m Höhe	banaler Sturz < 1 m Höhe	banaler Sturz < 1 m Höhe	Sturz aus großer Höhe	Sturz aus großer Höhe	banaler Sturz < 1 m Höhe
Frakturtyp	III	III	IIA	IIA	III	IIA	IIA	IIA
CACI	6	6	7	7	6	6	5	2
Therapie	kons.	kons.	kons.	OP	kons.	OP	kons.	kons.

3.2 Rücksenderkollektiv (Nachuntersuchungsgruppe)

Von den 93 Patienten des Gesamtkollektivs waren 8 Patienten (8,6 %) intrahospital und weitere 21 Patienten (22,6 %) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verstorben. Dementsprechend konnten noch 64 Patienten (68,8 %) kontaktiert werden. Hiervon sendeten 40 Patienten den Fragebogen vollständig ausgefüllt zurück (Rücksenderkollektiv). Die Rücklaufquote lag somit bei 62,5 %.

3.2.1 Geschlechter- und Altersverteilung im Rücksenderkollektiv

Das Rücksenderkollektiv bestand aus 16 Männern (40 %) und 24 Frauen (60 %). Zum Zeitpunkt der Verletzung betrug das mittlere Durchschnittsalter $74,4 \pm 13,7$ Jahre (min. 18 Jahre, max. 93 Jahre). Die männlichen Patienten waren durchschnittlich $71 \pm 17,7$ Jahre (min. 18 Jahre, max. 91 Jahre) alt. Bei den weiblichen Patienten lag das Durchschnittsalter mit $78,4 \pm 9,5$ Jahre (min. 57 Jahre, max. 93 Jahre) höher. Die meisten Densfrakturen (80 %) ereigneten sich zwischen dem 60. und 89. Lebensjahr (Abb. 23).

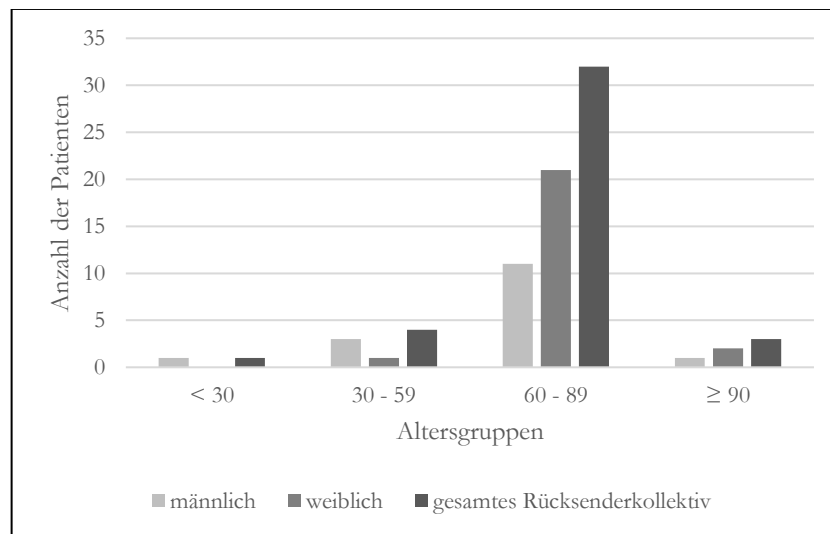


Abbildung 23: Altersverteilung zum Unfallzeitpunkt für das Rücksenderkollektiv (n=40), männliche (n=16) und weibliche (n=24) Patienten

3.2.2 Vorerkrankungen und alterskorrigierter Charlson Comorbidity Index (CACI) im Rücksenderkollektiv

Im Rücksenderkollektiv hatten 25 % der Patienten keine Vorerkrankungen. Die übrigen 75 % hatten mindestens eine Vorerkrankung. Insgesamt hatten die Patienten im mittleren Durchschnitt zwei Vorerkrankungen. Die häufigste Vorerkrankung war kardiovaskulärer Genese. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde aus diesen Informationen nachträglich der alterskorrigierte Charlson Comorbidity Index (CACI) vor Therapiebeginn erhoben (Abb. 24).

Zwei Patienten hatte einen CACI von 0 Punkten und damit ein 12%iges Risiko, innerhalb des ersten postoperativen Jahres zu versterben. Drei Patienten hatten mit einem CACI von 1 oder 2 Punkten ein Risiko von 26 %, 20 Patienten mit einem CACI von 3 oder 4 Punkten ein Risiko von 52 % und 15 Patienten mit einem CACI ≥ 5 ein Risiko von 85%.

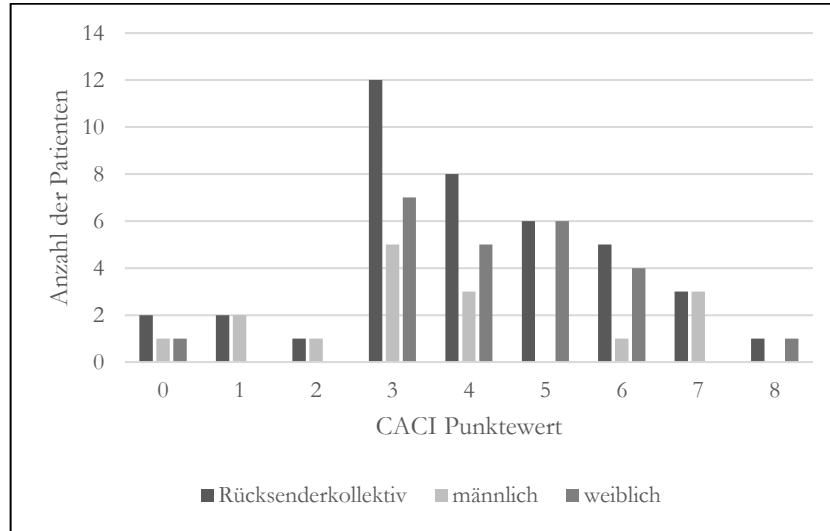


Abbildung 24: Alterskorrigierter Charlson Comorbidity Index (CACI) vor Therapiebeginn für das Rücksenderkollektiv (n=40), männliche (n=16) und weibliche (n=24) Patienten

3.2.3 Unfallursache im Rücksenderkollektiv

Die häufigste Unfallursache war bei 26 von 40 Patienten (65 %) ein banaler Sturz aus weniger als 1 m Höhe. Die zweithäufigste Ursache war bei 10 von 40 Patienten (25 %) ein Verkehrsunfall. Der Sturz aus großer Höhe war bei 4 von 40 Patienten (10 %) ursächlich für eine Densfraktur (Abb. 25).

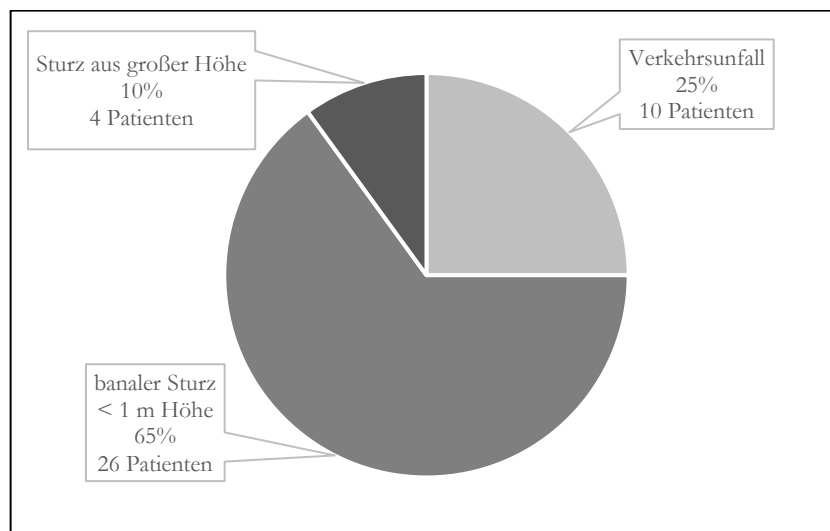


Abbildung 25: Darstellung der Unfallursache im Rücksenderkollektiv (n=40)

3.2.4 Frakturtypen nach Anderson und D'Alonzo und Therapie der Densfraktur im Rücksenderkollektiv

Von den insgesamt 40 Patienten des Rücksenderkollektivs kam der Frakturtyp II mit 29 Patienten (17 Typ IIA, 10 Typ IIB, 2 Typ IIC) am häufigsten vor und hatte einen Anteil von 72,5 % aller Densfrakturen. Innerhalb dieser Gruppe wurden 20,7 % der Patienten (2 Typ IIA, 4 Typ IIB) konservativ behandelt. Primär operativ mittels ventraler Schraubenosteosynthese nach Böhler wurden 44,8 % der Patienten (9 Typ IIA, 4 Typ IIB) therapiert und 27,6 % der Patienten (4 Typ IIA, 2 Typ IIB, 2 Typ IIC) erhielten eine dorsale atlantoaxiale Stabilisierung nach Goel und Harms. Bei zwei Patienten (6,9 %) mit einer ventral stabilisierten Typ IIA Densfraktur erfolgte bei sekundärer Schraubendislokation ein Verfahrenswechsel im Sinne einer dorsalen Spondylodese. Der Frakturtyp III kam bei 11 Patienten (27,5 %) aller Densfrakturen vor. Innerhalb der Gruppe der Typ III Frakturen wurden vier Patienten (36,4 %) konservativ behandelt. 7 Typ III Densfrakturen (63,6 %) wurden operativ mittels dorsaler Spondylodese nach Goel und Harms versorgt. In Tabelle 9 sind die Therapieformen in Bezug zum Frakturtyp zusammengefasst.

Tabelle 9: Therapieform mit Bezug zum Frakturtyp im Rücksenderkollektiv (n=40)

Therapie		IIA n=17 (42,5 %)	IIB n=10 (25 %)	IIC n=2 (5 %)	III n=11 (27,5 %)
konservativ n=10 (25 %)		n=2 (11,8 %)	n=4 (40 %)		n=4 (36,4 %)
chirurgisch n=30 (75 %)	direkte ventrale Schrauben- osteosynthese nach Böhler	n=9 (52,9 %)	n=4 (40 %)		
	dorsale Spondylodese nach Goel und Harms	n=4 (23,5 %)	n=2 (20%)	n=2 (100 %)	n=7 (63,6 %)
	Verfahrenswechsel	n=2 (11,8 %)			

3.2.5 Begleitverletzungen und Verletzungsschwere nach dem Injury Severity Score (ISS) im Rücksenderkollektiv

Bei 31 Patienten (77,5 %) lagen neben der Densfraktur noch weitere Verletzungen vor. Zählt man jede einzelne Zusatzverletzung, so hatte das Rücksenderkollektiv im mittleren Durchschnitt drei Begleitverletzungen. Bei 9 Patienten (22,5 %) lag eine isolierte Densfraktur vor. Die Schwere der Verletzung wurde mit Hilfe des ISS ermittelt. Im Rücksenderkollektiv betrug der durchschnittliche ISS 7 Punkte. Eine leichte Verletzungsschwere hatten folglich mit ≤ 10 Punkten 33 Patienten (82,5 %). Mittelschwer verletzt waren mit < 25 Punkten vier Patienten (10 %) und schwer verletzt mit über 25 Punkten drei Patienten (7,5 %).

3.2.6 Zeitraum zwischen Unfallereignis und operativer Versorgung im Rücksenderkollektiv

Von den insgesamt 30 operativ versorgten Patienten lag die Dauer zwischen Unfalltag und operativer Versorgung im mittleren Durchschnitt bei 8 Tagen (min. 1 Tag, max. 68 Tage). Bei 21 Patienten (70 %) waren es 1 - 5 Tage. Vier Patienten (13,3 %) wurden nach 6 - 10 Tagen operiert und bei fünf Patienten (16,7 %) erfolgte die Operation nach mehr als 10 Tagen. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass bei zwei Patienten zunächst ein konservatives Therapieprocedere erfolgte und bei Therapieversagen die operative Versorgung erst nach 56 bzw. 68 Tagen durchgeführt wurde.

3.2.7 Stationäre Aufenthaltsdauer des Rücksenderkollektiv

Konservativ therapierte Patienten blieben durchschnittlich 4 Tage in stationärer Behandlung (min. 2 Tage, max. 10 Tage). Bei den operativ versorgten Patienten waren es durchschnittlich 16 Tagen (min. 4 Tage, max. 80 Tage). Hierrunter gab es einen Ausreißer mit 80 Tagen stationärer Therapie. Es handelte sich es um eine polytraumatisierte Patientin und die Aufenthaltsdauer ist nicht mit der Therapie der Densfraktur zu begründen. Patienten mit ventraler Stabilisierung blieben durchschnittlich 12 Tage (min. 4 Tage, max. 27 Tage) und Patienten mit dorsaler Spondylodese 19 Tage (min. 7 Tage, max. 80 Tage) in stationärer Behandlung. Die beiden Patienten, bei denen aufgrund sekundärer Schraubendislokation nach ventraler Stabilisierung eine zweizeitige dorsale Spondylodese durchgeführt wurde, blieben durchschnittlich 13 Tage (min. 7 Tage, max. 19 Tage) stationär. Bezüglich der Korrelation des ISS-Score mit der Krankenhausverweildauer zeigte sich, dass sich leicht verletzte Patienten mit durchschnittlich 10 Tagen (min. 2 Tage, max. 27 Tage) kürzer als mittelschwer verletzte Patienten mit durchschnittlich 12 Tagen (min. 4 Tage, max. 24 Tage) oder schwer verletzte Patienten mit durchschnittlich 41 Tagen (min. 16 Tage, max. 80 Tage) in stationärer Behandlung befanden.

3.2.8 Wohnsituation des Rücksenderkollektiv

Vor dem Unfall lebten 39 Patienten (97,5 %) im häuslichen Umfeld. Nur ein Patient (2,5 %) lebte bereits vor dem Unfall im Pflegeheim. Nach erfolgter stationärer Therapie konnten 22 Patienten (55 %) direkt zurück in ihre Häuslichkeit entlassen werden. 14 Patienten (35 %) wurden zunächst in eine Rehabilitationseinrichtung verlegt und zwei Patienten (5 %) kamen vorübergehend in die Kurzzeitpflege. Im Anschluss lebten diese Patienten wieder in der

Häuslichkeit. Der bereits im Pflegeheim lebende Patient (2,5 %) wurde auch dorthin zurück entlassen. Für einen Patienten (2,5 %) wurde ein Langzeitpflegeplatz organisiert.

3.2.9 Komplikationen und subjektive Beschwerden im Rücksenderkollektiv

Bei 25 Patienten (62,5 %) kam es insgesamt zu 15 verschiedenen therapieassoziierten Beschwerden und revisionspflichtigen Komplikationen (Abb. 26). Einen komplikationslosen Verlauf hatten 15 Patienten (37,5 %). Vergleicht man die Gruppe der ventralen Stabilisierung mit denen der konservativen Gruppe oder der dorsalen Spondylodese, so zeigten sich in der ventralen Gruppe mehr komplikationslose Verläufe. Die konservative Gruppe hatte gegenüber der dorsalen Spondylodese mehr komplikationslose Verläufe.

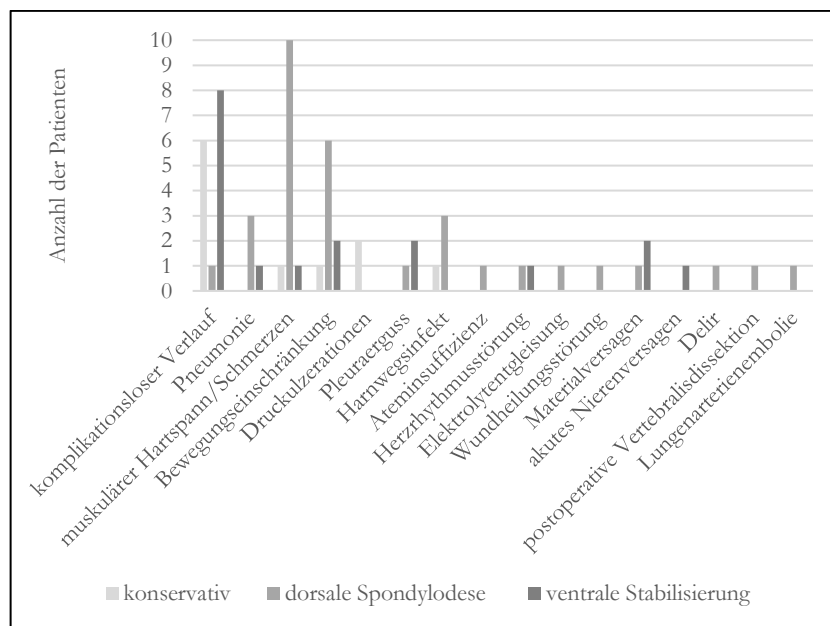


Abbildung 26: Therapiebezogene Komplikationen im Rücksenderkollektiv (n=40). Konservative Therapie n=10, dorsale Spondylodese n=17 und ventrale Stabilisierung n=13 (mehrere Komplikationen pro Patient möglich)

3.3 Mortalität und Überlebenszeitanalyse

Bis zum Studienabschluss am 14.12.2021 sind im Gesamtkollektiv (n=93) 29 Patienten (31,2 %) verstorben. Hiervon sind 8 Patienten (8,6 %) im Rahmen des stationären Aufenthaltes und 21 Patienten (22,6 %) im weiteren Verlauf verstorben. 49 Patienten (52,7 %) konnten als lebend zensiert werden und 15 Patienten (16,1 %) waren trotz Kontaktaufnahme zum Einwohnermeldeamt nicht auffindbar und sind aus diesem Grund aus der Auswertung der Mortalität und Überlebenszeitanalyse ausgeschlossen worden. Das neue Gesamtkollektiv besteht entsprechend aus 78 Patienten. In der folgenden Tabelle 10 sind die Überlebensraten in Prozent bzgl. der möglichen Einflussfaktoren Geschlecht, Alter, Komorbiditätsindex sowie Therapieprozedere dargestellt.

Tabelle 10: Überlebensraten in Prozent bzgl. möglicher Einflussfaktoren

	1-Monats- Überlebensrate	3-Monats- Überlebensrate	6-Monats- Überlebensrate	12-Monats- Überlebensrate
Gesamtkollektiv (n=78)	85,9 %	82,1 %	76,9 %	73,1 %
weiblich (n=49)	89,8 %	83,7 %	81,6 %	75,5 %
männlich (n=29)	79,3 %	79,3 %	69 %	69 %
< 70 Jahre (n=11)	90,9 %	90,9 %	90,9 %	90,9 %
70 - 79 Jahre (n=20)	95 %	95 %	95 %	90 %
≥ 80 Jahre (n=47)	80,9 %	74,5 %	66 %	61,7 %
CACI ≤ 3 (n=20)	95 %	95 %	95 %	95 %
CACI > 3 (n=58)	82,8 %	77,6 %	70,7 %	65,5 %
konservative Therapie (n=32)	71,9 %	68,8 %	65,6 %	59,4 %
ventrale Stabilisierung (n=21)	90,5 %	85,7 %	81 %	81 %
dorsale Spondylodese (n=25)	100 %	96 %	88 %	84 %

Die Mortalitätsrate im Gesamtkollektiv lag im ersten Jahr bei 26,9 %. Dabei sind mehr männliche als weibliche Patienten verstorben. Mit steigendem Alter zeigte sich eine höhere Mortalitätsrate. Der CACI > 3 hatte einen negativen Einfluss auf die Überlebensrate. Patienten nach konservativer Therapie hatten eine deutlich schlechtere Überlebenswahrscheinlichkeit als Patienten nach operativer Versorgung. Die Überlebenswahrscheinlichkeit der drei Patienten mit Verfahrenswechsel wurde aufgrund der kleinen Fallzahl nicht gesondert bewertet. Diese

Patienten wurden in die Gruppe der dorsalen Spondylodese integriert, da diese Operationsmethode die endgültige Versorgung darstellte.

In der folgenden Tabelle 11 ist die durchschnittliche Überlebenszeit in Abhängigkeit der Einflussfaktoren dargestellt. Die längste mediane Überlebenszeit hatten weibliche Patienten, Patienten unter 70 Jahre, Patienten mit einem CACI ≤ 3 sowie Patienten nach durchgeführter dorsaler Spondylodese.

Tabelle 11: Durchschnittliche Überlebenszeit (in Monaten) im Gesamtkollektiv sowie in Abhängigkeit vom Geschlecht, Alter, CACI und Therapieprocedere

	Durchschnittliche Überlebenszeit (in Monaten)
Gesamtkollektiv	24,6
weiblich	26,1
männlich	22,0
< 70 Jahre	35,3
70 - 79 Jahre	27,3
≥ 80 Jahre	20,9
CACI ≤ 3	33,2
CACI > 3	21,6
konservative Therapie	19,8
ventrale Stabilisierung	25,2
dorsale Spondylodese	30,3

Zur Veranschaulichung der Überlebenswahrscheinlichkeit wurde die Kaplan-Meier Methode angewandt und ist in den folgenden Abbildungen 27 - 30 entsprechend möglichen Einflussfaktoren dargestellt. Mit der Cox-Regressionsanalyse wurde untersucht, ob Zusammenhänge zwischen potenziellen Einflussfaktoren und der Überlebenszeit bestanden.

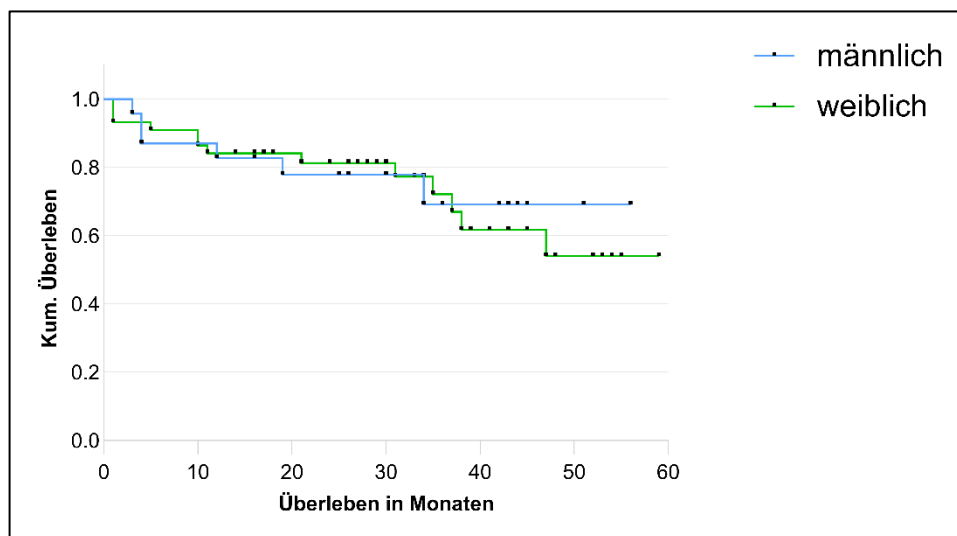


Abbildung 27: Kaplan-Meier Kurve zur Überlebenszeit in Abhängigkeit vom Geschlecht

Im univarianten Modell der Cox-Regression hatte das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit ($p > 0,05$).

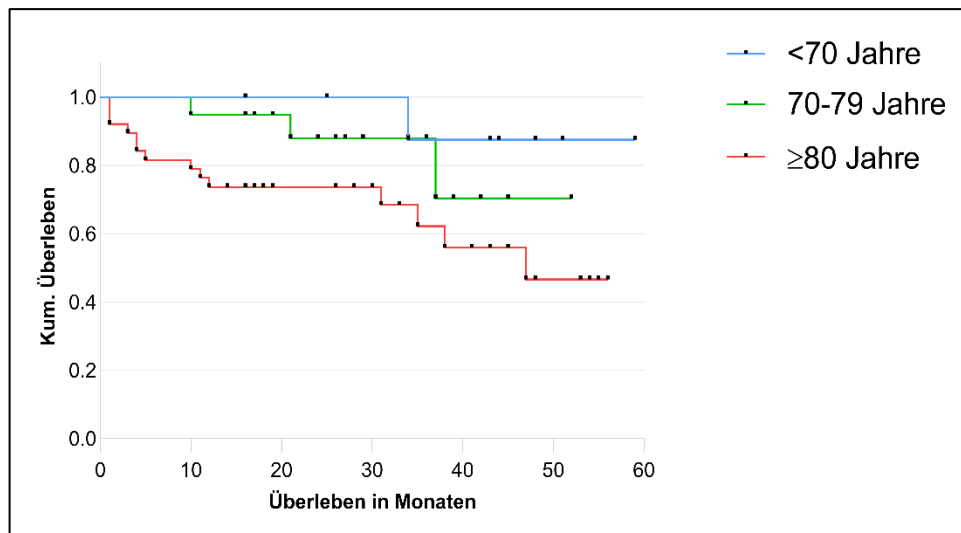


Abbildung 28: Kaplan-Meier Kurve zur Überlebenszeit in Abhängigkeit vom Alter

Das Alter hatte in der multivariaten Cox-Regression einen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Patienten ($p < 0,05$). Die Patienten < 70 Jahre zeigten eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit als Patienten ≥ 80 Jahre ($p = 0,05$). Patienten im Alter von 70 - 79 Jahre zeigten eine signifikant höhere Überlebenswahrscheinlichkeit als Patienten ≥ 80 Jahre ($p < 0,05$).

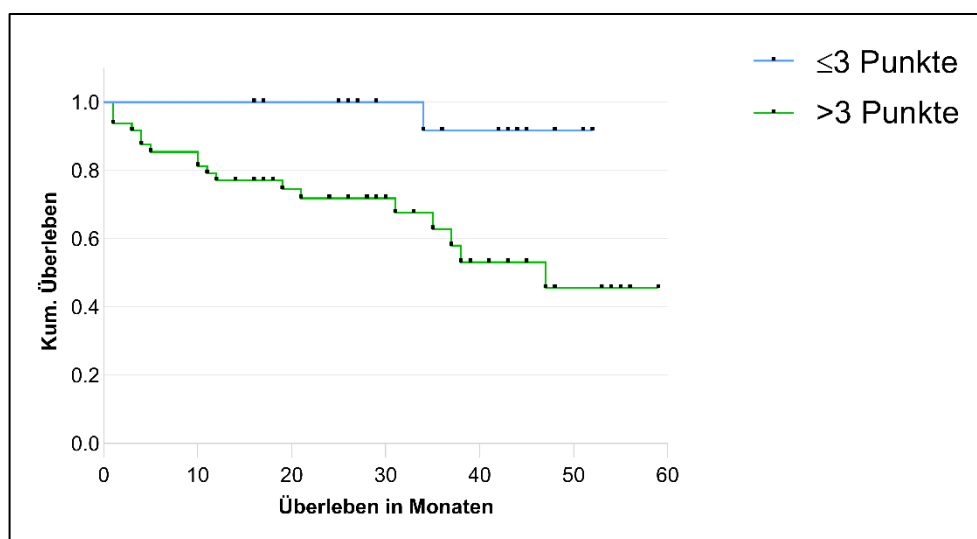


Abbildung 29: Kaplan-Meier Kurve zur Überlebenszeit in Abhängigkeit vom CACI

Der Komorbiditätsindex CACI hatte im univariaten Modell der Cox-Regression einen hoch signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit ($p < 0,01$). Die Patienten mit einem CACI ≤ 3 Punkte hatten eine deutlich höhere Überlebenswahrscheinlichkeit als die Patienten mit einem CACI > 3 .

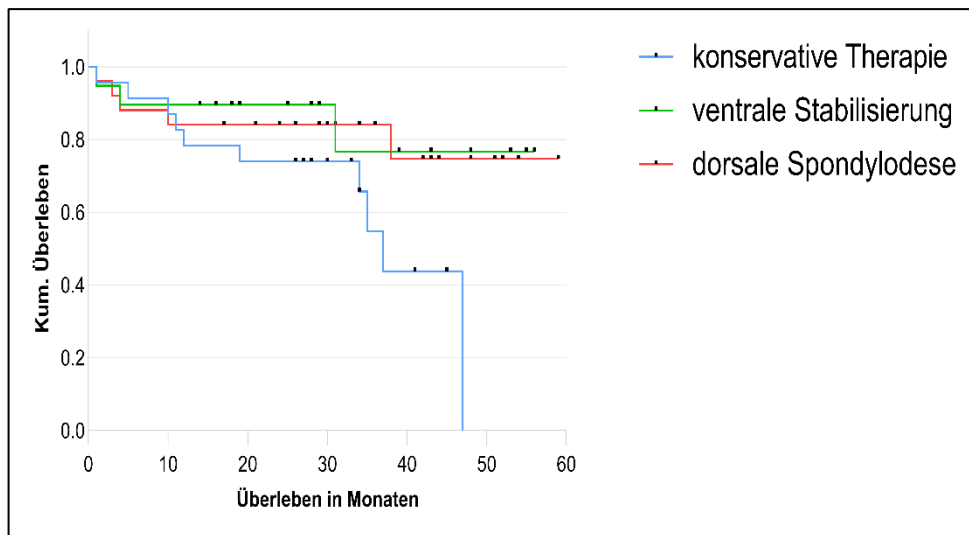


Abbildung 30: Kaplan-Meier Kurve zur Überlebenszeit in Abhängigkeit vom Therapieprocedere

Im multivariaten Modell der Cox-Regression hatte die Therapieauswahl einen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit ($p < 0,05$). Die Patienten mit einer dorsalen Spondylodese hatten die längste Überlebenszeit, gefolgt von der ventralen Stabilisierung und dem konservativen Therapieprocedere. Die konservative Therapie zeigte eine signifikant ($p < 0,05$) niedrigere Überlebenswahrscheinlichkeit als die ventrale Stabilisierung sowie eine hochsignifikant ($p < 0,01$) niedrigere Überlebenswahrscheinlichkeit als die dorsale Spondylodese. Zwischen der ventralen Stabilisierung und der dorsalen Spondylodese zeigte sich kein signifikanter Unterschied zu Gunsten einer Therapieoption.

3.4 Ergebnisse der Fragebögen sowie Ermittlung von Einflussfaktoren auf die posttherapeutische Lebensqualität

3.4.1 Visual Analog Scale (VAS) im Rücksenderkollektiv

Im Durchschnitt gab das Rücksenderkollektiv ein Schmerzlevel von $2,5 \pm 2,4$ an. In der Abbildung 31 zeigt sich, dass sich das Schmerzlevel zwischen den verschiedenen Therapieformen teilweise deutlich unterscheidet. Dabei zeigte sich ein signifikant geringeres Schmerzlevel ($p < 0,05$) nach konservativer Therapie (M 0,6; SD 1,0) im Vergleich zur dorsalen Spondylodese (M 3,2; SD 2,5) oder der ventralen Stabilisierung (M 3,2; SD 2,3). Innerhalb der operativen Therapie zeigte sich in der Befragung zwischen den dorsal und den ventral stabilisierten Patienten ein nahezu gleiches Schmerzlevel.

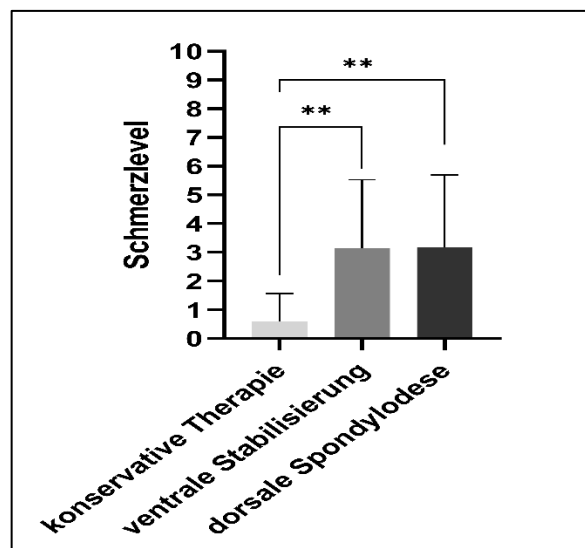


Abbildung 31: VAS im Rücksenderkollektiv untergliedert in konservative Therapie (n=10), ventrale Stabilisierung (n=13) und dorsale Spondylodese (n=17)

3.4.2 Neck Disability Index (NDI) im Rücksenderkollektiv

In der Abbildung 32 zeigt sich, dass sich der Neck Disability Index zwischen den verschiedenen Therapieformen nur gering unterscheidet. Es zeigte sich innerhalb der Gruppe der konservativ therapierten Patienten der geringste NDI, dicht gefolgt von den Patienten der ventralen Stabilisierung und der dorsalen Spondylodese. Insgesamt zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Therapieformen.

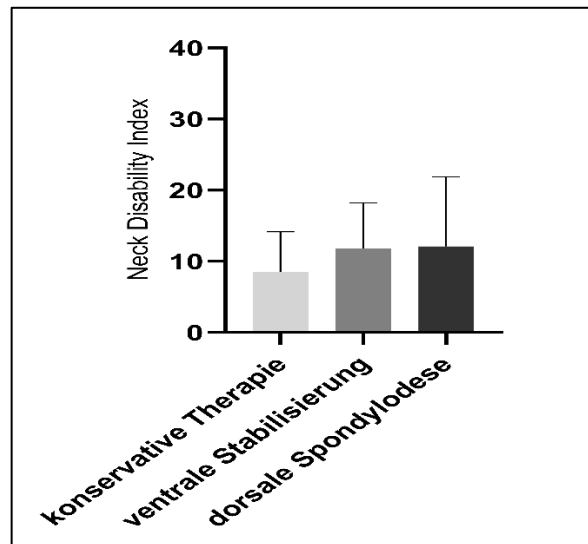


Abbildung 32: NDI im Rücksenderkollektiv untergliedert in konservative Therapie (n=10), ventrale Stabilisierung (n=13) und dorsale Spondylodese (n=17)

3.4.3 SF-36 Score – Auflistung der Fragen sowie Antworten des Rücksenderkollektivs

1. Wie würden Sie ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?

Drei (7,5 %) der 40 befragten Patienten beschrieben ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen als ausgezeichnet, 26 Patienten (65 %) als gut, 9 Patienten (22,5 %) als weniger gut und zwei Patienten (5 %) bezeichneten ihren aktuellen Gesundheitszustand als schlecht.

2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

Von den 40 befragten Patienten beschrieben 6 Patienten (15 %) ihren Gesundheitszustand im Vergleich zum Vorjahr als viel besser, 8 Patienten (20 %) als etwas besser, 13 Patienten (32,5 %) empfanden ihren Gesundheitszustand in etwa so wie vor einem Jahr, 9 Patienten (22,5 %) beschrieben ihn als schlechter und vier Patienten (10 %) gaben an, es ginge ihnen aktuell viel schlechter als vor einem Jahr.

3. Sind Sie durch ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei gewissen Tätigkeiten eingeschränkt und wenn ja, wie stark?

Am stärksten eingeschränkt fühlten sich die Patienten bei der Durchführung anstrengender Tätigkeiten sowie dem Gehen weiter Strecken. Wenige bis keine Einschränkung gaben die Patienten bei der Körperpflege sowie dem Gehen kurzer Strecken an (Abb. 33).

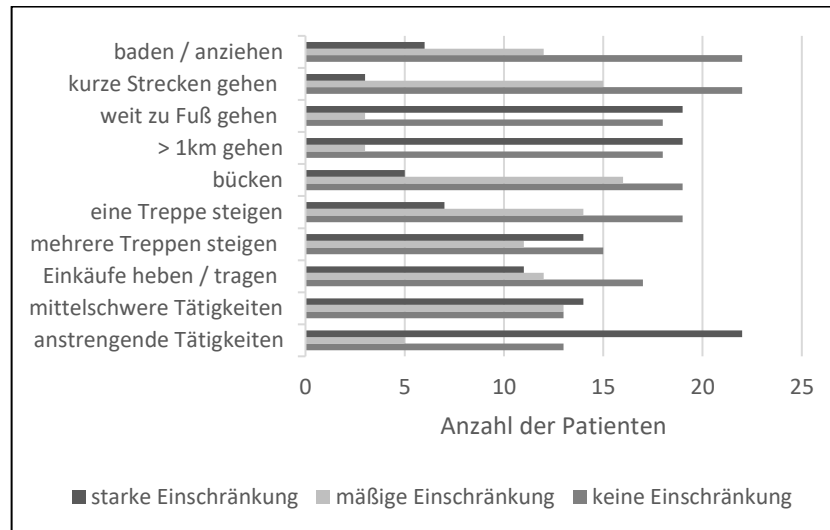


Abbildung 33: Auswertung SF-36 Fragebogen zum Thema eingeschränkter Aktivitäten im Rücksenderkollektiv (n=40)

4. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund körperlicher Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Bewältigung alltäglicher Aktivitäten?

Insgesamt gaben 17 Patienten (42,5 %) an, dass sie nicht so lange wie üblich ihren Tätigkeiten nachgehen konnten, 30 Patienten (75 %) haben weniger geschafft als sie wollten, 9 Patienten (22,5 %) erklärten, dass sie nur bestimmte Tätigkeiten durchführen konnten und wiederum 9 Patienten (22,5 %) hatten Schwierigkeiten bei der Durchführung der Alltagsaktivitäten.

5. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei alltäglichen Arbeiten?

Insgesamt gaben 8 Patienten (20 %) an, aufgrund seelischer Probleme nicht so lange wie üblich, weniger als sie wollten und nicht so sorgfältig wie sonst ihrer alltäglichen Aktivitäten nachgegangen zu sein.

6. Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit und seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen und Bekannten beeinträchtigt?

Insgesamt gaben 34 Patienten (85 %) an, dass ihre sozialen Kontakte nicht oder allenfalls etwas eingeschränkt waren. 6 Patienten (15 %) klagten über mäßige bis ziemliche Einschränkung des Soziallebens.

7. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?

12 Patienten (30 %) waren schmerzfrei. Sehr leichte Schmerzen gaben 10 Patienten (25 %) an, leichte Schmerzen hatten ebenso 10 Patienten (25 %). Fünf Patienten (12,5 %) klagten über mäßige Schmerzen, zwei Patienten (5 %) über starke Schmerzen und ein Patient (2,5 %) gab sehr starke Schmerzen an.

8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen in der Ausübung ihrer Alltagstätigkeiten eingeschränkt?

Ein Patient (2,5 %) war schmerzbedingt sehr, 6 Patienten (15 %) ziemlich, 9 Patienten (22,5 %) mäßig und 15 Patienten (37,5 %) moderat in der Ausübung ihrer Alltagstätigkeiten eingeschränkt. 9 Patienten (22,5 %) gaben an, überhaupt keine Probleme bei der Durchführung ihrer alltäglichen Aufgaben zu haben.

9. Wie oft waren Sie in den vergangene 4 Wochen...?

24 Patienten (60 %) gaben an, immer, meistens oder ziemlich oft voller Schwung gewesen zu sein und 25 Patienten (62,5 %) beschrieben sich energievoll. 35 Patienten (87,5 %) beschrieben sich als ruhig und gelassen und 32 Patienten (80 %) seien glücklich gewesen. Über Nervosität klagten 6 Patienten (15 %). 9 Patienten (22,5 %) waren niedergeschlagen, 7 Patienten (17,5 %) traurig, 8 Patienten (20 %) fühlten sich ausgebrannt und 6 Patienten (15 %) berichteten über Melancholie.

10. Wie häufig haben ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre sozialen Kontakte beeinträchtigt?

Insgesamt gaben 34 Patienten (85 %) an, dass ihre sozialen Kontakte nie oder nur selten eingeschränkt waren. 6 Patienten (15 %) klagten über gelegentliche Einschränkung des Soziallebens.

11. Wie würden Sie ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?

5 Patienten (12,5 %) gaben an das Gefühl zu haben, leichter krank zu werden als andere. Die anderen 35 Patienten (87,5 %) teilten dieses Empfinden nicht. 27 Patienten (67,5 %) fühlten ihre aktuelle Gesundheit im Vergleich zu anderen identisch. 13 Patienten (32,5 %) stimmten hier nicht zu. 20 Patienten (50 %) erwarten, dass ihre Gesundheit nachlässt, wobei die anderen 20 Patienten (50 %) diese Meinung nicht teilten.

12. Erfreuen Sie sich exzellenter Gesundheit?

27 Patienten (67,5 %) beantworteten diese Frage positiv und empfanden ihren aktuellen Gesundheitszustand als exzellent. 13 Patienten (32,5 %) können dieser Frage nicht zustimmen.

3.4.4 SF-36 Score – Skalenrohwerte und Transformation im Rücksenderkollektiv verglichen mit einer Normpopulation

Zur Auswertung des SF-36 Score wurde dieser in acht Dimensionen unterteilt. Hierzu zählten die körperliche Funktionsfähigkeit (KÖFU), körperliche Rollenfunktion (KÖRO), körperliche Schmerzen (SCHM), allgemeine Gesundheitswahrnehmung (AGES), Vitalität (VITA), soziale Funktionsfähigkeit (SOFU), emotionale Rollenfunktion (EMRO) sowie psychisches Wohlbefinden (PSYC). Innerhalb der acht Unterthemen wurden die Punktwerte mittels eines internetbasierten Auswertungsprogramm gewichtet, aufsummiert und im Anschluss zur besseren Vergleichbarkeit transformiert. In der folgenden Auswertung wird nur mit den transformierten Werten gearbeitet. Es wurden Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Das Unterthema „Veränderung der Gesundheit“ wird nicht transformiert. Hier werden die Antworten als Einzelwerte sowie als prozentuale Häufigkeit angegeben (siehe Kapitel 3.4.3 Frage 2). Die Werte wurden mit einer gesunden Normpopulation (n=6964) verglichen. Diese Daten wurden dem Bundes-Gesundheitssurvey von 1998 entnommen.

3.4.4.1 Einflussfaktor Geschlecht

In den folgenden Abbildungen 34 - 36 wurden die Ergebnisse des SF-36 Score geschlechterspezifisch für das Rücksenderkollektiv mit den Ergebnissen der gesunden Normpopulation verglichen.

Das männliche Rücksenderkollektiv zeigte im Vergleich zur männlichen Normpopulation in den Unterthemen KÖFU, KÖRO, AGES und EMRO schlechtere Ergebnisse. In den Bereichen SCHM, VITA, SOFU und PSYC waren die Ergebnisse im männlichen Rücksenderkollektiv besser als in der männlichen Normpopulation (Abb. 34). Signifikante Unterschiede zeigten sich nur in den Subgruppen KÖFU, VITA und PSYC ($p < 0,05$). Die Unterschiede zwischen dem männlichen Rücksenderkollektiv und der männlichen Normpopulation waren in den Subskalen SCHM, AGES, SOFU und EMRO gering.

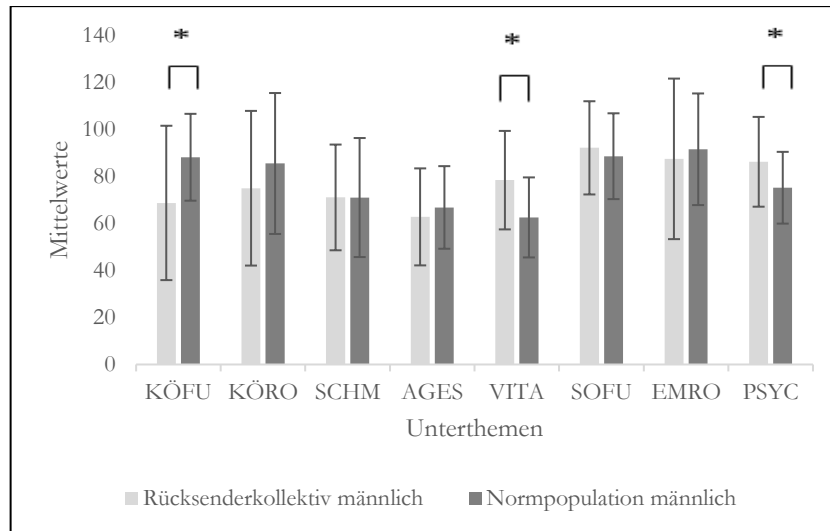


Abbildung 34: Vergleich der SF-36 Werte zwischen dem männlichen Rücksenderkollektiv (n=16) und der männlichen Normpopulation (n=3391)

Das weibliche Rücksenderkollektiv zeigte im Vergleich zur weiblichen Normpopulation schlechtere Ergebnisse in den Unterthemen KÖFU, KÖRO, AGES und EMRO. In den Bereichen SCHM, VITA, SOFU und PSYC zeigten sich bessere Ergebnisse als in der vergleichenden weiblichen Normpopulation (Abb. 35). In den Subgruppen KÖFU und KÖRO zeigten sich hoch signifikante Unterschiede ($p < 0,01$). Die Unterschiede zwischen dem weiblichen Rücksenderkollektiv und der weiblichen Normpopulation waren in den Subskalen SCHM, AGES und SOFU gering.

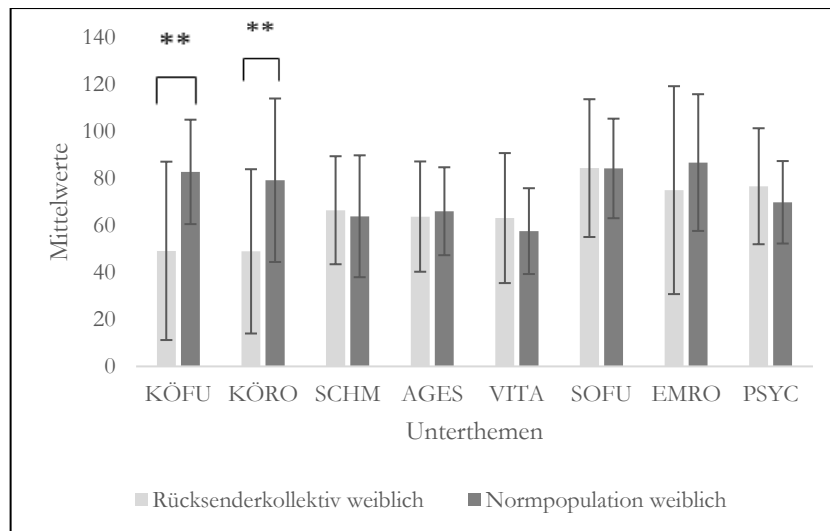


Abbildung 35: Vergleich der SF-36 Werte zwischen dem weiblichen Rücksenderkollektiv (n=24) und der weiblichen Normpopulation (n=3573)

Im direkten Vergleich der Ergebnisse des SF-36 zwischen dem männlichen und dem weiblichen Rücksenderkollektiv zeigten sich in allen Unterthemen bessere Ergebnisse für die männlichen Patienten (Abb. 36). Signifikante Unterschiede zeigten sich in den Subgruppen KÖFU und

VITA ($p < 0,05$) und hoch signifikante Unterschiede in der Subgruppe KÖRO ($p < 0,01$). Die Unterschiede zwischen dem männlichen Rücksenderkollektiv und dem weiblichen Rücksenderkollektiv waren in den Subskalen SCHM und AGES gering.

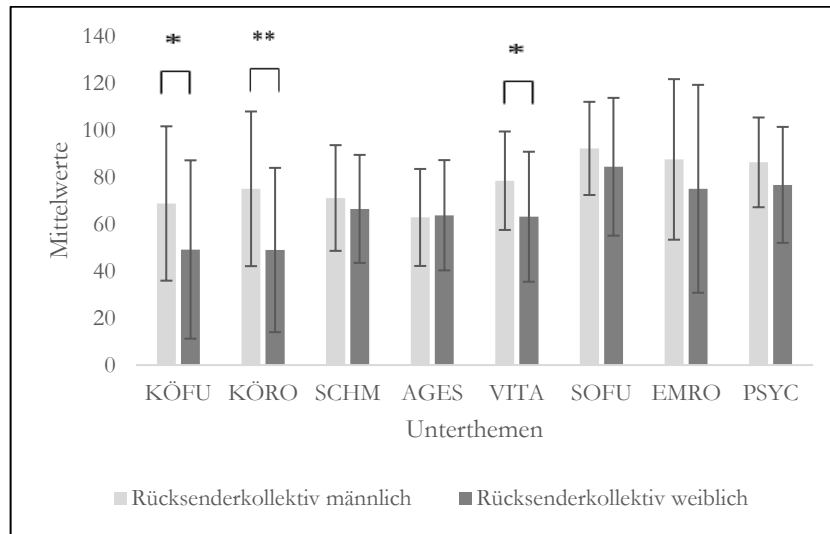


Abbildung 36: Vergleich der SF-36 Werte zwischen dem männlichen Rücksenderkollektiv (n=16) und dem weiblichen Rücksenderkollektiv (n=24)

3.4.4.2 Einflussfaktor Alter

Die Patienten des Rücksenderkollektivs wurden in drei Altersgruppen aufgeteilt und die Ergebnisse der acht Unterthemen altersspezifisch dargestellt und untereinander verglichen (Abb. 37):

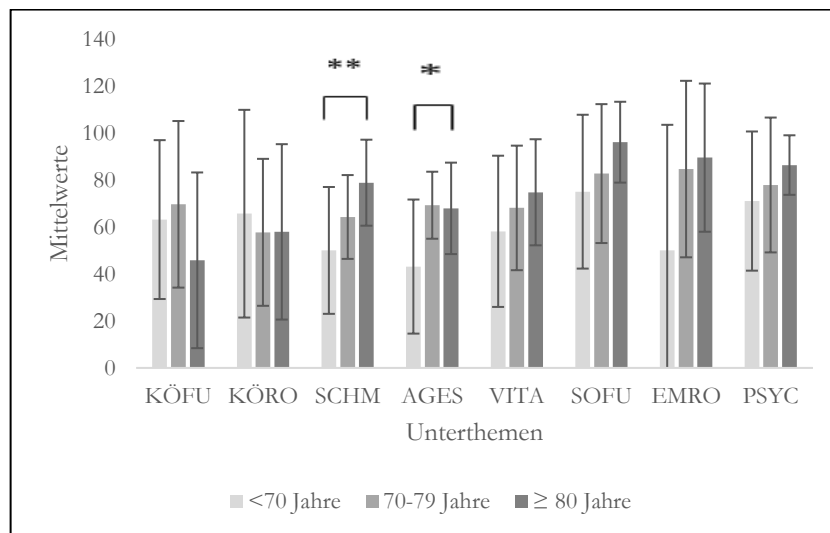


Abbildung 37: Vergleich der SF-36 Werte zwischen den Altersgruppen <70 Jahre (n=8), 70-79 Jahre (n=13) und ≥80 Jahre (n=19) im Rücksenderkollektiv (n=40)

Die Altersgruppe < 70 Jahre zeigte im Vergleich zu den anderen Altersgruppen bessere Ergebnisse in der Subskala KÖRO. In den Subskalen SCHM, AGES, VITA, SOFU, EMRO und PSYC zeigten sie verglichen mit den anderen Altersgruppen schlechtere Ergebnisse. In der

Subskala KÖFU waren die Ergebnisse der Altersgruppe < 70 Jahre schlechter als in der Altersgruppe zwischen 70 - 79 Jahre aber besser als bei den Patienten \geq 80 Jahre. Die Altersgruppe 70 - 79 Jahre zeigte im Vergleich zu den anderen Altersgruppen bessere Ergebnisse in den Subskalen KÖFU und AGES. In den Subskalen KÖRO zeigten sie verglichen mit den anderen Altersgruppen schlechtere Ergebnisse. In den Subskalen SCHM, SOFU, EMRO, VITA und PSYC waren die Ergebnisse der Altersgruppe 70 - 79 Jahre schlechter als in der Altersgruppe \geq 80 Jahre aber besser als bei den Patienten der Altersgruppe < 70 Jahre. Die Altersgruppe \geq 80 Jahre zeigte im Vergleich zu den anderen Altersgruppen bessere Ergebnisse in den Subskalen SCHM, VITA, SOFU, EMRO und PSYC. In der Subskala KÖFU zeigten sich verglichen mit den anderen Subskalen schlechtere Ergebnisse. In der Subskala AGES waren die Ergebnisse der Altersgruppe \geq 80 Jahre schlechter als in der Altersgruppe 70 - 79 Jahre aber besser als bei den Patienten < 70 Jahre. In der Subskala KÖRO waren die Ergebnisse der Altersgruppe \geq 80 Jahre schlechter als in der Altersgruppe < 70 Jahre aber besser als bei den Patienten zwischen 70 - 79 Jahre. Hochsignifikante Unterschiede zeigten sich in der Subskala SCHM ($p < 0,01$) und signifikante Unterschiede in der Subskala AGES ($p < 0,05$). Zusammenfassend hat das steigende Alter im Rücksenderkollektiv negativen Einfluss auf die körperliche Funktionsfähigkeit und die körperliche Rollenfunktion. Diese Ergebnisse zeigen sich auch im Bundes-Gesundheitssurvey, sind allerdings nicht signifikant. In den Dimensionen Schmerzen, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden zeigte sich im Rücksenderkollektiv ein positiver Trend zu Gunsten des steigenden Alters. Nur in der Subskala SCHM zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang. Der Bundes-Gesundheitssurvey sieht hier keine Altersabhängigkeit.

3.4.4.3 Einflussfaktor Therapieauswahl

In den Abbildungen 38 - 39 ist der Einfluss der Therapieauswahl auf die Ergebnisse der acht Dimensionen des SF-36 dargestellt.

Das konservativ therapierte Rücksenderkollektiv zeigte in allen Subskalen außer der KÖFU bessere Ergebnisse als die Patienten der operativ versorgten Gruppe (Abb. 38). Signifikante Unterschiede zeigten sich in den Unterthemen SCHM, VITA, SOFU und EMRO.

In den Subskalen KÖFU, SCHM, VITA, EMRO und PSYC zeigten sich bei den dorsal stabilisierten Patienten bessere Ergebnisse als nach ventraler Stabilisierung (Abb. 39). Es bestand jedoch in keiner Subgruppe ein signifikanter Unterschied. In den Unterthemen SCHM und AGES waren die Unterschiede gering.

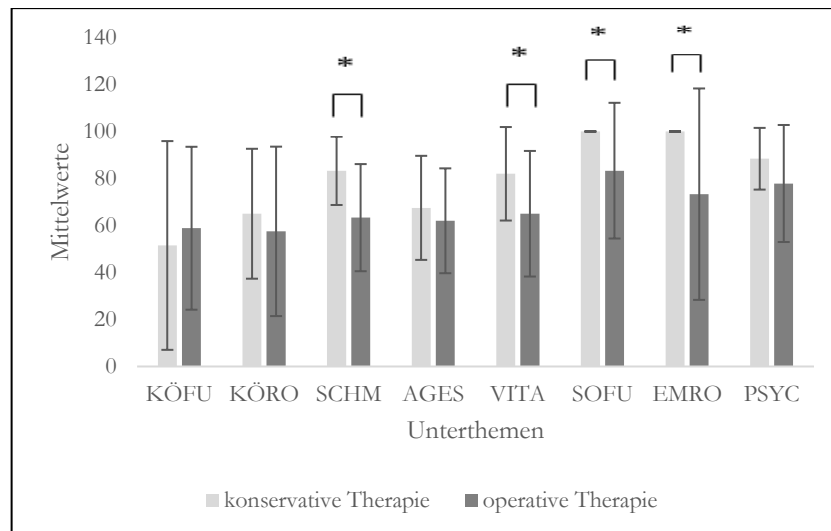


Abbildung 38: Vergleich der SF-36 Werte zwischen den konservativ therapierten Patienten (n=10) und den operativ versorgten Patienten (n=30) im Rücksenderkollektiv (n=40)

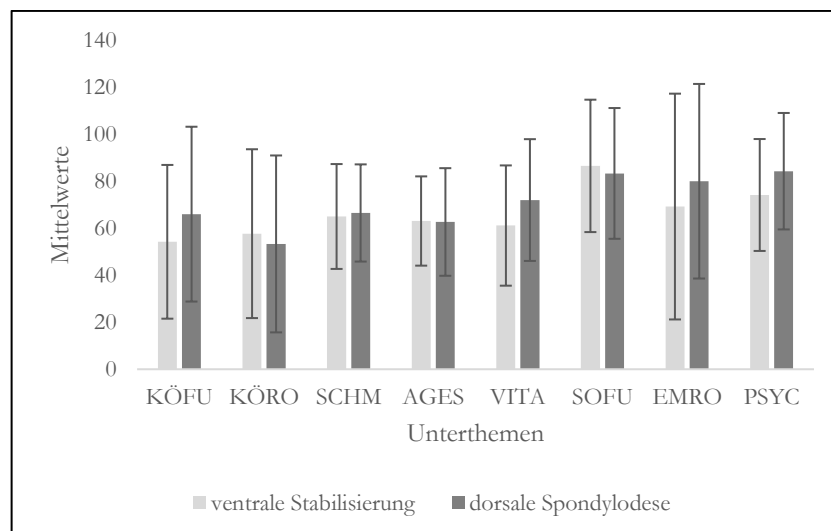


Abbildung 39: Vergleich der SF-36 Werte zwischen den ventral stabilisierten Patienten (n=13) und den dorsal stabilisierten Patienten (n=17) im Rücksenderkollektiv

3.4.5 Korrelation der Ergebnisse des VAS, NDI und SF-36 Score

Im direkten Vergleich der Ergebnisse des NDI mit denen des SF-36 Score zeigte sich eine negative Korrelation mit einem Pearson-Korrelationskoeffizienten $r = -0,855$. Mit einem p-Wert $< 0,001$ ist das Ergebnis als höchst signifikant zu werten. Zusammenfassend bedeutet dies, dass mit steigendem NDI-Wert der SF-36 Score sinkt und damit die Lebensqualität niedrig ist (Abb. 40).

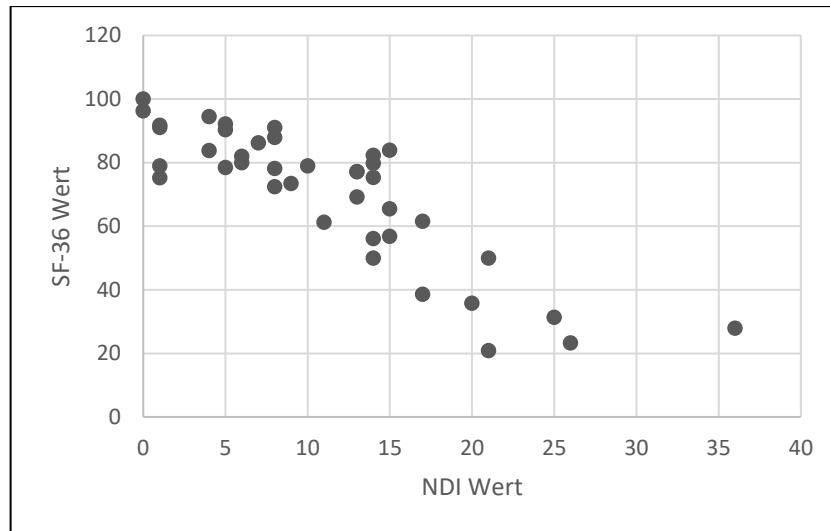


Abbildung 40: Korrelation der Ergebnisse des NDI mit denen des SF-36 Fragebogen im Rücksenderkollektiv (n=40)

Vergleicht man die Ergebnisse des SF-36 Score mit den Ergebnissen der VAS zeigte sich ebenfalls eine negative Korrelation mit einem Pearson-Korrelationskoeffizienten $r = -0,504$. Mit einem p-Wert $< 0,001$ ist das Ergebnis höchst signifikant. Je stärker die Schmerzen sind, desto niedriger ist der Wert im SF-36 Score und damit die Lebensqualität (Abb. 41). Der Zusammenhang ist geringer als im direkten Vergleich des NDI mit dem SF-36 Score.

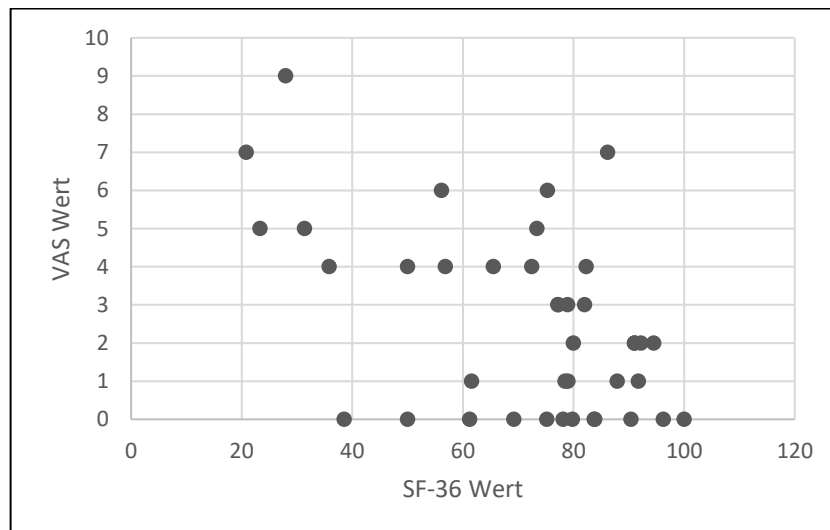


Abbildung 41: Korrelation der Ergebnisse des VAS mit denen des SF-36 Fragebogen im Rücksenderkollektiv (n=40)

Die Ergebnisse des NDI korrelieren mit den Ergebnissen der VAS positiv mit einem Pearson-Korrelationskoeffizienten $r = 0,591$. Mit einem p-Wert $< 0,001$ ist dieses Ergebnis ebenfalls höchst signifikant. Mit steigendem NDI-Wert (schlechte Lebensqualität) sind die Werte des VAS höher (stärkere Schmerzen) (Abb. 42).

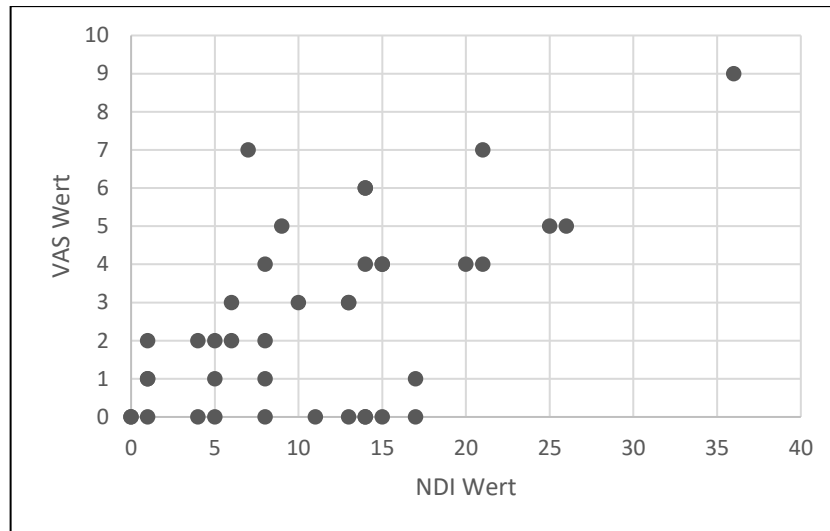


Abbildung 42: Korrelation der Ergebnisse des VAS und denen des NDI im Rücksenderkollektiv (n=40)

4 Diskussion

Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war die Erhebung von epidemiologischen sowie klinischen Daten aller Patienten, die in der Zeit zwischen 2017 und 2020 in der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen konservativ oder operativ im Rahmen einer traumatischen Densfraktur versorgt wurden. Zusätzlich wurde die gesundheitsbezogene Lebensqualität und Mortalität der Patienten sowie mögliche Einflussfaktoren ermittelt.

4.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv bestand aus 93 Patienten (Gesamtkollektiv). Die Rücklaufquote der versendeten Fragebögen betrug 62,5 % (Rücksenderkollektiv). Eine vergleichbare Rücklaufquote mit 67 % beschrieben Stein et al. (2017) in ihrer Studie. Zwischen dem Gesamtkollektiv und dem Rücksenderkollektiv konnten innerhalb der demographischen Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Die gewonnenen Informationen über Einflussfaktoren auf die Lebensqualität aus dem Rücksenderkollektiv sind deshalb auf das Gesamtkollektiv übertragbar. Das Gesamtkollektiv setzte sich aus 58 weiblichen (62,4 %) und 35 männlichen (37,6 %) Patienten zusammen. Im Vergleich zu anderen Studien überwogen in der vorliegenden Arbeit die Frauen (Montesano et al. 1991; Fountas et al. 2005; Falavigna et al. 2017; Apfelbaum et al. 2000; Meyer et al. 2018; Butler et al. 2010). Eine mögliche Erklärung ist das mittlere Durchschnittsalter unserer Patienten. Dies lag mit $78,9 \pm 13,7$ Jahren über dem Durchschnittsalter der Patientenkollektive der soeben genannten Studien. Da Frauen eine generell höhere Lebenserwartung haben, könnte man die größere Anzahl weiblicher Patienten in unserer Studie mit dem höheren Durchschnittsalter unseres Patientenkollektivs erklären. Das Durchschnittsalter des Gesamtkollektivs erscheint sehr hoch, stimmt aber mit anderen bereits veröffentlichten Studien überein (Stein et al. 2017; Woods et al. 2014; Venkatesan et al. 2014; Patel et al. 2015). Eine vorhandene postmenopausale Osteoporose könnte ebenfalls den größeren Anteil von Frauen erklären (Kaesmacher et al. 2017). Insgesamt konnten wir feststellen, dass die Wahrscheinlichkeit für eine Densfraktur, unabhängig vom Geschlecht, mit zunehmendem Alter steigt. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, kann dies mit der reduzierten Knochenmasse und Knochenqualität in Verbindung mit der erhöhten Sturzneigung im Alter begründet werden.

4.2 Vorerkrankungen und Charlson Comorbidity Index

In der vorliegenden Studie waren 75 Patienten (80,6 %) vorerkrankt. Diese Patienten hatten einen hohen CACI und eine damit verbundene hohe 1-Jahresmortalität. Die weiblichen Patienten hatten einen höheren CACI als die Männer. Dies korreliert mit dem insgesamt höheren Durchschnittsalter der weiblichen Patienten, welches in der Berechnung des CACI berücksichtigt wird. 62 Patienten (66,7 %) hatten eine kardiovaskuläre Vorerkrankung. Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen einer Densfraktur und einer bestehenden kardialen Vorerkrankung der Patienten. Eine mögliche Erklärung wäre, dass ein kardiales Ereignis zum Sturz und dabei zur Densfraktur geführt hat. Dies wurde in der vorliegenden Arbeit nicht explizit überprüft. Auch in der Nachuntersuchung von Stein et al. (2017) waren 27,5 % der nachgewiesenen Vorerkrankungen kardiovaskulärer Genese. Auch Chapman et al. (2013) wies bei 33 % seines Patientenkollektivs einen Hypertonus nach. Eine Osteoporose zeigte sich bei 11 Patienten (11,8 %). Wie in der Studie von Kaesmacher et al. (2017) beschrieben zählt die Osteoporose zu den relevanten Vorerkrankungen, die im Rahmen eines Niedrigenergietrauma das Auftreten einer Densfraktur negativ mitbeeinflusst. Die Bewertung vorliegender Komorbiditäten und ihre Prognose ist wichtig für die Festlegung des Therapiekonzeptes. Zusammenfassend wird die generelle gesundheitsbezogene Lebensqualität durch das fortgeschrittene Patientenalter sowie die damit verbundene Multimorbidität negativ beeinflusst.

4.3 Unfallursache

Im Gesamtkollektiv der vorliegenden Studie war der banale Sturz die häufigste Unfallursache (65,5 %), gefolgt von Stürzen aus großer Höhe (20,4 %) und den Verkehrsunfällen (15,1 %). Diese Ergebnisse finden sich auch in anderen Studien (Montesano et al. 1991; Butler et al. 2010; Laurer et al. 2010; Berlemann und Schwarzenbach 1997; Hanigan et al. 1993). Es zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Alter und der Unfallursache (Pepin et al. 1985). Patienten mit hohem mittlerem Durchschnittsalter ($82,3 \pm 8,4$ Jahre) hatten häufiger aufgrund eines banalen Sturzes eine Densfraktur. Mit abnehmendem Durchschnittsalter waren Stürze aus großer Höhe ($76,6 \pm 16,8$ Jahre) und Verkehrsunfälle ($67,6 \pm 20,6$ Jahre) ursächlich. Diese Resultate konnten ebenfalls in vergleichbaren Studien von Woods et al. (2014) und Müller et al. (1999) beobachtet werden. Eine erhöhte Sturzgefahr aufgrund reduzierter Koordination und die verminderte Knochendichte bei älteren Patienten ist eine mögliche Begründung für die Entstehung von Densfrakturen beim geriatrischen Patienten, wohingegen bei jüngeren Patienten ein Hochrasanztrauma zugrunde liegt. Eine Sturzprävention im Alter sowie eine adäquate Osteoporoseprophylaxe könnte die Inzidenz einer Densfraktur reduzieren.

4.4 Frakturtyp und Dislokation

Der häufigste Frakturtyp war in unserem Gesamtkollektiv die Typ II Densfraktur (75,3 %), gefolgt von den Typ III (23,6 %) und den Typ I (1,1 %) Frakturen. Diese Häufigkeitsverteilung der Frakturtypen finden sich auch in den Beobachtungen anderer Studien (Dunn und Seljeskog 1986; Meyer et al. 2018; Butler et al. 2010; O'Brien et al. 2015; Vetter 2019; Hanigan et al. 1993; Anderson und D'Alonzo 1974; Apfelbaum et al. 2000; Chi et al. 2007; Clark und White 1985; Fehlings et al. 2013; Hadley et al. 1989; Nourbakhsh et al. 2009). Ergänzend zur Fraktуреinteilung nach Anderson und D'Alonzo (1974) ist die Frakturdislokation ein wichtiger Aspekt, um eine adäquate Therapieauswahl zu treffen. In unserem Gesamtkollektiv zeigten sich in 37,6 % der Fälle dislozierte Frakturen. Dunn et al. (1986) sowie weitere Autoren beschrieben in ihren Studien höhere Dislokationsraten (Apuzzo et al. 1978; Blockey und Purser 1956; Hadley et al. 1985; Schatzker et al. 1971). Die ventrale Dislokation ist dabei häufiger (61 %) als die dorsale Dislokation (39 %). Begründet werden diese Ergebnisse, dass eine Densfraktur häufiger durch Flexions- als durch Extensionsbewegungen entsteht. Diese Aussage können wir in unserer Studie nicht bestätigen. Eine dorsale Frakturdislokation lag bei 82,9 % und eine ventrale Dislokation bei 17,1 % der Patienten vor.

4.5 Begleitverletzungen

In der Literatur wird beschrieben, dass sich eine isolierte Densfraktur in weniger als 50 % der Fälle zeigt. Die Densfraktur ist in 24 % der Fälle mit einem schweren Schädelhirntrauma und zu 10 % mit Wirbelsäulenverletzungen anderer Lokalisation kombiniert (Bühren 2002; Laurer et al. 2010; Hanssen und Cabanela 1987). Diese Aussage konnte im Rahmen unserer Arbeit bestätigt werden. Im Gesamtkollektiv zeigten sich bei 17,2 % der Patienten isolierte Densfrakturen. Ein begleitendes Schädelhirntrauma hatten 24,7 % der Patienten und Wirbelsäulenverletzungen anderer Lokalisation waren bei 5,4 % der Patienten vorhanden. In unserem Gesamtkollektiv hatte kein Patient neurologische Symptome. Dies zeigte sich auch in anderen Arbeiten (Fountas et al. 2005; Hanigan et al. 1993). Einige Autoren beschreiben wiederum das Auftreten neurologischer Symptome in 12 - 42 % der Fälle (Oestern 2005; Bühren 2002; Laurer et al. 2010; Butler et al. 2010). Durch dorsal dislozierte Densfrakturen ist die Gefahr für Rückenmarksverletzungen und damit verbundene neurologische Ausfälle erhöht (Dunn und Seljeskog 1986).

4.6 Therapie

Über die optimale Therapie einer Densfraktur besteht in der Literatur kein einheitlicher Konsens (Apfelbaum et al. 2000; Meyer et al. 2018; Montesano et al. 1991; Andersson et al. 2000; Spiegl et al. 2018; Denaro et al. 2011). Die Typ I Densfraktur kam in unserer Studie einmal vor. Diese wurde mittels Ruhigstellung in einer Zervikalorthese über 6 Wochen konservativ therapiert. Die konservative Therapie bei Typ I Frakturen empfehlen auch andere Studien, da der Frakturtyp generell als stabil gilt (Spiegl et al. 2018; Dumonski und Vaccaro 2010; Badke 2018; Laurer et al. 2010). Die Therapie von Typ II Densfrakturen des geriatrischen Patienten wird kontrovers diskutiert (Andersson et al. 2000; Dumonski und Vaccaro 2010; Spiegl et al. 2018; Börm et al. 2003; Nourbakhsh et al. 2009; Ochoa 2005; Sasso 2001; Seybold und Bayley 1998). Im Allgemeinen wird von vielen Autoren die operative Therapie einer Typ II Densfraktur empfohlen, da die konservative Therapie einer potenziell instabilen Typ II Densfraktur mit einer erhöhten Pseudarthroserate verbunden ist (Aebi und Etter 1991; Böhler 1982; Apfelbaum et al. 2000; Spiegl et al. 2018; Etter et al. 1991; Börm et al. 2003; Fountas et al. 2005; Joaquim und Patel 2015; Harrop et al. 2010; Iyer et al. 2018; Meyer et al. 2018; Aebi et al. 1989; Anderson und D'Alonzo 1974; Fairholm et al. 1996; Platzer et al. 2007a; Goz et al. 2019; Chiba et al. 1993; Fujii et al. 1988; Henry et al. 1999; Nourbakhsh et al. 2009; Ochoa 2005; Song et al. 2007; Subach et al. 1999; Andrew T. Dailey et al. 2010). Desweiteren ist die konservative Therapie beim geriatrischen Patienten durch die lange Immobilisation der HWS mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität verbunden (Meyer et al. 2018; Hanigan et al. 1993; Kuntz et al. 2000). Auch in unserer Studie wurden die Patienten mit einer Typ II Densfraktur unabhängig von der Unterklassifikation nach Grauer mit 68,6 % häufiger operativ versorgt. Die Typ IIA Frakturen wurden mit 71,4 % am häufigsten chirurgisch versorgt. Die bevorzugte Operationsmethode war mit 45,2 % die direkte ventrale Schraubenosteosynthese nach Böhler. Diese Empfehlung wird auch in anderen Studien gegeben (Spiegl et al. 2018; Eap et al. 2010). Die Typ IIC Frakturen wurden in unserer Studie häufiger mittels dorsaler Spondylodese nach Goel und Harms therapiert. Dies entspricht den Beobachtungen weiterer Autoren (Bading et al. 2004; Joestl et al. 2016; Hofmann-Fliri et al. 2016). Bei Patienten mit horizontalen Frakturverläufen, einer Typ IIB Fraktur, gab es in unserer Studie keinen signifikanten Unterschied zwischen der Durchführung einer ventralen oder dorsalen Stabilisierung. Andersson (2000) lehnt in seiner Studie die ventrale Stabilisierung einer Densfraktur des geriatrischen Patienten aufgrund einer hohen Komplikationsrate in seinem Patientenkollektiv ab. Er bevorzugt als operative Therapie der Wahl die dorsale Spondylodese. Andere Studien empfehlen die ventrale Stabilisierung als effektives und sicheres Verfahren mit hoher Stabilität, geringer Pseudarthroserate und erhaltener Beweglichkeit der HWS unabhängig vom Alter, dem Geschlecht, der

Schraubenanzahl oder dem Dislokationsgrad (Apfelbaum et al. 2000; Falavigna et al. 2017; Fountas et al. 2005; Aebi und Etter 1991; Börm et al. 2003; Montesano et al. 1991; Meyer et al. 2018; Chiba et al. 1993; Berlemann und Schwarzenbach 1997; Subach et al. 1999; Roth und Wörsdörfer 1998; Graziano et al. 1993). Die dorsale Spondylodese bei Typ II Densfrakturen wird als Therapie der Wahl bei schwer vorerkrankten Patienten, schlechter Knochenqualität oder nach insuffizienter ventraler Stabilisierung empfohlen (Meyer et al. 2018; Spiegl et al. 2018; Joaquim und Patel 2015; Vetter 2019; Schatzker et al. 1971). In unserem Gesamtkollektiv erhielten drei Patienten nach insuffizienter ventraler Stabilisierung eine dorsale Spondylodese. Bei den Typ III Densfrakturen überwog in unserer Studie mit 68,2 % die konservative Therapie. Dies entspricht den Empfehlungen anderer Studien (Spiegl et al. 2018; Harrop et al. 2010; Iyer et al. 2018; Dumonski und Vaccaro 2010). Innerhalb der Typ III Densfrakturen wurden 31,8 % der Patienten chirurgisch versorgt. Hier wurde am häufigsten die dorsale Spondylodese nach Goel und Harms angewandt. Clark et al. (1985) beschreiben die dorsale Spondylodese als stabiles Operationsverfahren mit hoher Konsolidierungsrate. Vergleicht man in der vorliegenden Studie das Alter der Patienten mit der Therapieentscheidung, so fiel auf, dass bei den Patienten unter 49 Jahre und über 90 Jahre häufiger eine konservative Therapie durchgeführt wurde. In der Altersgruppe zwischen 50 und 89 Jahre wurde hingegen die operative Therapie bevorzugt. In der aktuellen Literatur wird bei Patienten zwischen 60 - 80 Jahren eine operative Behandlung empfohlen. Bei den Patienten über 80 Jahre wird ein genereller Vorteil der konservativen Therapie beschrieben (Badke 2018). Da die Mortalität ab dem 80. Lebensjahr im Rahmen der operativen Versorgung deutlich ansteigt, muss beim geriatrischen Patienten über 80 Jahre eine individuelle Entscheidung, abhängig vom Allgemeinzustand und den Komorbiditäten des Patienten getroffen werden (Badke 2018). Es konnte in der vorliegenden Studie kein eindeutiger Zusammenhang zwischen dem CACI und dem Therapieprocedere nachgewiesen werden. Insgesamt wurden die Patienten unabhängig vom CACI häufiger chirurgisch versorgt. Bei den Patienten mit einem CACI ≤ 3 wurde insgesamt häufiger eine operative Therapieoption gewählt. Innerhalb der Gruppe der Patienten mit einem CACI > 3 zeigte sich die Verteilung von konservativer und chirurgischer Versorgung nahezu ausgeglichen. Vaccaro et al. (2013) beschreiben in ihrer Studie, dass die optimale Therapie so gewählt werden sollte, dass der geriatrische Patient wieder seine gesundheitliche Ausgangssituation hergestellt bekommt. Dieses Ziel scheint patientengerecht und ist für jeden Patienten individuell festzulegen. Insgesamt hängt die richtige Auswahl des Therapieprocedere vom Frakturtyp ab. Begleitumstände wie Alter und Allgemeinzustand des Patienten sollten in die Therapieauswahl mit einbezogen werden.

4.7 Zeitraum zwischen Unfallereignis und operativer Versorgung

Grundsätzlich sollte versucht werden den Zeitraum bis zur operativen Versorgung so kurz wie möglich zu halten, um eine adäquate Therapie durchführen und Komplikationen reduzieren zu können. In den Studien von Ketterl et al. (2010) sowie Laurer et al. (2010) wird die operative Versorgung hochgradig instabiler und stark dislozierter Densfrakturen innerhalb von 24 Stunden empfohlen, um mögliche neurologische Ausfallserscheinungen zu reduzieren oder zu verhindern. Apuzzo et al. (1978) bestätigt die Notwendigkeit einer zeitnahen operativen Versorgung innerhalb von 72 Stunden, um neurologische Komplikationen bei dislozierten Densfrakturen zu verhindern. Apfelbaum et al. (2000) begründen die Notwendigkeit einer frühzeitig operativen Versorgung mit einer besseren Frakturkonsolidierung. Im vorliegenden Gesamtkollektiv wurden mehr als die Hälfte der Patienten (60 %) innerhalb von 1 - 5 Tagen operativ versorgt. Die durchschnittliche Dauer zwischen dem Unfallereignis bis zur operativen Versorgung der Densfraktur betrug 8 Tage und ist damit relativ hoch. Zu beachten ist, dass mit der Länge des Krankenhausaufenthaltes die Mortalität steigt (Stein et al. 2017). Die Hospitalisation sollte zur Reduktion von Morbidität und Mortalität so kurz wie möglich gehalten werden (Vaccaro et al. 2013).

4.8 Wohnsituation

Von den 86 % der Patienten, die zuvor noch eigenständig im häuslichen Umfeld gelebt hatten, konnten zunächst nur 41,3 % auch wieder in die Häuslichkeit zurück entlassen werden. Die übrigen Patienten wurden in eine Kurzzeitpflege oder Rehaeinrichtung verlegt. Insgesamt hatte ein großer Anteil der Patienten, wie auch von Laurer et al. (2010) beschrieben, ihre Selbstständigkeit verloren und sind in die soziale Abhängigkeit und Pflegebedürftigkeit geraten. Im Rücksenderkollektiv konnte dies widerlegt werden. Bis auf ein Patient halten sich alle Patienten wieder in der früheren Häuslichkeit auf. Dies sollte als wichtiger Zielparameter in die Therapieauswahl einbezogen werden, da die Pflegebedürftigkeit persönliche und finanzielle Konsequenzen für den Einzelnen hat. In der Literatur finden sich diesbezüglich keine Daten.

4.9 Komplikationen und subjektive Beschwerden

Posttherapeutische Beschwerden und Komplikationen beeinflussen das Outcome einer Therapie sowie die gesundheitsbezogene Lebensqualität der Patienten. In der vorliegenden Studie hatten die konservativ therapierten Patienten seltener therapieabhängige Komplikationen als die chirurgisch versorgten Patienten. Innerhalb der operativen Gruppe hatten die ventral

stabilisierten Patienten weniger therapieabhängige Komplikationen als die Patienten nach dorsaler Spondylodese. Demgegenüber beschrieben Woods et al. (2014) in ihrer Studie höhere Komplikationsraten nach konservativer Versorgung als nach operativ versorgter Densfrakturen. Ursächlich für die abweichenden Ergebnisse könnte sein, dass in der Studie von Woods et al. keine Unterscheidung innerhalb der operativen Verfahren dargestellt wurde. Außerdem unterschieden sie nicht zwischen therapieabhängigen und therapieunabhängigen Komplikationen. In einer anderen Studie von Vaccaro et al. (2013) wurde ebenfalls dargestellt, dass nach konservativer Therapie eine höhere Rate an Komplikationen entsteht als nach operativer Therapie, der Unterschied jedoch nicht signifikant sei. In der Literatur konnten keine Angaben zur Gesamtkomplikationsrate nach den unterschiedlichen Therapieoptionen gefunden werden. Es scheint sinnvoll, die einzelnen Komplikationen getrennt voneinander zu betrachten, da diese unterschiedliche Relevanz für die Behandlung und Genesung der Patienten haben. Eine absolute Angabe von Komplikationen hat wenig Aussagekraft. Insgesamt zeigte sich in der vorliegenden Studie, dass im Rahmen der konservativen Therapie die Anzahl als auch die Häufigkeit der einzelnen Komplikationen niedrig ist. Wenn eine operative Therapie nötig ist, so scheint die ventrale Stabilisierung die niedrigste Komplikationsrate innerhalb der operativen Therapieverfahren zu haben.

4.10 Mortalität

Patienten mit Verletzungen der HWS haben die höchste Frühmortalitätsrate innerhalb aller Wirbelsäulentraumata (Hasler et al. 2012). Unabhängig vom Therapieprocedere wird beim geriatrischen Patienten eine Gesamtmortalität von 10 - 57,1 % angegeben (Schoenfeld et al. 2011; Müller et al. 1999; Chapman et al. 2013; Denault Alexandre et al. 2011; White et al. 2010). Dies entspricht den Ergebnissen der vorliegenden Studie. Bis zum Studienabschluss zeigte sich im Gesamtkollektiv eine Mortalitätsrate von 37,2 %. Die durchschnittliche Überlebensrate lag bei 24,6 Monaten.

4.10.1 Intrahospitale Mortalität

Die intrahospitale Mortalitätsrate lag in der vorliegenden Studie bei 8,6 %. White et al. (2010) beschreiben eine vergleichbare Mortalitätsrate. Insgesamt wird in der Literatur angegeben, dass während der stationären Therapie 10 - 25 % der behandelten Patienten versterben, wobei es keine signifikanten Unterschiede zwischen der konservativen und operativen Versorgung gab (White et al. 2010; Tashjian et al. 2006; Müller et al. 1999; Koech et al. 2008; Smith et al. 2008). Bei Josten et al. verstarben 3,6 % der ventral stabilisierten Patienten intrahospital (Josten et al.

2016). In unserer Studie lag die Mortalitätsrate bei den ventral stabilisierten Patienten bei 8 % und war damit höher.

4.10.2 Mortalität und ihre Einflussfaktoren

Das Geschlecht als möglicher Einflussfaktor auf die Überlebenswahrscheinlichkeit zeigte in der vorliegenden Studie keinen signifikanten Zusammenhang. Die weiblichen Patienten überlebten durchschnittlich vier Monate länger als die männlichen Patienten. Auch in anderen Studien konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Schoenfeld et al. 2011; Stein et al. 2017). In einer retrospektiven Studie von Miller et al. (2015) wurde herausgefunden, dass die Sterberate der Männer, verglichen mit einer gesunden Vergleichsgruppe gleichen Alters größer ist. Im Gesamtverlauf der Nachuntersuchung von Chapman et al. (2013) hatten die Männer langfristig eine signifikant höhere Mortalitätsrate als die weiblichen Patienten. Venkatesan et al. (2014) untersuchte ein Patientenkollektiv mit einem durchschnittlichen Alter von 82 Jahren. Die 1-Monats-Mortalität betrug 25 % und die 1-Jahres-Mortalität 32,5 %. Die Patienten wurden hauptsächlich konservativ therapiert. Sie stellten fest, dass das Alter einen signifikanten Einfluss auf die Mortalität hat. Das steigende Alter der Patienten spielte auch in der hier vorliegenden Studie eine signifikante Rolle. Mit zunehmendem Alter stieg die Mortalitätsrate im ersten Jahr an. Diese Ergebnisse finden sich auch in weiteren Studien (Schoenfeld et al. 2011; Tashjian et al. 2006; Harris et al. 2010; Butler et al. 2010). Außerdem zeigen Venkatesan et al., dass hauptsächlich Begleitverletzungen zum Tod führen, wie auch in unserer Studie. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Venkatesan et al. betrug in unsere Studie die 1-Monats-Mortalität 14,1 % und die 1-Jahres-Mortalität 26,9 % und war somit niedriger. Diese Abweichung könnte damit begründet werden, dass unsere Nachuntersuchungsgruppe mehr operativ als konservativ versorgte Patienten beinhaltet. So kann behauptet werden, dass eine operative Therapie mit einer geringeren Mortalität einhergeht. Dies bestätigte sich in unserer Studie. Die 1-Jahres-Mortalität war in der konservativen Gruppe deutlich höher als in der operativen Gruppe. Der Komorbiditätsindex CACI hatte erwartungsgemäß einen hoch signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit im Gesamtkollektiv. So hatten Patienten mit einem $CACI \leq 3$ Punkte eine deutlich bessere Überlebenswahrscheinlichkeit. In der Studie von Woods et al. (2014) hatten Patienten, die ein Jahr nach operativer Versorgung noch lebten, weniger Vorerkrankungen als diejenigen, die innerhalb des ersten postoperativen Jahres verstorben sind. Woods et al. behauptet, dass Komorbiditäten einen signifikanten Effekt auf die Mortalität von operativ therapierten Patienten hat. Der Einfluss der Therapieauswahl auf die Überlebenswahrscheinlichkeit zeigte in der vorliegenden Studie einen signifikanten Zusammenhang. Nach konservativer Therapie zeigte sich eine signifikant schlechtere

Überlebenswahrscheinlichkeit als nach ventraler Stabilisierung oder dorsaler Spondylodese. Innerhalb der operativen Verfahren zeigte sich zwischen der ventralen Stabilisierung und der dorsalen Spondylodese kein signifikanter Unterschied. Im Rahmen der konservativen Therapie und der damit verbundenen langen Immobilisation der HWS wird bei älteren Patienten gegenüber der operativen Therapie eine erhöhte Mortalität beschrieben (Meyer 2018). Die Faktoren Alter und Komorbiditäten haben einen negativen Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit konservativ therapierter Patienten (Chapman et al. 2013). Diese Ergebnisse zeigten sich auch in der vorliegenden Studie. Während bei Patienten unter 85 Jahren die Mortalität nach konservativer Versorgung höher zu sein scheint, gibt es Studien, die bei Patienten ab dem 80. Lebensjahr eine konservative Therapie empfehlen (Heyde 2018; Badke 2018; Gonschorek et al. 2018).

4.10.3 Kurzfristige und langfristige Mortalität

Die 30-Tage-Mortalität wird auch als kurzfristige Mortalität bezeichnet. Je nach Studie ist die 30-Tage-Mortalität nach konservativer Therapie höher oder mit der operativen Therapie vergleichbar (Chapman et al. 2013; Ryang et al. 2016; Bernstein et al. 2020; Vaccaro et al. 2013; White et al. 2010; Apfelbaum 1992; Chen et al. 2012; Schroeder et al. 2015; Smith et al. 2008; Stein et al. 2017). In der vorliegenden Studie war die 30-Tage-Mortalität bei den konservativ therapierten Patienten deutlich höher als bei den operativ versorgten Patienten. Bednar et al. (1995) zeigte in seiner Studie, dass eine frühzeitig operative Versorgung die Mortalität des geriatrischen Patienten reduziert. In einer retrospektiven, multizentrischen Studie von Chapman et al. (2013) zeigte sich, dass Patienten über 65 Jahre mit einer Typ II Densfraktur nach operativer Therapie eine signifikant bessere 30-Tage-Überlebenswahrscheinlichkeit haben als nach konservativer Therapie. Dies wurde auch in unserer Studie festgestellt. In einer retrospektiven Studie von Schoenfeld et al. (2011) wurde der Einfluss von Alter, Komorbiditäten und Behandlungsart auf die Mortalitätsrate des geriatrischen Patienten mit einer Densfraktur untersucht. Es zeigte sich innerhalb der ersten 3 Monate nach einer versorgten Typ II Densfraktur eine Gesamtmortalität von 21 %, die bis 3 Jahre postoperativ auf 39 % ansteigt. Diese Werte finden sich auch in anderen Studien (Frangen et al. 2007; Chapman et al. 2013; Harris et al. 2010). Die Mortalitätsrate innerhalb der ersten 3 Monate war im Rahmen der operativen Versorgung geringer als nach konservativer Therapie. Nach 12 Monaten war die Mortalitätsrate sowohl in der operativen als auch der konservativen Gruppe weiter angestiegen. Diese Ergebnisse fanden wir auch in der vorliegenden Arbeit. Die operative Versorgung unter 75 Jahren ist mit einer geringeren 3-Monats-Mortalität assoziiert, nach einem Jahr zeigt sich diesbezüglich kein Unterschied (Harris et al. 2010; Woods et al. 2014). Robinson

et al. (2017) stellten fest, dass die operative Versorgung der Typ II Frakturen zwischen 65 und 85 Jahren eine höhere Überlebensrate zeigt. Da die Mortalität jedoch ab dem 80. Lebensjahr im Rahmen der operativen Versorgung deutlich ansteigt, muss beim geriatrischen Patienten über 80 Jahre eine individuelle Entscheidung, abhängig vom Allgemeinzustand und den Komorbiditäten getroffen werden (Badke 2018). Meyer et al. (2018) stellten eine langfristig bessere Überlebensrate nach operativer Therapie fest. Innerhalb der operativen Therapie konnte, wie auch in unserer Studie, kein signifikanter Unterschied zwischen der ventralen Stabilisierung und der dorsalen Spondylodese gezeigt werden. Auch andere Studien fanden diesbezüglich keine Unterschiede (White et al. 2010; Schroeder et al. 2015). Die Überlebenswahrscheinlichkeit im 1. Jahr nach der Versorgung einer Densfraktur zeigte in anderen Studien keine Unterschiede zwischen der konservativen oder operativen Therapie (Meyer et al. 2018; Harris et al. 2010; Smith et al. 2008). Andere Studien beschreiben, dass das langfristige Mortalitätsrisiko zu Ungunsten der konservativen Therapie steigt (Hanigan et al. 1993; Chapman et al. 2013; Stein et al. 2017; Radovanovic et al. 2017). Wiederum andere Autoren beschreiben die konservative Therapie mit einem besseren Outcome bezüglich der Mortalität (Koech et al. 2008). Die langfristige Mortalität steigt insgesamt sowohl bei konservativer als auch bei operativer Therapie (Chapman et al. 2013). Bei der operativen Versorgung korreliert eine lange Operationsdauer mit einer steigenden Mortalitätsrate (Bernstein et al. 2020). Diese Tatsache wurde in der vorliegenden Studie nicht geprüft.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass in der vorliegenden Studie das Alter, der Komorbiditätsindex sowie die Therapieauswahl einen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit haben. Die Wahrscheinlichkeit, an einer Densfraktur zu versterben steigt auch in anderen Studien mit dem Alter, den neurologischen Symptomen und den Komorbiditäten (Schoenfeld et al. 2011; Malik et al. 2008; Badke 2018). Bezüglich der optimalen Therapieauswahl zur Reduktion der Mortalität ist sich die aktuelle Datenlage uneinig. Insgesamt überwiegen die Studien, die einen Überlebensvorteil nach operativ versorgter Densfraktur nachweisen. Dies wurde durch unsere Studie ebenso bestätigt.

4.11 Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität und damit das subjektive Erleben des Patienten besitzt in der Traumatologie einen wichtigen Stellenwert. Zur Beurteilung des Gesundheitszustandes geht es heute nicht mehr allein um Symptome und Komplikationen, sondern zunehmend wie der Gesundheitszustand durch den Erkrankten subjektiv empfunden wird. Der Begriff der Lebensqualität wird durch vier Komponenten definiert. Hierzu zählen psychisches Befinden,

körperliche Verfassung, soziale Beziehung und funktionale Kompetenz (Briem et al. 2003; Bullinger et al. 2015). Mit Erforschung der Lebensqualität kann die Effizienz der jeweiligen Therapie bewertet werden (Boden 1998). Um die Lebensqualität der Patienten nach konservativ oder operativ therapierter Densfraktur in der vorliegenden Studie darstellen zu können, wurde der VAS, NDI und SF-36 Score erfragt. Im direkten Vergleich der Ergebnisse des VAS, NDI und SF-36 Score untereinander zeigte sich insgesamt ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen der einzelnen Tests.

4.11.1 Visual Analog Scale

Im Durchschnitt gaben die Patienten des Rücksenderkollektivs mit $2,5 \pm 2,4$ Punkten ein tendenziell niedriges Schmerzlevel an. Dies bestätigt sich auch in der Studie von Stein et al. (2017), in der ein Schmerzlevel von $3,2 \pm 3,1$ Punkten angegeben wird. Auffällig ist, dass die Patienten nach konservativer Therapie ein sehr niedriges Schmerzlevel aufzeigten ($0,6 \pm 1,0$). Dies zeigte sich im Vergleich zur ventralen Stabilisierung und dorsalen Spondylodese als signifikant niedriger ($p < 0,05$). Innerhalb der operativen Therapie konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Schmerzangaben der Patienten aufgezeigt werden. Die dorsal stabilisierten Patienten zeigten nur ein gering niedrigeres Schmerzniveau ($3,2 \pm 2,5$) als die ventral stabilisierten Patienten ($3,2 \pm 2,3$). In einer Studie von Josten et al. (2016) werden nach ventraler Stabilisierung einer Densfraktur vergleichbare Werte angegeben. Auch Lobo et al. (2018) geben mit durchschnittlich zwei Punkten ein niedriges Schmerzlevel nach ventraler Stabilisierung an. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Patienten nach konservativer Therapie langfristig die wenigsten Schmerzen haben. So könnte behauptet werden, dass eine konservative Therapie bei richtiger Indikationsstellung die Lebensqualität des Patienten nach einer Densfraktur in Bezug auf die Schmerzsituation positiv beeinflussen kann. Innerhalb der operativen Versorgung zeigte sich kein positiver Trend zur dorsalen oder ventralen Stabilisierung. Rizvi et al. (2012) bestätigen, dass es keinen signifikanten Unterschied im VAS zwischen den Operationsverfahren gibt. Kritisch zu diskutieren ist, dass das Schmerzempfinden eine subjektive Empfindung des Patienten ist, weshalb ein Vergleich zwischen den Patienten schwer möglich ist. Fraglich ist auch, ob die Schmerzangabe im Bereich der HWS mit der ursprünglichen Verletzung bzw. Therapie zusammenhängt, denn Schmerzen in der HWS werden auch häufig von geriatrischen Patienten ohne Trauma angegeben. Da im Rahmen der vorliegenden Studie keine klinische oder radiologische Untersuchung stattgefunden hat, könnten der Schmerzangabe auch andere Ursachen wie beispielsweise degenerative Veränderungen oder paravertebraler Muskelhartspann zugrunde liegen. Gerade bei den dorsal stabilisierten Patienten unterliegen die angrenzenden Segmente einer höheren Belastung, um die

eingeschränkte Beweglichkeit zu kompensieren und könnte Ursache höherer Schmerzangaben sein.

4.11.2 Neck Disability Index

Der NDI als alleiniges Kriterium zur Entscheidungsfindung der Therapieauswahl der Densfraktur erscheint nicht adäquat. Die Ergebnisse des Neck Disability Index der vorliegenden Studie unterschieden sich zwischen den Therapieformen nur gering. Insgesamt zeigte sich, wie schon in den Ergebnissen des VAS, ein positiver Trend zu Gunsten der konservativen Therapie. Innerhalb der operativen Therapie zeigte sich ein geringer Vorteil zu Gunsten der ventralen Stabilisierung. Insgesamt gab es zwischen den Therapieformen keinen signifikanten Unterschied. Der mittlere Durchschnittswert im NDI von 11,13 Punkten ist als moderate Einschränkung der Lebensqualität zu werten und ist mit den Ergebnissen der Studie von Stein et al. (2017) vergleichbar. Im Gegensatz dazu zeigten sich in der Studie von Vaccaro et al. (2013) signifikant bessere Ergebnisse im NDI innerhalb der operativen Gruppe im Vergleich zur konservativen Gruppe. Die Autoren empfehlen deshalb bei Patienten, die gesund genug sind, eine operative Therapie durchzuführen. Positiv am NDI ist, dass er mit seinen 10 Fragen relativ kurz, einfach verständlich und valide ist (Vernon 2008). So kann die Einschränkung der alltäglichen Aktivität durch Beschwerden in der Halswirbelsäule gut erfragt werden. Vergleichbar mit dem VAS muss auch hier wieder kritisch hinterfragt werden, ob die Einschränkungen im Alltag aufgrund der Beschwerden in der HWS allein auf die stattgehabte Densfraktur zurückzuführen sind.

4.11.3 SF-36 Score

Ein zentrales Ziel der vorliegenden Studie war die Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Der SF-36 Score ermöglichte den Patienten ihren Gesundheitszustand selbst einzuschätzen. Die Ergebnisse der acht Unterthemen des SF-36 in der vorliegenden Studie stammen aus der Auswertung der 40 zurückgesendeten Fragebögen des Rücksenderkollektivs, verglichen mit einer gesunden Normpopulation des Bundes-Gesundheitssurvey von 1998.

Betrachtet man die beantworteten Fragen des SF-36 Score im Einzelnen (vgl. 3.4.3), so zeigten sich insgesamt, unabhängig vom Therapieprocedere der Densfraktur, gute Ergebnisse im Rücksenderkollektiv. 72,5 % der Patienten beschrieben ihren aktuellen Gesundheitszustand im Allgemeinen als ausgezeichnet oder gut. Im Vergleich zum Vorjahr gaben 67,5 % der Patienten an, dass ihr derzeitiger Gesundheitszustand viel besser, besser oder gleichbleibend sei. Bei alltäglichen Tätigkeiten wie dem Baden und Anziehen von Kleidung, dem Gehen kurzer Strecken, dem Bücken, eine Treppenstufe steigen und Einkäufe tragen, hatte der Großteil der

befragten Patienten keine oder nur mäßige Einschränkungen. In Bezug auf die vergangenen vier Wochen vor der Befragung gaben die meisten Patienten an, ihre alltäglichen Aktivitäten genauso lange, genauso viel und unter kaum Schwierigkeiten durchgeführt zu haben. 80 % der Befragten verneinten Einschränkungen im alltäglichen Leben durch seelische Probleme in den vergangenen vier Wochen. Hervorzuheben ist auch, dass körperliche oder seelische Probleme nur bei 15 % der Patienten zu Einschränkungen ihrer sozialen Kontakte geführt haben. 92,5 % der Befragten gaben an keine, sehr leichte, leichte oder mäßige Schmerzen zu haben. Bezüglich psychischer Faktoren gaben die meisten Patienten an, sie seien voller Schwung, energievoll, ruhig und gelassen sowie glücklich. Abschließend verneinten 87,5 % der Patienten leichter krank zu werden als andere und 67,5 % der Patienten empfanden ihren aktuellen Gesundheitszustand als identisch zu anderen. Das ihre Gesundheit nachlasse erwarteten die Hälfte der Befragten und begründeten dies mit dem steigenden Alter als normal. Insgesamt gaben 67,5 % der Patienten an, sich exzellenter Gesundheit zu erfreuen.

In Hinblick auf geschlechterspezifische Unterschiede zeigten sich erwartungsgemäß sowohl im männlichen als auch im weiblichen Rücksenderkollektiv verglichen mit der gesunden Normpopulation schlechtere Ergebnisse in den Subskalen der körperlichen Funktionsfähigkeit, körperlichen Rollenfunktion, allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und emotionalen Rollenfunktion. Die Unterschiede in der körperlichen Funktionsfähigkeit zeigten sich sowohl bei den Männern als auch den Frauen im Rücksenderkollektiv signifikant schlechter. Die Ergebnisse in den Subskalen der körperlichen Rollenfunktion sowie der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung waren nur bei den Frauen des Rücksenderkollektivs signifikant schlechter. Im direkten Vergleich des männlichen und weiblichen Rücksenderkollektivs zeigten sich in allen Subskalen außer der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung bessere Ergebnisse für die Männer. Diese Ergebnisse zeigen sich auch innerhalb der gesunden Normpopulation (Bellach 2000). In den Subskalen der Vitalität, sozialen Funktionsfähigkeit und psychischem Wohlbefinden zeigten sich sowohl im männlichen als auch im weiblichen Rücksenderkollektiv bessere Ergebnisse als in der Normpopulation. Die häufig geäußerte Dankbarkeit über die erfolgreich überstandene Densfraktur könnte die besseren Ergebnisse im Rücksenderkollektiv erklären. Bezüglich der Subskala der körperlichen Schmerzen zeigten sich innerhalb des Rücksenderkollektivs als auch im Vergleich zur Normpopulation keine relevanten geschlechtsspezifische Unterschiede. Insgesamt scheint das Geschlecht Einfluss auf die posttherapeutische Lebensqualität zu haben. Das steigende Alter der Patienten zeigte in der vorliegenden Studie einen negativen Einfluss auf die körperliche Funktionsfähigkeit sowie die körperliche Rollenfunktion. Hier sei zu beachten, dass im Alter ein generell reduzierter Allgemeinzustand des geriatrischen Patienten hinzukommt. Diese Ergebnisse zeigen sich auch

im Bundes-Gesundheitssurvey von 1998. Es wird berichtet, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem steigenden Alter und der reduzierten körperlichen Gesundheit in der Normpopulation besteht. Die Dimensionen der Vitalität, sozialen Funktionsfähigkeit, emotionalen Rollenfunktion, psychisches Wohlbefinden und körperliche Schmerzen zeigten im Rücksenderkollektiv einen positiven Trend zu Gunsten des steigenden Alters. Es könnte deshalb behauptet werden, dass sich ältere Patienten emotional besser von einem stattgehabten Trauma erholen als jüngere Patienten.

Im direkten Vergleich der Patienten nach konservativer Therapie mit den operativ versorgten Patienten zeigten sich in der konservativen Gruppe in allen Subthemen außer der körperlichen Funktionsfähigkeit bessere Ergebnisse. Signifikant besser schnitten die konservativen Patienten in den Unterthemen der Vitalität, sozialen Funktionsfähigkeit, emotionalen Rollenfunktion und körperlichen Schmerzen ab. Auch in andere Studien konnte bereits festgestellt werden, dass eine operative Versorgung der Densfraktur die subjektive Lebensqualität der Patienten statistisch signifikant einschränkt (Dvorak et al. 2005; Vaccaro et al. 2013). Innerhalb der operativen Gruppe zeigten sich zwar tendenziell bessere Ergebnisse für die dorsal stabilisierten Patienten in den Subskalen der körperlichen Funktionsfähigkeit, körperlichen Schmerzen, Vitalität, emotionalen Rollenfunktion und psychischem Wohlbefinden, die Unterschiede waren allerdings nicht signifikant besser.

Zusammenfassend ist die Erfassung gesundheitsbezogener Lebensqualität weniger ein medizinischer Zustand als ein subjektives Empfinden der Patienten und ist deshalb schwer einzuordnen. Insgesamt ist der SF-36 Score zeitaufwendig. Die sozialen Dimensionen spielen im Vergleich zur körperlichen und psychischen Funktionsfähigkeit eine geringere Rolle, wobei gerade der soziale Aspekt im Alter die Zufriedenheit des Menschen beeinflusst. Weder Geschlecht, Alter noch Therapieprozedere konnte als alleiniger Einflussfaktor auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität identifiziert werden.

5 Zusammenfassung

Aufgrund der zunehmend alternden Bevölkerung ergeben sich in der Medizin neue Herausforderungen. Durch die steigende Inzidenz ist die Densfraktur ein wichtiges und aktuelles Krankheitsbild in der Unfallchirurgie. Die optimale Versorgung der geriatrischen Densfraktur bleibt umstritten. Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es, die bestmögliche Therapie der Densfraktur des geriatrischen Patienten zu eruieren. Zielparameter waren die Überlebenswahrscheinlichkeit sowie die gesundheitsbezogene Lebensqualität.

Die Fraktur des Dens axis ist beim geriatrischen Patienten mit bis zu 50 % aller HWS-Frakturen häufig. Sie ist die häufigste isolierte HWS-Verletzung bei den über 70-jährigen Patienten. Durch Stürze oder Bagateltraumata entstehen Densfrakturen aufgrund reduzierter Koordination sowie verminderter Knochenfestigkeit im Alter. Es werden drei Typen unterschieden, wobei die Typ II Densfraktur meist instabil ist.

In die Studie wurden 93 Patienten (58 Frauen, 35 Männer), welche im Rahmen einer traumatischen Densfraktur zwischen 2017 und 2020 in der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen konservativ oder operativ therapiert wurden, eingeschlossen. Das Durchschnittsalter lag bei $78,9 \pm 13,7$ Jahre und mit zunehmendem Alter stieg die Anzahl der Densfrakturen. Neben der Aufarbeitung von deskriptiven Daten erhielt jeder Patient, der als lebend zensiert werden konnte, einen Fragebogen bestehend aus dem Visual Analog Scale (VAS), Neck Disability Score (NDI) und dem SF-36 Score. 40 Patienten (24 Frauen, 16 Männer) sendeten den ausgefüllten Fragebogen zurück, 29 Patienten waren zum Studienabschluss verstorben, 49 Patienten konnten insgesamt als lebend zensiert werden und 15 Patienten konnten trotz stärkster Bemühung nicht ausfindig gemacht werden.

Durch die Ergebnisse der Fragebögen konnten die Einflussfaktoren auf die posttherapeutische Lebensqualität ermittelt werden. Im Visual Analog Scale (VAS) zeigte sich im Rücksenderkollektiv mit einem Schmerzlevel von $2,5 \pm 2,4$ Punkte ein insgesamt niedriges Schmerzniveau. Zwischen den verschiedenen Therapieformen ergaben sich große Unterschiede. Die Patienten nach konservativer Therapie zeigten ein signifikant niedrigeres Schmerzlevel als nach operativer Versorgung. Zwischen der dorsalen Spondylodese und der ventralen Stabilisierung zeigten sich nahezu identische Schmerzniveaus mit leicht erhöhter Tendenz nach ventraler Stabilisierung. Im Neck Disability Index (NDI) waren die Unterschiede zwischen den Therapieverfahren nur gering und der Unterschied nicht signifikant. Im Rahmen der Auswertung des SF-36 zeigte sich, dass sowohl die männlichen als auch die weiblichen

Patienten der Studie verglichen zur gesunden Normpopulation schlechtere Ergebnisse in den Subskalen der körperlichen Funktionsfähigkeit, körperlichen Rollenfunktion, allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und der emotionalen Rollenfunktion haben. Signifikante Unterschiede zeigten sich bei beiden Geschlechtern in der Subskala der körperlichen Funktionsfähigkeit, bei den Frauen außerdem in der körperlichen Rollenfunktion und allgemeinen Gesundheitswahrnehmung. Insgesamt waren die Ergebnisse bei den Männern in allen Subskalen außer der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung besser. Diese Tatsache entspricht auch den Unterschieden in der Normpopulation. Bezüglich der Subskala Schmerzen konnten keine geschlechterspezifischen Unterschiede festgestellt werden. Die psychischen Subskalen der Vitalität, sozialen Funktionsfähigkeit und das psychische Wohlbefinden waren in unserer Nachuntersuchungsgruppe besser als in der Normpopulation. Das Alter hat nach Auswertung des SF-36 Score einen negativen Einfluss auf die körperliche Funktionsfähigkeit und Rollenfunktion. Sie entsprechen allerdings dem typischen Alterseffekt auf die körperliche Leistungsfähigkeit. Die Patienten nach konservativer Therapie zeigten im SF-36 signifikant bessere Ergebnisse in den sozialen Themen Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit und emotionale Rollenfunktion. Die körperlichen Schmerzen waren im Vergleich zur operativen Gruppe signifikant niedriger. Unterschiede innerhalb der operativen Gruppe gab es zu Gunsten der dorsal stabilisierten Patienten, jedoch ohne Signifikanz.

Zusammenfassend kann weder das Geschlecht, das Alter oder das Therapieprocedere als alleiniger Einflussfaktor auf die gesundheitsbezogene Lebensqualität identifiziert werden. Nur unter Beachtung aller Einflussfaktoren in Kombination kann die Lebensqualität hochgehalten werden. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wird durch das fortgeschrittene Patientenalter sowie die damit verbundene Multimorbidität negativ beeinflusst. Bei richtiger Indikationsstellung beeinflusst die konservative Therapie die Lebensqualität der Patienten in Bezug auf das Schmerzniveau positiv.

Zusätzlich wurde die Überlebenswahrscheinlichkeit berechnet und mögliche Einflussfaktoren wie Alter, Geschlecht, Komorbidität und Therapieauswahl zur Abschätzung der Prognose untersucht. Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass das steigende Alter sowie der Komorbiditätsindex $CACI > 3$ einen negativen Einfluss auf die Überlebensrate der Patienten hat. So hatten Patienten < 70 Jahre eine Tendenz zur signifikant besseren Überlebenswahrscheinlichkeiten als Patienten ≥ 80 Jahre. Die Patienten zwischen 70 - 79 Jahre zeigten eine signifikant bessere Überlebenswahrscheinlichkeit als Patienten ≥ 80 Jahre. Der Komorbiditätsindex zeigte einen hoch signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit. Ebenso hatten Patienten nach konservativ therapierter Densfraktur eine deutlich schlechtere Überlebenswahrscheinlichkeit als nach operativer

Versorgung. Die konservative Therapie zeigte eine signifikant schlechtere Überlebenswahrscheinlichkeit als die ventrale Stabilisierung und eine hoch signifikant schlechtere Überlebenswahrscheinlichkeit als die dorsale Spondylodese. Zwischen den operativen Verfahren der ventralen Stabilisierung und der dorsalen Spondylodese zeigten sich bzgl. der Überlebenswahrscheinlichkeit keine signifikanten Unterschiede. Insgesamt wurde ein Überlebensvorteil nach operativ versorgter Densfraktur nachgewiesen. Das Geschlecht hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Überleben.

6 Anhang

6.1 SF-36 Fragebogen

Fragebogen zur allgemeinen gesundheitsbezogenen Lebensqualität

In diesem Fragebogen geht es um die subjektive Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes.

Bitte Beantworten Sie jede Frage, indem Sie die für sie passende Antwortmöglichkeit als Zahl ankreuzen.

Frage 1

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
Wie würden Sie ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?	1	2	3	4	5

Frage 2

	Derzeit viel besser	Derzeit etwas besser	Etwa wie vor einem Jahr	Derzeit etwas schlechter	Derzeit viel schlechter
Im Vergleich zu vergangenem Jahr, wie würden Sie ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	1	2	3	4	5

Frage 3

Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Alltagstätigkeiten eingeschränkt und wenn ja, wie stark?	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, nicht eingeschränkt
Anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3
Mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3
Einkaufstasche heben oder tragen	1	2	3
Mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3
Einen Treppenabsatz steigen	1	2	3
Sich beugen, knien, bücken	1	2	3
Mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3
Mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3
Eine Straßenkreuzung weit zu Fuß geben	1	2	3
Sich baden oder anziehen	1	2	3

Frage 4

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei alltäglichen Tätigkeiten?	Ja	Nein
Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1	2
Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung	1	2

Frage 5

Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei alltäglichen Tätigkeiten?	Ja	Nein
Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1	2
Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1	2
Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich sein	1	2

Frage 6

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
Wie sehr haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre normalen Kontakte zu Familie und Freunde beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

Frage 7

	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
Wie stark waren Ihre Schmerzen in den letzten 4 Wochen?	1	2	3	4	5	6

Frage 8

	Überhaupt nicht	Ein bisschen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen in ihren alltäglichen Tätigkeiten eingeschränkt?	1	2	3	4	5

Frage 9

Wie ist es Ihnen in den letzten 4 Wochen gegangen? Ich war...	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
voller Schwung	1	2	3	4	5	6
sehr nervös	1	2	3	4	5	6
sehr niedergeschlagen	1	2	3	4	5	6
ruhig und gelassen	1	2	3	4	5	6
voller Energie	1	2	3	4	5	6
entmutigt und traurig	1	2	3	4	5	6
Erschöpft	1	2	3	4	5	6
Glücklich	1	2	3	4	5	6
Müde	1	2	3	4	5	6

Frage 10

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelische Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre sozialen Kontakte eingeschränkt?	1	2	3	4	5

Frage 11

Inwieweit trifft folgende Aussage auf Sie zu?	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß ich nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5
Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5
Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt	1	2	3	4	5
Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5

7 Literaturverzeichnis

- Aebi M, Etter C (1991): Die ventrale direkte Verschraubung bei Densfrakturen. *Orthopade* **20**, 147-153
- Aebi M, Etter C, Coscia M (1989): Fractures of the odontoid process. Treatment with anterior screw fixation. *Spine* **14**, 1065-1070
- Akobo S, Rizk E, Loukas M, Chapman JR, Oskouian RJ, Tubbs RS (2015): The odontoid process: a comprehensive review of its anatomy, embryology, and variations. *Childs Nerv Syst* **31**, 2025-2034
- Amling M, Hahn M, Wening VJ, Grote HJ, Delling G (1994): The microarchitecture of the axis as the predisposing factor for fracture of the base of the odontoid process. A histomorphometric analysis of twenty-two autopsy specimens. *J Bone Joint Surg Am* **76**, 1840-1846
- Amling M, Pösl M, Wening VJ, Ritzel H, Hahn M, Delling G (1995): Structural heterogeneity within the axis: the main cause in the etiology of dens fractures. A histomorphometric analysis of 37 normal and osteoporotic autopsy cases. *J Neurosurg* **83**, 330-335
- Anderson LD, D'Alonzo RT (1974): Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am* **56**, 1663-1674
- Andersson S, Rodrigues M, Olerud C (2000): Odontoid fractures: High complication rate associated with anterior screw fixation in the elderly. *Eur Spine J* **9**, 56-59
- Dailey AT, Hart D, Finn MA, Schmidt MH, Apfelbaum RI (2010): Anterior fixation of odontoid fractures in an elderly population. *J Neurosurg Spine* **12**, 1-8
- Apfelbaum RI: Anterior screw fixation of odontoid fractures. In: Rengachary SS, Wilkins RH: *Neurosurgical operative atlas*. 2. Auflage; Williams und Wilkins, Baltimore 1992, 189-199
- Apfelbaum RI, Lonser RR, Veres R, Casey A (2000): Direct anterior screw fixation for recent and remote odontoid fractures. *J Neurosurg* **93**, 227-236
- Apuzzo ML, Heiden JS, Weiss MH, Ackerson TT, Harvey JP, Kurze T (1978): Acute fractures of the odontoid process. An analysis of 45 cases. *J Neurosurg* **48**, 85-91
- Arand M, Lemke M, Kinzl L, Hartwig E (2001): Inzidenz von Komplikationen der Schraubenosteosynthese von Frakturen des Dens axis. *Zentralbl Chir* **126**, 610-615
- Bading S, Pape HC, Lange U, Bastian L, Krettek C (2004): Zur Problematik der Reosteosynthese bei Denspseudarthrose. *Unfallchirurg* **107**, 149-53
- Badke A (2018): Konservative Therapie von Verletzungen der Halswirbelsäule. *OP-Journal* **34**, 134-137
- Baker SP, O'Neill B, Haddon W, Long WB (1974): The injury severity score: a method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *J Trauma Acute Care Surg* **14**, 187-196

- Bednar DA, Parikh J, Hummel J (1995): Management of type II odontoid process fractures in geriatric patients; a prospective study of sequential cohorts with attention to survivorship. *J Spinal Disord* 8, 166-169
- Bellach BM, Ellert U, Radoschweski M (2000): Der SF-36 im Bundes-Gesundheitssurvey Erste Ergebnisse und neue Fragen. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 43, 210-216
- Berlemann U, Schwarzenbach O (1997): Dens fractures in the elderly. Results of anterior screw fixation in 19 elderly patients. *Acta Orthop Scand* 68, 319-324
- Bernstein DN, Thirukumaran C, Raudenbush B, Molinari RW, Menga EN, Mesfin A (2020): Predictors of 30-day unplanned readmissions, complications, and mortality following operative management of C2 fractures. *Global Spine J* 10, 130-137
- Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ (2001): Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med* 8, 1153-1157
- Blackmore CC, Ramsey SD, Mann FA, Deyo RA (1999): Cervical spine screening with CT in trauma patients: a cost-effectiveness analysis. *Radiology* 212, 117-125
- Blauth M, Lange UF, Knop C, Bastian L (2000): Wirbelsäulenfrakturen im Alter und ihre Behandlung. *Orthopade* 29, 302-317
- Blockey NJ, Purser DW (1956): Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Br.* 38, 794-817
- Boden SD (1998): Outcome assessment after spinal fusion: why and how? *Orthop Clin North Am* 29, 717-728
- Böhler J (1982): Anterior stabilization for acute fractures and non-unions of the dens. *J Bone Joint Surg Am* 64, 18-27
- Bono CM (2007): The halo fixator. *J Am Acad Orthop Surg* 15, 728-737
- Börm W, Kast E, Richter HP, Mohr K (2003): Anterior screw fixation in type II odontoid fractures: is there a difference in outcome between age groups? *Neurosurgery* 52, 1089-1094
- Briem D, Linhart W, Lehmann W, Bullinger M, Schoder V, Meenen NM, Windolf J, Rueger JM (2003): Untersuchung der Lebensqualität nach dorsoventraler Stabilisierung von Wirbelkörperfrakturen des thorakolumbalen Übergangs. *Unfallchirurg* 106, 625-632
- Brooks AL, Jenkins EB (1978): Atlanto-axial arthrodesis by the wedge compression method. *J Bone Joint Surg Am* 60, 279-284
- Bühren V (2002): Frakturen und Instabilitäten der Halswirbelsäule. *Unfallchirurg* 105, 1049-1066
- Bullinger M (2000): Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 43, 190-197
- Bullinger M, Blome C, Sommer R, Lohrberg D, Augustin M (2015): Gesundheitsbezogene Lebensqualität-ein zentraler patientenrelevanter Endpunkt in der Nutzenbewertung medizinischer Maßnahmen. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz* 58, 283-290

- Bullinger M (1995): German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA project. *International quality of life assessment. Soc Sci Med* 41, 1359-1366
- Bullinger M, Kirchberger I: SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand. Hogrefe, Göttingen 1998
- Butler JS, Dolan RT, Burbridge M, Hurson CJ, O'Byrne JM, McCormack D, Synnott K, Poynton AR (2010): The long-term functional outcome of type II odontoid fractures managed non-operatively. *Eur Spine J* 19, 1635-1642
- Castellana C, Kósa F (1999): Morphology of the cervical vertebrae in the fetal-neonatal human skeleton. *J Anat* 194, 147-152
- Chapman J, Smith JS, Kopjar B, Vaccaro AR, Arnold P, Shaffrey CI, Fehlings MG (2013): The AOSpine North America geriatric odontoid fracture mortality study: a retrospective review of mortality outcomes for operative versus nonoperative treatment of 322 patients with long-term follow-up. *Spine* 38, 1098-1104
- Charlson M, Szatrowski TP, Peterson J, Gold J (1994): Validation of a combined comorbidity index. *J Clin Epidemiol* 47, 1245-1251
- Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR (1987): A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis* 40, 373-383
- Chen YR, Boakye M, Arrigo RT, Kalanithi PS, Cheng I, Alamin T, Carragee EJ, Mindea SA, Park J (2012): Morbidity and mortality of C2 fractures in the elderly: surgery and conservative treatment. *Neurosurgery* 70, 1055-1059
- Chi YL, Wang XY, Xu HZ, Lin Y, Huang QS, Mao FM, Ni WF, Wang S, Dai LY (2007): Management of odontoid fractures with percutaneous anterior odontoid screw fixation. *Eur Spine J* 16, 1157-1164
- Chiba K, Fujimura Y, Toyama Y, Takahata T, Nakanishi T, Hirabayashi K (1993): Anterior screw fixation for odontoid fracture: clinical results in 45 cases. *Eur Spine J* 2, 76-81
- Clark CR, White AA (1985): Fractures of the dens. A multicenter study. *J Bone Joint Surg Am* 67, 1340-1348
- Cramer H, Lauche R, Langhorst J, Dobos GJ, Michalsen A (2014): Validation of the German version of the Neck Disability Index (NDI). *BMC Musculoskelet Disord* 15, 91
- Daffner RH, Sciulli RL, Rodriguez A, Protetch J (2006): Imaging for evaluation of suspected cervical spine trauma: a 2-year analysis. *Injury* 37, 652-658
- Denaro V, Papalia R, Di Martino A, Denaro L, Maffulli N (2011): The best surgical treatment for type II fractures of the dens is still controversial. *Clin Orthop Relat Res* 469, 742-750
- Denault A, Bains I, Moghadam K, Hu RW, Swamy G (2011): Evaluation of mortality following an odontoid fracture in the octogenarian population. *J Bone Joint Surg Br* 93, 585
- Dickman CA, Sonntag VK, Papadopoulos SM, Hadley MN (1991): The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis. *J Neurosurg* 74, 190-198
- Dumonski ML, Vaccaro AR (2010): Treatment of odontoid fractures. *Neurosurg Q* 20, 183-188

- Dunn ME, Seljeskog EL (1986): Experience in the management of odontoid process injuries: an analysis of 128 cases. *Neurosurgery* 18, 306-310
- Dvorak MF, Johnson MG, Boyd M, Johnson G, Kwon BK, Fisher CG (2005): Long-term health-related quality of life outcomes following Jefferson-type burst fractures of the atlas. *J Neurosurg Spine* 2, 411-417
- Eap C, Barresi L, Ohl X, Saddiki R, Mensa C, Madi K, Dehoux E (2010): Odontoid fractures anterior screw fixation: a continuous series of 36 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 96, 748-752
- ElSaghir H, Boehm H, Greiner-Perth R (2005): Mini-open approach combined with percutaneous transarticular screw fixation for C1-C2 fusion. *Neurosurg Rev* 28, 59-63
- Eskander MS, Drew JM, Aubin ME, Marvin J, Franklin PD, Eck JC, Patel N, Boyle K, Connolly PJ (2010): Vertebral artery anatomy: a review of two hundred fifty magnetic resonance imaging scans. *Spine* 35, 2035-2040
- Etter C, Coscia M, Jaberg H, Aebi M (1991): Direct anterior fixation of dens fractures with a cannulated screw system. *Spine* 16, 25-32
- Eysel P, Roosen K (1993): Ventrale oder dorsale Spondylodese der Densbasisfraktur--eine neue Klassifikation zur Wahl des chirurgischen Zuganges. *Zentralbl Neurochir* 54, 159-165.
- Fairholm D, Lee ST, Lui TN (1996): Fractured odontoid: the management of delayed neurological symptoms. *Neurosurgery* 38, 38-43
- Falavigna A, Righesso O, da Silva PG, Siri CR, Daniel JW, Esteves Veiga JC, de Azevedo GB, Carelli LE, Yurac R, Sanchez Chavez FA et al. (2017): Management of type II odontoid fractures: Experience from latin american spine centers. *World Neurosurg* 98, 673-681
- Fehlings MG, Arun R, Vaccaro AR, Arnold PM, Chapman JR, Kopjar B (2013): Predictors of treatment outcomes in geriatric patients with odontoid fractures: AOSpine North America multi-centre prospective GOF study. *Spine* 15, 881-886
- Feng G, Wendlandt R, Spuck S, Schulz AP (2012): One-screw fixation provides similar stability to that of two-screw fixation for type II dens fractures. *Clin Orthop Relat Res* 470, 2021-2028
- Fleck SK, Langner S, Baldauf J, Kirsch M, Rosenstengel C, Schroeder HW (2010): Blunt craniocervical artery injury in cervical spine lesions: the value of CT angiography. *Acta Neurochir* 152, 1679-1686
- Fountas KN, Kapsalaki EZ, Karampelas I, Feltes CH, Dimopoulos VG, Machinis TG, Nikolakakos LG, Boev AN 3rd, Choudhri H, Smisson HF et al. (2005): Results of long-term follow-up in patients undergoing anterior screw fixation for type II and rostral type III odontoid fractures. *Spine* 15, 661-669
- Frangen TM, Zilkens C, Muhr G, Schinkel C (2007): Odontoid fractures in the elderly: dorsal C1/C2 fusion is superior to halo-vest immobilization. *J Trauma* 63, 83-89
- Fujii E, Kobayashi K, Hirabayashi K (1988): Treatment in fractures of the odontoid process. *Spine* 13, 604-609
- Gallie WE (1939): Fractures and dislocations of the cervical spine. *Am J Surg* 46, 495-499

- Gebauer M, Lohse C, Barvencik F, Pogoda P, Rueger JM, Püschel K, Amling M (2006): Subdental synchondrosis and anatomy of the axis in aging: a histomorphometric study on 30 autopsy cases. *Eur Spine J* 15, 292-298
- Goel A, Laheri V (1994): Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir* 129, 47-53
- Gonschorek O, Vordemvenne T, Blattert T, Katscher S, Schnake KJ (2018): Spine section of the german society for orthopaedics and trauma. Treatment of odontoid fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J* 8, 12-17
- Goz V, Spiker WR, Lawrence B, Brodke D, Spina N (2019): Odontoid fractures: a critical analysis review. *JBJS Rev* 7, e1
- Grauer JN, Shafi B, Hilibrand AS, Harrop JS, Kwon BK, Beiner JM, Albert TJ, Fehlings MG, Vaccaro AR (2005): Proposal of a modified, treatment-oriented classification of odontoid fractures. *Spine J* 5, 123-129
- Graziano G, Jaggars C, Lee M, Lynch W (1993): A comparative study of fixation techniques for type II fractures of the odontoid process. *Spine* 18, 2383-2387
- Grob D, Magerl F (1987): Operative Stabilisierung bei Frakturen von C1 und C2. *Orthopade* 16, 46-54
- Hadley MN, Browner C, Sonntag VK (1985): Axis fractures: a comprehensive review of management and treatment in 107 cases. *Neurosurgery* 17, 281-290
- Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, Sonntag VK (1989): Acute axis fractures: a review of 229 cases. *J Neurosurg* 71, 642-647
- Haid RW Jr, Subach BR, McLaughlin MR, Rodts GE Jr, Wahlig JB Jr (2001): C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: a 6-year experience. *Neurosurgery* 49, 65-70
- Hajnovic L, Sefranek V, Schütz L (2016): Verletzungen der extrakraniellen Hirngefäße bei Verletzungen der Halswirbelsäule. *Gefasschirurgie* 21, 503-510
- Hanigan WC, Powell FC, Elwood PW, Henderson JP (1993): Odontoid fractures in elderly patients. *J Neurosurg* 78, 32-35
- Hanssen AD, Cabanela ME (1987): Fractures of the dens in adult patients. *J Trauma* 27, 928-934
- Harms J, Melcher RP (2001): Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine* 26, 2467-2471
- Harris MB, Reichmann WM, Bono CM, Bouchard K, Corbett KL, Warholic N, Simon JB, Schoenfeld AJ, Maciolek L, Corsello P et al. (2010): Mortality in elderly patients after cervical spine fractures. *J Bone Joint Surg Am* 92, 567-574
- Harrop JS, Hart R, Anderson PA (2010): Optimal treatment for odontoid fractures in the elderly. *Spine* 35, 219-227
- Hasler RM, Exadaktylos AK, Bouamra O, Benneker LM, Clancy M, Sieber R, Zimmermann H, Lecky F (2012): Epidemiology and predictors of cervical spine injury in adult major trauma patients: a multicenter cohort study. *J Trauma Acute Care Surg* 72, 975-981

- Heggeness MH, Doherty BJ (1993): The trabecular anatomy of the axis. *Spine* 18, 1945-1949
- Henry AD, Bohly J, Grosse A (1999): Fixation of odontoid fractures by an anterior screw. *J Bone Joint Surg Br* 81, 472-477
- Heyde CE (2018): Geriatriische Dens-Fraktur: Konservative Therapie. *Die Wirbelsäule* 2, 20-25
- Hoffmann CH, Kandziora F (2015): Behandlung der Atlas- und Dens-axis-Frakturen. *Trauma Berufskrankh* 17, 301-306
- Hofmann-Fliri L, Nicolino TI, Barla J, Gueorguiev B, Richards RG, Blauth M, Windolf M (2016): Cement augmentation of implants--no general cure in osteoporotic fracture treatment. A biomechanical study on non-displaced femoral neck fractures. *J Orthop Res* 34, 314-319
- Holmes JF, Akkinepalli R (2005): Computed tomography versus plain radiography to screen for cervical spine injury: a meta-analysis. *J Trauma* 58, 902-905
- Hossain M, McLean A, Fraser MH (2004): Outcome of halo immobilisation of 104 cases of cervical spine injury. *Scott Med J* 49, 90-92
- Imhof H, Fuchsjäger M (2002): Traumatic injuries: imaging of spinal injuries. *Eur Radiol* 12, 1262-1272
- Ishak B, Glinski AV, Dupont G, Lachkar S, Yilmaz E, Iwanaga J, Unterberg A, Oskouian R, Tubbs RS, Chapman JR (2020): Update on the biomechanics of the craniocervical junction, part II: Alar ligament. *Global Spine J* 11, 1064-1069
- Iyer S, Hurlbert RJ, Albert TJ (2018): Management of odontoid fractures in the elderly: A review of the literature and an evidence-based treatment algorithm. *Neurosurgery* 82, 419-430
- Jeanneret B, Magerl F (1992): Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: indications, technique, and results of transarticular screw fixation. *J Spinal Disord* 5, 464-475
- Jenkins JD, Coric D, Branch CL Jr (1998): A clinical comparison of one- and two-screw odontoid fixation. *J Neurosurg* 89, 366-370
- Joaquim AF, Patel AA (2015): Surgical treatment of Type II odontoid fractures: anterior odontoid screw fixation or posterior cervical instrumented fusion? *Neurosurg Focus* 38, e11
- Joestl J, Lang NW, Tiefenboeck TM, Hajdu S, Platzer P (2016): Management and outcome of dens fracture nonunions in geriatric patients. *J Bone Joint Surg Am* 98, 193-198
- Josten C, Jarvers JS, Glasmacher S, Heyde CE, Spiegl UJ (2016): Anterior transarticular atlantoaxial screw fixation in combination with dens screw fixation for type II odontoid fractures with associated atlanto-odontoid osteoarthritis. *Eur Spine J* 25, 2210-2217
- Kaesmacher J, Schweizer C, Valentinitzsch A, Baum T, Rienmüller A, Meyer B, Kirschke JS, Ryang YM (2017): Osteoporosis is the most important risk factor for odontoid fractures in the elderly. *J Bone Miner Res* 32, 1582-1588
- Kaminski A, Gstrein A, Muhr G, Müller EJ (2008): Die transartikuläre C1-C2-Verschraubung: Ergebnisse bei instabilen Frakturen und Pseudarthrosen des Dens axis im Alter. *Unfallchirurg* 111, 167-172

- Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R (2010): Operationsverfahren zur Stabilisierung der oberen Halswirbelsäule. *Unfallchirurg* 113, 845-858
- Kayser R, Weber U, Heyde CE (2006): Verletzungen des kraniozervikalen Übergangs. *Orthopade* 35, 244-269
- Ketterl R (2010): Vorgehen bei Wirbelsäulenverletzungen des polytraumatisierten Patienten. *Trauma Berufskrankh* 12, 168-175
- Kobbe P, Kandziora F, Hildebrand F, Scholz M (2017): Dorsale atlantoaxiale Stabilisierung in Goel-Harms-Technik. *Unfallchirurg* 120, 701-706
- Koech F, Ackland HM, Varma DK, Williamson OD, Malham GM (2008): Nonoperative management of type II odontoid fractures in the elderly. *Spine* 33, 2881-2886
- Kolltveit J, Osaland M, Reimers M, Berle M (2020): A comparison of pain registration by Visual Analog Scale and Numeric Rating Scale – a cross-sectional study of primary triage registration. medRxiv, 20225367
- Komadina R, Brilej D, Kosanović M, Vlaović M (2003): Halo jacket in odontoid fractures type II and III. *Arch Orthop Trauma Surg* 123, 64-67
- Koutsogiannis P, Dowling TJ: Halo Brace. StatPearls, Treasure Island 2020
- Kuhlman KA (1993): Cervical range of motion in the elderly. *Arch Phys Med Rehabil* 74, 1071-1079
- Kuntz C 4th, Mirza SK, Jarell AD, Chapman JR, Shaffrey CI, Newell DW (2000): Type II odontoid fractures in the elderly: early failure of nonsurgical treatment. *Neurosurg Focus* 8, e7
- Langley GB, Sheppard H (1985): The visual analogue scale: its use in pain measurement. *Rheumatol Int* 5, 145-148
- Laurer H, Sander A, Maier B, Marzi I (2010): Frakturen der Halswirbelsäule. *Orthopade* 39, 237-246
- Lieberman IH, Webb JK (1994): Cervical spine injuries in the elderly. *J Bone Joint Surg Br* 76, 877-881
- Lobo JPFM, Moutinho VV, Serdoura AFM, Oliveira CF, Pinho AR (2017): Anterior fixation of odontoid fractures: results. *Rev Bras Ortop* 53, 532-536
- Lögters T, Hoppe S, Linhart W, Habermann C, Windolf J, Rueger J, Briem D (2006): Zur Problematik des Halofixateurs beim alten Patienten. Ergebnisse einer retrospektiven Untersuchung. *Unfallchirurg* 109, 306-312
- Madert J, Eggers C (2009): Fallstricke in der Wirbelsäulendiagnostik. *Trauma Berufskrankh* 11, 78-84
- Magerl F, Seemann PS: Stable posterior fusion of the atlas and axis by transarticular screw fixation. In: Kehr P, Weidner A (Hrsg.): *Cervical Spine I*. Strasbourg 1985. Springer Vienna, Vienna 1987, 322-327
- Malik SA, Murphy M, Connolly P, O'Byrne J (2008): Evaluation of morbidity, mortality and outcome following cervical spine injuries in elderly patients. *Eur Spine J* 17, 585-591
- McGuire RA Jr, Harkey HL (1995): Modification of technique and results of atlantoaxial transfacet stabilization. *Orthopedics* 18, 1029-1032

- Meyer C, Oppermann J, Meermeyer I, Eysel P, Müller LP, Stein G (2018): Therapiekonzept und Outcome bei Typ-II-Frakturen des Dens axis. *Unfallchirurg* 121, 397-402
- Miller CP, Golinvaux NS, Brubacher JW, Bohl DD, Deng Y, Grauer JN (2015): Mortality rates associated with odontoid and subaxial cervical spine fractures. *Am J Orthop* 44, 173-179
- Montesano PX, Anderson PA, Schlehr F, Thalgott JS, Lowrey G (1991): Odontoid fractures treated by anterior odontoid screw fixation. *Spine* 16, 33-37
- Morfeld M, Bullinger M (2008): Der SF-36 Health Survey zur Erhebung und Dokumentation gesundheitsbezogener Lebensqualität. *Phys Rehab Kur Med* 18, 250-255
- Müller EJ, Wick M, Russe O, Muhr G (1999): Management of odontoid fractures in the elderly. *Eur Spine J* 8, 360-365
- Nalla S, Blanco-Perez E, Mata-Escolano F, Llido S, Sanchis-Gimeno JA (2018): Unexpected persistent dentocentral synchondrosis of C2. *World Neurosurg* 111, 26-27
- Neuhuber W (2007): Anatomie und funktionelle Neuroanatomie der oberen Halswirbelsäule. *Manuelle Med* 45, 227-231
- Nourbakhsh A, Shi R, Vannemreddy P, Nanda A (2009): Operative versus nonoperative management of acute odontoid Type II fractures: a meta-analysis. *J Neurosurg Spine* 11, 651-658
- Nucci RC, Seigal S, Merola AA, Gorup J, Mroczek KJ, Dryer J, Zipnick RI, Haher TR (1995): Computed tomographic evaluation of the normal adult odontoid. Implications for internal fixation. *Spine* 20, 264-270
- O'Brien WT Sr, Shen P, Lee P (2015): The dens: Normal development, developmental variants and anomalies, and traumatic injuries. *J Clin Imaging Sci* 5, 38
- Ochoa G (2005): Surgical management of odontoid fractures. *Injury* 36, 54-64
- Oestern HJ (2005): Komplikationen bei Densfrakturen. *Trauma Berufskrankh* 7, 271-276
- Patel A, Zakaria R, Al-Mahfoudh R, Clark S, Barrett C, Sarsam Z, Pillay R, Pigott TD, Wilby MJ (2015): Conservative management of type II and III odontoid fractures in the elderly at a regional spine centre: a prospective and retrospective cohort study. *Br J Neurosurg* 29, 249-253
- Penning L (1978): Normal movements of the cervical spine. *AJR Am J Roentgenol* 130, 317-326
- Penning L (1980): Prevertebral hematoma in cervical spine injury: incidence and etiologic significance. *AJR Am J Roentgenol* 136, 553-561
- Pepin JW, Bourne RB, Hawkins RJ (1985): Odontoid fractures, with special reference to the elderly patient. *Clin Orthop Relat Res* 193, 178-183
- Perry J, Nickel VL (1959): Total cervicalspine fusion for neck paralysis. *J Bone Joint Surg Am* 41, 37-60
- Platzer P, Thalhammer G, Oberleitner G, Schuster R, Vécsei V, Gaebler C (2007): Surgical treatment of dens fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Am* 89, 1716-1722

- Platzer P, Thalhammer G, Sarahrudi K, Kovar F, Vekszler G, Vécsei V, Gaebler C (2007b): Nonoperative management of odontoid fractures using a halothoracic vest. *Neurosurgery* 61, 522-530
- Powers J, Daniels D, McGuire C, Hilbish C (2006): The incidence of skin breakdown associated with use of cervical collars. *J Trauma Nurs* 13, 198-200
- Puttlitz CM, Goel VK, Clark CR, Traynelis VC (2000): Pathomechanisms of failures of the odontoid. *Spine* 25, 2868-2876
- Putz R: Funktionelle Anatomie der Wirbelgelenke. In: Doerr W, Leonhardt H (Hrsg.): Normale und pathologische Anatomie. Band 43. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1981, 1-116
- Radovanovic I, Urquhart JC, Rasoulinejad P, Gurr KR, Siddiqi F, Bailey CS (2017): Patterns of C-2 fracture in the elderly: comparison of etiology, treatment, and mortality among specific fracture types. *J Neurosurg Spine* 27, 494-500
- Rizvi SA, Fredø HL, Lied B, Nakstad PH, Rønning P, Helseth E (2012): Surgical management of acute odontoid fractures: surgery-related complications and long-term outcomes in a consecutive series of 97 patients. *J Trauma Acute Care Surg* 72, 682-690
- Robinson AL, Olerud C, Robinson Y (2017): Epidemiology of C2 fractures in the 21st century: A national registry cohort study of 6,370 patients from 1997 to 2014. *Adv Orthop* 2017, 6516893
- Rojas CA, Vermess D, Bertozzi JC, Whitlow J, Guidi C, Martinez CR (2009): Normal thickness and appearance of the prevertebral soft tissues on multidetector CT. *AJNR Am J Neuroradiol* 30, 136-141
- Roth R, Wörsdörfer O (1998): Die operative Therapie der Dens-Fraktur. *Zentralbl Chir.* 123, 914-918
- Ryan MD, Henderson JJ (1992): The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Injury* 23, 38-40
- Ryang YM, Török E, Janssen I, Reinke A, Buchmann N, Gempt J, Ringel F, Meyer B (2016): Early morbidity and mortality in 50 very elderly patients after posterior atlantoaxial fusion for traumatic odontoid fractures. *World Neurosurg* 87, 381-391
- Saldinger P, Dvorak J, Rahn BA, Perren SM (1990): Histology of the alar and transverse ligaments. *Spine* 15, 257-261
- Sanchez B, Waxman K, Jones T, Conner S, Chung R, Becerra S (2005): Cervical spine clearance in blunt trauma: evaluation of a computed tomography-based protocol. *J Trauma* 59, 179-183
- Sano A, Hirano T, Watanabe K, Izumi T, Endo N, Ito T, Inagawa S (2013): Preoperative evaluation of the vertebral arteries and posterior portion of the circle of Willis for cervical spine surgery using 3-dimensional computed tomography angiography. *Spine* 38, 960-967
- Sasso R, Doherty BJ, Crawford MJ, Heggeness MH (1993): Biomechanics of odontoid fracture fixation. Comparison of the one- and two-screw technique. *Spine* 18, 1950-1953
- Sasso RC (2001): C2 dens fractures: treatment options. *J Spinal Disord* 14, 455-463
- Schatzker J, Rorabeck CH, Waddell JP (1971): Fractures of the dens. *J Bone Joint Surg Br* 53, 392-405

- Scheidt S, Roessler PP, Pedrood S, Marinova M, Jaenisch M, Cucchi D, Hischebeth G, Burger C, Jacobs C (2019): Einfluss des Unfallmechanismus auf die Verletzungen der Halswirbelsäule. *Unfallchirurg* 122, 958-966
- Schleicher P, Scholz M, Pingel A, Kandziora F (2020): Minimal-invasive Techniken bei traumatischen Halswirbelsäulenverletzungen. *Unfallchirurg* 123, 783-791
- Schoenfeld AJ, Bono CM, Reichmann WM, Warholic N, Wood KB, Losina E, Katz JN, Harris MB (2011): Type II odontoid fractures of the cervical spine: do treatment type and medical comorbidities affect mortality in elderly patients? *Spine* 36, 879-885
- Scholz M, Schnake KJ, Hoffmann R, Kandziora F (2011): Zementaugmentierte anteriore Densverschraubung bei Densfraktur Typ Anderson II und massiver Osteoporose. Fallbeschreibung. *Z Orthop Unfall* 149, 308-311
- Scholz M, Kandziora F, Hildebrand F, Kobbe P (2017): Verletzungen der oberen Halswirbelsäule: Update zu Diagnostik und Management. *Unfallchirurg* 120, 683-700
- Schroeder GD, Kepler CK, Kurd MF, Paul JT, Rubenstein RN, Harrop JS, Brodke DS, Chapman JR, Vaccaro AR (2015): A systematic review of the treatment of geriatric Type II odontoid fractures. *Neurosurgery* 77, 6-14
- Schütze K, Gebhard F, Richter P (2018): Navigation an der Halswirbelsäule. *OP-Journal* 34, 167-176
- Seybold EA, Bayley JC (1998): Functional outcome of surgically and conservatively managed dens fractures. *Spine* 23, 1837-1846
- Singla M, Goel P, Ansari MS, Ravi KS, Khare S (2015): Morphometric analysis of axis and its clinical significance -an anatomical study of indian human axis vertebrae. *J Clin Diagn Res* 2, 4-9
- Smith HE, Kerr SM, Maltenfort M, Chaudhry S, Norton R, Albert TJ, Harrop J, Hilibrand AS, Anderson DG, Kopjar B et al. (2008): Early complications of surgical versus conservative treatment of isolated type II odontoid fractures in octogenarians: a retrospective cohort study. *J Spinal Disord Tech* 21, 535-539
- Song KJ, Lee KB, Kim KN (2007): Treatment of odontoid fractures with single anterior screw fixation. *J Clin Neurosci* 14, 824-830
- Spiegel U, Jarvers JS, Heyde CE, Josten C (2018): Densfrakturen-ventrale Techniken. *OP-Journal* 34, 128-133
- Stein G, Meyer C, Marlow L, Christ H, Müller LP, Isenberg J, Eysel P, Schiffer G, Faymonville C (2017): Typ-II-Densfrakturen des alten Menschen und therapiebedingte Mortalität: Konservative oder operative Behandlung. *Unfallchirurg* 120, 122-128
- Stiell IG, Wells GA, Vandemheen KL, Clement CM, Lesiuk H, De Maio VJ, Laupacis A, Schull M, McKnight RD, Verbeek R et al. (2001): The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *JAMA* 286, 1841-1848
- Subach BR, Morone MA, Haid RW Jr, McLaughlin MR, Rodts GR, Comey CH (1999): Management of acute odontoid fractures with single-screw anterior fixation. *Neurosurgery* 45, 812-820
- Suchomel P, Stulík J, Klézl Z, Chrobok J, Lukás R, Krbec M, Magerl F (2004): Transarticular fixation of C1-C2: a multicenter retrospective study. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 71, 6-12

- Swanenburg J, Humphreys K, Langenfeld A, Brunner F, Wirth B (2014): Validity and reliability of a German version of the Neck Disability Index (NDI-G). *Man Ther* 19, 52-58
- Tashjian RZ, Majercik S, Biffi WL, Palumbo MA, Cioffi WG (2006): Halo-vest immobilization increases early morbidity and mortality in elderly odontoid fractures. *J Trauma* 60, 199-203
- Tscherne, H, Blauth M: *Tscherne Unfallchirurgie: Wirbelsäule*. Springer, Berlin Heidelberg 2000
- Vaccaro AR, Kepler CK, Kopjar B, Chapman J, Shaffrey C, Arnold P, Gokaslan Z, Brodke D, France J, Dekutoski M et al. (2013): Functional and quality-of-life outcomes in geriatric patients with type-II dens fracture. *J Bone Joint Surg Am* 95, 729-735
- Venkatesan M, Northover JR, Wild JB, Johnson N, Lee K, Uzoigwe CE, Braybrooke JR (2014): Survival analysis of elderly patients with a fracture of the odontoid peg. *Bone Joint J* 96, 88-93
- Vernon H (2008): The Neck Disability Index: state-of-the-art, 1991-2008. *J Manipulative Physiol Ther* 31, 491-502
- Vetter S (2019): Verletzungen der Halswirbelsäule im Alter. *Chirurg* 90, 782-790
- Viezens L, Sehmisch S, Weiser L, Dreimann M, Lehmann W (2019): Dorsale Stabilisation der Halswirbelkörper HWK1/HWK2 modifiziert nach Goel-Harms mit HWK-1-Pedikelschrauben. *Oper Orthop Traumatol* 31, 275-283
- Weller SJ, Malek AM, Rossitch E Jr (1997): Cervical spine fractures in the elderly. *Surg Neurol* 47, 274-281
- White AP, Hashimoto R, Norvell DC, Vaccaro AR (2010): Morbidity and mortality related to odontoid fracture surgery in the elderly population. *Spine* 35, 146-157
- Woods BI, Hohl JB, Braly B, Donaldson W 3rd, Kang J, Lee JY (2014): Mortality in elderly patients following operative and nonoperative management of odontoid fractures. *J Spinal Disord Tech* 27, 321-326
- Wurzinger LJ: Rücken. In: Aumüller G, Aust G, Doll A, Engele J, Kirsch J, Mense S, Reißig D, Salvetter J, Schmidt W, Schmitz F et al. (Hrsg.): *Duale Reihe Anatomie*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart 2007, 224-263

8 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. S. Sehmisch für die Bereitstellung des Themas. Er hat mich stets konstruktiv unterstützt, motiviert und freundlich beraten. Nicht weniger danken möchte ich meiner Betreuerin Frau Dr. med. S. Oberthür für die intensive Unterstützung. Ich bedanke mich bei dem Direktor der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und plastische Chirurgie der Universitätsmedizin Göttingen Herrn Prof. Dr. med. W. Lehmann für die Möglichkeit diese Arbeit in seiner Klinik verwirklicht haben zu dürfen. Auch danke ich dem Institut für Medizinische Statistik der Universität Göttingen für die statistische Beratung. Zudem möchte ich der Direktorin der Klinik für Geriatrie Frau Prof. Dr. med. C. von Arnim für die Co-Betreuung danken. Abschließend bedanke ich mich bei den Einwohnermeldeämtern und allen Patienten, die den Fragebogen ausgefüllt haben und damit einen wesentlichen Teil zur Studie beigetragen haben.