

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie

Klinik der Universität München

vormals

Klinik für Allgemeine, Unfall- und Wiederherstellungschirurgie

Vorstand:

Prof. Dr. med. Wolfgang Böcker

Prof. Dr. med. Boris Holzapfel

HW2-Frakturen im Alter: Lebensqualität und funktionelle Ergebnisse mit und ohne Operation

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilian-Universität zu München

vorgelegt von

In-Se Kim

aus

Heidelberg

2022

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Privatdozent Dr. med. Stefan Grote

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Stefan Zausinger

Mitbetreuung durch den
promovierten Mitarbeiter:

Dekan: Prof. Dr. med. Thomas Gudermann

Tag der mündlichen Prüfung: 23.03.2022

Inhaltsverzeichnis

<i>Inhaltsverzeichnis</i>	3
<i>Zusammenfassung</i>	7
<i>Abstract (English)</i>	9
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	11
<i>Tabellenverzeichnis</i>	15
<i>Abkürzungsverzeichnis</i>	17
1 Einleitung	21
1.1 Epidemiologie und Fragestellung	21
1.2 Anatomie der oberen HWS	23
1.3 Fraktur-Klassifikationen des Axis	27
1.3.1 Anderson & d'Alonzo.....	28
1.3.2 Benzel	28
1.3.3 Eysel und Roosen.....	29
1.3.4 Effendi und Levine	29
1.3.5 Weitere Klassifikationen.....	30
1.3.6 Ligamentäre Verletzungen	30
1.4 Diagnostik	32
1.4.1 Anamnese und klinische Befunde	32
1.4.2 Bildgebung.....	33
1.4.3 Komorbidität.....	35
1.5 Therapieziele	36
1.5.1 Stabilität.....	36
1.5.2 Mortalität	36
1.5.3 Lebensqualität	36
1.6 Zielsetzung	38

2	<i>Patienten und Methoden</i>	39
2.1	Studienpopulation	39
2.2	Behandlungen	40
2.2.1	Konservative Behandlung	41
2.2.2	Ventrale Zugschrauben-Osteosynthese	43
2.2.3	Dorsale, transartikuläre HW1/2–Schrauben-Osteosynthese und Fusion	44
2.2.4	Sonderformen	46
2.3	Komorbidität, Begleitverletzungen und Komplikationen	48
2.4	Mortalität und Fusion	48
2.5	Lebensqualität	49
2.5.1	Barthel-Index (BI)	50
2.5.2	Neck Disability Index (NDI)	51
2.5.3	European Quality of Life 5 Dimensions 3 Level (EQ-5D-3L)	52
2.5.4	Short-Form-36 Health survey (SF-36)	54
2.6	Statistische Methoden	57
3	<i>Ergebnisse</i>	59
3.1	Lebensqualität-Kohorte	59
3.1.1	Vergleich der konservativen gegenüber der operativen Behandlung	61
3.1.2	Einflussfaktoren auf die Lebensqualität	64
3.2	Gesamtkohorte	68
3.2.1	Vergleich der konservativen gegenüber der operativen Behandlung	69
3.2.2	Mortalität	70
3.2.3	Fusion	73
3.3	Operative Kohorte	74
3.3.1	Lebensqualität	74
3.3.2	Mortalität	76
3.3.3	Fusion	76
3.4	Korrelation der Lebensqualitäts-Skalen	77

4	<i>Diskussion</i>	79
4.1	Studienkohorte und Behandlung	79
4.2	Mortalität	82
4.3	Fusion	84
4.4	Lebensqualität	89
4.4.1	Einflussgrößen auf die Lebensqualität.....	95
4.5	Interpretation der Lebensqualität-Skalen	97
4.5.1	Korrelation	97
4.5.2	Vergleich	98
4.5.3	Einschätzung	101
	<i>Literaturverzeichnis</i>	103
	<i>Anhang</i>	127
	<i>Danksagung</i>	151
	<i>Eidesstattliche Versicherung</i>	153
	<i>Lebenslauf</i>	<i>Fehler! Textmarke nicht definiert.</i>
	<i>Publikationsliste</i>	<i>Fehler! Textmarke nicht definiert.</i>

Zusammenfassung

Einleitung HW 2-Frakturen gehören zu den häufigsten Frakturen der Halswirbelsäule bei über 65-jährigen Patienten. Die Behandlungsoptionen werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Vornehmlich werden knöcherne Heilungsraten und Mortalitätsdaten hinsichtlich einer konservativen oder operativen Strategie bewertet. Die Datenlage zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HrQoL) mit funktionellen Behandlungsergebnissen (ADL) ist jedoch von begrenztem Umfang.

Rationale Das Primärziel unserer Arbeit war der Vergleich der HrQoL älterer Patienten nach nicht-operativer gegenüber operativer Behandlung einer HW2-Fraktur. Das Sekundärziel war, hierfür verschiedene Messinstrumente auf Ihre Reliabilität, Validität sowie praktische Eignung zu evaluieren. Darüber hinaus wurden die knöcherne Ausheilung und die Mortalität der beiden Behandlungsarme miteinander verglichen.

Material und Patienten Es wurden retrospektiv demographische, klinische und radiologische Daten von über 65-jährigen Patienten mit HW 2-Frakturen über einen Zeitraum von 5 Jahren gesammelt. Die Klassifikation der Frakturen erfolgte nach Anderson & D'Alonzo [AA] und atypischen Axis-Frakturen. Die HrQoL wurde im Schnitt nach 23 Monaten mit vier Messinstrumente (Barthel-Index [BI], Neck Disability score [NDI], EQ-5D-3L [EQ5] und SF-36 health score [SF36phy + psy]) in Arzt-Patienten-Interviews evaluiert. Die Ergebnisse wurden interinstrumentell mittels Korrelationsanalyse bewertet.

Ergebnisse 47 Patienten im Alter von $80,21 \pm 6,83$ Jahren (LJ) und einem Elixhauser Comorbidity-Score (ELIX) von $16,0 \pm 10,68$ (*min*: -19, *max*: +89) wurden an einer HW2-Fraktur behandelt. 48,9% der Pat. erlitten eine AA II-Fraktur, 27,7% eine AA III-Fraktur und 23,4% atypische HW2-Frakturen. 17 Patienten (36,2%) wurden konservativ (k) und 30 (63,8%) operativ (op) behandelt.

27 Patienten konnten, nach Ausschluss von 14 verstorbenen, vier Pat. mit Wechsel des Behandlungsarmes und zwei nicht einwilligungsfähig Pat., hinsichtlich ihrer HrQoL evaluiert werden. Die 20 op-Pat. zeigten gegenüber den 7 k-Pat bessere Ergebnisse im NDI

(M 14,15 vs 17,29) und EQ5 (M 0,674 vs 0,553), diskret besser waren sie im BI (M 89,25 vs 87,14) und nahezu ausgeglichen im SF36phy (M 34,18 vs 35,50) und SF36psy (M 41,69 vs 42,70). Unabhängig von der Behandlungsmethode zeigten Pat. ohne Komplikationen (Kompl.) ein besseres Outcome als mit Kompl. [BI (M 90 vs 86,5), NDI (M 13,71 vs 17,1), EQ5 (M 0,67 vs 0,596) und SF36psy (M 43,77 vs 38,86)]. Die HrQoL erwies sich unbeeinflusst von der knöchernen Ausheilung. Unter allen Messinstrumenten ließ sich eine hohe und signifikante Korrelation nachweisen: Insbesondere die Kombination aus EQ5 ($r > 0,75$, $p = 0,000$) und BI ($r > 0,49$, $p < 0,005$) deckten die ADL und die LQ physisch und psychisch vollständig ab.

Von der Gesamtkohorte der 47 Pat. verstarben 14 Pat. (29,8%), innerhalb der k-Gruppe (52,9%) signifikant mehr als innerhalb der op-Gruppe (16,7%, $p < 0,05$). k-Pat. (83,65LJ) waren wiederum signifikant älter als die op-Pat (78,27 LJ, $p < 0,05$), der ELIX war jedoch nahezu identisch (k: 16,12 vs op: 15,93). k-Pat. erlitten mehr Kompl. als op-Pat. (64,7% vs 53,3%) und Pat. mit mehr Kompl. hatten tendenziell eine höhere Mortalität zur Folge. k-Pat. zeigten einen höheren Anteil an Pseudarthrosen (66,7%), op-Pat. hingegen eher eine knöchernen Ausheilung (57,9%).

Fazit Alle 4 verwendeten Messinstrumente erwiesen sich im hohen Maße zur Nachbeobachtung von Pat. nach HW2-Frakturen geeignet. Insbesondere durch die Kombination des Barthel-Index mit EQ-5D-3L lassen sich funktionelle Ergebnisse und Lebensqualität valide und reliabel, aber auch zuverlässig und einfach beurteilen.

Eine klare und signifikante Verbesserung der HrQoL nach Operation einer HW2-Fraktur ließ sich in unserer Arbeit nicht feststellen. Dies war auch in den bisherigen, spärlich vorhandenen Arbeiten zu diesem Thema nicht *eindeutig* möglich. Limitierend muss hinzugefügt werden, dass auch in unserer Arbeit eine Selektions-, resp. *intention-to-treat*-Bias nicht ausgeschlossen werden kann. Dennoch konnten wir unter Verwendung von mehreren hochvalidierten Messinstrumenten aufzeigen, dass ältere Patienten mit einer HW2-Fraktur hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität eher von einer Operation als von einer konservativen Behandlung profitieren.

Abstract (English)

Introduction Axis (C2)-fractures are one of the most fractures of the cervical spine of patients (pat.) above 65 years (y). Treatment modalities are still controversial. In terms of non-operative or operative therapy particularly bony fusion and mortality was to be assessed. Former and common literature is lacking of data of Health related Quality of Life (HrQoL).

Objective First endpoint of our study was to compare the HrQoL-results of elderly pat. after non-operative versus operative treatment of C2-fracture. The second endpoint was to evaluate different HrQoL-instruments with reference to the reliability, validity and eligibility. Moreover bony healing and mortality were assessed and compared.

Materials and patients Over a 5y period demographic, clinical and radiological data of pat. elder than 65y were collected retrospectively. C2-fractures were classified with reference to Anderson & d'Alonzo [AA] and atypical C2-fractures. After a mean of 23 months the HrQoL was assessed in a patient-doctor-interview with four HrQoL-instruments (Barthel-Index [BI], Neck Disability score [NDI], EQ-5D-3L [EQ5] and SF-36 health score [SF36phy + psy]). The results of all instruments were rated with a correlation analysis.

Results 47 patients with C2-fractures were treated. The mean age was 80,21 ±6,83y and the Elixhauser Comorbidity score [ELIX] 16,0 ±10,68 (min: -19, max: 89). 48,9% had an AA II-fracture, 27,7% an AA III- and 23,4% atypical C2-fractures. 17 pat. (36,2%) were treated non-operatively (non-op) and 30 pat. (63,8%) operatively (op).

27 patients were evaluated in terms of their HrQoL. Of the total of 47 pat., 14 pat. were excluded due to death, another four due to cross-over and two with no informed consent. The 20 op-pat. had better results than the 7 non-op pat. in NDI (*M* 14,15 vs 17,29) and EQ5 (*M* 0,674 vs 0,553). There was an advantage in BI (*M* 89,25 vs 87,14) and they

were balanced in SF36phy (M 34,18 vs 35,50) and SF36psy (M 41,69 vs 42,70). Irrespective of treatment the outcome of pat. without complications (compl.) was better than in pat. with compl. [BI (M 90 vs 86,5), NDI (M 13,71 vs 17,1), EQ5 (M 0,67 vs 0,596) and SF36psy (M 43,77 vs 38,86)]. Bony healing had no impact on HrQoL. There was a high and significant correlation within all HrQoL-instruments. In particular the combination of EQ5 ($r >0,75$, $p =0,000$) and BI ($r >0,49$, $p <0,005$) covered all physical and mental aspects of the QoL (Quality of Life) and ADL (activity of daily living).

14 (29,8%) of the total of 47 pat. died, significantly more in the non-op than op group (52,9% vs 16,7%, $p <0,05$). Non-op pat. were significantly elder than op-pat. (83,65y vs 78,27y, $p <0,05$) but the ELIX was almost equal (non-op: 16,12 vs op: 15,93). Non-op-pat. had more compl. than op-pat. (64,7% vs 53,3%) and pat. with more compl. showed a trend to a higher mortality. There was a higher rate of non-union in non-op-pat. (66,7%). In contrast op-pat. showed more bony union (57,9%).

Conclusion All four measuring instruments are highly eligible for HrQoL-surveys after treatment of C2-fractures. The combination of the Barthel-Index and EQ-5D-3L revealed to be reliable and valid but also simple tools for evaluating the Quality of Life and Activities of Daily Living.

In our study there was no clear and significant improvement of the HrQoL after operation of a C2-fracture. This is according to the previous spare publications regarding this subject. As a limitation of this study we also cannot eliminate a selection- or an intention-to-treat bias. However with a wide range of highly validated measuring instruments we showed that elderly patients with a C2-fracture can benefit in terms of the Health related Quality of Live from an operation more than from a non-operative treatment.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 links: Ansicht HW2 von dorsal, **rechts:** Ansicht HW1-4 von dorsolateral. **Aus:** Sekhar LN, Fessler RG. Atlas of neurosurgical techniques: Spine and peripheral nerves. New York: Thieme; 2006 23

Abbildung 2: Ligamentäre Verbindungen des CCJ, resp. der oberen HWS. **Aus:** Dickman CA, ed. Surgery of the craniovertebral junction. New York: Thieme; 1998..... 24

Abbildung 3: dorsale Ansicht des CCJ mit VA, ZNS mit HN, C1- und C2-Nervenwurzeln. **Aus:** Dickman CA, ed. Surgery of the craniovertebral junction. New York: Thieme; 1998. 25

Abbildung 4: Bewegungsumfang der oberen HWS in In- und Reklination, Rotation und Seitneigung. **Aus:** Dickman CA, ed. Surgery of the craniovertebral junction. New York: Thieme; 1998..... 25

Abbildung 5: Strukturanalyse des Dens, der Densbasis und des Korpus: trabekulären Knochenvolumen (BV/TV), intertrabekuläre Vernetzung (TBPf) und Kortikalis-Dicke (C.Th). **Aus:** Amling M, Hahn M, Wening VJ, Grote HJ, Delling G. The microarchitecture of the axis.... The Journal of bone and joint surgery. American volume. 1994;76(12):1840-1846..... 26

Abbildung 6, A-H: Schematische Darstellung von Axis-Frakturen, abhängig der Kraftvektor-Einwirkung (s. rechts). **C, D, F und H:** coronare Frakturverläufe, **E:** (para-)sagittale Frakturverläufe. **G:** transversaler Fraktur-Verlauf (wie Anderson & d’Alonzo Typ III). **A und B:** Hangman’s fracture, s. Kap. 1.3.4. **Aus:** Benzel EC, Hart BL, Ball PA, Baldwin NG, Orrison WW, Espinosa M. Fractures of the C-2 vertebral body. Journal of neurosurgery. 1994;81(2):206-212..... 27

Abbildung 7: Frakturklassifikation nach Anderson & d’Alonzo, Typ I – III. **Aus:** Sekhar LN, Fessler RG. Atlas of neurosurgical techniques: Spine and peripheral nerves. New York: Thieme; 2006..... 28

Abbildung 8: Frakturklassifikation nach Benzel, Typ I – III mit Frakturverläufen coronar, sagittal und transversal. **Aus:** Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. Teil 2: knöcherne Verletzungen. Der Unfallchirurg. 2010;113(12):1023-39..... 28

Abbildung 9: Frakturklassifikation nach Eysel und Roosen, Typ IIa – IIc mit Trajektorie einer ventralen Zugschrauben-Osteosynthese und sekundären Fragment-Dislokation nach ventral bei Typ IIc. **Aus:** Eysel P, Roosen K. Ventrale oder dorsale Spondylodese der Densbasisfraktur--eine neue Klassifikation zur Wahl des chirurgischen Zuganges. Zentralblatt für Neurochirurgie. 1993;54(4):159-165..... 29

Abbildung 10 links: bilaterale Spondylolisthesis, resp. „hangman’s fracture“. **Aus:** Sekhar LN, Fessler RG. Atlas of neurosurgical techniques: Spine and peripheral nerves. New York: Thieme; 2006. **Rechts:** Einteilung der bilateralen Spondylolisthesis nach Effendi, Typ I – III. **Aus:** Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. Teil 2: knöcherne Verletzungen. Der Unfallchirurg. 2010;113(12):1023-39 30

Abbildung 11: Einteilung der translatorischen atlantoaxialen Instabilität mit sagittalem atlantoaxialen Abstand (AADI) nach La Caffinière: Typ I: 4-5mm, Typ II: 6-10mm, Typ III: 11mm. **Aus:** Rauschmann M, Winking M, Arand M, Stücker R. Wirbelsäule interdisziplinär: Operative und konservative Therapie. Stuttgart: Schattauer; 2017.... 30

Abbildung 12 links: a.p.-Denszielaufnahme und laterale Röntgenaufnahmen. **rechts:** gehaltene Funktionsaufnahmen der HWS in Inklination und Reklination. **Aus:** eigener Patient 33

Abbildung 13: (von links nach rechts) triplanare Ansichten des CCJ in sagittal, coronar und axial. **Aus:** eigener Patient..... 34

Abbildung 14 (von links nach rechts): sagittale HWS-Ansichten des CCJ, Funktionsaufnahmen axial zur Beurteilung des lig. cruciforme. **Aus:** eigener Patient.. 34

Abbildung 15 links: Modulare 2-Schalen-Orthese, hier mit optionaler tief-thorakaler Fixierung. **Aus:** Ivancic PC. Do cervical collars and cervicothoracic orthoses effectively stabilize the injured cervical spine? A biomechanical investigation. Spine. 2013;38(13):E767-74. **Rechts:** Prinzip der 2-Schalen-Orthese und tief-thorakaler Abstützung eines Somi-Brace. **Aus:** Holla M, Huisman JMR, Verdonschot N, Goosen J, Hosman AJF, Hannink G. The ability of external immobilizers to restrict movement of the cervical spine: a systematic review. European spine journal. 2016;25(7):2023-2036... 41

Abbildung 16: Halo-Fixateur-Externe. **Aus:** Schmolke S, Gossé F. Das besondere Instrument: Der Halo-Fixateur. Operative Orthopädie und Traumatologie. 2008;20(1):3-12. 42

Abbildung 17: Röntgen-Aufnahmen in a.p. (Dens-Zielaufnahme) und lateral einer mit zwei ventralen Zugschrauben osteosynthetisch versorgen Anderson & d’Alonzo Typ II-Fraktur. Aus: eigener Patient	43
Abbildung 18 oben: triplanare CTA-Aufnahmen einer atypischen Fraktur der vorderen und hinteren Säule von HW2. Unten: bilaterale transartikuläre HW1/2-Schrauben-Osteosynthese mit Atlashaken-Stab-System. Aus: eigener Patient	45
Abbildung 19: triplanare CT-Aufnahmen bei kombinierter Anderson & d’Alonzo Typ II- und Jefferson-Frakturen mit ventraler, transartikulärer und Dens-Fixation (OP nach Barbour). Aus: eigener Patient.....	46
Abbildung 20: Röntgen-Aufnahmen in lateral und a.p. einer dorsalen Instrumentation von suboccipital auf HW 2, 3 und 4. Aus: eigener Patient.....	46
Abbildung 21 links: deskriptiver EQ-5D Teil mit 5 Dimensionen der Selbsteinschätzung der eigenen Gesundheit: Mobilität, Selbstversorgung, Allgemeine Tätigkeiten, Schmerzen / körperliche Beschwerden, Angst / Niedergeschlagenheit. Rechts: EQ visuellen Analogskala (VAS), Punktezahl 0 – 100: schlechtest bis bester denkbarer Gesundheitszustand. Aus: EuroQol Research Foundation. EQ-5D-3L User Guide. https://euroqol.org/wpcontent/uploads/2018/12/EQ-5D-3L-User-Guide_version-6.0.pdf	53
Abbildung 22: 8 Subdimensionen des SF-36 health score. Abkürzung (Subskala), Bedeutung (Konzept), Fragen-Anzahl (Itemanzahl) und Beschreibung (Inhalt). Aus: Morfeld M, Kirchberger I, Bullinger M. SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand: Deutsche Version des Short Form-36 Health Survey. [2., ergänzte und überarbeitete Auflage]. 2nd ed. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG; 2011.	56
Abbildung 23: Ausschluss-Patienten aus der Gesamtkohorte von 47 Patienten: 14 verstorbene Patienten, 2 Pat. ohne Einverständniserklärung und 4 Pat. mit Wechsel des Behandlungsarmes. Es verbleiben 27 Patienten in der HrQoL-Kohorte zur Beurteilung der Lebensqualität.....	59
Abbildung 24, von links nach rechts: HrQoL-Ergebnisse Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L und SF-36 körperliche Summenskala (SF-36 KSK), SF-36 psychische Summenskala (SF-36 PSK) und VAS. Boxplots mit Mediane (Md) und Quartile (Q1: 25%, Q3: 75%)	61
Abbildung 25: HrQoL-Skalen, konservativ vs operativ. Boxplots mit Md, Q1 und Q3. Linke Spalte, von oben nach unten: Barthel-Index, NDI, SF-36 körperliche Summenskala	

(NDI: niedriger Wert = besser). **Rechte Spalte, von oben nach unten:** VAS, EQ-5D-3L, SF-36 psychische Summenskala. 62

Abbildung 26, links: Patientenzahl, gesamt, Aufteilungen in Geschlecht (m: männlich, w: weiblich), Begleitverletzungen und initialer neurologischer Symptomatik (Neurologie). **Rechts:** Alter (Jahre) und Komorbidität (Elixhauser Komorbiditäts Score) aller Patienten. Boxplots mit Md, Q1 und Q3 68

Abbildung 27: Mortalität und Überleben konservativ gegenüber operativ behandelter Patienten. Verstorben innerhalb 30 Tagen, innerhalb eines Jahres, nach einem Jahr und Gesamtzahl der verstorbenen und überlebenden Patienten. 71

Abbildung 28: Alter und Komorbidität der überlebenden und verstorbenen Patienten. Boxplots mit Md, Q1 und Q3 72

Abbildung 29: Vergleich OP1 (ventral) vs OP2+3 (dorsal). **Obere Reihe:** Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L. **Untere Reihe:** SF-36 physischer Summenscore, SF-36 psychischer Summenscore, VAS. Boxplots mit Md, Q1 und Q3. 75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ASIA Impairment Scale (AIS) nach der American Spinal Injury Association zur Klassifikation eines neurologischen Defizites.....	33
Tabelle 2: HrQoL-Ergebnisse der Patienten \pm 80 LJ unter konservativer und operativer Behandlung: Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, SF-36 körperliche Summenskala, SF-36 psychische Summenskala, VAS. Grün: überlegen, rot: unterlegen, gelb: ausgeglichen. Mittelwerte [M] mit Standardabweichungen (SD) und Signifikanzniveau.	63
Tabelle 3, oben: HrQoL-Ergebnisse abhängig von Vorerkrankungen, gemessen mittels Elixhauser-Komorbiditäts-Score und kategorisiert nach Standardabweichungen -2 bis +2. Gruppe I – IV (1. Spalte). Unten: Vergleich der HrQoL-Skalen abhängig von Komplikationen im stationären Verlauf, ohne Komplikationen (oben) vs mit Komplikationen (unten). HrQoL-Werte: Mittelwerte mit Standardabweichungen, grün: überlegen, rot: unterlegen.	67
Tabelle 4: Korrelation der HrQoL-Skalen untereinander sowie den SF-36 Subdimensionen. Korrelationskoeffizient (-1 bis 1) mit Signifikanz. In Rot: signifikante Korrelation ($p < 0,05$ und $p < 0,001$)	78
Tabelle 5: Gegenüberstellung der Ergebnisse der HrQoL verschiedener Autoren: NDI, SF-36 physische (ksk) und psychische (psk) Summenskala nach operativer und konservativer Behandlung. Grün: besserer Wert, rot: schlechterer Wert. Orange: ausgeglichener Wert. Unterste Zeile: Signifikanzniveau	92
Tabelle 6: Korrelation der 4 HrQoL-Skalen zueinander: Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L und SF-36 körperlicher Summenscore (KSK) und SF-36 psychischer Summenscore (PSK). Korrelationskoeffizient der einzelnen Skalen zueinander (0,000: keine Korrelation, $\pm 1,000$: höchste Korrelation) sowie das jeweilige Signifikanzniveau (*: $<0,05$, **: $<0,005$). Der Korrelationskoeffizient ist bei signifikanter Korrelation in Rot dargestellt.	97

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr(e)
AA	Anderson & d'Alonzo
AAI	Anteriores atlanto-dentales Intervall
ADL	Aktivität des täglichen Lebens (activity of daily living)
AIS	ASIA Impairment Scale
ASIA	American Spinal Injury Association
ATLS	Advanced Trauma Life Support (American College of Surgeons)
a.p.	anterior – posterior
BI	Barthel-Index
CCJ	Kraniozervikaler Übergang (craniocervical junction)
CT	Computertomographie
CTA	CT-Angiographie
d	Tag(e)
ELIX	Elixhauser-Comorbidity-Score
EQ5	EQ-5D-3L
GOF-Studie	Geriatric Odontoid Fracture Studie der AOSpine North America
h	Stunde(n)
HrQoL	Gesundheitsbezogene Lebensqualität (health related quality of life)
HW1	Erster Halswirbel (-körper): Atlas
HW2	Zweiter Halswirbel(-körper): Axis
HWS	Halswirbelsäule
IQOLA	International Quality of Life Assessment

ISNCSCI	International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury
ISS	Injury Severity Score
k	konservativ
KISS	Krankenhaus-Informationssystem
Kompl.	Komplikationen
Lig., Ligg.	Ligamentum, Ligamenta
LQ	Lebensqualität
M., Mm.	Musculus, Musculi
<i>M</i>	Mittelwert
<i>Md</i>	Median
<i>max</i>	Maximum
<i>min</i>	Minimum
min	Minute(n)
mon	Monat(e)
MOS	Medical Outcome Study
MRT	Magnetresonanztomographie
N., Nn.	Nervus, Nervi
NDI	Neck Disability Index
op	operativ
OP	Operation
OS	Oswestry Score
<i>p</i>	Signifikanzniveau
Pat.	Patienten

phy	physisch
PROM	Fragebogen zur Selbsteinschätzung verschiedener Qualitäten (Patient reported Outcome Measurement Tool)
psy	psychisch
Q1	1. Quartil (25%)
Q3	3. Quartil (75%)
QoL	Lebensqualität (Quality of Life)
r	Korrelationskoeffizient
resp.	respektive
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
SD	Standardabweichung (Standard-deviation)
SPA	self-perceptions of aging
TTO	Time-Trade-Off
VA	Arteria vertebralis
vs	versus
WHO	Weltgesundheitsorganisation (World Health Organization)
ZNS	Zentrales Nervensystem

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie und Fragestellung

Frakturen der oberen Halswirbelsäule (HWS), umgangssprachlich „Genickbruch“, gehören zu den komplexen Frakturen der Wirbelsäule.^{1,2} Während diese Verletzungen bei jungen Patienten häufig durch Hochrasanz-Traumata entstehen und mit erheblichen Begleitverletzungen bis hin zum Tod einhergehen können, liegt die Ursache bei älteren Patienten eher in Bagatell-Traumata. Die damit einhergehende Symptomatik ist oftmals gering und äußert sich nicht selten durch ausschließliche lokale Schmerzen.³⁻⁹

Etwa 30% aller HWS-Verletzungen betreffen die obere HWS.^{3,9-13} Die Inzidenz steigt mit zunehmendem Lebensalter. So gehört die Fraktur des zweiten Halswirbelkörpers (HW2) bei den über 65-jährigen Patienten zu den häufigsten Frakturen der Halswirbelsäule, bei Patienten oberhalb der achten Lebensdekade ist dies darüber hinaus die häufigste Fraktur der gesamten Wirbelsäule.^{3-5,9,10}

Je nach Beschaffenheit einer HW2-Fraktur ergeben sich unterschiedliche Behandlungsmöglichkeiten mit operativen oder konservativen Verfahren. Die jeweiligen Behandlungsindikationen werden in der Literatur und im klinischen Alltag kontrovers diskutiert. Grundsätzlich gilt es zwar, die Stabilität der HWS wiederherzustellen und neurologische Schäden zu verhindern, doch steigt ebenso grundsätzlich das Morbiditäts- und auch Mortalitätsrisiko von Operationen bei älteren, vorerkrankten Patienten.¹⁴⁻¹⁶ Zumal es hinreichend nicht-operative Behandlungsoptionen gibt, welche eine weitgehende Stabilisierung der HWS erreichen. Der Begriff der „*fibrösen Steife*“ (fibrous union) antizipiert die nicht instabile Pseudarthrose.¹⁷

Auf der anderen Seite handelt es sich um Operationstechniken, welche sich in der technischen Durchführbarkeit wie auch in der Effektivität einer knöchernen Ausheilung etabliert haben. In der Regel kann zugunsten eines zügigen nuchalen Muskelaufbaus und einer reduzierten Immobilisations-Morbidität auf eine postoperative externe Ruhigstellung verzichtet werden. Häufige klinische wie radiologische Kontrollen können ebenso wie die summarischen Behandlungskosten reduziert werden.^{18,19}

Lag der Fokus des Therapieergebnisses und somit auch der Indikationsstellung bisher mehr auf der frakturbedingten, vermeintlichen Instabilität, der Komorbidität und der potentiellen Mortalität, so wurde dem vollständigen –und insbesondere dem poststationären- Verlauf bislang weniger Beachtung geschenkt.^{20–29} Gleichwohl lässt sich das mittel- und langfristige Befinden des Patienten in körperlicher wie auch in psychischer Hinsicht unter dem Begriff der gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HrQoL: health related quality of life) charakterisieren. Mit verschiedenen Instrumenten ist dies mess- und quantifizierbar und hat sich mittlerweile zu einem anerkannten Evaluationsparameter in der Bewertung von Behandlungsmaßnahmen entwickelt.^{30–33}

Untersuchungen zu solchen Outcome-Parametern nach HW2-Frakturen findet man in der Literatur selten. Überdies zeigen diese keine einheitliche Bewertung hinsichtlich der unterschiedlichen Behandlungsformen.^{17,34–40} Infolgedessen haben wir uns in einer eigenen Patientenkohorte mit HW2-Frakturen dieser Frage angenommen und die Lebensqualität nach konservativer und operativer Behandlung untersucht.

1.2 Anatomie der oberen HWS

Die Halswirbelsäule wird anatomisch in die untere und obere HWS unterteilt. Dabei umfasst die untere, resp. subaxiale HWS die Halswirbelkörper 3 bis 7 (HW3-7). Die obere HWS bezeichnet den ersten und zweiten Halswirbelkörper (HW1–2). Die obere HWS mit paarigen Gelenken zum Hinterkopf bildet den kraniozervikalen Übergang (CCJ: cranio-cervical junction). HW1, der Atlas, ist ringförmig und besteht aus vorderem und hinterem Atlasbogen. Bilateral finden sich kranial und kaudal Gelenksflächen. An diesen werden kranial die Occipitalkondylen des Kopfes aufgenommen, kaudal bestehen beidseitige, nach außen gerichtete Gelenksverbindungen zu HW2.

Die vorliegende Studie beschäftigt sich einzig mit HW2, der Axis, als Verbindungselement zwischen dem kraniozervikalen Übergang und der subaxialen HWS. Der 2. Halswirbel besteht aus einem ventralen Korpus und dorsalem Bogen, verbunden durch die beiderseitigen Isthmūs. Der Korpus weist als Besonderheit einen knöchernen Stift nach kranial auf. Dieser Stift, auch Dens axis genannt, liegt mit seiner ventralen Seite an der Innenseite des vorderen Atlasbogens auf, der Fovea dentis, auf und bildet hier ein Zapfengelenk.

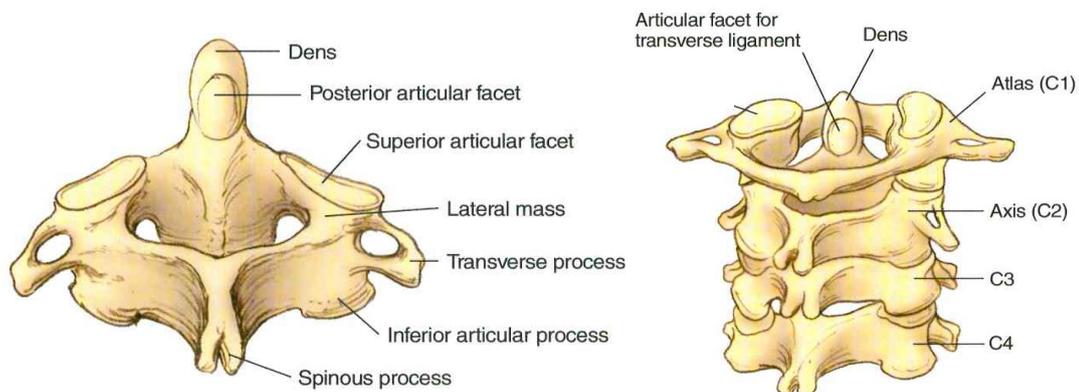


Abbildung 1 links: Ansicht HW2 von dorsal, **rechts:** Ansicht HW1-4 von dorsolateral. **Aus:** Sekhar LN, Fessler RG. Atlas of neurosurgical techniques: Spine and peripheral nerves. New York: Thieme; 2006

Dorsal wird der Dens durch einen festen Bandapparat in seiner Position gehalten: Die bilateralen Ligamenta (Ligg.) alaria verbinden Dens und Foramen magnum, das Hinterhauptsloch des Schädels. Ein kreuzförmiger Bandapparat, das Ligamentum (Lig.) cruciforme, fixiert horizontal durch die Ligg. transversa den Dens zu beiden Seiten mit der

Innenseite des vorderen Atlasbogen, vertikal verlaufen die Fasciculi longitudinales superior und inferior an der Wirbelkörperhinterkante entlang zwischen Clivus und HW2-Korpus. Weitere ligamentäre Verbindungen bestehen durch die Membrana atlantooccipitalis anterior und posterior, welche an der ventralen, resp. dorsalen Seite des Atlasbogen entlangziehen und den Spinalkanal eingrenzen. Die Verbindung zum kaudalen HW3 wird, entsprechend der subaxialen HWS, ventral durch eine Bandscheibe und dorsal beidseits durch Facettengelenke hergestellt.

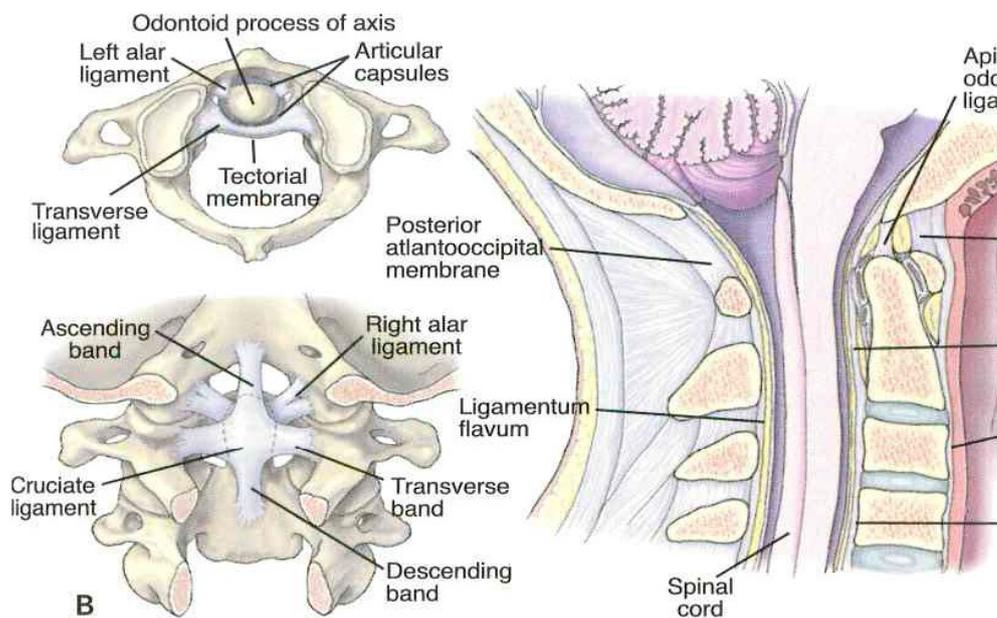


Abbildung 2: Ligamentäre Verbindungen des CCJ, resp. der oberen HWS. **Aus:** Dickman CA, ed. Surgery of the craniocervical junction. New York: Thieme; 1998.

Die Arteriae vertebrales (VA) verlaufen bilateral durch die Foramina transversa der HWS zur hinteren Schädelgrube. Zwischen HW2 und 1 und dem Eintritt in die hintere Schädelgrube, im V3/4-Segment der VA, bildet sie eine Schleife, zunächst nach lateral, dann wieder nach medial, welche bis zu 25% Variationen aufweist und insbesondere bei dorsalen und dorsolateralen operativen Zugängen zum kraniozervikalen Übergang zu beachten ist.⁴¹⁻⁴⁶ Des Weiteren bildet der kraniozervikale Übergang den knöchernen Schutz des Zentralen Nervensystems (ZNS) im Übergang vom Gehirn zum Rückenmark. In diesem Bereich befinden sich die kaudalen Hirnnervenkerne mit den entsprechenden paarigen Hirnnerven (HN) sowie die Pyramidenbahn-Kreuzung (decussatio pyramidum).

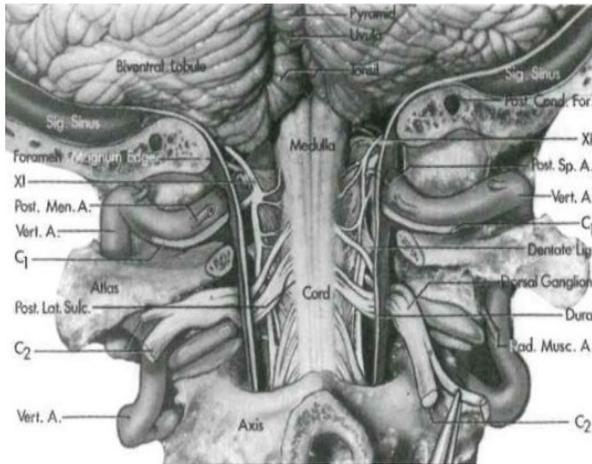


Abbildung 3: dorsale Ansicht des CCJ mit VA, ZNS mit HN, C1- und C2-Nervenzurzeln. **Aus:** Dickman CA, ed. Surgery of the craniocervical junction. New York: Thieme; 1998.

Die Rotation und Inklination im kraniozervikalen Übergang erfolgt durch die ventralen Musculi (Mm.) sternocleidomastoidei, inklinatorisch unterstützt durch die Mm. scaleni, die Reklination erfolgt durch die Mm. trapezii, Mm. splenii capitorum und Mm. semispinales capitorum. Nerval innerviert wird die Muskulatur über die Nervi (Nn.) accesorii und Nn. suboccipitales, den dorsalen Faszikel der C1-Wurzeln.

50% der funktionellen Rotation des Kopfes (ca. 45°), z.B. zur Blickwendung, erfolgen im kraniozervikalen Übergang, die weiteren 50% in der subaxialen HWS mit etwa 15% pro Bewegungssegment. Im Umkehrschluss bedeutet dies eine deutlich höhere mechanische Beanspruchung und Belastung im HW1/2-Segment, welche durch den oben dargestellten, ausgeprägten Band-Kapsel-Komplex stabil gehalten wird. Die In- und Reklination erfolgt zu etwa 4 – 12° in HW1/2.⁴⁶

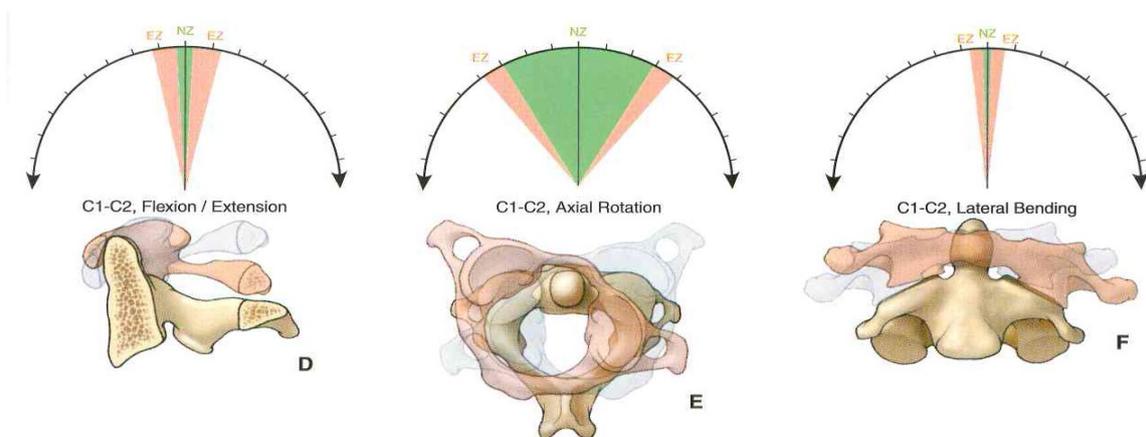


Abbildung 4: Bewegungsumfang der oberen HWS in In- und Reklination, Rotation und Seitneigung. **Aus:** Dickman CA, ed. Surgery of the craniocervical junction. New York: Thieme; 1998.

Aufgrund einer besonderen lokalen Mikroarchitektur ist der Übergang vom HW2-Korpus zum Dens Axis eine Fraktur-Prädilektionsstelle von HW2. Diese Zone, die Densbasis ist durch drei histomorphologische Besonderheiten gekennzeichnet. Im Vergleich zum HW2-Korpus und Dens:

- weist die Densbasis ein geringeres trabekuläres Knochenvolumen auf
- ist die intertrabekuläre Vernetzung geringer
- beträgt die Kortikalis-Dicke lediglich ein Drittel der Kortikalis des Dens

Als Nachweis für diese „Sollbruchstelle“ finden sich sehr häufig Mikrokallus-Formationen an der Densbasis. Diese werteten Amling, Wening et al. als „direkte *in vivo* Marker“ für „Mikrofrakturen, welche infolge von Stress-Spitzen, mechanischer Überbelastung und relative statische Insuffizienz auftreten“ und belegten ebenfalls die reduzierte biomechanische Festigkeit in diesem Bereich.⁴⁷⁻⁴⁹

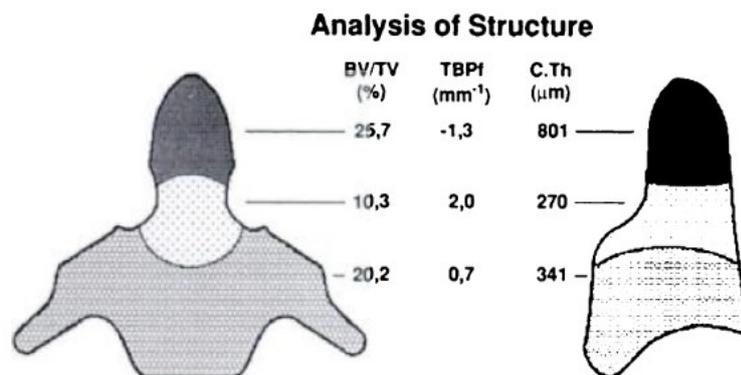


Abbildung 5: Strukturanalyse des Dens, der Densbasis und des Korpus: trabekuläres Knochenvolumen (BV/TV), intertrabekuläre Vernetzung (TbPf) und Kortikalis-Dicke (C.Th). **Aus:** Amling M, Hahn M, Wening VJ, Grote HJ, Dellling G. The microarchitecture of the axis.... The Journal of bone and joint surgery. American volume. 1994;76(12):1840-1846.

1.3 Fraktur-Klassifikationen des Axis

Die Klassifikation nach *Anderson & d'Alonzo*, *Benzel* sowie *Eysel und Roosen* adressieren Verletzungen der ventralen Säule mit Korpus und Dens. Letztere Klassifikation formuliert bereits die operative Versorgung von Densfrakturen. Verletzungen der dorsalen Säule mit Bogen und Isthmus werden durch *Effendi* und *Levine*, resp. *Josten* beschrieben. Relevante ligamentäre Verletzungen sind durch die Einteilungen nach *La Caffinière* und *Fielding* definiert. Darüber hinaus ist eine Vielzahl von kombinierten Verletzungen möglich.

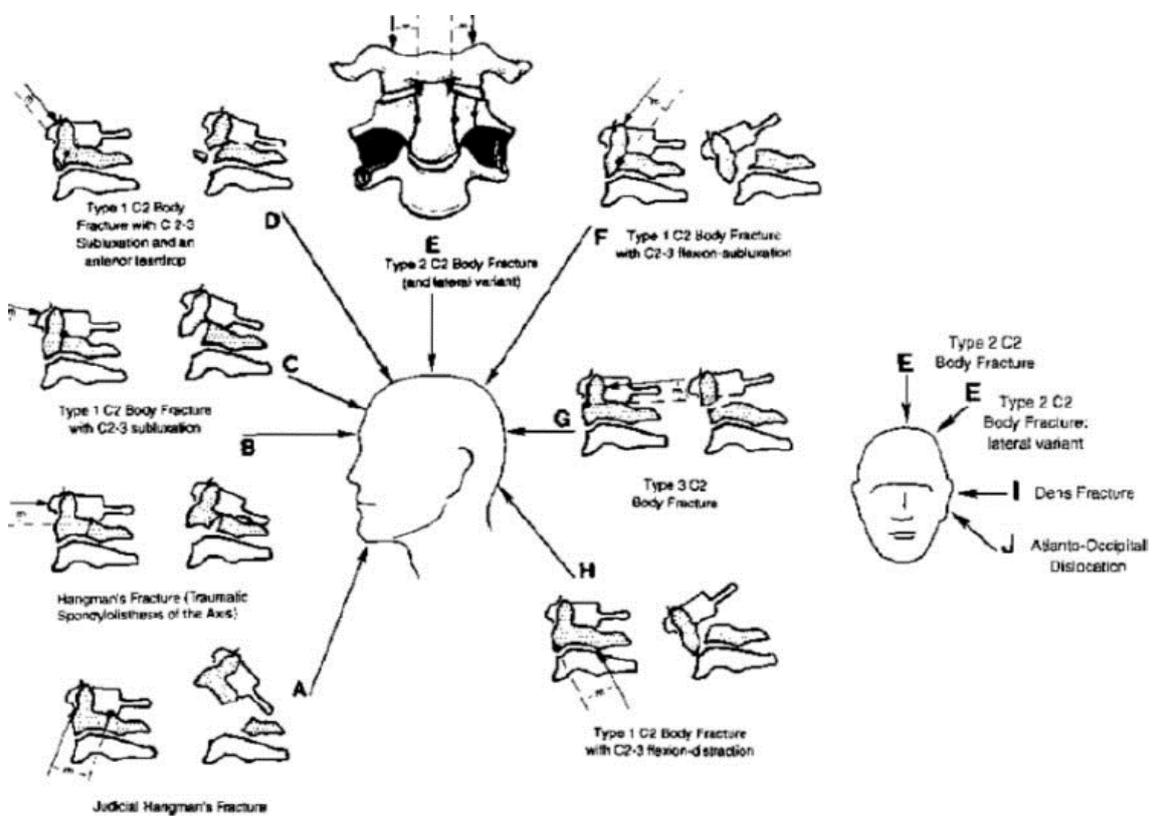


Abbildung 6, A-H: Schematische Darstellung von Axis-Frakturen, abhängig der Kraft-Vektor-Einwirkung (s. rechts). **C, D, F und H:** coronare Frakturverläufe, **E:** (para-)sagittale Frakturverläufe. **G:** transversaler Fraktur-Verlauf (wie Anderson & d'Alonzo Typ III). **A und B:** Hangman's fracture, s. Kap. 1.3.4. **Aus:** Benzel EC, Hart BL, Ball PA, Baldwin NG, Orrison WW, Espinosa M. Fractures of the C-2 vertebral body. Journal of neurosurgery. 1994;81(2):206-212.

1.3.1 Anderson & d'Alonzo

An der vorderen Säule hat sich bei den am häufigsten auftretenden Dens Axis-Frakturen, kurz: *Densfrakturen*, die Einteilung nach Anderson & d'Alonzo etabliert, welche die drei Frakturtypen I bis III unterscheidet. Typ I stellt eine Fraktur der Densspitze dar, Typ II ist eine Fraktur der Densbasis am Übergang zum Korpus, Typ III ist eine Fraktur unterhalb der Densbasis durch den Korpus.⁵⁰ Der seltene Typ I gilt als stabil, sofern der atlanto-axiale Bandapparat intakt ist. Typ II wird als instabil angesehen. Ohne Behandlung birgt diese instabile Fraktur ein hohes Risiko einer Pseudarthrose.⁴⁸ Typ III bedarf ebenfalls einer Behandlung, je nach Frakturverlauf und Fragment-Stellung wird diese konservativ oder operativ behandelt.^{50,51}

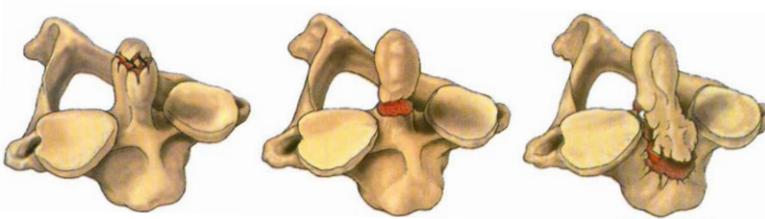


Abbildung 7: Frakturklassifikation nach Anderson & d'Alonzo, Typ I – III. **Aus:** Sekhar LN, Fessler RG. Atlas of neurosurgical techniques: Spine and peripheral nerves. New York: Thieme; 2006

1.3.2 Benzel

Die triplanare HW2-Korpus-Fraktur-Klassifizierung nach Benzel lässt sich in Typ I-Frakturen, welche coronar ausgerichtet sind, in sagittale oder parasagittale Typ II-Frakturen und in Typ III-Frakturen mit einem horizontalen Frakturverlauf unterteilen. Letztere stellt der Autor bei Frakturverlauf in der Densbasis mit der Anderson & d'Alonzo Typ III-Fraktur gleich.⁵² Die Frakturen treten weniger alleine auf sondern sind vielmehr in Kombination mit ligamentären oder benachbarten Frakturen vorzufinden, insbesondere bei traumatisch bedingter, *atypischer* Spondylolisthesis.⁵³



Abbildung 8: Frakturklassifikation nach Benzel, Typ I – III mit Frakturverläufen coronar, sagittal und transversal. **Aus:** Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. Teil 2: knöcherne Verletzungen. Der Unfallchirurg. 2010;113(12):1023-39

1.3.3 Eysel und Roosen

Bereits hinsichtlich einer operativen Versorgung der Typ II-Fraktur nach Anderson & d'Alonzo kategorisieren Eysel & Roosen diesen Fraktur-Typ nach Winkel des Frakturverlaufes.²¹ Aus ihr lässt sich zielgerichtet schließen, ob eine operative Behandlung mittels ventraler Zugschrauben-Osteosynthese nach Böhler probat ist.^{54,55} Dies träfe auf Typ IIa zu, eine transversale Fraktur, wie auch auf Typ IIb, mit Frakturverlauf von ventrokranial nach dorsokaudal. Typ IIc, mit Frakturverlauf von ventrokaudal nach dorsokraniel, d.h. in ähnlicher Trajektorie zur möglichen ventralen Zugschraube wäre somit –aufgrund der Gefahr der sekundären Fragment-Dislokation– ungeeignet.^{21,56}

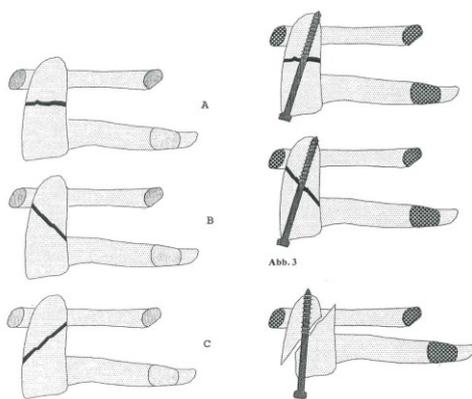


Abbildung 9: Frakturklassifikation nach Eysel und Roosen, Typ IIa – IIc mit Trajektorie einer ventralen Zugschrauben-Osteosynthese und sekundären Fragment-Dislokation nach ventral bei Typ IIc. **Aus:** Eysel P, Roosen K. Ventrale oder dorsale Spondylodese der Densbasisfraktur--eine neue Klassifikation zur Wahl des chirurgischen Zuganges. Zentralblatt für Neurochirurgie. 1993;54(4):159-165

1.3.4 Effendi und Levine

Durch die traumatische Spondylolisthesis, die *hangman's fracture*, entsteht eine Diskontinuität zwischen vorderer und hinterer Säule von HW2. Es besteht eine beidseitige Isthmus-Fraktur, welche eine Instabilität hervorrufen kann. Den Grad der Isthmus-Dislokation formuliert die Einteilung nach Effendi: Typ I stellt die kaum dislozierte Fraktur mit einem Spalt unter 1mm dar. Typ II bezeichnet eine Fraktur-Dislokation über 1mm, Typ III ist eine weiter dislozierte Fraktur mit zusätzlicher Luxation des Facettengelenkes HW2/3.^{57,58} Zusätzlich unterteilt Levine die Effendi Typ II-Fraktur nach der Versehrtheit des vorderen Längsbandes: Levine Typ IIa ist demnach die dislozierte bilaterale Isthmusfrakturen mit Bandscheiben-Zerreißung, jedoch intaktem vorderem Längsband, Typ IIb die dislozierte bilaterale Isthmusfraktur, Bandscheibenzerreißung und rupturiertem vorderem Längsband.⁵⁹

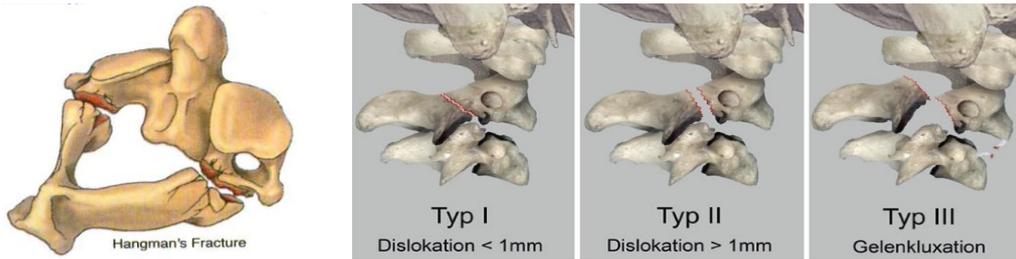


Abbildung 10 links: bilaterale Spondylolisthese, resp. „hangman’s fracture“. **Aus:** Sekhar LN, Fessler RG. Atlas of neurosurgical techniques: Spine and peripheral nerves. New York: Thieme; 2006. **Rechts:** Einteilung der bilateralen Spondylolisthese nach Effendi, Typ I – III. **Aus:** Kandziara F, Schnake K, Hoffmann R. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. Teil 2: knöcherne Verletzungen. Der Unfallchirurg. 2010;113(12):1023-39

1.3.5 Weitere Klassifikationen

Roy-Camille (1980)^{60,61} und Hadley (1989)⁶² erweiterten zwar in beachtlich großen Patientengruppen o.g. Klassifikationen um seltenere Fraktur-Entitäten, diese sind jedoch heutzutage weniger gebräuchlich.

1.3.6 Ligamentäre Verletzungen

Instabilitäten können auch durch primär ligamentäre Verletzungen, teilweise mit knöchernem Ausriss, hervorgerufen werden.

Die translatorische atlantoaxiale Instabilität entsteht durch Zerreißen oder Ausriss des Lig. transversum. Maßgeblich für die Einteilung nach La Caffinière nach Typ I - III ist der anteriore atlanto-dentale Abstand (AADI).⁶³⁻⁶⁵

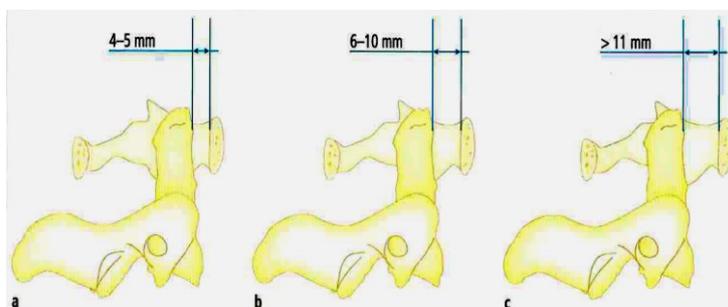


Abbildung 11: Einteilung der translatorischen atlantoaxialen Instabilität mit sagittalem atlantoaxialen Abstand (AADI) nach La Caffinière: Typ I: 4-5mm, Typ II: 6-10mm, Typ III: 11mm. **Aus:** Rauschmann M, Winking M, Arand M, Stücker R. Wirbelsäule interdisziplinär: Operative und konservative Therapie. Stuttgart: Schattauer; 2017

Eine seltene und häufig eher juvenile traumatische rotatorische atlantoaxiale Instabilität wird nach Schweregrad und translatorische Komponente in Fielding Typ 1-4 kategorisiert.⁶⁶ Ebenfalls äußerst selten sind gleichzeitige Rupturen der atlantoaxialen und der occipitoaxialen Bänder bis zur occipito-zervikalen Dislokation oder Dekapitation.^{64,67} Diese Verletzungsmuster sind in der Regel letal.

1.4 Diagnostik

1.4.1 Anamnese und klinische Befunde

Mitentscheidend für die Diagnostik ist die Unfallanamnese.

Aus der Beschreibung des Unfallherganges lässt sich die anzunehmende Gewalteinwirkung herleiten. Dies ist insbesondere bei bewusstlosen oder polytraumatisierten Patienten mit verdeckenden Verletzungen wichtig, da diese die Gefahr von nicht primär erkannten Wirbelsäulen-Verletzungen bergen und somit bis zum Ausschluss einer spinalen Beteiligung als gefährdet, respektive spinal verletzt gelten. Ausdrücklich gilt dies für Hoch-Energie-Traumata.^{7,11,68–70}

Zu beachten ist jedoch, dass gerade bei älteren Patienten anamnestische Niedrigenergie-Traumata für eine Verletzung der oberen HWS ursächlich sein können.^{3–9} Diese Patienten stellen sich nicht selten bei persistierenden Nuchalgien, wach und compliant, erst im Intervall vor, bis zu ca. 48h nach Trauma.

Die klinische Symptomatik kann von ausschließlichen HWS-Schmerzen über fokale neurologische Ausfälle bis hin zum Querschnitt oder letal bedrohlicher Rückenmarksschädigung variieren.^{3–5,8–10,23,69–71} Auch können durch Myelon-Kontusionen kombinierte neurologische Symptome als Querschnitts-Syndrome wie das Zentrale Halsmarkssyndrom oder das Brown-Sequard-Syndrom auftreten.^{72–74}

Dem Untersuchungsstandard der „*American Spinal Injury Association*“, kurz „*ASIA*“, liegt die differenzierte neurologische Untersuchung nach Motorik, nach Sensibilität und nach Mastdarmfunktion zugrunde.^{75–77} Der Befund wird mittels methodischer Untersuchung, getrennt nach oberen und unteren Extremitäten, nach Seiten-Differenz und Dermatome-Level in dem Standard „*International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury*“ (ISNCSCI) über „*subscores*“ in einem Gesamtscore zusammengefasst (Anhang 1). Darüber hinaus ist der „*ASIA Impairment scale*“ (AIS) international anerkannt und gängig. Er ist in seiner Gradierung der Frankel-Skala A - E angelehnt und wird zusätzlich mit dem tiefsten intaktem neurologischen Niveau angegeben.^{78–80}

AIS A Komplett	Keine Sensibilität unterhalb des Niveaus Keine Motorik unterhalb des Niveaus
AIS B Inkomplett	keine Motorik unterhalb des Niveaus
AIS C Inkomplett	Motorik unterhalb des Niveaus vorhanden: > 50% schlechter als Kraftgrad 3/5
AIS D Inkomplett	Motorik unterhalb des Niveaus vorhanden: > 50% besser als Kraftgrad 3/5
AIS E Normal	Sensibilität intakt Motorik intakt

Tabelle 1: ASIA Impairment Scale (AIS) nach der American Spinal Injury Association zur Klassifikation eines neurologischen Defizites

1.4.2 Bildgebung

1.4.2.1 Röntgen

Der kraniozervikale Übergang wird in drei Ebenen dargestellt: a.p., lateral und die Denszielaufnahme als a.p.-Aufnahme durch den geöffneten Mund. Hinweise auf osteoligamentäre Verletzungen geben Konturunterbrechungen, Verschiebungen der spinolaminären Linie sowie der atlanto-dentale Abstand, resp. der transversale Abstand zwischen Dens und den bilateralen massae des Atlas. Bei Verdacht auf eine Instabilität werden gehaltene Röntgen-Funktionsaufnahmen in In- und Reklination vorgenommen.



Abbildung 12 links: a.p.-Denszielaufnahme und laterale Röntgenaufnahmen. **rechts:** gehaltene Funktionsaufnahmen der HWS in Inklination und Reklination. **Aus:** eigener Patient

1.4.2.2 Computertomographie

Die Methode der Wahl und zur differenzierten Beurteilung und Klassifizierung einer HW2-Verletzung ist die Computertomographie (CT).^{7,81-85} Darüber hinaus werden durch die Schichtbildgebung potentielle intraspinale Knochenfragmente erfasst. Üblich ist die triplanare Rekonstruktion, optional eine 3D-Darstellung oder Trajektorienansicht. Mittels CT-Angiographie (CTA) werden Variationen der Verläufe der Aa. vertebrales ebenso wie Gefäß-Dissektionen oder -Verletzungen detektiert.^{42,43}



Abbildung 13: (von links nach rechts) triplanare Ansichten des CCJ in sagittal, coronar und axial.
Aus: eigener Patient

1.4.2.3 Magnetresonanztomographie

Zur Beurteilung des nicht-knöchernen Gewebes ist die Magnetresonanztomographie (MRT) die Methode der Wahl. Myelon mit Pons, Hirnnerven und Medulla oblongata werden, wie auch eventuelle Raumforderungen im Spinalkanal, dargestellt. Ligamentäre wie diskogene Verletzungen werden mit sensitiven Methoden (Fettsupprimierung) detektiert. Möglich sind MRT-Aufnahmen in Funktionsstellung wie Rotation, um subtile ligamentäre Verletzungen darzustellen. Frische Frakturen stellen sich in der STIR-Sequenz hyperintens dar. Das MRT hat sich als durchaus probates Diagnostikum zur Beurteilung der Stabilität von traumatischen HWS-Verletzungen etabliert.⁸⁵⁻⁸⁸

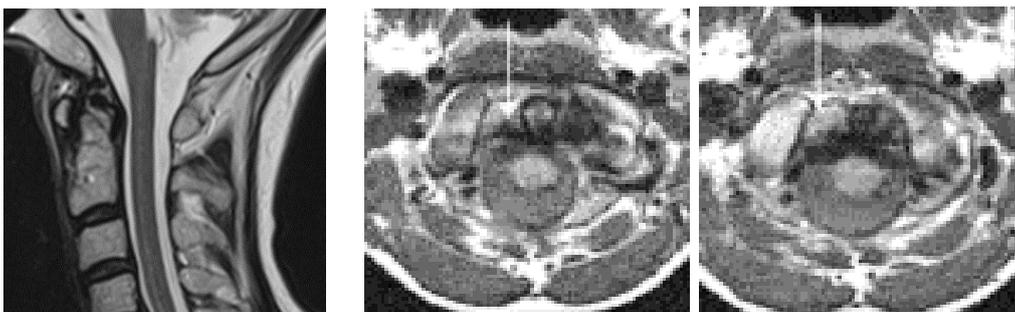


Abbildung 14 (von links nach rechts): sagittale HWS-Ansichten des CCJ, Funktionsaufnahmen axial zur Beurteilung des lig. cruciforme. **Aus:** eigener Patient

1.4.3 Komorbidität

Der Begriff „*Komorbidität*“ umfasst die Vorerkrankungen von Patienten. Der Ausdruck wurde 1970 von Feinstein zur Charakterisierung von Begleiterkrankungen ohne Berücksichtigung der Indexerkrankung (Hauptdiagnose) gebildet.^{89,90} Eine weitere Umschreibung ist die „*Summe der Leiden ohne Festlegung einer Hauptdiagnose*“.⁹⁰⁻⁹²

In der Regel sind ältere Patienten von einer höheren Komorbidität betroffen als jüngere. Die Risiken prolongierter Hospitalisierung, perioperativer Komplikationen und einer gesteigerten Krankenhaus-Mortalität sind hiervon abhängig.^{15,16,93-96} Um aus der Komorbidität ein „Hospitals-Risiko“ abzuschätzen, wurden zahlreiche Skalen entwickelt, geläufig ist insbesondere der Charlson-Komorbiditäts-Score, welcher 19 identifizierte Begleiterkrankungen gewichtet und deren Einfluss auf eine Therapieeffizienz wertet.^{90,97-101} Ebenso bekannt und gebräuchlich ist der Elixhauser-Komorbiditäts-Score, welcher sich im besonderen Maße für orthopädische Patienten etablierte.^{14,94,102} Mit diesen Instrumenten lässt sich die Komorbidität als Messvariable quantifizieren und für die Zwecke dieser Untersuchung verwenden.

1.5 Therapieziele

1.5.1 Stabilität

Die im Kapitel 1.3 genannten Klassifikationen der HW2-Frakturen weisen bereits auf den Behandlungsaspekt der Stabilität hin. Als „*klinisch instabil*“ werten White und Panjabi Frakturen, welche zu Stellungsänderungen der Wirbelsäule oder neurologischen Defiziten führen können.^{12,103} Überdies sind im deutschen Sprachraum die Begriffe „*stabil*“ und „*hochgradig instabil*“ gebräuchlich. Ersterer Begriff definiert eine Verletzung ohne wesentliche Gefahr einer sekundären Stellungsänderung oder neurologischen Symptomatik. „*Hochgradig instabil*“ hingegen benennt die Gefahr einer Stellungsänderung und / oder die Gefahr eines sekundären neurologischen Defizites.^{67,104} Der Begriff der „*bedingt instabilen*“ Verletzung ist nicht abschließend bewertet.^{41,67}

Eines der Behandlungsziele ist somit, die Stabilität von HW2 wiederherzustellen. Dies erfolgt prinzipiell durch eine Immobilisierung der Fraktur -ggf. mit vorausgegangener Reposition- und idealerweise nachfolgender Frakturheilung im Sinne einer Fusion.

1.5.2 Mortalität

Patienten sollten durch jedwede Behandlung keiner erhöhten Mortalität ausgesetzt sein und darüber hinaus sollte die eine Behandlung nicht gefährdender sein als die alternativen Behandlungsmethoden. Dies ist insbesondere bei dem älteren und gesundheitlich fragilen Patientengut mit individueller Komorbidität und der behandlungsassoziierten Morbidität zu erwägen.^{28,39,105,106} Ein weiteres Behandlungsziel ist somit die Reduktion der Mortalität, resp. Verringerung des Mortalitäts-Risikos.

1.5.3 Lebensqualität

Mit zunehmend weiterentwickelten und optimierten Behandlungsmethoden, insbesondere für älteren Patienten, sind neben Symptomkontrolle, der lokalen Frakturheilung und Überleben auch und gerade die Mobilität sowie die Rückkehr in den individuellen Alltag von Relevanz und im Umkehrschluss mitentscheidend für die Auswahl der Therapie.^{31,35,37,38,107}

Die Teilnahme am, resp. das Erleben des üblichen Alltag kann dem Begriff der Lebensqualität (LQ oder QoL: Quality of life) zugeordnet werden. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO: World Health Organization) definiert Lebensqualität als *“subjektive Wahrnehmung der eigenen Stellung im Leben im Kontext zur umgebenden Kultur und Wertesystem und in Bezug auf die eigenen Ziele, Erwartungen, Standards und Bedürfnisse“* [Übersetzung d Autors].¹⁰⁸ Aus dieser weitreichenden Definition wurden seitens der WHO Überbegriffe, resp. Dimensionen gebildet, welche die subjektive Lebensqualität maßgeblich beeinflussen und widergeben. Diese sind: physischer und psychischer Zustand, Umfang der Unabhängigkeit, soziale Beziehungen und Umwelt sowie spirituelle, religiöse und persönliche Überzeugungen.^{108–110}

1.5.3.1 Gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HrQoL)

Drei der genannten Dimensionen bilden die Basis für die gesundheitsbezogene Lebensqualität (HrQoL): Die physische Dimension mit dem Grad der Unabhängigkeit, die psychische und die soziale Dimension.

Die HrQoL lässt sich mit standardisierten Patienten-Interviews mit Fragen zur subjektiven Eigenwahrnehmung messen. Entsprechend werden in der physischen Dimension nicht nur körperliche Leistungsfähigkeit, Freizeitaktivitäten und Mobilität (positive Rollen-Funktion) sondern auch Schmerzen, Erschöpfungszustände oder Leistungslimitationen (negative Rollen-Funktion) evaluiert. In psychischer Hinsicht wird neben dem (positiven) Empfinden von Freude, Wohlbefinden und Energie auch das (negative) Erleben von Angst, Niedergeschlagenheit und Antriebslosigkeit ermittelt.¹¹⁰ So kann ein schlechter körperlicher Gesundheitszustand sich auf die Wahrnehmung der physischen und auch auf die psychische sowie soziale Belastbarkeit auswirken und sich in einer verringerten Lebensqualität niederschlagen.^{31,111,112}

Zum besseren Verständnis seien in diesem Text die Begriffe der *gesundheitsbezogenen Lebensqualität (HrQoL)* und der *Lebensqualität (LQ)* gleichgesetzt.

1.6 Zielsetzung

Aus den vorausgegangenen Ausführungen ergeben sich -insbesondere für Patienten über 65 Jahre- folgende relevante Therapieziele zur Behandlung einer HW2-Fraktur:

- Die Fraktur-Stabilität und die Vermeidung neurologischer Schäden
- Die Reduktion der Morbidität und Mortalität
- Der bestmögliche Erhalt der Lebensqualität

In der vorliegenden klinischen, retrospektiven und monozentrischen Studie wurden diese *Outcome*-Parameter nach operativer gegenüber konservativ behandelter HW2-Fraktur evaluiert und miteinander verglichen.

Besondere Berücksichtigung fand die gesundheitsbezogene Lebensqualität. Zur Messung und Vergleich dessen wurden vier standardisierte HrQoL-Skalen verwendet, deren Validität, Reliabilität und Nutzen für die Fragestellung zusätzlich analysiert und bewertet wurden. Darüber hinaus wurden die Mortalität und die knöchernen Heilungsraten der Behandlungen miteinander verglichen. Beeinflussende Faktoren wie u.a. Alter, Komorbidität und Begleitverletzungen wurden zu allen Ergebnis-Parametern berücksichtigt.

Hieraus wurde evaluiert, ob eine Empfehlung zur Behandlung von HW2-Frakturen bei Patienten über 65 Jahre abgeleitet werden konnte.

2 Patienten und Methoden

2.1 Studienpopulation

In einem Krankenhaus der Schwerpunktversorgung, resp. Versorgungsstufe II, mit den Möglichkeiten aller operativen und konservativen Behandlungsmodalitäten von HW2-Frakturen wurden aus dem elektronischen Krankenhaus-Informationssystem mittels ICD10-Code *S12.1 (HW2-Fraktur)* die über 65-jährigen Patienten mit der entsprechenden Erkrankung extrahiert und retrospektiv stationäre und ambulante Krankenakten sowie die Bildgebung über den Zeitraum von Januar 2014 bis Dezember 2018 ausgewertet.

Die erfassten demographischen Daten waren: Anzahl der Patienten, Geschlecht, Alter und Überleben, resp. Datum des Versterbens. Da es nach Datenlage bei über 65-jährigen Patienten zu altersabhängigen, unterschiedlichen Ergebnissen in der HrQoL und der Mortalität kommen kann, wurden überdies die Altersgruppen der 65 bis 79-jährigen und der 80-jährigen und älteren Patienten gebildet, kurz *± 80 Jahre*.^{28,29,106,113} Weitere zu erfassende Daten waren Nebenerkrankungen, Begleitverletzungen, initiale neurologische Symptomatik, HW2-Fraktur-Klassifikationen, Behandlungen, stationäre Aufenthaltsdauer, Komplikationen und radiologische Bildgebungen.

Zur Untersuchung der Lebensqualität war die nicht mittelbare Evaluations-Fähigkeit der Patienten erforderlich. Insofern wurden für diesen *Outcome*-Parameter ausschließlich überlebende und kognitiv nicht eingeschränkte Patienten nachuntersucht. Eine relevante kognitive Einschränkung wurde durch eine amtsgerichtlich bestellte Betreuung der Patienten belegt. Diejenigen Patienten, welche sich für die Lebensqualität-Analyse eigneten, wurden mit ausgewählten und standardisierten Mess-Instrumente in Form von Arzt-Patienten-Interviews evaluiert, d.h. die Interviews konnten nicht durch dritte Personen beantwortet werden, die Geschäftsfähigkeit musste vorhanden sein und die Patienten mussten in die Studie und der datenschutzgerechten Verarbeitung ihrer Daten zustimmen.

Die freiwillige und widerrufbare Teilnahme an der Studie wurde nach Patienteninformation und unterschriebener Patienteneinwilligung bestätigt. Die Daten wurden pseudonymisiert. Die ethisch-rechtliche Unbedenklichkeit der Studie wurde durch die Ethikkommission der LMU München (#19-033) zuerkannt.

2.2 Behandlungen

Mit der Bildgebung erfolgte die Klassifikation der Frakturen anhand der in Kapitel 1.3 beschriebenen Einteilungen und die Behandlungsplanung. Die prinzipielle Methodik hat sich weitgehend bewährt und wird heute noch angewendet.^{53,56}

Zum Erreichen des Behandlungszieles einer symptomarmen, zügigen Rückkehr in den Alltag wurden eine konservative Behandlungsmethode und drei verschiedene operative Methoden angewendet:

Nicht-operativ wurden Patienten mit wenig dislozierten und wenig abgekippten Frakturen nach Stabilitätskriterien der unter Kapitel 1.3 genannten Fraktur-Klassifikationen behandelt. Hier seien beispielsweise die Anderson & d'Alonzo Typ III- oder Benzel I oder II –Frakturen genannt. Geläufig ist eine Dislokation unter Densbreite (4-6 mm) und eine Fraktur-Angulation unter 10° .^{39,114–117}

Eine ventrale Zugschraubenosteosynthese nach Böhler wurde bei Eysel und Roosen-Typ IIa und IIb-Frakturen durchgeführt, welche entweder nicht wesentlich disloziert oder abgekippt waren oder sich bei solchen Fehlstellungen reponieren ließen.

Eine dorsale HW1/2-Osteosynthese mit Fusion wurde bei Patienten mit instabiler HW2-Fraktur durchgeführt. Die vordere Säule betreffend waren dies Mehrfragmentfrakturen des HW2-Korpus. Die hintere Säule betreffend waren dies die Effendi Typ II(b) und III-Frakturen sowie kombinierte Frakturen. Auch Anderson & d'Alonzo Typ II-Frakturen, welche einer ventralen Operation nicht zugänglich waren, wurden nach dieser Methode operiert, ebenso wie sekundäre Dislokationen nach konservativer Therapie wie auch Revisions-Operationen nach ventralem Eingriff. Falls eine Dekompression des Spinalkanales notwendig war, erfolgte diese in Verbindung mit der OP mittels Laminektomie, ggf. mit Fragment-Resektion.

Bei instabiler Situation der oberen HWS, resp. des kraniozervikalen Überganges, welche bei kombinierten HW2- und HW1-Frakturen auftreten können, erfolgte ebenfalls eine dorsale Operation. Diese wurde bei Bedarf Fraktur-überbrückend über eine dorsale Osteosynthese und Fusion von suboccipital auf HW2 oder erweitert auf die subaxiale HWS durchgeführt.

Ein grundlegendes Kriterium für jegliche Behandlung war das patientenseitige Risikoprofil mit Komorbidität und Begleitverletzungen. War dieses sehr hoch, sprach dies eher für ein konservatives oder -sofern möglich- ein ventrales operatives Vorgehen. Wurde das Risiko als nicht primär maßgeblich bewertet, wurde das dorsale Vorgehen in die Entscheidungsfindung miteinbezogen.

2.2.1 Konservative Behandlung

In der konservativen Behandlung einer HW2-Fraktur hat sich weitgehend eine rigide 2-Schalen-Halsorthese mit Abstützung zwischen Kinn und oberem Thorax, oberhalb des Xyphoid, durchgesetzt. Zum Erreichen einer Immobilisierung der Fraktur werden bei sachgerechter Handhabung Kopf- und HWS-Bewegungen in allen Achsen reduziert.¹¹⁸⁻¹²⁰ Durch die Abstützung der Orthese auf der Haut bleibt jedoch eine Restbeweglichkeit vorhanden. Diese kann durch Erweiterung der externen Stütze vom Neurocranium bis zum unteren Thorax, beispielsweise durch ein Somi- oder Minerva-Brace, weiter reduziert werden.¹²¹

Bei einer Behandlungsdauer von 6 bis 12 Wochen wird die externe Schienung 24 Stunden am Tag getragen. Druckläsionen und gelegentliche –ulcera sowie eine Inaktivitäts-Muskelatrophie sind typische und häufige Komplikationen. Das Risiko einer sekundärer Dislokation mit Rückenmarks-Kompression und neurologischen Gefährdung ist selten, jedoch beschrieben.^{122,123} Die Ausbildung einer Pseudarthrose wird mitunter als recht hoch geschildert und liegt in Metaanalysen zwischen 40 und 60%.^{28,39,106,115,124}

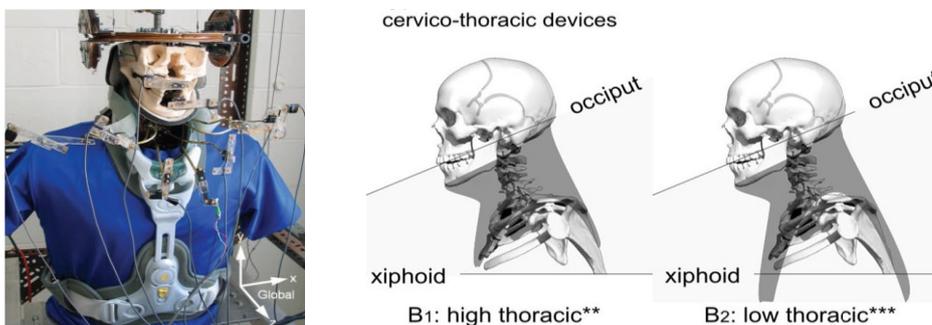


Abbildung 15 links: Modulare 2-Schalen-Orthese, hier mit optionaler tief-thorakaler Fixierung. **Aus:** Ivancic PC. Do cervical collars and cervicothoracic orthoses effectively stabilize the injured cervical spine? A biomechanical investigation. *Spine*. 2013;38(13):E767-74. **Rechts:** Prinzip der 2-Schalen-Orthese und tief-thorakaler Abstützung eines Somi-Brace. **Aus:** Holla M, Huisman JMR, Verdonschot N, Goosen J, Hosman AJF, Hannink G. The ability of external immobilizers to restrict movement of the cervical spine: a systematic review. *European spine journal*. 2016;25(7):2023-2036.

Eine Erweiterung der Fraktur-Immobilisation kann durch einen Halo-fixateur-externe vorgenommen werden. Mit dieser Methode wird der Kopf über eine externe Instrumentation rigide mit dem Oberkörper verbunden, so dass Mikrobewegungen im kraniozervikalen Übergang auf ein Minimum reduziert werden sollen und können.^{120,121,125}

Ein individuell angepasstes Kunststoff-Rumpfkorsett wird am sitzenden Patienten angelegt und ein Carbonring mit vier Kalottenschrauben perkutan an den Schädel mit definiertem Drehmoment von 4-6 Newtonmeter fixiert. Rumpfkorsett und Carbonring werden mit 4 Stäben verbunden. Die korrekte Frakturstellung wird unter biplanarer Röntgenkontrolle eingestellt und alle Verbindungen werden arretiert. Die Neutralposition des Kopfes ist zu beachten. Alle 7 Tage werden sämtliche Schrauben unter Desinfektion mit Drehmoment nachjustiert. Die Gesamtbehandlungsdauer beträgt 12 Wochen.

In zahlreichen Arbeiten geht die Methode mit einer erheblichen Einbuße an Beweglichkeit und Selbstständigkeit einher. Eine Selbstversorgung ist kaum möglich. Auch birgt die Methode die Gefahr einer Wundinfektion oder Schädelkalottendestruktion. Insgesamt sind Morbidität und auch Mortalität erhöht.¹²⁶⁻¹²⁸

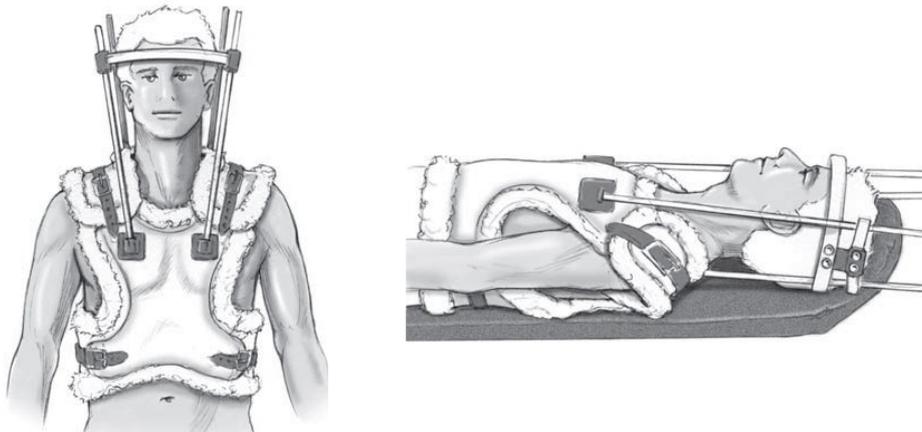


Abbildung 16: Halo-Fixateur-Externe. **Aus:** Schmolke S, Gossé F. Das besondere Instrument: Der Halo-Fixateur. Operative Orthopädie und Traumatologie. 2008;20(1):3-12.

Die nun gängige Methode einer 2-Schalen-Halsorthese hat sich in zahlreichen Untersuchungen in der Nutzen-Risiko-Abwägung durchgesetzt.^{25,113,129,130}

2.2.2 Ventrale Zugschrauben-Osteosynthese

Anderson & d'Alonzo Typ IIa und IIb-Frakturen nach Eysel und Roosen mit geringer Dislokation lassen sich operativ mittels ventraler Zugschrauben-Osteosynthese behandeln.^{55,131–133} In Rückenlage wird der Kopf des Patienten in Neutralposition in eine Mayfield-Schädel-Klemme eingespannt, eine Fraktur-Dislokation wird manuell unter biplanarer C-Bogen / Bildverstärker-Kontrolle (kurz: BV-Kontrolle) bestmöglich reponiert und in der Position mit oben genannter Lagerung fixiert. Über einen Halbkragen-Hautschnitt in Projektion auf die mittlere HWS erfolgt die Präparation durch die Halsweichteile zur kaudalen Vorderkante HW 2. An diesem Eintrittspunkt wird ein Kirschner-Draht über ein kanüliertes Zielgerät aufgesetzt und unter biplanarer BV-Kontrolle in der Medianlinie und in Trajektorie durch den Frakturspalt in Richtung der dorsalen Hälfte der Densspitze vorgebohrt. Unter Gewebeschutz wird eine kanülierte Zugschraube über den K-Draht eingedreht, bis die kontralaterale Kortikalis der Densspitze erfasst wird. Es können ein oder zwei Schrauben eingesetzt werden, bisherigen Untersuchungen haben im Outcome keine Unterschiede aufzeigen können.^{134,135}



Abbildung 17: Röntgen-Aufnahmen in a.p. (Dens-Zielaufnahme) und lateral einer mit zwei ventralen Zugschrauben osteosynthetisch versorgen Anderson & d'Alonzo Typ II-Fraktur. **Aus:** eigener Patient

Der Vorteil dieser Behandlungsmethode liegt darin, die verbleibende Beweglichkeit der oberen HWS mittels überschaubarer OP-Technik und -Risiko mechanisch nicht einzuschränken und eine zügige Re-Mobilisation des Patienten zu erreichen.^{132,136} Neben üblichen OP-Risiken wie Blutung, Nachblutung, Thrombose oder Infektionen gehört zu dem relevantem, aber seltenem Risiko, die enorm gefährdende Verletzung des oberen Halsmarkes oder der den Hirnstamm versorgender Gefäße durch die Zugschraube. Zu

den häufigeren unerwünschten Ereignissen gehört die Schluckstörung, welche jedoch zumeist transient auftritt. Bei zugangsbedingter N. recurrens-Läsion kann diese persistieren und für Aspirationspneumonien bei älteren Patienten ursächlich sein.^{132,136,137} Bei noch vorhandener Fraktur-Restbeweglichkeit kann eine Materialdislokation im Sinne einer Schrauben-Migration auftreten, die Gefahr einer Pseudarthrose ist bei der hohen mechanischen Last der oberen HWS gegeben.^{27,138} Aus diesem Grund wird in individuellen Fällen für 2-6 Wochen eine 2-Schalen-HWS-Orthese empfohlen.

2.2.3 Dorsale, transartikuläre HW1/2–Schrauben-Osteosynthese und Fusion

Durch die dorsale, transartikuläre HW1/2–Schrauben-Osteosynthese und Fusion nach OP-Beschreibung nach Magerl 1992 werden sowohl die vordere wie auch die hintere Säule adressiert. Über die bilaterale Schrauben-Osteosynthese der HW1/2-Gelenke und zusätzlicher knöcherner Fusion zwischen Atlasbogen und Dornfortsatz HW 2 erfolgt die Stabilisierung des atlantoaxialen Segmentes.²²

In Bauchlage wird der Kopf des Patienten in eine Mayfield-Schädel-Klemme eingespannt, unter BV-Kontrolle wird die HW 2-Fraktur bestmöglich manuell reponiert und in Neutralposition fixiert. Über dem kraniozervikalen Übergang werden die Weichteile schichtweise bis zu den HW 2–Gelenken beidseits sowie dem dorsalen Atlasbogen freigelegt. Über einen parasagittalen, kaudalen Hilfschnitt wird perkutan über ein Zielgerät ein Kirschner-Draht auf dem Eintrittspunkt im kaudalen, medialen Quadranten des HW 2-Gelenkes aufgesetzt und in Trajektorie auf den vorderen Atlasbogen ausgerichtet und unter BV-Kontrolle durch das HW1/2–Gelenk vorgebohrt. Über den Kirschner-Draht wird eine kanülierte Schraube eingesetzt und die HW1/2-Schrauben-Osteosynthese durchgeführt. Das Vorgehen auf der Gegenseite entspricht diesem. Für die dorsale Fusion wird die Kortikalis am hinteren Atlasbogen sowie am kranialen Teil des HW 2-Dornfortsatzes entfernt und Knochenchips, gegebenenfalls vermengt mit keramischen Knochenersatz, angelagert. Die Fusion der hinteren Säule wurde traditionell mit Drahtcerclage gesichert, heutzutage ist dies mit Atlashaken-Systemen möglich.^{22,139–141}

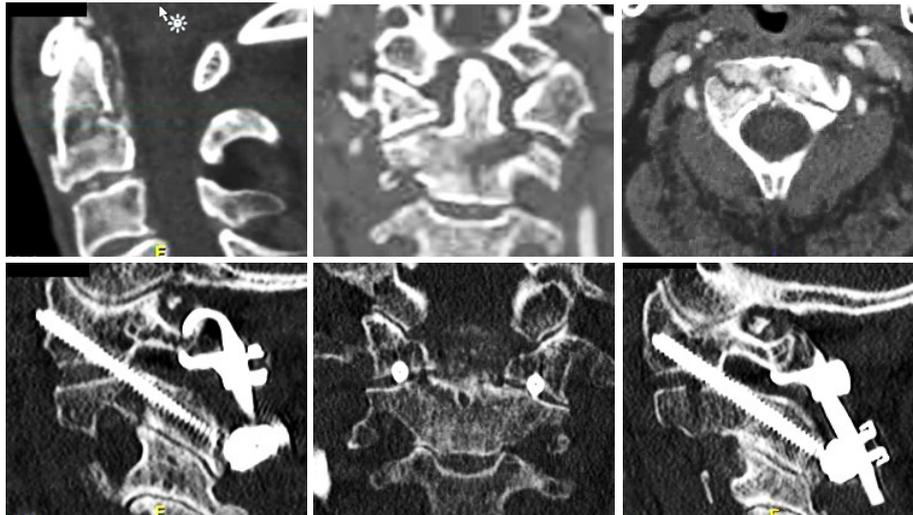


Abbildung 18 oben: triplanare CTA-Aufnahmen einer atypischen Fraktur der vorderen und hinteren Säule von HW2. **Unten:** bilaterale transartikuläre HW1/2-Schrauben-Osteosynthese mit Atlashaken-Stab-System. **Aus:** eigener Patient

Durch die Osteosynthese der bilateralen Gelenke HW1/2 und damit der vorderen Säule und zusätzlicher Fusion der hinteren Säule ergibt sich eine ausgesprochen hohe Primärstabilität. Pseudarthrosen sind äußerst selten.^{107,124} Die Kopf-Rotation wird allerdings durch diese Operation um etwa 50% eingeschränkt.^{27,46,142} Die Re-Mobilisation kann zügig erfolgen, eine externe Stabilisierung wird in der Regel nicht mehr benötigt. Die OP-Technik ist anspruchsvoll. Zum einen sind beide HW1/2-Gelenke durch die Schrauben osteosynthetisch zu verbinden, zum anderen ist die Trajektorie hauptsächlich durch das Umgehen des oberen Halsmarkes und der variationsreichen Aa. vertebrales bestimmt.^{41,42,44,45} Entsprechend hat die spinale Navigation zur Setzen der Schrauben ihren Platz in der OP-Methode gefunden.⁴³ OP-Komplikationen sind selten, können jedoch fatal sein. Eine Verletzung einer A. vertebralis führt entweder zu einem unkontrollierbaren Blutverlust oder zu einer unilateralen Ischämie der hinteren Schädelgrube mit Hirnstamm und Kleinhirn mit schwersten neurologischen Einschränkungen bis hin zum Tod. Eine Verletzung des oberen Halsmarkes birgt die identischen klinischen Risiken.^{25,38,45,137}

2.2.4 Sonderformen

OP nach Barbour: Zusätzlich zur ventralen Zugschrauben-Osteosynthese kann über denselben Zugang eine Osteosynthese des HW 1/2-Gelenkes mit 2 divergierenden und nach dorsal gerichteten Schrauben erfolgen, welche ebenfalls mit Zielgerät und unter biplanarer BV-Kontrolle eingesetzt werden.¹⁴³⁻¹⁴⁵ Der Eintrittspunkt ist der Übergang vom HW2-Korpus zu den bilateralen massae laterales, der Zielpunkt die Hinterkante des vorderen Atlasbogen.

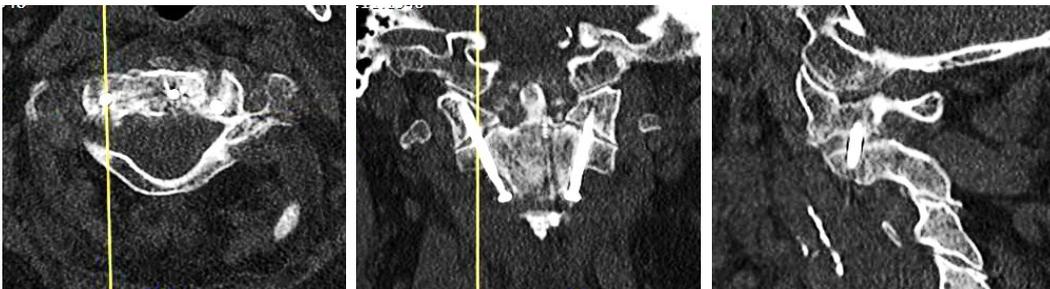


Abbildung 19: triplanare CT-Aufnahmen bei kombinierter Anderson & d'Alonzo Typ II- und Jefferson-Frakturen mit ventraler, transartikulärer und Dens-Fixation (OP nach Barbour). **Aus:** eigener Patient

Suboccipito-zervikale Fusion: Bei Mehretagen-Verletzungen der HWS oder kraniozervikaler Instabilität kann die dorsale, oben genannte Operation nach Magerl an die Suboccipital-Schuppe verlängert und mittels Schrauben fixiert werden oder entsprechend nach kaudal über massae laterales-Schrauben der subaxialen HWS verlängert werden. Eine dorsale Fusion durch Anlagerung von Knochenchips, gegebenenfalls mit keramischen Knochenersatz ist anzuraten.

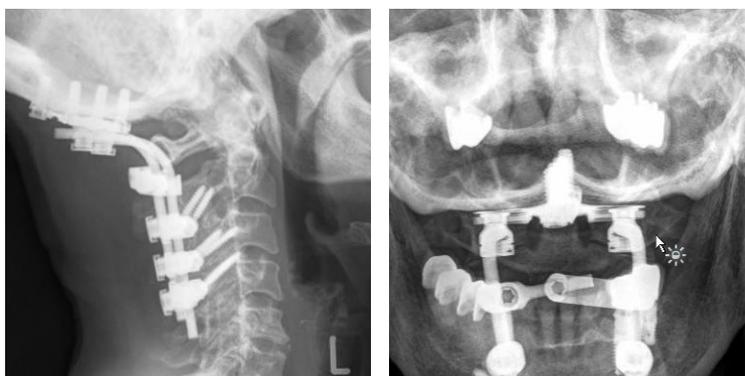


Abbildung 20: Röntgen-Aufnahmen in lateral und a.p. einer dorsalen Instrumentation von suboccipital auf HW 2, 3 und 4. **Aus:** eigener Patient

Auch diese OP-Methode bietet eine hohe Primärstabilität, jedoch mit nahezu kompletter Einschränkung der Kopfbeweglichkeit. Zum Setzen der Suboccipitalschrauben ist der Schädel mittels Bohrer zu perforieren. Es ist darauf zu achten, dass ein eventuelles Subduralhämatom oder eine Liquorfistel intraoperativ erkannt wird und Gegenmaßnahmen ergriffen werden, ggf. mittels dekompressiver Kraniektomie der hinteren Schädelgrube.^{146,147}

2.3 Komorbidität, Begleitverletzungen und Komplikationen

Die Komorbidität wurde analysiert und standardisiert erfasst, um sie als beeinflussende Variable statistisch zu verarbeiten. Es wurde der „*Elixhauser Komorbidität Score*“ verwendet. Grundlage hierzu ist eine Untersuchung von Elixhauser, die 1998 30 Begleiterkrankungen identifizierte, welche die Zielparameter, Krankenhaussterblichkeit, Krankenhausaufenthalt und Behandlungskosten beeinflussten (Anhang 2)⁹⁹ Walraven indizierte 2009 die maßgeblichen 21 Komorbiditäten und erstellte hieraus den „*Elixhauser Komorbidität Score*“. Über den Gewichtungswert zwischen -19 und -89 lässt sich die „Erkrankungslast“ auf „Gering“ bis „Groß“ abschätzen (Anhang 3).¹⁴⁸ In mehreren vergleichenden Untersuchungen zeigte sich, dass der Elixhauser-Komorbiditäts-Score insgesamt präziser zu sein scheint als der geläufige und in *Kapitel 1.4.3 Komorbidität* erwähnte Charlson-Komorbiditäts-Score und sich für das Patientengut mit Verletzungen der oberen Halswirbelsäule eignet.^{99,102,149–152} Weitere Publikationen zeigen eine besondere Eignung des Elixhauser-Komorbiditäts-Score für orthopädische Patienten, im speziellen für ältere Patienten nach HWS-Frakturen.^{14,94,149,153}

Begleitverletzungen wurden in Anzahl und Art erfasst, die neurologischen Symptome mittels AIS (ASIA Impairment Scale, s. Kapitel 1.4.1).

Allgemeine Komplikationen wie Pneumonie, respiratorische Insuffizienz und Delir wurden ebenso erfasst wie postoperative Komplikationen wie Wundheilungsstörungen, Material-Dislokation oder -fehlage, ebenso wie die Hospitalisierungsdauer.

2.4 Mortalität und Fusion

Die Mortalität innerhalb 30 Tagen und 12 Monaten nach Behandlungsbeginn wie auch darüber hinaus wurde erfasst.

Die knöchernen Ausheilung wurde mindestens drei Monate nach Behandlungsbeginn mittels Dünnschicht-CT und multiplanarer Rekonstruktion evaluiert.

2.5 Lebensqualität

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität (HrQoL) hat sich als Evaluationsparameter in der Bewertung von Behandlungsmaßnahmen etabliert.^{30–33}

Die HrQoL unserer Patienten wurde mit standardisierten und psychometrisch validierten Fragebögen (PROM: Patient reported Outcome Measurement Tool) zur Selbsteinschätzung verschiedener Dimensionen des Gesundheitszustandes evaluiert.

Es wird zwischen krankheits-unspezifischen, resp. generischen Fragebögen, und krankheits-spezifischen, resp. „*targeted instruments*“, unterschieden. Die Fragen werden als Dimensionen oder „*items*“ bezeichnet, bei Frage-Gruppen werden diese als Sub-Dimensionen bezeichnet. Die Antwortmöglichkeiten sind entweder dichotom (ja / nein) oder als Likert-Skala, mit vorgegebenen mehrstufige Antwortmöglichkeiten, aufgebaut. Die Antworten werden numerisch verschlüsselt, skaliert und das Ergebnis wird in einem Instrumenten-spezifischen Rechenalgorithmus bestimmt.

In unserer Studie wurden mindestens 3 Monate nach Behandlung vier Messinstrumente im direkten Patienten-Arzt-Interview verwendet, da insbesondere bei älteren Patienten die Befragung in dieser Form vorzuziehen ist.¹⁵⁴ Um die Reliabilität der Daten zu sichern, war die Einwilligungsfähigkeit der Patienten und somit die Fähigkeit zur Beantwortung der Interview-Fragen Voraussetzung zur Teilnahme an dieser Studie und konnte nicht durch einen amtsgerichtlich bestellten Betreuer oder Bevollmächtigten oder andere Personen ersetzt werden

Es wurden drei generische Messinstrumente (1., 3., 4.) und ein *targeted instrument* (2.) verwendet:

1. Barthel-Index (Aktivität des täglichen Lebens: ADL)
2. NDI (Neck Disability Score)
3. EuroQoL EQ-5D-3L (5 dimensions – three levels)
4. SF-36 Health score (short form-36 item Health Score)

2.5.1 Barthel-Index (BI)

Der Barthel-Index (BI) wurde in den 1950'er Jahren entwickelt, 1965 von Mahoney und Barthel publiziert und diente initial zur Einschätzung der Selbstständigkeit in alltäglichen Verrichtungen bei Patienten mit neuromuskulären und muskuloskelettalen Erkrankungen¹⁵⁵.

In dem generischen Messinstrument werden die Fähigkeiten zur Ausführung alltäglicher Aktivitäten in 10 Dimensionen mit jeweiliger Likert-Skala mit zwei bis vier Antwortmöglichkeiten und zugeordneten Punktzahl von 0-5-10-15 erfragt. Aus der Summe der Punkte ergibt sich der Barthel-Index. Ein Barthel-Index von 0 bedeutet komplette Abhängigkeit, 100 bedeutet komplette Selbstständigkeit.

Der regelhafte Einsatz zur Einschätzung der Rehabilitationsfähigkeit ist bei nahezu jedem Patienten zur Überleitung aus dem Akutkrankenhaus in eine weitevorsorgende Einrichtung gebräuchlich und somit dem ärztlichen und Pflege-Dienst bekannt. Als Richtlinie zur Einschätzung gilt im Allgemeinen bei einem BI unter 35 die Einstufung zur Früh-Rehabilitation, ein BI von 35 bis 70 eine Reha-Fähigkeit, bei 70 bis 100 Punkten die Fähigkeit zur Anschlussheilbehandlung (AHB).

Das Instrument ist seit 2018 obligat zur Krankenhaus-Erlös-Berechnung des Pflegeaufwandes.^{156,157} Es hat sich als probates Messinstrument zur Beurteilung der Hilfsbedürftigkeit älterer Patienten und darüber hinaus für Patienten mit spinalen Verletzungen bewährt.¹⁵⁸⁻¹⁶³ Die Einfachheit und Kompaktheit sowie die Bekanntheit des Messinstrumentes lässt eine schnelle grobe Einschätzung zur „...*Integration des Patienten in die häusliche Umgebung...*“ zu.¹⁵⁸, gibt aber keine Aussage über die Fähigkeit, alleine leben zu können.¹⁵⁵

Der Fragebogen umfasst folgende 10 Tätigkeiten:

- Essen
- Stuhlkontrolle
- Bett- / Roll- Stuhltransfer
- Baden
- Urinkontrolle
- Bewegung
- Waschen
- Toilettenbenutzung
- Treppensteigen
- An- und Auskleiden

Die Antwortmöglichkeiten sind im Wesentlichen:

- Unabhängig
- Mit wenig Hilfe
- Mit viel Hilfe
- Mit kompletter Hilfe

Der detaillierte Fragebogen ist als Anhang 4 zu finden.

2.5.2 Neck Disability Index (NDI)

Der Neck Disability Index (NDI) ist ein *targeted instrument* und bemisst die durch Nackenschmerzen bedingten Einschränkungen im alltäglichen Leben.

Es handelt sich um einen Patienten-Fragebogen zur Selbsteinschätzung mit 10 Dimensionen und 6-stufigen Likert-Skalen. Keine und geringe Einschränkungen werden mit 0, maximale Einschränkungen werden mit 5 Punkten bewertet. Die erreichten Punkte werden addiert und durch die maximale Punktzahl dividiert. Dies ergibt den NDI-Score, der sich auch in Prozentpunkten angeben lässt (x 100 [%]).

Es werden die folgenden 10 Dimensionen erfragt:

- Schmerzintensität
- Lesen
- Arbeit
- Persönliche Körperpflege
- Kopfschmerzen
- Autofahren
- Heben
- Konzentration
- Schlafen
- Freizeit

Das NDI-Ergebnis wird folgendermaßen interpretiert.^{164,165:}

0 – 4 Punkte	(0 – 8%)	Keine	Einschränkungen
5 – 14 Punkte	(10 – 28%)	milde	Einschränkungen
15 – 24 Punkte	(30 – 48%)	moderate	Einschränkungen
25 – 34 Punkte	(50 – 68%)	schwere	Einschränkungen
35 – 50 Punkte	(70 - 100%)	komplette	Einschränkungen

Der detaillierte Fragebogen ist als Anhang 5 zu finden.

Entwickelt wurde der NDI 1991 nach Ableitung vom Fragebogen für Beeinträchtigungen durch lumbale Schmerzen, dem Oswestry Score (OS).¹⁶⁴ Der NDI ist mehrfach psychometrisch getestet und wurde auch für die deutsche Sprache validiert.^{165–171} Er eignet sich im besonderen Maße für diese Untersuchung, da es sich um den am meisten benutzten Fragebogen für Nackenschmerzen handelt.^{172,173}

2.5.3 European Quality of Life 5 Dimensions 3 Level (EQ-5D-3L)

Zur Standardisierung der Datenerhebung und -auswertung gesundheitsbezogener Lebensqualität wurde der EQ-5D-3L 1990 von der *EuroQoL* publiziert.¹⁷⁴ Das Messinstrument hat sich rasch zu einem der weltweit meistgenutzten Werkzeuge zur Messung und Bewertung der allgemeinen -und nicht krankheits-spezifischen- Lebensqualität mittels PROM entwickelt.^{175–179} Es ist mittlerweile in über 180 Sprachen erhältlich.^{180,181} Eine deutsche Version wurde mehrfach und wiederholt validiert.^{182–185}

Der generische Fragebogen besteht aus zwei Teilen. Der erste Teil besteht aus dem deskriptiven EQ-5D Teil mit 5 Dimensionen und 3-stufigen Likert-Skalen. Der zweite Teil besteht aus einer visuellen Analogskala (VAS) zur Beurteilung des Gesundheitszustandes.

Die 5 Dimensionen des deskriptiven Teils bestehen aus folgenden Qualitäten:

- Mobilität
- Selbstversorgung
- Allgemeine Tätigkeiten
- Schmerz / körperliche Beschwerden
- Angst / Niedergeschlagenheit

Die Antwortmöglichkeiten sind:

- Level 1: Keine Probleme
- Level 2: Einige Probleme
- Level 3: Extreme Probleme

Die VAS ist vertikal ausgerichtet und reicht vom 0 (schlechtester denkbare Gesundheitszustand) bis 100 Punkte (bester denkbare Gesundheitszustand).

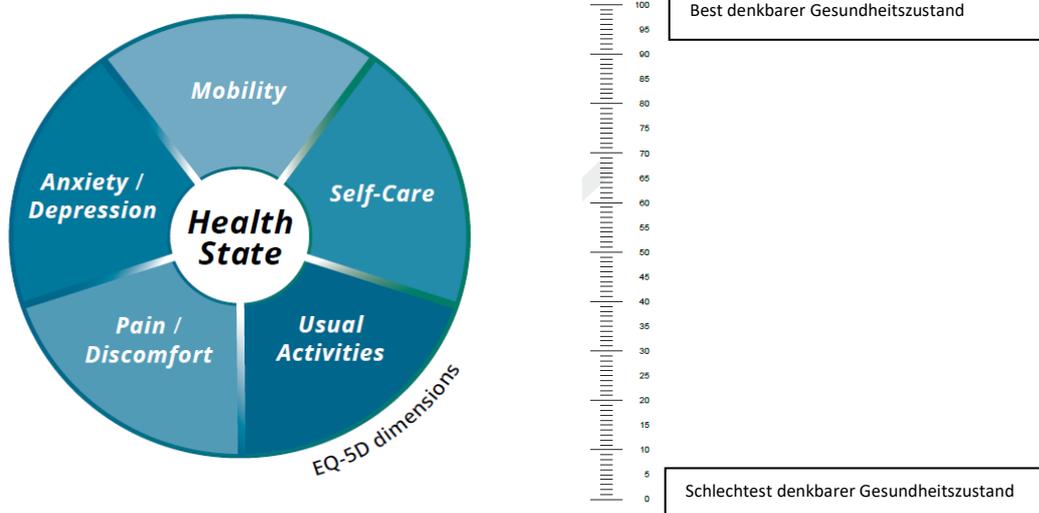


Abbildung 21 links: deskriptiver EQ-5D Teil mit 5 Dimensionen der Selbsteinschätzung der eigenen Gesundheit: Mobilität, Selbstversorgung, Allgemeine Tätigkeiten, Schmerzen / körperliche Beschwerden, Angst / Niedergeschlagenheit. **Rechts:** EQ visuellen Analogskala (VAS), Punktezahl 0 – 100: schlechtest bis bester denkbare Gesundheitszustand. **Aus:** EuroQol Research Foundation. EQ-5D-3L User Guide. https://euroqol.org/wpcontent/uploads/2018/12/EQ-5D-3L-User-Guide_version-6.0.pdf.

Der detaillierte Fragebogen ist als Anhang 6 zu finden.

Das Ergebnis des EQ-5D-3L wird als *EQ-5D-health State* definiert und liegt zwischen 0 und 1 (sehr schlechter bis bestmöglicher Gesundheitszustand). Dieser errechnet sich über einen lizenzierten Software-Algorithmus aus der Kombination der drei o.g. Antwort-Levels sowie einer länderspezifischen Gewichtung und Kodierung. Letzteres hat das Motiv der unterschiedlichen kulturellen Bewertung der 5 Dimensionen für die Le-

bensqualität und wurde für Deutschland aus einer repräsentativen Bevölkerungskohorte mittels VAS und Time-Trade-Off (TTO: Wie viele Lebensjahre ist eine Person bereit zu opfern, um den Gesundheitszustand zu verbessern) ermittelt (Anhang 7).^{180,184} Im Ergebnis des EQ-5D-3L können sich aus o.g. Daten 243 verschiedene Gesundheitszustände ergeben.

2.5.4 Short-Form-36 Health survey (SF-36)

Der Short-Form-36 Health Survey (SF-36) gehört zu den generischen Fragebögen zur Selbsteinschätzung der (krankheits-unspezifischen) Gesundheit.

Der Fragebogen geht aus dem 1988 publiziertem „*MOS 20-item Short-form Health Survey*“ der U.S.-amerikanischen Forschungsgruppe „*Medical Outcome Study*“ (MOS) hervor.^{186,187} 1992 bis 1994 folgten Konzepterstellung des SF-36, die Validierung und die Testungen der Datenqualität und Reliabilität in verschiedenen Patientengruppen.^{187–189}

1995 wurde das Instrument für Deutschland nutzbar gemacht. Nach Standards der „*International Quality of Life Assessment*“ (IQOLA) wurde der SF-36 auf seine Übersetzung und auf seine Reliabilität, Validität, Empfindlichkeit und Trennschärfe positiv überprüft.^{190–193} Neben dieser psychometrischen Überprüfung erfolgte die Normierung des Instrumentes unter Berücksichtigung von Alters- und Regionalgewichtungen unter Nutzung repräsentativer Bevölkerungstichproben in Deutschland. Es wurden „...bevölkerungsrepräsentative Umfragen zur differenzierten Analyse der Skalenwerte in bestimmten bevölkerungsrepräsentativen Subpopulationen...“ entsprechend Alter und Geschlecht [Ergänzung des Autors] durchgeführt.¹⁹⁴ Hierfür wurden Daten von insgesamt 11700 Patienten genutzt, zunächst 1994 und 1998 aus Normstichproben, u.a. dem Bundesgesundheitsurvey des Robert-Koch-Institutes, in der Folge von weiteren 10 Stichproben von gesunden und erkrankten Patienten.^{191,195–199}

Entsprechend folgten auch international weitere validierende psychometrische Publikationen, insbesondere für weitere Bevölkerungsgruppen sowie für über 100 spezifische Erkrankungen.^{193,194,200–204} IQOLA-standardisierte Übersetzungen liegen mittlerweile für 40 Länder vor, Normdaten für 9 Länder (Deutschland, Dänemark, Frankreich, Italien, Japan, Spanien, Schweden, Großbritannien und die USA).^{194,205} Der SF-36 gehört mit dem

EQ-5D zu den am häufigsten eingesetzten generischen Fragebögen. Zur Nutzung und Auswertung ist eine kostenpflichtige Lizenzierung erforderlich.

Im SF-36 werden in 35 Fragen 8 Sub-Dimensionen erfasst, welche als Summenskalen in die Grunddimensionen *körperliche Gesundheit* und *psychische Gesundheit* eingehen. Zusätzlich wird als Einzel-Dimension die Veränderung der Gesundheit im Vergleich zu vor einem Jahr erfragt.

Die Antwortmöglichkeiten zu den 36 Fragen sind entweder dichotom oder als mehrstufige Likert-Skala aufgebaut. Nach Rekodierung werden diese auf 0 bis 100 (größtmögliche bis keine Einschränkung der Gesundheit) skaliert.

Auf der Grundlage der Normwerte der deutschen Bevölkerung (s.o.) erfolgt die rechnerische Auswertung von 8 Subdimensionen, hieraus werden die folgenden zwei Grunddimensionen gebildet:

- körperliche Gesundheit
- psychische Gesundheit

Die 8 Subdimensionen bestehen aus:

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------|
| - körperliche Funktionsfähigkeit | - Vitalität |
| - körperliche Rollenfunktion | - Soziale Funktionsfähigkeit |
| - körperliche Schmerzen | - Emotionale Rollenfunktion |
| - Allgemeine Gesundheitswahrnehmung | - Psychisches Wohlbefinden. |

Die 36 Fragen des SF-36 werden den o.g. 8 Subdimensionen und 2 Grunddimensionen entsprechend Anhang 8 zugeordnet, der Fragebogen findet sich als Anhang 9.

Subskala	Konzept	Item-anzahl	Inhalt
KÖFU	Körperliche Funktionsfähigkeit	10	Ausmaß, in dem der Gesundheitszustand körperliche Aktivitäten wie Selbstversorgung, gehen, Treppen steigen, bücken, heben und mittelschwere oder anstrengende Tätigkeiten beeinträchtigt
KÖRO	Körperliche Rollenfunktion	4	Ausmaß, in dem der körperliche Gesundheitszustand die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigt, z. B. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten bestimmte Aktivitäten auszuführen
SCHM	Körperliche Schmerzen	2	Ausmaß an Schmerzen und Einfluss der Schmerzen auf die normale Arbeit, sowohl im als auch außerhalb des Hauses
AGES	Allgemeine Gesundheitswahrnehmung	5	persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschließlich des aktuellen Gesundheitszustandes, zukünftiger Erwartungen und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
VITA	Vitalität	4	sich energiegeladener und voller Schwung versus müde und erschöpft fühlen
SOFU	Soziale Funktionsfähigkeit	2	Ausmaß, in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
EMRO	Emotionale Rollenfunktion	3	Ausmaß, in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen; u. a. weniger Zeit aufbringen, weniger schaffen und nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten
PSYC	Psychisches Wohlbefinden	5	allgemeine psychische Gesundheit, einschließlich Depression, Angst, emotionale und verhaltensbezogene Kontrolle, allgemeine positive Gemütsstimmung
–	Veränderung der Gesundheit	1	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

Abbildung 22: 8 Subdimensionen des SF-36 health score. Abkürzung (Subskala), Bedeutung (Konzept), Fragen-Anzahl (Itemanzahl) und Beschreibung (Inhalt). **Aus:** Morfeld M, Kirchberger I, Bullinger M. SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand: Deutsche Version des Short Form-36 Health Survey. [2., ergänzte und überarbeitete Auflage]. 2nd ed. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG; 2011.

2.6 Statistische Methoden

Die Patienten-Daten wurden über Microsoft® Excel 2013 gesammelt und in Nominal-, Ordinal- und metrische Skalierungen kategorisiert. Die HrQoL-Skalen des Barthel-Index und NDI wurden händisch berechnet, die Ergebnisse des EQ-5D-3L und SF-36 wurden mit der jeweiligen, lizenzierten Software ermittelt und den entsprechenden Patienten in Excel zugeordnet. Hiernach erfolgte die Pseudonymisierung.

Die statistische Auswertung erfolgte über IBM SPSS® Statistics, v26. Häufigkeiten wurden absolut und prozentual beschrieben, Lagemaße über Mittelwert (M) und Median (Md). Streuungen wurden mit Standardabweichungen (SD), dem Gesamtbereich und dem Minimum (min) und Maximum (max) beschrieben. Perzentilwerte wurden mit dem 1. Quartil ($Q1$): 25% und 3. Quartil ($Q3$): 75% gekennzeichnet.

Die Analysen der kategorialen Variablen als zwei unabhängige, nicht-verbundene Stichproben erfolgten über Kreuztabellen mit dem exakten Text nach Fisher, entsprechend der bisweilen auftretenden Stichprobengröße von unter 5 Patienten.

Metrische Variablen wurden bei Nicht-Normalverteilung mit Nicht-parametrischen Tests untersucht. Für zwei unabhängige Stichproben wurde der Mann-Whitney-Test verwendet, für mehr als zwei unabhängige Stichproben der Kruskal-Wallis-Test.

Für Bestimmung einer nicht-parametrischen bivarianten Korrelation wurde die Spearman-Rangkorrelation verwendet. Der hieraus berechnete Korrelationskoeffizient (r) gab die Stärke eines Zusammenhanges wieder: 0,000 - 0,199: keine Korrelation, 0,200 - 0,499: schwach, 0,500 - 0,699: mittel, 0,700 - 0,899: stark, 0,900 - 1,000: sehr stark.

Zur Bestimmung eines Zusammenhanges zwischen Variablen wurde die exakte, 2-seitige Signifikanz (p) berechnet. Eine Signifikanz trat auf bei $p < 0,05$. Einen Wert zwischen 0,05 und 0,1 wurde als schwache Signifikanz beschrieben, $p > 0,1$ bis 0,19 als Tendenz.

Die graphische Darstellung erfolgte für die kategorialen Variablen mit gruppierten Balkendiagrammen und Bezifferung der Absolutwerte, für die metrischen Variablen mit Boxplots mit Zahlenwerten der Medianen und graphischen Darstellungen von $Q1$ und $Q3$. Zusätzlich wurden Histogramme mit Normalverteilungskurve verwendet. Die bivarianten Korrelationen wurden mit Matrix-Streudiagrammen veranschaulicht.

3 Ergebnisse

In dieser monozentrischen, retrospektiven klinischen Studie wurden 47 Patienten, 65 Jahre und älter, evaluiert, welche in einem 5-Jahreszeitraum von Januar 2014 bis Dezember 2018 an einer HW2-Fraktur behandelt wurden.

Verglichen wurden die Ergebnisse der konservativen, nicht-operativen gegenüber der operativen Behandlung. Die Zielgrößen waren: Lebensqualität, Mortalität und Fusion. Darüber hinaus wurde der Einfluss demographischer und Behandlungsdaten untersucht und gegenübergestellt. Die untersuchbare Kohorte der HrQoL-Patienten betrug 27 Patienten, die Gesamtkohorte 47 Patienten.

3.1 Lebensqualität-Kohorte

Für die Erhebung der HrQoL sowie dem VAS standen 27 Patienten (Pat.) zur Verfügung. Von der Gesamtkohorte der 47 Pat. waren 14 bereits verstorben. Des Weiteren wurden 4 Pat. mit Wechsel des Behandlungsarmes (cross-over) und zwei -bereits vor HW2-Verletzung- nicht einwilligungsfähige und betreute Patienten nicht evaluiert.

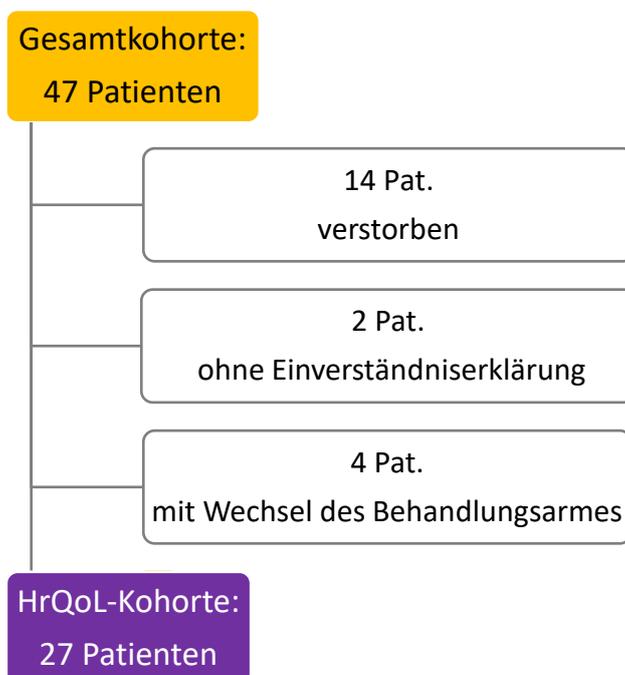


Abbildung 23: Ausschluss-Patienten aus der Gesamtkohorte von 47 Patienten: 14 verstorbene Patienten, 2 Pat. ohne Einverständniserklärung und 4 Pat. mit Wechsel des Behandlungsarmes. Es verbleiben 27 Patienten in der HrQoL-Kohorte zur Beurteilung der Lebensqualität.

Das Geschlechterverhältnis der 27 Patienten war nahezu ausgeglichen (13 Männer: 48,1%, 14 Frauen: 51,9%). Ebenso ähnlich waren die Patientenzahlen der unter 80-jährigen mit 14 Pat gegenüber 13 Pat. mit 80 Jahren und älter.

Der Elixhauser-Komorbiditäts-Score dieser Subgruppe reichte von 0 – 40 Punkten (*min*: -19, *max*: +89, niedrigerer Wert: weniger Vorerkrankungen). Im Mittel lag er bei 13 Punkten (*SD* 9,9). Zur statistischen Auswertung und Beurteilung der Komorbiditäts-Last wurden 4 Gruppen mit folgender Patientenverteilung gebildet:

3 Pat.	<i>Sehr geringe</i> Komorbiditäts-Last (< 3,1 Punkte)	Gruppe I
14 Pat.	<i>Geringe</i> Komorbiditäts-Last (3,1 bis 12,9 Punkte)	Gruppe II
6 Pat.	<i>Mäßige</i> Komorbiditäts-Last (13 bis 22,9 Punkte)	Gruppe III
4 Pat.	<i>Hohe</i> Komorbiditäts-Last (> 22,9 Punkte)	Gruppe IV

11 der 27 Pat. (40,7%) erlitten Begleitverletzungen, 3 Pat. (11,1%) erlitten traumatisch bedingte neurologische Schäden und bei 10 Pat. (37%) stellten sich Komplikationen während der Behandlungen ein.

12 Pat. (44,4%) zeigten eine knöchernerne Ausheilung, 7 Pat. (25,9%) bildeten eine Pseudarthrose aus, 8 Pat. (29,6%) waren wegen fehlender Bilddiagnostik nicht beurteilbar.

Hinsichtlich der Lebensqualität aller HrQoL -Patienten ergaben sich folgende Ergebnisse: Barthel-Index: *M* 88,7 *SD* 9,26, NDI: *M* 14,96 *SD* 7,22, EQ-5D-3L: *M* 0,643 *SD* 0,212 und VAS: *M* 54,44 *SD* 18,47. Die SF-36 körperliche Summenskala betrug *M* 34,52 *SD* 5,43. Die SF-36 psychische Summenskala : *M* 41,95 *SD* 11,26.

Die 8 SF-36 Subdimensionen waren: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit: *M* 38,15 *SD* 22,02, SF-36 körperliche Rollenfunktion: *M* 25,93 *SD* 24,85, SF-36 körperliche Schmerzen: *M* 58,70 *SD* 24,85, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung: *M* 52,22 *SD* 16,06, SF-36 Vitalität: 33,70 *SD* 18,32, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit: *M* 66,2 *SD* 26,36, SF-36 emotionale Rollenfunktion: *M* 58,03 *SD* 40,92, SF-36 psychisches Wohlbefinden: *M* 64,29 *SD* 19,31.

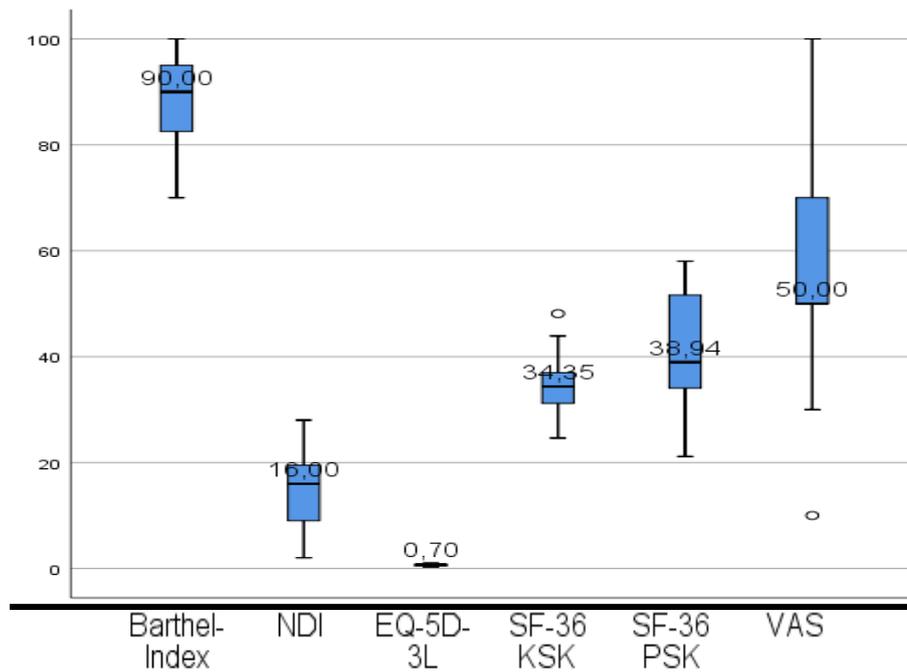


Abbildung 24, von links nach rechts: HrQoL-Ergebnisse Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L und SF-36 körperliche Summenskala (SF-36 KSK), SF-36 psychische Summenskala (SF-36 PSK) und VAS. Boxplots mit Mediane (*Md*) und Quartile (*Q1*: 25%, *Q3*: 75%)

3.1.1 Vergleich der konservativen gegenüber der operativen Behandlung

7 nicht-operativ behandelte wurden mit den 20 operativ behandelten Patienten verglichen.

Es zeigte sich in der operativen Gruppe ein günstigerer NDI (*M* 14,15 vs 17,29) und ein höherer EQ-5D-3L-Wert (*M* 0,674 vs 0,553). Vergleichbar waren Barthel-Index (*M* 89,25 vs 87,14), die physische (*M* 34,18 vs 35,50) und psychische SF-36 Summenskala (*M* 41,69 vs 42,70) wie auch der VAS (*M* 52,6 vs 55,7).

Die detaillierte Analyse der 8 Subdimensionen des SF-36 zeigte ein wechselhaftes Bild: Überlegen war die konservative Gruppe in den 4 Subdimensionen *Körperliche Rollenfunktion* (*M* 35,71 vs 22,5), *allgemeine Gesundheitswahrnehmung* (*M* 57,29 vs 50,45), *Vitalität* (*M* 41,43 vs 31) und *Soziale Funktionsfähigkeit* (*M* 75 vs 63,13). In den anderen 4 Subdimensionen war die operative Gruppe überlegen: *Körperliche Funktionsfähigkeit* (*M* 38,5 vs 37,14), *Körperliche Schmerzen* (*M* 61,45 vs 50,86), *emotionale Rollenfunktion* (*M* 60 vs 52,38) und *psychisches Wohlbefinden* (*M* 65,8 vs 60). Auch in den Subdimensionen ergaben sich keine statistische Signifikanzen in den unterschiedlichen Werten.

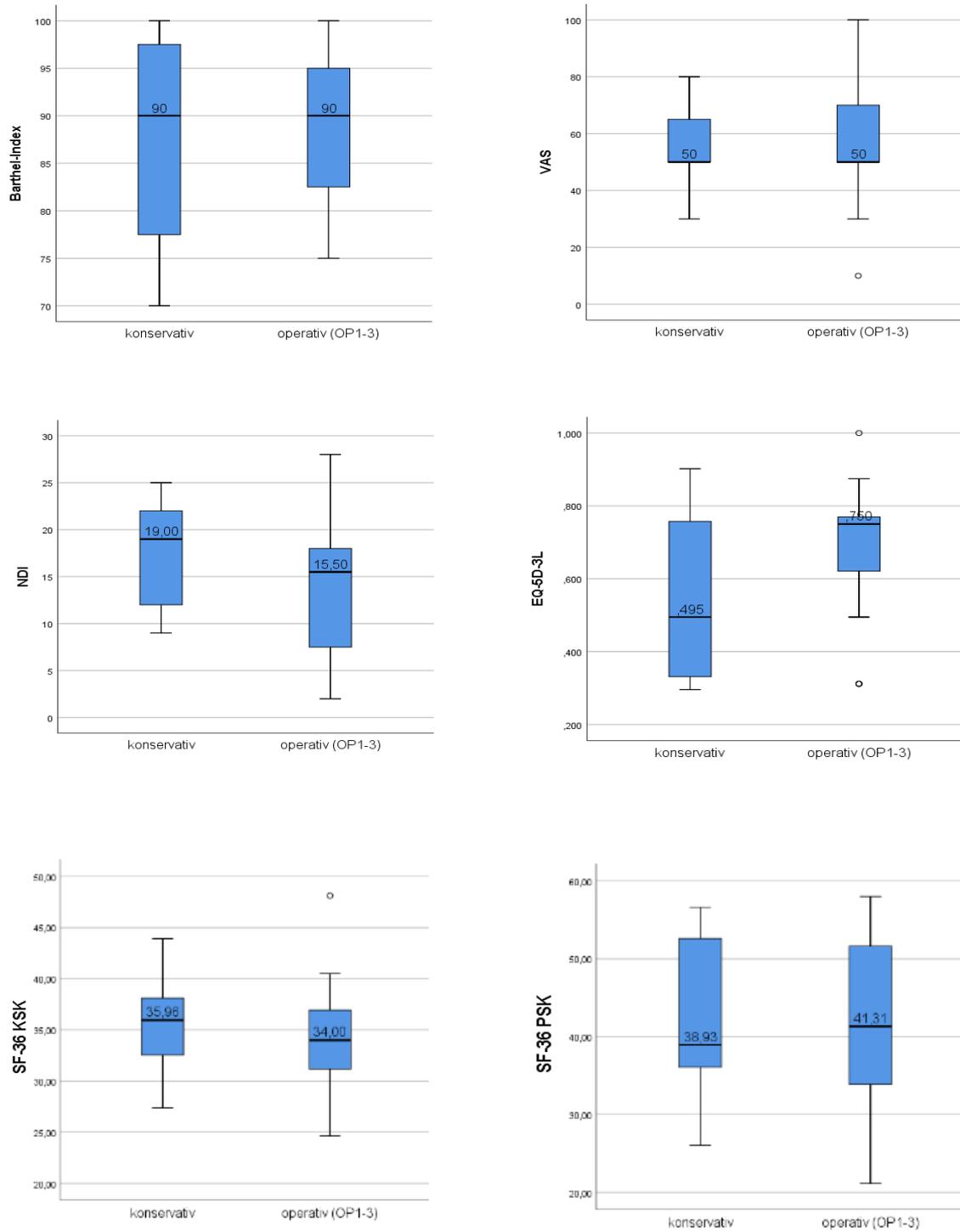


Abbildung 25: HrQoL-Skalen, konservativ vs operativ. Boxplots mit *Md*, *Q1* und *Q3*. **Linke Spalte, von oben nach unten:** Barthel-Index, NDI, SF-36 körperliche Summenskala (NDI: niedriger Wert = besser). **Rechte Spalte, von oben nach unten:** VAS, EQ-5D-3L, SF-36 psychische Summenskala.

Vergleich in der Lebensqualität - Subgruppe: unter 80 Jahre

In der Subgruppe der unter 80-jährigen Patienten (n=14) wurden drei Patienten konservativ und 11 Patienten operativ behandelt. Der Trend zu den besseren Lebensqualität nach Operation zeigte sich in den Skalen NDI (M 14,09 vs 20), EQ-5D-3L (M 0,655 vs 0,604) und Barthel-Index (M 90,91 vs 88,33), jedoch nicht in den beiden SF-36 Summenskalen und deren Subdimensionen.

Vergleich in der Lebensqualität - Subgruppe: 80 Jahre und älter

13 Patienten waren 80 Jahre und älter, von diesen wurden 4 konservativ und 9 operativ behandelt. Die Absolutwerte der Ergebnisse nach Operation waren auch in dieser Patientengruppe besser, jedoch nicht mehr so deutlich wie in der jüngeren Gruppe. Im EQ-5D-3L profitierten die älteren Patienten deutlicher von einer Operation (M 0,697 vs 0,515) als die jüngere Patienten-Gruppe, nahezu ausgeglichen waren Barthel-Index (M 87,22 vs 86,25), NDI (M 14,22 vs 15,25) und die SF-36 psychische Summenskala (M 42,37 vs 42,91). Die SF-36 physische Summenskala (M 33,01 vs 36,17) war nach Operation schlechter.

<u>Unter 80 LJ</u>	Barthel	NDI	EQ-5D-3L	SF-36 ksk	SF-36 psk	VAS
Konservativ [M]	88,33	20	0,604	34,62	42,42	53,33
SD	9,5	7,28	0,222	5,3	9,55	17,06
Operativ [M]	90,91	14,09	0,655	35,13	41,14	55,45
SD	8,66	4,62	0,09	7,02	9,36	28,87
Sign.Niveau	1	0,368	0,582	0,885	0,885	0,956
<u>über 80 LJ</u>						
Konservativ [M]	86,25	15,25	0,515	36,17	42,91	57,5
SD	9,5	7,28	0,222	7,1	13,5	17,06
Operativ [M]	87,22	14,22	0,697	33,01	42,37	52,22
SD	8,66	4,62	0,09	4,17	12,73	28,87
Sign.Niveau	1	0,69	0,389	0,41	1	0,73

Tabelle 2: HrQoL-Ergebnisse der Patienten ± 80 LJ unter konservativer und operativer Behandlung: Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, SF-36 körperliche Summenskala, SF-36 psychische Summenskala, VAS. Grün: überlegen, rot: unterlegen, gelb: ausgeglichen. Mittelwerte [M] mit Standardabweichungen (SD) und Signifikanzniveau.

3.1.2 Einflussfaktoren auf die Lebensqualität

Bezogen auf die gesamte HrQoL-Gruppe von 27 Patienten wurde -unabhängig, ob operativ oder nicht-operativ behandelt- untersucht, ob demographische oder andere Einflussfaktoren auf die Lebensqualität vorlagen.

Geschlecht

Männer erreichten einen besseren Barthel-Index ($M\ 91,15\ SD\ 8,45$ vs $M\ 86,43\ SD\ 9,69$), EQ-5D-3L ($M\ 0,671\ SD\ 0,229$ vs $M\ 0,617\ SD\ 0,2$) und eine bessere SF-36 körperliche Summenskala ($M\ 35,93\ SD\ 6,4$ vs $M\ 33,21\ SD\ 4,17$) als Frauen. Nahezu gleichauf verhielten sich der NDI ($M\ 14,15\ SD\ 8,11$ vs $M\ 15,71\ SD\ 6,51$), die SF-36 psychische Summenskala ($M\ 42,42\ SD\ 11,99$ vs $M\ 41,52\ SD\ 10,98$) und der VAS ($M\ 54,62\ SD\ 12,66$ vs $M\ 54,29\ SD\ 23,11$).

Auch in den SF-36 Subdimensionen erreichten die Männer mehrheitlich bessere Ergebnisse als die Frauen.

Altersgruppen: ± 80 Jahre

In den HrQoL-Hauptinstrumenten waren die Ergebnisse nahezu ausgeglichen zwischen den unter und über 80-jährigen Patienten: NDI ($M\ 15,36\ SD\ 8,14$ vs $M\ 14,54\ SD\ 6,4$), EQ-5D-3L ($M\ 0,644\ SD\ 0,215$ vs $M\ 0,64\ SD\ 0,218$), SF-36 körperliche Summenskala ($M\ 35,02\ SD\ 5,83$ vs $M\ 33,99\ SD\ 5,15$) und SF-36 psychische Summenskala ($M\ 41,41\ SD\ 10,55$ vs $M\ 42,54\ SD\ 12,4$). Lediglich im Barthel-Index profitierten die jüngeren Patienten ($M\ 90,36\ SD\ 9,3$ vs $M\ 86,92\ SD\ 9,3$).

Die Verteilung in den SF-36 Subdimensionen war wechselhaft. Besser schnitten die jüngeren Patienten in den körperlichen Subdimensionen ab, die älteren besser in den psychischen Subdimensionen.

Komorbidität

Es ergab sich zwar keine signifikanter Zusammenhang zwischen HrQoL und der Schwere der Vorerkrankungs-Last, jedoch gaben die 6 Pat. der Gruppe III (mäßige Vorerkrankungs-Last) eher eine höhere Lebensqualität an als die Patienten der anderen Gruppen. So waren sie im Mittel nahezu in allen Skalen überlegen: Barthel-Index ($M\ 92,5\ SD\ 7,58$), EQ-5D-3L ($M\ 0,749\ SD\ 0,138$), SF-36 körperliche Summenskala ($M\ 36,39\ SD\ 2,9$), im VAS ($M\ 50\ SD\ 26,08$) wie auch in 4 von 8 SF-36 Subdimensionen.

Im NDI ($M\ 13,5\ SD\ 7,29$) war das Ergebnis der 6 Gruppe III-Pat. ähnlich gut wie das der 14 Pat. der Gruppe II mit geringer Vorerkrankungs-Last (NDI: $M\ 13,29\ SD\ 6,38$). In dieser Gruppe II war die SF-36 psychische Summenskala ($M\ 43,61\ SD\ 11,36$) besser als in den anderen Gruppen.

In vielen Skalen schnitten die 4 Pat. mit der höchsten Komorbiditäts-Last der Gruppe IV schlecht ab: Barthel-Index ($M\ 83,75\ SD\ 12,5$), NDI ($M\ 19\ SD\ 8,37$), SF-36 physische Summenskala ($M\ 32,21\ SD\ 4,18$) und SF-36 psychische Summenskala ($M\ 37,59\ SD\ 15,03$). Auch die Mehrzahl der SF-36 Subdimensionen war in dieser Gruppe schlechter.

Auch schlechte Ergebnisse lieferte die Gruppe I, die 3 Patienten mit sehr geringer Komorbiditäts-Last: NDI ($M\ 20,33\ SD\ 8,6$), EQ-5D-3L ($M\ 0,425\ SD\ 0,164$), SF-36 physische Summenskala ($M\ 31,88\ SD\ 6,43$) und VAS ($M\ 63,33\ SD\ 15,28$).

Eine tabellarische Übersicht findet sich am Ende dieses Unterkapitels.

Begleitverletzungen

Patienten ohne Begleitverletzungen hatten einen diskret besseren Barthel-Index ($M\ 89,38\ SD\ 8,54$ vs $87,73\ SD\ 10,57$), NDI ($M\ 14\ SD\ 6,71$ vs $16,36\ SD\ 8,03$), EQ-5D-3L ($M\ 0,657\ SD\ 0,195$ vs $0,621\ SD\ 0,242$) und SF-36 körperliche Summenskala ($M\ 35,46\ SD\ 5,47$ vs $M\ 33,16\ SD\ 5,33$). Lediglich in der SF-36 psychische Summenskala ($M\ 39,88\ SD\ 10,92$ vs $M\ 44,97\ SD\ 11,58$) und im VAS ($M\ 56,88\ SD\ 19,57$ vs $M\ 50,91\ SD\ 17$) waren sie schlechter als die Patienten mit Begleitverletzungen. Die SF-36 Subdimensionen waren entsprechend der SF-36 Hauptdimensionen wechselhaft.

Neurologie

Patienten ohne initiale neurologische Symptomatik erreichten niedrigere HrQoL-Ergebnisse als diejenigen mit neurologischer Symptomatik. Erstere waren im Barthel-Index diskret schlechter ($M\ 88,54\ SD\ 9,496$ vs. $M\ 90\ SD\ 8,66$), aber auch der NDI ($M\ 15,63\ SD\ 7,28$ vs $M\ 9,67\ SD\ 4,6$), EQ-5D-3L ($M\ 0,633\ SD\ 0,222$ vs $M\ 0,718\ SD\ 0,090$) und die SF-36 körperliche Summenskala ($M\ 33,93\ SD\ 4,98$ vs $M\ 39,3\ SD\ 7,74$) verhielten sich schlechter als in der Vergleichsgruppe. Besser waren sie ausschließlich in der SF-36 psychischen Summenskala ($M\ 42,67\ SD\ 11,33$ vs $M\ 36,22\ SD\ 10,81$) und im VAS ($M\ 52,92\ SD\ 17,06$ vs $M\ 66,67\ SD\ 28,87$).

Komplikationen

Patienten ohne Komplikationen im stationären Verlauf erreichten in nahezu allen Bereichen bessere Ergebnisse als die mit Komplikationen. Dies schlug sich nieder im Barthel-Index ($M\ 90\ SD\ 9,69$ vs $M\ 86,5\ SD\ 8,51$), NDI ($M\ 13,71\ SD\ 5,97$ vs $M\ 17,1\ SD\ 8,9$), EQ-5D-3L ($M\ 0,67\ SD\ 0,213$ vs $M\ 0,596\ SD\ 0,212$) und SF-36 psychische Summenskala ($M\ 43,77\ SD\ 11,7$ vs $M\ 38,86\ SD\ 10,3$). Nahezu gleichauf waren die SF-36 körperliche Summenskala ($M\ 33,67\ SD\ 5,98$ vs $M\ 32,56\ SD\ 5,38$). Schlechter waren der VAS ($M\ 58,24\ SD\ 19,44$ vs $M\ 48\ SD\ 15,49$). Entsprechend einheitlich positiv zeigten sich die SF-36 Subdimensionen für Patienten ohne Komplikationen.

Eine tabellarische Übersicht findet sich am Ende dieses Unterkapitels.

Fusion

Patienten mit Pseudarthrosen hatten ähnliche Ergebnisse wie die Pat. mit knöcherner Ausheilung: NDI ($M\ 13,96\ SD\ 7,7$ vs $M\ 14,33\ SD\ 7,41$), EQ-5D-3L ($M\ 0,656\ SD\ 0,233$ vs $M\ 0,632\ SD\ 0,214$), SF-36 physische Summenskala ($M\ 33,18\ SD\ 4,26$ vs $M\ 33,82\ SD\ 7,15$). Im Barthel-Index ($M\ 91,43\ SD\ 8,5$ vs $M\ 88,75\ SD\ 10,9$), der SF-36 psychischen Summenskala ($M\ 43,89\ SD\ 13,39$ vs $M\ 39,58\ SD\ 11,15$) und VAS ($M\ 52,86\ SD\ 23,60$ vs $M\ 56,67\ SD\ 19,23$) waren sie besser. Auch in den SF-36 Subdimensionen zeigte die Pseudarthrose-Gruppe eher bessere Ergebnisse als die Fusions-Gruppe.

<i>Vorerkrankungen</i> <i>[Elixhauser Komorbiditäts-Score]</i>	Barthel	NDI	EQ-5D-3L	SF-36 ksk	SF-36 psk	VAS
Gruppe I (< 3,1) [M]	86,67	20,33	0,425	31,88	40,03	63,33
SD	7,64	8,62	0,164	6,43	8,61	15,28
Gruppe II (> 3,1) [M]	88,93	13,29	0,66	34,95	43,61	55,71
SD	9,44	6,38	0,218	6,35	11,36	12,84
Gruppe III (> 13) [M]	92,5	13,5	0,749	36,39	41,51	50
SD	7,58	7,29	0,138	2,9	11,63	26,08
Gruppe IV (> 22,9) [M]	83,75	19	0,585	32,21	37,59	50
SD	12,5	8,37	0,242	4,18	15,03	28,28
Ex. Sign.(2-s)	0,572	0,329	0,24		.	0,455
<i>Komplikationen</i>						
OHNE Komplik. [M]	90	13,71	0,67	34,81	43,77	58,24
SD	9,68	5,97	0,213	5,85	11,7	19,44
MIT Komplik. [M]	86,5	17,1	0,596	34,04	38,86	48
SD	8,51	8,91	0,212	4,91	10,3	15,49
Ex. Sign.(2-s)	0,313	0,247	0,216	0,902	0,359	0,203

Tabelle 3, oben: HrQoL-Ergebnisse abhängig von Vorerkrankungen, gemessen mittels Elixhauser-Komorbiditäts-Score und kategorisiert nach Standardabweichungen -2 bis +2. Gruppe I – IV (1. Spalte). **Unten:** Vergleich der HrQoL-Skalen abhängig von Komplikationen im stationären Verlauf, ohne Komplikationen (oben) vs mit Komplikationen (unten). HrQoL-Werte: Mittelwerte mit Standardabweichungen, grün: überlegen, rot: unterlegen.

Anhänge 11 – 17: Boxplot-Vergleiche der die Lebensqualität beeinflussenden Faktoren und Anhänge 18 – 22: tabellarische Vergleiche der die Lebensqualität beeinflussenden Faktoren: Geschlecht, Altersgruppen ± 80 Jahre, Begleitverletzungen, Neurologie und Fusion.

3.2 Gesamtkohorte

Die 47 Patienten der Gesamtkohorte bestanden aus 23 Männern (48,9%) und 24 Frauen (51,1%). Im Durchschnitt waren die Pat. $80,21 \pm 6,83$ Jahre alt. Das Alter reichte von 67 bis 94 Jahre (a), es waren etwas mehr Pat. über 80 als unter 80 Jahre (26 vs 21 : 55,3% vs 44,7%). Der Elixhauser-Komorbiditäts-Score (*min*: -19, *max*: +89) aller Patienten reichte von 0 bis 41 und betrug im Durchschnitt 16 Punkte, *SD* 10,68.

Knapp unter der Hälfte der Patienten hatten eine Typ II-Fraktur nach Anderson & d'Alonzo (23: 48,9%), gefolgt von knapp über einem Viertel Anderson & d'Alonzo, Typ III-Frakturen (13: 27,7%) und knapp unter einem Viertel atypische und Frakturen des Axis-ringens (11: 23,4%).

Bei 28 Patienten (59,6%) handelte es sich um eine isolierte HW2-Fraktur. 19 (40,4%) wiesen Begleitverletzungen auf: 6 erlitten ein zusätzliches Schädel-Hirn-Trauma, 5 erlitten Polytraumata, 4 hatten eine zusätzliche, nicht spinale Fraktur, drei erlitten eine zusätzliche Wirbelsäulenverletzung und ein Pat. hatte eine Gesichts-Weichteilverletzung. 40 Patienten (85,1%) waren neurologisch unauffällig, 7 (14,9%) boten eine neurologische Symptomatik. Nach der ASIA-Klassifikation hatten zwei einen AIS E, jedoch Ataxien, jeweils zwei boten einen AIS D und C und ein Pat. einen AIS A.

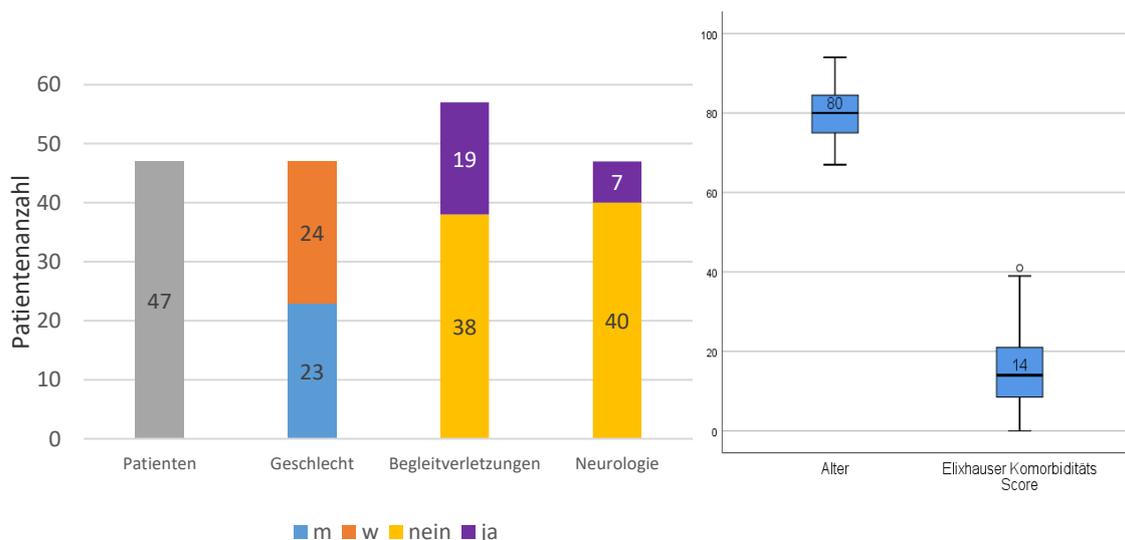


Abbildung 26, links: Patientenanzahl, gesamt, Aufteilungen in Geschlecht (m: männlich, w: weiblich), Begleitverletzungen und initialer neurologischer Symptomatik (Neurologie). **Rechts:** Alter (Jahre) und Komorbidität (Elixhauser Komorbiditäts Score) aller Patienten. Boxplots mit *Md*, *Q1* und *Q3*

27 (57,4%) der 47 behandelten Patienten erlitten Komplikationen. Am häufigsten traten Pneumonien auf (11), gefolgt von passagerem Delir (8). Myokardinfarkte traten dreimal auf, Harnwegsinfekte und Dysphagien zweimal, eine Niereninsuffizienz, Epistaxis und isolationspflichtige Keimbesiedelung (VRE) jeweils einmal. Aufgrund von sekundären Fraktur-Dislokationen erfolgten 5 Revisionen (s.u. und Kapitel 3.2.2). Die mittlere stationäre Aufenthalts-Dauer betrug 14,17 Tage (d), $SD_{13,41}$.

17 Pat. wurden konservativ, mit Zervikal-Orthese, behandelt (36,2%) und 30 operativ (63,8%). Von diesen 30 operativ behandelten Pat. wurden 11 (23,4%) mit ventraler Zugschrauben-Osteosynthese, 13 (27,7%) mit dorsaler HW1/2-Schraubenosteosynthese und Fusion nach Magerl und 6 (12,8%) frakturübergreifend von suboccipital auf die subaxiale HWS operativ instrumentiert. Die OP-Zeiten variierten von 41 bis 525 Minuten ($M_{175,5min}$, $SD_{111,92}$).

Anhang 10: Patientenliste

3.2.1 Vergleich der konservativen gegenüber der operativen Behandlung

Unter den 17 konservativ behandelten Patienten waren mehr Frauen (11: 64,7%) als Männer (6: 35,2%) und unter den 30 operativ behandelten etwas mehr Männer (17: 56,7%) als Frauen (13: 43,3%).

Das Alter unterschied sich signifikant ($p < 0,05$): Das Durchschnittsalter der konservativ behandelten Patienten lag bei 83,65 Jahre (M , $SD_{7,1}$), die operativ behandelten Patienten waren im Schnitt 78,27 Jahre (M ; SD_6).

Auch in der Aufteilung in die beiden Altersgruppen ± 80 Jahre war ein signifikanter Unterschied zu erkennen: Von den 21 jüngeren Patienten wurden 17 (81%) operativ und 4 (19%) konservativ behandelt, hingegen wurden von den 26 älteren Patienten jeweils die Hälfte operativ (13: 50%) und konservativ (13: 50%) behandelt ($p < 0,05$).

Die Komorbiditäts-Last war nahezu identisch: Konservativ behandelte hatten einen Elihauser-Komorbiditäts-Score von 16,12 (M , $SD_{11,73}$), operativ behandelte einen Wert von 15,93 (M , $SD_{10,25}$).

Auch in den Begleitverletzungen war nahezu kein Unterschied zwischen den Behandlungsarten: 7 von 17 nicht-operativen Pat. (41,2%) und 12 von 30 operativen Patienten (40%) erlitten solche.

In der initialen neurologischen Symptomatik war ein Unterschied zugunsten der operativ behandelten Patienten zu verzeichnen. 6 von 30 operativen Pat. (20%) hatten gegenüber einem von 17 nicht-operativen Pat. (5,9%) eine neurologische Symptomatik.

Die Behandlung der verschiedenen klassifizierten Frakturen folgte keinem signifikanten Muster. Unter den konservativen Patienten waren 7 mit Anderson & d'Alonzo Typ II- (41,2%), und jeweils 5 mit Anderson & d'Alonzo Typ III- (29,4%) sowie atypischen und dorsalen Axisring- (29,4%) Frakturen. Unter den operativen waren 16 Anderson & d'Alonzo Typ II- (53,3%), 8 Anderson & d'Alonzo Typ III- (26,7%) und 6 der letztgenannten Frakturen (20%).

Konservativ behandelte Patienten (11 von 17 Pat.: 64,7%) hatten etwas mehr Komplikationen als operativ behandelte (16 von 30 Pat.: 53,3%).

Der stationäre Aufenthalt war bei den konservativ behandelten Patienten deutlich und signifikant kürzer als bei den operativen Patienten ($M\ 5,94\ SD\ 4,94$ vs $M\ 18,83\ SD\ 14,47$; $p = 0,000$).

3.2.2 Mortalität

Innerhalb der Gesamtkohorte von 47 Patienten verstarben 14 Patienten (29,8%). Davon 6 (12,8%) innerhalb von 30 Tagen nach Beginn der Behandlung und 7 weitere (14,9%) innerhalb des ersten Jahres. Ein Patient (2,1%) verstarb nach über einem Jahr, 33 Patienten (70,2%) sind noch am Leben.

Mortalität im Behandlungsvergleich

Es verstarben 9 von 17 (52,9%) konservativ behandelte Patienten und 5 von 30 (16,7%) operativ behandelte. Die Mortalität war somit in der konservativen Gruppe signifikant höher als in der operativen Gruppe ($p < 0,05$). Auch im Zeitpunkt des Versterbens zeigte sich zwischen den Behandlungen ein signifikanter Unterschied; konservativ behandelte

Patienten verstarben früher als operativ behandelte Patienten (M 44 Tage vs 198 Tage, $p < 0,05$). Hoch signifikant war der Unterschied der Mortalität innerhalb von 30 Tagen nach Behandlungsbeginn; in diesem Zeitraum verstarben 6 konservativ behandelte Patienten und kein operierter Patient ($p = 0,001$). Ein Jahr nach Behandlung waren 9 der konservativ behandelten und 4 der operativ behandelten Patienten verstorben. Die statistische Signifikanz blieb auch hier erhalten ($p = 0,006$).

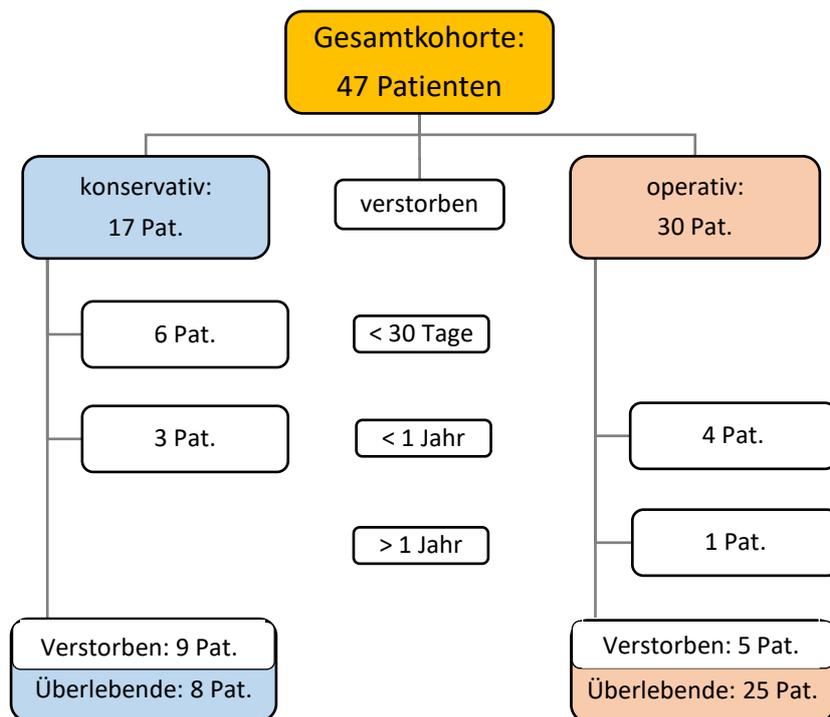


Abbildung 27: Mortalität und Überleben konservativ gegenüber operativ behandelter Patienten. Verstorben innerhalb 30 Tagen, innerhalb eines Jahres, nach einem Jahr und Gesamtzahl der verstorbenen und überlebenden Patienten.

3.2.2.1 Einflussfaktoren auf die Mortalität

Es bestand ein hoch signifikanter Einfluss des Alters auf die Mortalität ($p = 0,005$). Ältere Patienten (M 87,5 Jahre) verstarben häufiger als jüngere (M 78,36 Jahre). Auch in der Unterscheidung der Altersgruppen \pm 80 Jahre fanden sich bei den unter 80-jährigen deutlich und signifikant mehr Überlebende (90,5% vs 9,5%) während die Mortalität in

der älteren Gruppe fast ausgeglichen war (46,2% Verstorbene gegenüber 53,8% Überlebende). Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

Ebenso verhielt es sich mit der Komorbidität: die verstorbenen Patienten waren deutlich kränker im Elixhauser-Komorbiditäts-Score (25,5) als die Überlebenden (13,48, $p = 0,005$).

Patienten mit postoperativen Komplikationen zeigten eine Tendenz zu höherer Mortalität ($p = 0,1$). Die Überlebenden unterschieden sich diesbezüglich zwar nicht wesentlich (mit und ohne Komplikationen: 51,5% vs 48,5%), von den Verstorbenen allerdings litten über drei Viertel unter postoperativen Komplikationen (78,6%) gegenüber weniger als einem Viertel ohne Komplikationen (21,4%).

In dieser Untersuchung boten unter den Überlebenden zwar mehr Patienten eine Fusion (54,2%) als eine Pseudarthrose (45,8%), unter den Verstorbenen allerdings waren mehr Pseudarthrose-Patienten (75%) als Fusions-Patienten (25%). Zum einen wird hier jedoch keine Signifikanz erreicht und zum anderen standen zur Fusionsbeurteilung bei den Verstorbenen nur 4 Patienten zur Verfügung.

Keine relevanten Unterschiede fanden sich im Geschlecht der Patienten, in der initialen neurologischen Symptomatik wie auch den Begleitverletzungen bzgl. der Mortalität.

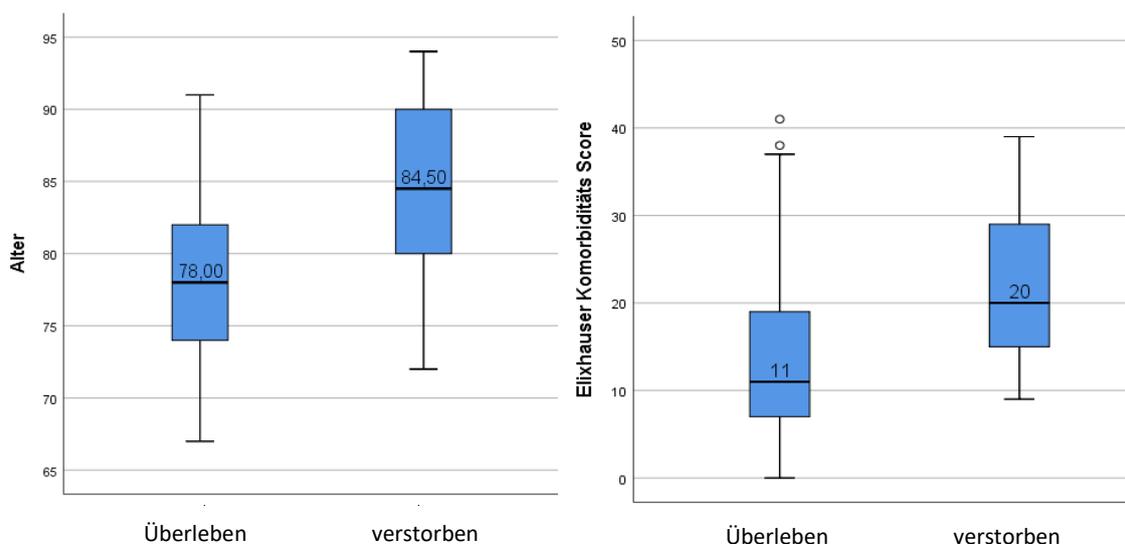


Abbildung 28: Alter und Komorbidität der überlebenden und verstorbenen Patienten. Boxplots mit *Md*, *Q1* und *Q3*

3.2.3 Fusion

Bei 9 konservativ und 19 operativ behandelten Patienten konnte die knöchernen Ausheilung beurteilt werden, da 9 der insgesamt 47 Pat. in den ersten 3 Monaten verstarben und bei 10 Pat. wurde die für diese Untersuchung obligaten CT-Aufnahmen nicht durchgeführt.

5 Patienten wechselten aufgrund progredient dislozierenden und nicht stabilen Pseudarthrosen die Behandlungsgruppen. Es handelte sich um zwei zunächst konservativ und drei mittels ventraler Schraubenosteosynthese behandelte Patienten. Alle 5 Pat. erhielten sekundär eine dorsale HW1/2-Schraubenosteosynthese und Fusion nach Magerl. Eine Revision erfolgte aufgrund einer suboccipitalen Schraubenlockerung.

Die nicht-operative Gruppe bot einen höheren Anteil an Pseudarthrosen (6 Pat.: 66,7%) als Fusionen (3 Pat.: 33,3%) während die operative Gruppe einen höheren Anteil an knöchernen Fusionen (11 Pat.: 57,9%) als Pseudarthrosen (8 Pat.: 42,1%) aufzeigte. Eine statistische Signifikanz konnte hier nicht festgestellt werden.

3.2.3.1 Einflussfaktoren auf die Fusion

Patienten ohne postoperativen Komplikationen (71,4%) neigten eher zu einer Fusion als diejenigen mit postoperativen Komplikationen (28,6%), hier zeigte sich eine schwache Signifikanz ($p = 0,057$).

Demographische Daten wie Geschlecht und Alter und auch die Altersgruppen ± 80 Jahre hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Fusion, obgleich die Patienten mit knöcherner Ausheilung eher männlich (57,1% vs 42,9%), jünger ($M 77,5a$ vs $80a$), aber auch mit mehr Komorbidität belastet ($M 16$ vs $13,86$) waren. Begleitverletzungen und neurologische Ausfälle schienen nicht wesentlich relevant für die Ausbildung einer Fusion.

3.3 Operative Kohorte

Als Untergruppe wurden die operativen Patienten hinsichtlich der OP-Strategie untersucht.

Von den 30 operativ behandelten Patienten wurden 11 (36,7 %) mittels ventraler Zugschrauben-Osteosynthese, 13 (43,3 %) mittels dorsaler HW1/2-Schraubenosteosynthese und Fusion nach Magerl und 6 (20 %) frakturübergreifend von suboccipital auf die dorsale subaxiale HWS operativ instrumentiert. Somit wurden von den operativen Patienten 11 (36,7%) von ventral und 19 (63,3%) von dorsal operiert.

Es fanden sich signifikant mehr Frauen als Männer unter den ventral operierten (8: 72,7% vs 3: 27,3%) und mehr Männer als Frauen bei den dorsal operierten (14: 73,7% vs 5: 26,3%). Der *p*-Wert betrug 0,023. Im Alter und den Vorerkrankungen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, obgleich die ventrale Gruppe etwas älter war (*M* 79,36 *SD* 5,3 vs *M* 77,63 *SD* 6,34). Die Komorbiditäts-Last (*M* 15,82 *SD* 11,43 vs *M* 16 *SD* 9,83) und die Altersverteilung \pm 80 Jahre (ventral: 6: 54,5% vs 5: 45,5%, dorsal: 11: 57,9% vs 8: 42,1%) waren nahezu ausgeglichen.

Ein höherer Prozentsatz der dorsal operierten Patienten hatten Begleitverletzungen (8/19: 42,1% vs 4/11: 36,4%) und auch neurologische Symptome waren in dieser Gruppe höher (5/19: 26,3% vs 1/11: 9,1%).

Ventral operierte Patienten hatten etwas mehr postoperative Komplikationen (63,6% vs 47,4%) trotz deutlich und signifikant kürzerer OP-Zeit (*M* 83,18min *SD* 28 vs *M* 228,95min *SD* 107,34, *p* = 0,000). Die Dauer des stationären Aufenthaltes hingegen unterschied sich kaum (ventral : dorsal = *M* 18,45 *SD* 11,55 vs *M* 19,05 *SD* 16,22).

3.3.1 Lebensqualität

20 Patienten wurden zur Lebensqualität untersucht, 6 ventral und 14 dorsal operierte.

In der ventralen Gruppe waren der NDI (*M* 14,86 *SD* 8,48 vs *M* 12,50 *SD* 4,76), der EQ-5D-3L (*M* 0,728 *SD* 0,09 vs *M* 0,651 *SD* 0,217) sowie die SF-36 psychische Summenskala (*M* 44,71 *SD* 7,52 vs *M* 40,4 *SD* 12,83) überlegen. Der Barthel-Index war ausgeglichen (ventral : dorsal = *M* 89,17 *SD* 7,36 vs *M* 89,29 *SD* 8,52), nur die SF-36 körperliche Summenskala und der VAS

(M 50,00 SD 21,12 vs M 63,33 SD 12,11) erreichten in der dorsalen OP-Gruppe höhere Werte (M 34,92 SD 5,77 vs M 32,46 SD 4,99).

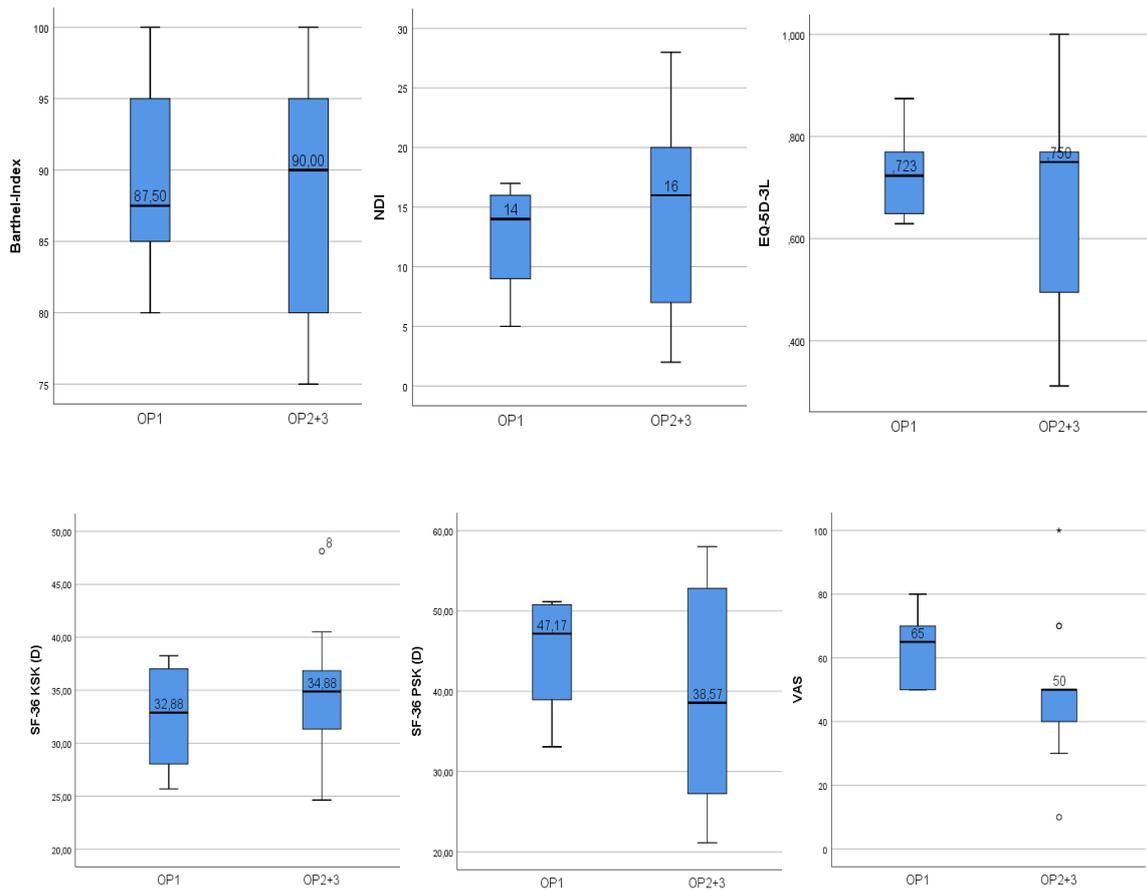


Abbildung 29: Vergleich OP1 (ventral) vs OP2+3 (dorsal). **Obere Reihe:** Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L. **Untere Reihe:** SF-36 physischer Summenscore, SF-36 psychischer Summenscore, VAS. Boxplots mit Md , $Q1$ und $Q3$.

Die SF-36 Subdimensionen zeigten ein wechselhaftes Bild: Überlegen war die ventrale Gruppe in der SF-36 körperliche Rollenfunktion (M 25,00 SD 41,83 vs M 21,43 SD 35,16), im SF-36 körperliche Schmerzen (M 71,50 SD 24,62 vs M 57,14 SD 27,06), in der SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit (M 75,00 SD 23,72 vs M 58,04 SD 28,84) und der SF-36 emotionale Rollenfunktion (M 77,78 SD 27,22 vs M 52,38 SD 42,80). Die Patienten der dorsalen Gruppe profitierten hingegen in der SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit (M 42,14 SD 22,42 vs M 30,00 SD 15,17), der SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung (M 53,71 SD 15,84 vs M 42,83 SD 15,17).

12,66), der SF-36 Vitalität (M 32,14 SD 20,26 vs M 28,33 SD 15,71) und im SF-36 psychisches Wohlbefinden (M 68,00 SD 19,15 vs M 60,67 SD 14,18).

Ein tatsächlich statistisch signifikanter Unterschied konnte in keinen der Skalen festgestellt werden, lediglich im VAS ergab sich eine Tendenz zugunsten der dorsalen OP-Gruppe ($p = 0,076$).

3.3.2 Mortalität

Es verstarb ein Patient (9,1%) der ventralen OP-Gruppe und 4 Patienten (21,1%) der dorsalen Gruppe. Keiner verstarb innerhalb 30 Tagen, die 4 Patienten der dorsalen Gruppe verstarben innerhalb des ersten Jahres (M 136,25 SD 39,03), der eine Patient der ventralen Gruppe verstarb nach über einem Jahr (446 Tage). Eine statistische Signifikanz konnte weder in der Mortalität ($p = 0,626$) noch im Zeitpunkt des Versterbens ($p = 0,4$) festgestellt werden.

3.3.3 Fusion

Von den 30 operativ behandelten Patienten erfüllten 19 (63,3%) die Voraussetzungen zur Beurteilung der knöchernen Ausheilung. Bei den anderen 11 Patienten (36,7%) war keine Beurteilung aufgrund der in 3.1. genannten Gründe möglich: 8 Patienten (26,7%) erhielten keine postoperative CT-Untersuchung, drei Patienten (10%) verstarben vor der Bildgebung.

Die dorsal operierten Patienten boten signifikant mehr knöcherner Ausheilungen als die von ventral operierten ($p < 0,05$). So waren es 9 von 11 Patienten (81,8% vs 18,2%) der dorsalen Gruppe und 2 von 8 Patienten (25% vs 75%) der ventralen Gruppe, die eine knöcherner Fusion zeigten. Im Umkehrschluss war die Pseudarthrose-Rate der ventral operierten somit höher als die der dorsal operierten Patienten.

3.4 Korrelation der Lebensqualitäts-Skalen

Unterschieden wird zwischen den HrQoL-Instrumenten, Barthel-Index, NDI und EQ-5D-3L mit jeweils einem Gesamtergebnis und den SF-36 körperlichen und psychischen Summenskalen. Letztere beiden akquirieren die Daten aus 8 SF-36 Subdimensionen.

Bis auf den VAS konnte zwischen allen Instrumenten eine signifikante Korrelation erkannt werden.

Die meiste Übereinstimmung erreicht der NDI. Das Signifikanzniveau lag zwischen NDI und Barthel-Index, zwischen NDI und EQ-5D-3L und zwischen NDI und SF-36 körperliche Summenskala bei $p < 0,001$. Zwischen NDI und SF-36 psychische Summenskala sowie NDI und VAS war $p < 0,05$. Die Korrelationskoeffizienten betragen -0,367 (VAS) bis -0,762 (EQ-5D-3L) und zeigten somit eine mittlere bis starke Korrelation.

Abzüglich des VAS bot der EQ-5D-3L eine hohe Korrelation mit den anderen Instrumenten: Barthel-Index ($r = 0,757$), NDI ($r = -0,762$), SF-36 körperliche Summenskala ($r = 0,507$) und SF-36 psychische Summenskala ($r = 0,481$).

Die SF-36 körperliche Summenskala korrelierte auf mittlerem Niveau mit dem Barthel-Index ($r = 0,493$), den NDI ($r = -0,570$) und dem EQ-5D-3L ($r = 0,507$).

Die SF-36 psychische Summenskala korrelierte auf mäßigem bis mittlerem Niveau mit dem NDI ($r = -0,391$) und dem EQ-5D-3L ($r = 0,481$). Eine Korrelation mit schwachem Signifikanz zeigte sich mit dem Barthel-Index ($r = 0,339$, $p = 0,053$).

Entsprechend korrelierte der Barthel-Index auf mittlerem bis hohem Niveau mit den NDI ($r = -0,589$), dem EQ-5D-3L ($r = 0,757$) und dem SF-36 körperliche Summenskala ($r = 0,493$).

Beim Blick auf die 8 SF-36 Subdimensionen korrelierten der Barthel-Index, NDI und EQ-5D-3L signifikant mit der SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit (Barthel-Index: $r = 0,790$, NDI: $r = -0,560$ und EQ-5D-3L: $r = 0,634$), mit der SF-36 Vitalität (Barthel-Index: $r = 0,598$, NDI: $r = -0,549$ und EQ-5D-3L: $r = 0,499$) und dem SF-36 psychisches Wohlbefinden (Barthel-Index: $r = 0,546$, NDI: $r = -0,447$ und EQ-5D-3L: $r = 0,657$). Das Signifikanzniveau lag zwischen $p = 0,000$ und $0,009$.

	Barthel-Index	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖFU	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC	ROHSF-36	age score	SF-36	
Barthel-Index	1,000	-.589**	.757**	0,185	.493**	0,339	.790**	.484**	0,041	0,277	.598**	-0,162	0,321	.546**	-.363*	8	2	1	5
		0,000	0,000	0,304	0,004	0,053	0,000	0,004	0,822	0,119	0,000	0,369	0,069	0,001	0,038				
		1,000	-.762**	-.367**	-.570**	-.391**	-.560**	-.549**	-0,181	-0,181	-0,337	-0,330	-0,447**	0,121	0,121	9	3	2	4
NDI	0,000	0,000	0,000	0,036	0,001	0,024	0,001	0,137	0,002	0,315	0,001	0,055	0,061	0,009	0,503				
		1,000	-.762**	0,138	.507**	.481**	.634**	.460**	0,282	0,237	.499**	0,047	.433*	.657**	-0,322				
EQ-5D-3L	0,000	0,000	0,000	0,443	0,003	0,005	0,000	0,007	0,112	0,184	0,003	0,794	0,012	0,000	0,068				
		1,000	0,138	1,000	0,211	0,239	0,171	0,131	0,177	0,226	0,235	.382*	0,317	0,015	-0,080				
VAS	0,304	0,036	0,443	0,443	0,240	0,180	0,342	0,467	0,326	0,206	0,187	0,028	0,072	0,935	0,660				
		1,000	.507**	0,211	1,000	-0,086	.561**	.688**	0,312	0,319	.401*	0,147	-0,055	0,107	-0,177				
SF-36 KSK	0,004	0,001	0,003	0,240	0,633	1,000	0,163	0,087	0,269	0,077	0,021	0,415	0,763	0,552	0,323				
		1,000	.481**	0,239	-0,086	1,000	0,163	0,087	0,269	0,077	0,021	0,415	0,763	0,552	0,323				
SF-36 PSK	0,339	-.391**	.481**	0,239	-0,086	1,000	0,163	0,087	0,269	0,077	0,021	0,415	0,763	0,552	0,323				
		0,053	0,024	0,005	0,180	0,633	0,366	0,631	0,130	0,009	0,004	0,015	0,000	0,000	0,714				
SF-36 KÖFU	.790**	-.560**	.634**	0,171	.561**	0,163	1,000	.356*	-0,053	0,088	.455**	-0,047	0,195	.417*	-0,260				
		0,000	0,000	0,342	0,001	0,366	1,000	0,042	0,768	0,624	0,008	0,796	0,277	0,016	0,144				
SF-36 KÖFU	.484**	-0,264	.460**	0,131	.688**	0,087	.356*	1,000	-0,040	0,267	.362*	-0,157	0,132	0,225	-0,188				
		0,004	0,137	0,007	0,467	0,631	0,042	1,000	0,827	0,133	0,039	0,382	0,463	0,208	0,295				
SF-36 SCHM	0,041	-.514**	0,282	0,177	0,312	0,269	-0,063	-0,040	1,000	0,087	0,092	.437*	0,189	0,249	-0,102				
		0,822	0,002	0,112	0,326	0,130	0,768	0,827	1,000	0,629	0,609	0,011	0,293	0,161	0,574				
SF-36 AGES	0,277	-0,181	0,237	0,226	0,319	.446**	0,088	0,267	0,087	1,000	.397**	0,305	.355*	0,281	-0,068				
		0,119	0,315	0,184	0,206	0,009	0,624	0,133	0,629	1,000	0,022	0,084	0,043	0,114	0,706				
SF-36 VITA	.598**	-.549**	.499**	0,235	.401*	.483**	.455**	.362*	0,092	.397*	1,000	0,201	0,269	0,341	-0,092				
		0,000	0,003	0,187	0,021	0,004	0,008	0,039	0,609	0,022	1,000	0,263	0,131	0,052	0,612				
SF-36 SOFU	-0,162	-0,337	0,047	.382*	0,147	.419*	-0,047	-0,157	.437*	0,305	0,201	1,000	0,320	-0,055	0,139				
		0,369	0,055	0,794	0,028	0,015	0,796	0,382	0,011	0,084	0,263	0,070	0,763	0,439	0,439				
SF-36 EMRO	0,321	-0,330	.433*	0,317	-0,055	.856**	0,195	0,132	0,189	.355*	0,269	0,320	1,000	.487**	0,013				
		0,069	0,061	0,012	0,763	0,000	0,277	0,463	0,293	0,043	0,131	0,070	0,004	0,941	0,941				
SF-36 PSYC	.546**	-.447**	.657**	0,015	0,107	.699**	.417*	0,225	0,249	0,281	0,341	-0,055	.487**	1,000	-.380*				
		0,001	0,009	0,000	0,935	0,000	0,016	0,208	0,161	0,114	0,052	0,763	0,004	0,029	0,029				
ROHSF-36	-.363*	0,121	-0,322	-0,080	-0,177	-0,066	-0,260	-0,188	-0,102	-0,068	-0,092	0,139	0,013	1,000	-.380*				
		0,038	0,068	0,660	0,323	0,714	0,144	0,295	0,574	0,706	0,612	0,439	0,941	0,029	1,000				

Tabelle 4: Korrelation der HrQoL-Skalen untereinander sowie den SF-36 Subdimensionen. Korrelationskoeffizient (-1 bis 1) mit Signifikanz. In Rot: signifikante Korrelation (p < 0,05 und p < 0,001)

4 Diskussion

4.1 Studienkohorte und Behandlung

Die Entscheidung zur Behandlungswahl und -methode erfolgte anhand der aktuellen AWMF-Leitlinien sowie der regelhaft anerkannten und evidenten nationalen und internationalen Publikationen.^{28,39,53,58,106,116,124,129,206–209}, welche in der Mehrzahl dem zuvor zitiertem Grundsatz nach White und Panjabi bezüglich der *klinischen Instabilität* folgen.^{12,103} Entsprechend wurde in unserem Patientengut eine konservative Behandlung bei Frakturen ohne Dislokationen, ohne Einengung des Spinalkanals und ohne neurologische Symptomatik vorgenommen. Bei patientenseitiger Toleranz der externen Ruhigstellung mittels HWS-Orthese konnte ebenfalls auf eine operative Behandlung verzichtet werden. Umgekehrt waren die Kriterien für eine operative Versorgung die primär drohende oder die sekundär aufgetretene Instabilität, eine neurologische Symptomatik aufgrund einer strukturellen Einengung des Spinalkanals, persistente lokale Beschwerden oder der unbedingte Patientenwunsch bei fehlender Toleranz der konservativen Behandlung mit HWS-Orthese. Operativ wurden die Frakturen mittels ventraler Dens-Zugschrauben-Osteosynthese oder dorsaler HW1/2-Osteosynthese und Fusion versorgt.

In unserer Arbeit wurde die Subgruppe der Densfrakturen mit denen des Axisringes zusammengefasst. Wir konnten aufzeigen, dass sich weder die beeinflussenden Faktoren, die Behandlungen noch die Ergebnisse zwischen den Anderson & d'Alonzo II-Frakturen und denen des Axisringes wesentlich voneinander unterschieden. Ergebnisse von Fallserien zur Epidemiologie und Behandlung von Axis-Frakturen entsprechen diesem Bild.^{210–213} Basierend auf der Stabilität und den Heilungsmöglichkeiten besteht Einigkeit in der mehrheitlich konservativen Behandlung von Frakturen des Axisringes bei Effendi- sowie Benzel-Frakturen, jeweils Typ I und II.^{58,206,207,214–216} Zu Frakturen des Axisringes, Typ Benzel III kommt Kepler in seinem systematischen Review über Publikationen über einem Zeitraum von 1974 bis 2012 zu einer differenzierteren Sichtweise. Insgesamt zeigt sich zwar bei allen Axisfrakturen eine hohe Fusionsrate von 91%, bei Benzel I und II sogar eine Ausheilungsrate von 99%, bei Benzel III-Frakturen liegt diese jedoch bei nur 88%.²⁰⁹ Darüber hinaus beschreibt Clark in seiner Fallserie bei Benzel III-Frakturen und Fragmentdislokationen von über 5mm oder starken Angulationen über 10° eine Non-Fusion

von bis zu 40%.⁵¹ In seiner Arbeit zur Klassifikation von HW2-Korpus-Frakturen stützte sich Benzel auf die biomechanische Krafteinwirkung und den Frakturmechanismus und stellte die eigene Einteilung nach Benzel III die der Anderson & d'Alonzo, Typ III- Fraktur gleich.⁵² Wie bei der Densfraktur Typ II nach Anderson d'Alonzo werden als Risikofaktoren für eine Pseudarthrose nicht nur die Fragmentdislokation oder -angulation wie auch Trümmerfrakturen identifiziert sondern und gerade auch das höhere Patientenalter mit der zuvor beschriebenen schwächeren Heilungsmöglichkeit aufgrund der verminderten Durchblutung der Region der Densbasis.^{1,62,129,209} Apfelbaum stellte in seiner Fallserie von 147 Patienten fest, dass dies insbesondere die „*shallow type III-fractures*“ betreffen, d.h. die schaligen, oberflächlichen und transversalen Frakturen im Korpus, welche jedoch in die Densbasis oder kranial hiervon einziehen und eine Anderson & d'Alonzo Typ II-Fraktur maskieren.²¹⁷

Während sich in unseren beiden Behandlungsgruppen das Geschlecht, die Vorerkrankungen und die Begleitverletzungen nicht wesentlich voneinander unterschieden, ergab sich hinsichtlich des Alters ein signifikanter Unterschied. Die konservativ behandelten Patienten waren älter als die operativ behandelten. Dies kann durchaus, wie auch in der Literatur zahlreich und immer wieder beschrieben, eine Selektions-Bias suggerieren^{28,29,35,39,138,218–221}; ältere und damit möglicherweise Patienten mit höherer Komorbidität werden eher nicht dem vermeintlichen OP-Risiko zugeführt sondern konservativ behandelt, um nicht bei OP-Komplikationen eine potentiell negative Kaskade einzuleiten. Jüngere -und vermeintlich gesündere- Patienten würden eher offensiver mit einer Operation behandelt, da diese mutmaßlich mehr körperliche Toleranz gegenüber einer perioperativen Belastung trügen. In unserer Studiengruppe wird diese Argumentation teilweise dadurch entkräftet, dass die Schwere, resp. Anzahl der Begleitverletzungen der beiden Behandlungsgruppen sich nicht wesentlich voneinander unterschied. Vor allem aber zeigte sich in der Komorbidität kein Unterschied. Die operativen trugen mit 15,93 Punkten auf der Elixhauser Komorbiditäts-Skala nahezu die gleiche Vorerkrankungs-Last wie die konservativ versorgten Pat. mit 16,12 Punkten. Stein hingegen stellte in seiner Patientengruppe keinerlei Altersunterschied zwischen den beiden Behandlungsgruppen fest, jedoch eine signifikant höhere Anzahl von Begleiterkrankungen der nicht-operati-

ven Patienten. Dennoch –und wiederum wie in unserer Studie- ließ sich keine Korrelation zwischen Alter und Begleiterkrankungen feststellen.¹³⁸ Unsere konservativen Patienten waren zwar älter, hatten aber keine schlechteren Voraussetzungen mit höherer Komorbidität oder mehr Begleitverletzungen. Es zeigte sich jedoch während des stationären Behandlungsverlaufes mehr Komplikationen. Sicher lässt sich nicht beurteilen, ob die Komplikationen Folge der Behandlung waren oder Folge des Alters. Und so doch mittelbare Auswirkungen auf die Behandlungsergebnisse hatten.

4.2 Mortalität

Es zeigte sich, dass nach nicht-operativer Behandlung signifikant mehr Patienten verstarben als nach operativer. Insbesondere die ersten 30 Tage nach Verletzung waren für die konservativ behandelten Patienten eine vulnerable Phase. In diesem kurzfristigen Verlauf verstarben 6 von 17 konservativ behandelten Patienten, wohingegen keiner der 30 operativen verstarb (35,3% vs. 0%). Im mittel- und langfristigen Verlauf, nach 12 Monaten und 5 Jahren, überlebten operierte Patienten ebenfalls signifikant länger als konservativ behandelte. Die Mortalität betrug bei den konservativ behandelten 52,9%, bei den operativ behandelten 13,3%, resp. 16,7%.

Diese Zahlen decken sich mit denen zahlreicher Fallserien^{26,27,29,35,138}: Chapman und Schoenfeld konnten in ihren jeweiligen Studiengruppen insbesondere in den ersten drei Monaten eine signifikant höhere Mortalität der nicht-operierten Patienten feststellen.^{26,29} 12 Monate nach Initialbehandlung und im weiteren Verlauf zeigte sich überdies eine mindestens bestehende Tendenz zugunsten der konservativ behandelten Patienten.^{26,27,29,35,138} Zusammenfassend kam man zu dem Schluss, dass die Operation einer Anderson & d'Alonzo, Typ II-Fraktur bei älteren Patienten kein erhöhtes Mortalitäts-Risiko darstellte und darüber hinaus gegenüber einer konservativen Behandlung einen Überlebensvorteil böte, resp. protektiv wirke.²⁶

Gembruch hingegen zeigte in seinem Studienkollektiv von 125 Patienten eine vergleichbare 30-Tage-Mortalität der beiden Gruppen auf (nicht-operativ: 20% vs. operativ: 27,8%).²¹⁹ Auch in der 111 Patienten fassende Studiengruppe von Graffeo zeigte sich eine vergleichbare Mortalität der verschiedenen Behandlungsarme.²²² Eine weitere Arbeit aus dem deutschsprachigen Raum, von Joestl, Österreich, zeigte eine erstaunlich niedrige und nahezu identische Mortalität von 8%, resp. 9% bei einer insgesamten Fallzahl von 80 Patienten.²²³

In jeweils eigenen systematischen Review-Arbeiten konnten Sarode 2018, Iyer 2018 und Robinson 2014 keinen signifikanten, jedoch einen tendenziellen Überlebensvorteil für operativ behandelten Patienten feststellen.^{39,106,224}

In unserer Studiengruppe war festzustellen, dass ältere Patienten eher konservativ behandelt wurden und dass konservativ behandelte eher verstarben als operativ behandelte Patienten. Keinen Unterschied der beiden Behandlungsgruppen gab es jedoch in

der Schwere der Komorbidität. Unsere Patienten boten zu jeder der Zeitmarken, 30 Tage, 1 Jahr und 5 Jahre nach Verletzung, einen signifikanten Überlebensvorteil, wenn sie operiert wurden.

Zu bedenken ist jedoch, dass unsere wie auch die Patientenselektionen in den Fallserien der Literatur alles andere als homogen sind. So wurden beispielsweise bei Scheyerer Patienten mit multisegmentalen zervikalen Verletzungen ausgeschlossen, Chaudhary schloss Patienten mit neurologischen Defiziten und multisegmentalen Verletzungen oder Dens-Dislokationen über 4mm aus, Chen schloss Patienten mit mehr als einer Verletzung aus und De Passe schloss Patienten aus, welche innerhalb der ersten 48 Stunden nach Aufnahme verstarben.^{27,128,225,226} Unsere Patientenkohorte entsprach jedoch der Mehrheit der Publikationen, keine solcher Ausschlusskriterien aufzunehmen.^{26,29,35,107,138,219,222,227,228} Demgemäß wurden in den systematischen Reviews von Sarode und Iyer, aber auch von Wagner, Schroeder und Robinson zu diesem Thema keine solcher Ausschlusskriterien verwendet, die genannten Publikationen jedoch durchaus ausgewertet.^{28,39,106,220,224}

Eine relevante Selektions-Bias, welche auch in dieser Arbeit vorhanden sein kann, mag durch einen mittelbaren Zusammenhang zwischen der hohen Frühmortalität und dem initialen Trauma, welches zur HW2-Verletzung geführt hat, bestehen. Diese primären und schweren Traumata, welche eine zwangsläufige nicht-operative Behandlung und letale Folge hatten, werden auch in der Literatur nicht aufgelöst. Abgebildet wird dies jedoch in einigen Publikationen durch die „*in hospital mortality*“, die Mortalität während des initialen stationären Aufenthaltes.^{26,39,128,208,219} Entsprechend wurden bei De Passe Patienten ausgeschlossen, welche innerhalb der ersten 48 Stunden nach Verletzung starben.¹²⁸ In der Einzelbetrachtung unserer Patienten kann eine Selektion nicht ausgeschlossen werden, dass schwerer verletzte Patienten konservativ behandelt wurden und in der Folge dessen mehrheitlich starben, jedoch fand sich kein signifikanter Unterschied im Vorhandensein von Begleitverletzungen (konservativ: 50,0%, operativ: 36,4%).

4.3 Fusion

Mit 66,7% bot die Mehrzahl unserer nicht-operativ behandelten Patienten eine Pseudarthrose. Lediglich 33,3% zeigten eine knöcherner Ausheilung. Operativ hingegen konnte zu 57,9% eine knöcherner Fusion erreicht werden. Dies heißt jedoch auch, dass immerhin 42,1% -fast jeder zweite operative Patient- trotzdem eine Pseudarthrose entwickelte, welche vom traditionellen Primärziel einer OP -der knöchernen Durchbauung- abweicht.^{12,103} Obgleich sich unsere Ergebnisse in denen der Literatur einreihen, nämlich eine höhere knöcherner Ausheilungsrate operativer gegenüber konservativ behandelte HW2-Frakturen, ist im Vergleich die Pseudarthrose-Rate unserer operativen Patienten hoch.

Signifikant niedrigere Pseudarthrosen hatten die 48 operativen Patienten der 108 Patienten starke Studiengruppe von Di Paolo mit 8,3% Non-Fusion gegenüber 53,4% non-Fusion der konservativ behandelten Patienten.²²⁷ Auch in Vaccaros multizentrischen Arbeit mit 159 Patienten fanden sich signifikant weniger Pseudarthrosen bei operativen Patienten (OP: 5% gegenüber konservativ: 21%).³⁵ Nicht signifikant, jedoch ebenfalls besser waren die operativen Patienten bei Joestl mit 24% gegenüber 32%.²²³ De Bonis hingegen fasste in seiner multizentrischen Studiengruppe die knöcherner Ausheilung aller Patienten (n=147) zusammen und zeigte eine Gesamt-Pseudarthrose von 46% auf, vergleichbar mit unseren 50%. In dieser neuerlichen Arbeit (2019), welche das funktionelle Ergebnis nach Behandlung einer Densfraktur betrachtet, unterscheidet der Autor nicht nur zwischen Fusion und Pseudarthrose sondern zwischen stabiler Fusion, stabiler Pseudarthrose und nicht-stabiler Pseudarthrose.¹¹⁷ Molinari behandelte 58 Patienten und stellte übereinstimmend zu den anderen Autoren eine höhere Pseudarthrose-Rate bei konservativ behandelten gegenüber operativ behandelten Patienten fest. Seine Ergebnisse übertreffen unsere mit 94% Pseudarthrose bei konservativen und 65% bei operativen Patienten.¹⁰⁷

Insgesamt reihen sich unsere operativen Pseudarthrose-Ergebnisse in den Zahlen des systematischen Reviews von Delcourt mit 8,9 bis 65,5% Pseudarthrose bei operativ behandelten und 33,3 bis 62,5% bei konservativ behandelten Patienten ein.¹²⁹ Auch entsprechen unsere Zahlen denen der Reviews von Harrop mit 53 Manuskripten und einer

hohen operativen Pseudarthrose-Rate von bis zu 82% wie auch den Zahlen der Metaanalyse (n=547 Pat.) von Huybregt mit einer operativen Pseudarthrose-Rate von 34% und konservativen von 72%.^{17,229}

Das Auftreten von Komplikationen während des Krankenhausaufenthaltes konnte in unserer Studiengruppe als schwach signifikanter Einfluss-Faktor für eine solche Pseudarthrose identifiziert werden ($p=0,057$). Ein höheres Alter war tendenziell relevant für eine Pseudarthrose, obgleich statistisch unmaßgeblich. Die Altersgruppen ± 80 Jahre hatten keinen Einfluss auf die knöchernen Ausheilung, ebenso wenig wie Geschlecht, Komorbidität, Begleitverletzungen und initiale neurologische Symptomatik.

Entsprechende Ergebnisse lieferte De Bonis, der ebenfalls die Altersgruppen ± 80 Jahre verglich und keinen Einfluss auf eine Pseudarthrose feststellen konnte.¹¹⁷ Im Vergleich zu jüngeren Patienten hingegen konnte Platzer in Altersgruppen ± 65 Jahre eine signifikant höhere Pseudarthrose-Rate bei den älteren Patienten feststellen.⁴⁰ Ergebnisse in gleicher Richtung liefert die Metaanalyse von Tian. In den 25 verwertbaren Studien (n=1425 Pat.) mit entsprechender Bildgebung zur Beurteilung einer knöchernen Ausheilung stellte er ein Alter über 70 Jahre als einen signifikanten Prädiktor für eine Pseudarthrose dar.¹³⁶

Historisch lag der Fokus der Frakturbehandlung auf der knöchernen Ausheilung und Wiederherstellung der knöchernen Stabilität; auch als Voraussetzung zur Senkung des Morbiditäts- und Mortalitäts-Risiko.^{20–22,24,29,55,208,230–232} Aufgrund der einleitend erwähnten epidemiologischen Häufung der Frakturen bei älteren Patienten wurde dieser Patientengruppe bereits 1985 durch Pepin Beachtung geschenkt, und in einer Untersuchung von 19 mit HW2-Fraktur behandelten Patienten über 60 Jahren erging die Empfehlung zur operativen Fusion. Der Autor räumte jedoch durchaus die Möglichkeit einer konservativen Behandlung mittels Halo fixateur externe ein, sofern sie toleriert würde. Des Weiteren wird interessanterweise von zwei Patienten in dieser Gruppe berichtet, welche keine knöchernen Fusion ausgebildet und im Langzeitverlauf (5,5 und 8 Jahre) trotz Pseudarthrose keine neurologischen Komplikationen erlitten hätten.²⁰ 1993 berichtet Ryan in seinem Studienkollektiv von 34 konservativ behandelten Patienten und einer Pseudarthrose-Rate von 71% (24 Patienten). 5 dieser Patienten wurden sekundär

operiert. Von den verbliebenen 19 Patienten konnten 9 langfristig (*Md*: 21 Monate) verfolgt werden, bei allen verblieb die Pseudarthrose, bei keinem jedoch bildete sich eine sekundäre Dislokation oder gar neurologische Schädigung aus.¹²²

Unter den gegenwärtigen Untersuchungen publizierte Molinari 2013 seine Analyse der „*Morbidität, Mortalität und funktionelle Ergebnisse wie auch Frakturheilung von 58 geriatrischen Patienten*“ [Übersetzung d Autors], welche entweder mittels dorsaler Fusion oder Orthese behandelt wurden. Auch in seiner Patientenkohorte zeigte sich eine höhere Pseudarthrose-Rate der konservativ behandelten Patienten mit 94% (30 von 32 Pat.). Darüber hinaus gliederte er diese Patienten in stabile und mobile Pseudarthrosen („*stable and mobile non-union*“). Hierbei zeigte sich bei 67% (20 von 30 Pat.) eine offensichtliche mobile Pseudarthrose. Dennoch, über den Zeitraum von durchschnittlich 14 Monaten entwickelte keiner dieser Patienten eine spinale, resp. myelopathische Symptomatik.¹⁰⁷

Letzteres konnte in unserer Patientengruppe bestätigt werden, auch in unserer Nachbeobachtungszeit von 5 Jahren trat kein Fall einer sekundären Myelopathie auf.

Die Gefahr der zervikalen Myelopathie wird in der historischen und auch aktuellen Literatur vielfach erwähnt und insbesondere mit der Arbeit von Crockard von 1993 zitiert.^{18,29,39,116,132,217,225,226,231} In dieser Arbeit „*Progressive myelopathy after odontoid fracture*“ konnte Crockard zwar bei 10 von 16 nachuntersuchten Densfraktur-Patienten eine progrediente Myelopathie feststellen, jedoch traten die Symptome insbesondere nach operativer Behandlung auf oder waren der Läsion eines tieferen spinalen Segmentes geschuldet. Ausschließlich bei einem der 16 Patienten konnte eine progrediente und zunächst unerkannte untere Hirnnerven-Läsion mit bulbärer Sprache und Schluckstörungen festgestellt werden.¹²³ Dai hingegen identifizierte in den Jahren 1980 bis 1995 in einem einzelnen Zentrum 57 Patienten, welche im Intervall von 6 Monaten bis 10 Jahren neurologische Symptome aufgrund einer unentdeckten Densfraktur entwickelten. Hier von erlitten 6 Patienten eine reine Radikulopathie, 51 Patienten jedoch mindestens Zeichen der Halsmarks-Schädigung.²³² Zu dieser Zeit gehörte die CT-Diagnostik noch nicht zur regulären Fraktur-Diagnostik. Goldstandard war das Röntgen. Noch 1989 wurde im ATLS-Manual (*Advanced Trauma Life Support, American College of Surgeons*) bei Verdacht auf eine zervikale Fraktur ein laterales Röntgen mit Erweiterung auf drei, resp. 5

Ebenen empfohlen.⁸¹ In den 1990er Jahren zeigten zwar einige Publikationen bereits die Notwendigkeit von Schichtbildgebungen auf, jedoch erst nach 2000 etablierte sich das CT zur erweiterten Standard-Diagnostik bei zervikalen Verletzungen.^{7,82–85}

Mit der entsprechenden deutlichen Rückläufigkeit der unentdeckten Densfrakturen wird in der gegenwärtigen Literatur kaum, resp. keine sekundäre Myelopathie bei nicht fusionierten Densfrakturen erwähnt.^{27,35,107,117,136,138,218,219,222,223,225,233} Robinson ging 2014 in seinem systematischem Review unter Einschluss von 38 Publikationen soweit, zu postulieren, dass die sekundäre Myelopathie bei Nicht-Fusion mittlerweile anekdotisch sei und das geringe Risiko einer Rückenmarksschädigung individuell abgeschätzt werden müsse.¹⁰⁶

Aber auch ohne drohende Myelopathie oder neurologischer Schädigung beschrieb Vaccaro die Pseudarthrose als Behandlungskomplikation und unerwünschten Endpunkt („*not a desirable end point*“) bei „*symptomatischer Pseudarthrose oder später Dislokation*“ [Übersetzung d Autors] mit der Folge des Behandlungsarm-Wechsels von konservativ zu operativ.³⁵ 2017, 4 Jahre nach dieser Publikation, präferiert Wagner zwar weiterhin das operative Vorgehen, räumt jedoch die angemessene Abwägung des individuellen Risikos eines jeden Patienten ein. In dieser Arbeit werden insbesondere die vergleichenden Fallstudien von Molinari und Chaudhary mit dem Hinweis zitiert, dass eine erfolgreiche operative Fusion nicht zwangsläufig mit einem guten klinischen Ergebnis einhergehen muss. Senior Autor dieses Reviews ist Vaccaro.²²⁰

Neben dem gleichen Ergebnis einer höheren Pseudarthrose-Rate bei konservativ behandelten Patienten zeigte sich -anders als bei Vaccaro- in Molinaris Fallserie bei den operativ fusionierten und stabileren Patienten nicht nur mehr Komplikationen und eine höhere Mortalität sondern auch eine schlechteres klinisches Ergebnis.¹⁰⁷ In einer weiteren Arbeit verglich Raudenbush und Molinari dieselben konservativ behandelten und zu 88% nicht fusionierten Patienten (30 von 32 Pat.) mit einer alters-gematchten Kontrollgruppe von geriatrischen orthopädischen Patienten ohne zervikalen Erkrankungen und stellte dabei ähnlich gute funktionelle Ergebnisse beider Gruppen fest.³⁷

Auch Smith stellte mit den prospektiven Daten der „*AOSpine North America Geriatric Odontoid Fracture (GOF) Study*“ in der Subgruppen-Analyse der konservativ behandelten Patienten keinen Unterschied im klinischen Ergebnis nach 12 Monaten fest.¹¹³

In einem neuerlichen Review von 2018 hält Iyer anhand der auch in dieser Arbeit verwendeten Literatur fest, dass „...eine knöchernen Durchbauung keine Voraussetzung für das Erreichen und Erhalten eines guten klinisches Ergebnisses...“ [Übersetzung d Autors] sei. Er konstatiert weiterhin, dass „...eine stabile Pseudarthrose oder sogar eine asymptomatische mobile Pseudarthrose –bei angemessener Kontrolle und Beobachtung- nicht nur eine akzeptable sondern möglicherweise auch ein überlegeneres Ergebnis in der GOF Population sei, verglichen mit der Morbidität und Mortalität, welche mit einer Operation einhergehen“ [Übersetzung d Autors].^{37,39,122,142,223}

Die kontroverse Relevanz der knöchernen Durchbauung als Primärziel der Behandlung führt jedoch zu einem nächsten, daraus resultierendem Aspekt, welchen o.g. Arbeiten teilweise bereits antizipieren: die klinische Relevanz der Fusion, resp. Pseudarthrose selbst. Wie bereits beschrieben, ist dies heutzutage in Form der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit zahlreichen differenzierten Instrumenten zu bemessen und zu objektivieren. Unser Fokus lag auf der Wiederaufnahme und Durchführbarkeit der Alltagstätigkeiten sowie der Lebensqualität.

4.4 Lebensqualität

In drei der 4 Instrumente zur Bemessung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität, dem NDI, dem EQ-5D-3L und dem Barthel-Index, war die Operation der konservativen Behandlung überlegen. Ausgeglichen waren die SF 36-Summenskalen. In der Einschätzung der Schmerzen mittels VAS und der SF-36-Subdimension *Schmerzen* schnitten die operativen Patienten ebenfalls besser ab als die Nicht-Operativen. In den Ergebnissen zeigten sich jedoch lediglich mehrheitliche und keine signifikanten Unterschiede.

Unsere Ergebnisse decken sich mit denen der Literatur; die Recherche hat eine überschaubare Anzahl von Arbeiten erbracht, welche systematisch anhand von validierten Messverfahren die Behandlung von Verletzungen der oberen HWS, resp. einer Verletzung von HW2, untersuchten.^{25,35,107,117,138,223,228,234} Am gebräuchlichsten waren hierbei der NDI und der VAS. Der SF-36 in den Arbeiten der GOF-Studiengruppe der AOSpine Nordamerika und der *Cervical Spine Outcome Questionnaire (CSOG)* der Arbeitsgruppe um Platzer aus Wien fanden ebenfalls mehrfach Anwendung.^{35,223,228,234,235} Die Smiley-Webster-Skala wurde ebenfalls in Untersuchungen der funktionellen Ergebnisse genutzt, jedoch ist diese Skala ursprünglich zur Messung des funktionellen Ergebnisses nach lumbalen Bandscheiben-Operationen entwickelt worden.^{117,236,237} Die sogenannten Smiley-Webster-Schmerz-Skala und *modifizierte* Smiley-Webster-Skala sind nicht validiert.^{117,142}

In unserer Studiengruppe wurde bei den operativ behandelten Patienten im NDI eine bessere, milde (14,15 Punkte) gegenüber einer mäßigen Einschränkung (17,29 Punkte) der nicht-operativen ermittelt. Auch die Gesamtheit der Studiengruppe hatte lediglich eine „milde“ Einschränkung (NDI: 14,96).

Bei De Bonis hingegen schnitten die operativen Patienten im NDI schlechter ab. Seine multizentrische Studiengruppe von 147 Patienten hatte in der Gesamtheit zwar ein „gutes“ Ergebnis, 79,8% aller Patienten lagen im NDI-Bereich von 0 bis 24, die ursprüngliche Differenzierung des NDI-Entwickler Vernon zwischen keinen, milden und moderaten Einschränkungen (s. 2.5.2) wurden jedoch als „gut“ zusammengefasst. Während in der konservativen Orthese- und Halo fixateur-Gruppe deutlich mehr Patienten ein solches *gutes* Ergebnis vorwiesen, überwogen in der operativ-ventralen (Osteosynthese-)

Gruppe und der operativ-dorsalen (Fusions-) Gruppe die Patienten mit schweren und kompletten Einschränkungen (NDI von 25-50). Lediglich die dritte operative Gruppe der suboccipital-zervikalen Fusionen zeigte mehrheitlich eine moderate Einschränkung im NDI (15-24).^{117,164} Mit dieser Einordnung wären vergleichbare 85% unserer Patienten ein *gutes* Ergebnis zuzuteilen.

De Bonis und wir verglichen die unter 80-jährigen mit den über 80-jährigen. Unsere Gruppe der 65 bis 79-jährigen profitierten deutlich von einer Operation mit einem NDI von 14,09 gegenüber 20 bei den Nicht-operativen. Bei den über 80-jährigen war der NDI hingegen nahezu ausgeglichen (OP vs Nicht-OP: 14,22 vs 15,25). Wir konnten jedoch jeweils keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Altersgruppen feststellen.

Im Vergleich der Behandlungsmethoden bei älteren Patienten stellte auch Molinari keinen signifikanten Unterschied des NDI fest, es zeigte sich aber auch bei ihm ein tendenziell besserer NDI der konservativ behandelten Patienten (NDI: 13; range: 0-28) gegenüber den operativen (18,1; range: 0-48).¹⁰⁷ Mit den milden Einschränkungen der konservativen und mäßigen der operativen Patienten war die Situation somit diametral zu unseren Ergebnissen.

Stein kam in seiner Studiengruppe der über 65-jährigen zu einen durchschnittlichen NDI von 18,4, er räumte jedoch ein, dass „*Die Betrachtung des gesamten Outcomes der Patienten ... stark von der operativen Gruppe eingefärbt*“ sei. Bei einem nachuntersuchten nicht-operativem Patienten wurde ein Vergleich der Behandlungsgruppen somit nicht durchgeführt.²³⁸

Wir zeigten prinzipiell die gleichen Ergebnisse wie Vaccaro in seiner prospektiven Arbeit zum Vergleich der operativen und nicht-operativen Behandlungen bei Densfrakturen. „*Die operative Gruppe hatte signifikant bessere Ergebnisse, gemessen am NDI und dem SF-36*“ [Übersetzung d Autors] im Vergleich zur konservativen Gruppe.³⁵ Erhalten blieb dies auch nach Adjustage eventueller Störfaktoren, wie Alter, Geschlecht, Komorbidität, Begleitverletzungen und der Injury Severity Score (ISS). In der Analyse „*TIME*ARM*“ zur Beurteilung der „*Signifikanz der Veränderungen zwischen den beiden [Behandlungs-] Gruppen unter Berücksichtigung der allgemeinen Unterschiede und generellem Trends*“ als „*...Indikator, um Ergebnis-Unterschiede der Behandlungsgruppen auszumachen*“ [Übersetzung d Autors], verschlechterte sich im Patienteninterview nach 6 und nach 12

Monaten der NDI der nicht-operativen Patienten um 14,7 Punkte, der operativen nur um 5,7 ($p = 0,0022$).³⁵ D.h. beide Gruppen verschlechterten sich im Verlauf, die nicht-operativen jedoch signifikant stärker. In der Analyse „*TIME*“ ergaben sich erwartungsgemäß auch Verschlechterungen der jeweiligen SF-36 Summenskalen, allerdings ohne signifikante Unterschiede.³⁵

Die Arbeit ist derzeit die einzige prospektive Arbeit zu diesem Thema und erreicht den Evidenzgrad IIa. Entsprechend häufig werden die Arbeit und ihre markanten Ergebnisse in Untersuchungen zum funktionellem Ergebnis zitiert.^{28,39,106,117,138,220,224}

Im Vergleich zu dieser Arbeit lassen sich aus den retrospektiven Daten unserer kleineren Kohorte ausschließlich Trends, aber keine Signifikanzen ableiten. Der NDI der Behandlungsgruppen war bei unseren Patienten mit milden, resp. moderaten Einschränkungen gegenüber schweren Einschränkungen bei Vaccaro deutlich besser (eigene, OP vs konservativ: 14,15 / 17,29 und Vaccaro, OP vs konservativ: 27,26 / 32,98), im SF-36 allerdings ergaben sich nach Adjustage zur deutschen Bevölkerung nahezu ausgeglichene Werte in den SF-36 physischen (34,18 / 35,5 und 38,59 / 39,93) und auch psychischen Summenskalen (41,69 / 42,7 und 48,76 / 46,65).

In der Arbeit von Vaccaro wurde zur Evaluation der klinischen Veränderungen nach 6 und 12 Monaten Basiswerte festgesetzt, welche als NDI- und SF-36-Status vor Erleiden der Verletzung definiert wurden. Diese Größe wurde mittels Interview ermittelt, durch eine „*subject's evaluation of their status prior to sustaining the injury*“.³⁵ Diese -möglicherweise retrospektiv- erhobenen Basiswerte, welche sich auf die prä-Hospital-Phase beziehen, wurden weder bei uns noch bei anderen Autoren ermittelt.

Einzig bei De Bonis wurde in der uns bekannten Literatur ein solcher Basiswert festgelegt. Es wurde bei stationärer Aufnahme, *vor der Behandlung* und somit *prospektiv*, der modified Rankin Scale (mRS-pre) ermittelt, welcher mit dem mRS-post, 12 – 15 Monate nach Behandlung verglichen wurde.¹¹⁷ Die modified Rankin Scale ist indes ein krankheitsspezifisches Instrument zur Messung der individuellen Einschränkung, welches regelmäßig für Schlaganfall-Patienten angewendet wird und objektivierbar ist.²³⁹

Um die Ergebnisse der bisher genannten Publikationen gegenüberzustellen, können die üblicherweise verwendeten einmaligen Messungen zur HrQoL an ihren Endpunkten ver-

wendet werden. Insbesondere Vaccaro stellte diese in der Analyse „ARM“ mit dem Endpunkt nach 12 Monaten dar. Im Vergleich sind diese Ergebnisse mit denen von o.g. Autoren und unseren tabellarisch abgebildet:

Autoren	NDI					SF-36 ksk		SF-36 psk	
	Eigene	De Bonis	Stein	Molinari	Vaccaro	eigene	Vaccaro	eigene	Vaccaro
OP	14,15	25 - 50	(18,4)	18,1	27,26	34,18	38,59	41,69	48,76
konservativ	17,29	0 - 24	-	13	32,98	35,5	39,93	42,7	46,65
Signifikanzniveau	0,307	-	-	0,26	0,307	0,685	0,639	0,893	0,336

Tabelle 5: Gegenüberstellung der Ergebnisse der HrQoL verschiedener Autoren: NDI, SF-36 physische (ksk) und psychische (psk) Summenskala nach operativer und konservativer Behandlung. **Grün:** besserer Wert, **rot:** schlechterer Wert. **Orange:** ausgeglichener Wert. **Unterste Zeile:** Signifikanzniveau

Somit hatten wir und Vaccaro einen besseren NDI bei den operativen Patienten als bei den nicht-operativen, während De Bonis und Molinari dazu konträre Ergebnisse vorwiesen. In dieser Analyse zeigte sich bei keinem der Autoren eine Signifikanz. Im SF-36 körperliche und psychische Summenskala zeigte sich jeweils bei uns wie auch bei Vaccaro ein nahezu ausgeglichenes Ergebnis zwischen den Behandlungsgruppen. Auch hier ergab sich kein signifikanter Outcome-Unterschied, ob konservativ oder operativ behandelt.

Als weiteres generisches Instrument zur Beurteilung der physischen und auch psychischen Lebensqualität benutzten wir den EQ-5D-3L. Im Vergleich zum SF-36 ist er in seiner Struktur und dem Layout zwar deutlich einfacher, er besteht aus 5 Fragen mit 3 (Likert-) Antwortmöglichkeiten, ist aber ebenso mehrfach und hoch validiert und ist nach wie vor einer der am häufigsten benutzten Instrumente zur Abschätzung der allgemeinen und nicht-krankheitsbezogenen gesundheitsbezogenen Lebensqualität.^{32,175,183} Die Variabilität des Messinstrumentes wird in den insgesamt 243 Möglichkeiten des Gesundheitszustandes deutlich.^{180,182} Unter anderem findet er Anwendung in der Patientenbeurteilung des DWG-Registers der Deutschen Gesellschaft für Wirbelsäulenchirurgie.²⁴⁰

Der Vorteil der Operation zeigt sich in diesem Instrument erneut. Im Gegensatz zum ausgeglichenen SF-36, aber ebenso wie im NDI profitierten die operativen Patienten. Im Messbereich von 0 bis 1,000 erreichten sie einen Wert im oberen Drittel mit 0,674 gegenüber 0,553 der Nicht-operativen. Deutlicher noch zu erkennen war dies bei den über 80-jährigen (0,697 vs 0,515), weniger aber immer noch bei den 65- bis 79-jährigen (0,655 vs 0,604).

Zur Ergänzung aber auch Objektivierung der o.g. PROMS, welche mehr die subjektive Einschätzung der Patienten wiedergeben, überprüften wir den Barthel-Index, welcher die Selbstständigkeit in alltäglichen Verrichtungen, resp. Beurteilung der Hilfsbedürftigkeit älterer Patienten sehr gut einzuschätzen weiß. Das im deutschsprachigen Raum weit verbreitete und bekannte Instrument wird neben der Einordnung zur Rehabilitationsfähigkeit und Pflegeaufwands-Berechnung auch zur Evaluation von Behandlungsergebnissen bei spinalen Erkrankungen eingesetzt.^{157,159,161,162} Auch in Falle des Barthel-Index zeigten unsere Patienten nach einer Operation einen höheren Wert, in diesem Falle eine höhere Fähigkeit zur Ausführung alltäglicher Aktivitäten (89,25 vs 87,14), wenngleich nicht so ausgeprägt

Ein funktionelles Ergebnis evaluierten auch Seybold, Kim und De Bonis in ihren jeweiligen Arbeiten mit der Smiley-Webster-Skala.^{117,142,236} Wie bereits erwähnt, ist die Anwendbarkeit für Densfrakturen eingeschränkt. Die Smiley-Webster-Skala wurde in allen Publikationen modifiziert. Die Validität ist durchaus in Frage zu stellen, da sich die Zuteilung zu den Webster-Original-Skalen I – IV mit den Termini „*Exzellent*, *Gut*, *Mäßig* und *Schlecht*“ und deren ursprüngliche Interpretation in den genannten Publikationen durchweg ändert. Der kleinste gemeinsame Nenner ist „*die Rückkehr zum vorhergehenden Aktivitäts-Level*“, resp. „*die Rückkehr in den Beruf*“ (Anhang 18-21).

Seybold untersuchte 46 Patienten nach, von denen 28 Patienten 60 Jahre und älter waren. In dieser Gruppe hatten die Patienten ein „gutes“ bis „exzellentes“ Ergebnis, die operativen Patienten schnitten bei ihm ebenfalls besser ab (OP vs konservativ: 1,57 vs 1,75 von 4 Punkten)¹⁴². Die Studienkohorte von Kim umfasste 31 Patienten, von denen

16 Patienten operativ und 15 nicht-operativ behandelte wurde und auch er erzielte bessere Ergebnisse in der Smiley-Webster-Skala nach Operation mit ebenfalls gutem bis exzellentem Ergebnissen (1,4 vs 1,8).²³⁶ Zu einem gegenteiligen Ergebnis kam De Bonis in seiner Patientengruppe der über 65-jährigen. Neben dem o.g. schlechterem NDI hatten die operativen Patienten auch ein schlechteres Ergebnis in der Smiley-Webster-Skala: Während die konservativ behandelten Patienten zu 88,9% (Orthese) und 81,8% (Halo fixateur) ein gutes bis exzellentes Ergebnis hatten, konnte dies nur zu 75% der occipito-zervikal operierten Patienten erreicht werden. Patienten mit dorsaler HW1/2-Fusion und ventraler Zugschrauben-Osteosynthese hatte sogar noch schlechtere Ergebnisse (59,1%, resp. 47,6%). D.h. letztere beiden operativen Patientengruppen hatten ein mäßiges bis schlechtes Ergebnis.¹¹⁷

Wie der Barthel-Index bemisst der CSOQ der Wiener Arbeitsgruppen –zumindest teilweise- die Fähigkeiten, resp. Einschränkungen zur Ausführung alltäglicher Aktivitäten im Vergleich zu vor der Verletzung in drei Abstufungen (*activity of daily living: keine Einschränkungen, Einschränkungen in gewissen Aktivitäten und Einschränkungen in fast allen Aktivitäten*). Des Weiteren wurden Schmerz-Level, körperlichen und psychischen Beeinträchtigungen evaluiert.²³⁵ Während Aldrian 2012 in seiner vergleichenden Arbeit noch Patienten jeglichen Alters untersuchte und die operativen Patienten mit einem Altersdurchschnitt von 64 Jahren hierbei ein –nicht signifikantes- besseres funktionelles Ergebnis hatten als die konservativ behandelten (20,3 vs 23,3, höher = schlechter), filterte Joestl aus der zeitlich erweiterten, jedoch gleichen Patientenkohorte die 65-jährigen und älteren Patienten und untersuchte diese. 73 von 80 Patienten wurden nach operativer und nicht-operativer Behandlung der CSOQ-Evaluation unterzogen. In der Gesamtheit waren die älteren Patienten im Durchschnitt zwar schlechter (23,4 vs 21,8), auch erreichten nur 81% gegenüber 84% der Gesamtkohorte das Level vor der Dens-Verletzung und eingeschränkt waren 19% der älteren gegenüber 16% aller Patienten aber im Vergleich zwischen dem operativen und nicht-operativem Behandlungsarm profitierten nun die operativen im funktionellen Ergebnis signifikant (18,1 vs 28,7; $p < 0,05$).^{223,234}

4.4.1 Einflussgrößen auf die Lebensqualität

Potentielle Einflussgrößen auf die Lebensqualität wurden untersucht. Aufgrund der geringeren Kohortengrößen war dies statistisch ausschließlich in der Gesamtheit der Patienten und nicht behandlungsbezogen vergleichend sinnvoll.

Wie zu erwarten, zeigten Patienten ohne *Begleitverletzungen* und ohne *Komplikationen* während des stationären Aufenthaltes in fast allen Skalen eine bessere Lebensqualität.

Die *Komorbidität* betreffend, schnitten Patienten mit einer mäßigen Vorerkrankungs-Last (Gruppe III, s Kapitel 2.2 und Kapitel 3.3.1.1) in allen Skalen mit Abstand am besten ab. Erwartungsgemäß besser als Patienten mit hoher Vorerkrankungs-Last (Gruppe IV), aber auch besser als die mit geringer (Gruppe II) und sehr geringer Last (Gruppe I). Gerade die letztgenannte Gruppe schnitt in fast allen Skalen am schlechtesten ab. Selbstredend wird die Lebensqualität bei vorbestehender schwerer körperlicher Einschränkung durch eine HW2-Fraktur und -Behandlung nicht verbessert. Überraschenderweise verschlechtert sich jedoch die Lebensqualität, je weniger Vorerkrankungen vorlagen.

Möglicherweise spielt hier die subjektive Wahrnehmung der Relation der Schwere der akuten Verletzung zur den vorbestehenden Erkrankungen eine Rolle; d.h. je weniger ein Patient zuvor mit Erkrankungen belastet war, desto mehr trifft ihn diese potentiell lebensbedrohliche und beweglichkeits-einschränkende Verletzung, während Patienten, welche bereits eine Krankheits- und Behandlungs-Biographie aufweisen, einen besser kompensierten Umgang mit der akuten Verletzung mit subjektiv weniger Einschränkungen haben könnten.

Individuelle Persönlichkeitsstrukturen und Coping-Strategien werden durch keinen der HrQoL-Skalen erfasst. So ändern sich die subjektiven Wahrnehmungen der Verletzungen je nach Selbstattribution einer eher eigenverantwortlich-aktiven oder mehr ängstlich-passiven Kontrollüberzeugung. Entsprechend wurde festgestellt, dass physische Funktionsfähigkeiten älterer Patienten durchaus positiv durch eine positive Eigenwahrnehmung des Alters (*SPA = self-perceptions of aging*) beeinflusst werden und sogar protektiv wirken.^{241–243} Entsprechend ist dies auch in umgekehrter Weise anerkannt, demzufolge

eine negative SPA einen entsprechend negativen Einfluss auf den Gesundheitsstatus bewirkt.^{244,245} Darüber hinaus beeinflusst die Anzahl der Vorerkrankungen die Dynamik einer solchen Selbstwahrnehmung; je mehr Vorerkrankungen vorliegen, desto negativer ist die SPA.²⁴⁶

Bemerkenswert und auch in der Literatur immer wieder Gegenstand von Kontroversen, die Relevanz der *knöchernen Ausheilung*, in diesem Falle, der Einfluss der Fusion auf die Lebensqualität.^{107,113,225,228} In unserer Studiengruppe waren die Ergebnisse der Pseudarthrose-Patienten in allen HrQoL-Skalen denen der Fusions-Patienten mindestens gleichwertig, wenn nicht überlegen, so dass die Annahme gestützt wird, dass die knöchernen Ausheilung für das subjektive empfundene Wohlbefinden des Patienten nicht primär relevant ist (s Kapitel 4.3).

4.5 Interpretation der Lebensqualität-Skalen

4.5.1 Korrelation

Bei den teilweise inhomogenen Ergebnissen sicherten wir die Validität unserer Lebensqualität-Daten, indem wir die Reliabilität der 4 Messinstrumente mittels Korrelationsanalyse nachwiesen. So unterschiedlich die Fragebögen, der Umfang und der Zeitbedarf der verschiedenen HrQoL-Instrumente waren, desto beachtlicher war die durchweg signifikante Ergebnis-Korrelation zueinander. Der *EQ-5D-3L* korrelierte hoch mit *NDI* und *Barthel-Index*. Zu den *SF-36* körperlichen Summenskalen korrelierten alle Instrumente auf mittlerem Niveau, zur *SF-36 psychischen Summenskala* bestand noch eine schwache, aber auch signifikante Korrelation. Erwartet und bestätigt wurde als korrekte „Negativ-Kontrolle“ die fehlende Korrelation zwischen *SF-36 körperlicher und psychischer Summenskala*.

		Barthel-Index	NDI	EQ-5D-3L	SF-36 KSK	SF-36 PSK
Barthel-Index	Korrelationskoeffizient	1,000	-,589**	,757**	,493**	0,339
	Sig. (2-seitig)		0,000	0,000	0,004	0,053
NDI	Korrelationskoeffizient		1,000	-,762**	-,570**	-,391*
	Sig. (2-seitig)			0,000	0,001	0,024
EQ-5D-3L	Korrelationskoeffizient			1,000	,507**	,481**
	Sig. (2-seitig)				0,003	0,005
SF-36 KSK	Korrelationskoeffizient				1,000	-0,086
	Sig. (2-seitig)					0,633
SF-36 PSK	Korrelationskoeffizient					1,000
	Sig. (2-seitig)					

Tabelle 6: Korrelation der 4 HrQoL-Skalen zueinander: Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L und SF-36 körperlicher Summenscore (KSK) und SF-36 psychischer Summenscore (PSK). Korrelationskoeffizient der einzelnen Skalen zueinander (0,000: keine Korrelation, $\pm 1,000$: höchste Korrelation) sowie das jeweilige Signifikanzniveau (*: $<0,05$, **: $<0,005$). Der Korrelationskoeffizient ist bei signifikanter Korrelation in Rot dargestellt.

Darüber hinaus untersuchten wir die Gewichtung der Skalen auf die physisch und auf die psychisch bedingte Lebensqualität hin. Hierzu führten wir Korrelationsanalysen der 4 Hauptinstrumente gegenüber der 8 detaillierten SF-36 Subskalen *-körperliche Rollenfunktion, körperliche Funktionsfähigkeit, körperliche Schmerzen, allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, soziale Funktionsfähigkeit, emotionale Rollenfunktion und psychisches Wohlbefinden-* durch (s. auch Anhang 8).

Die Validität unserer Interview-Daten konnte auch in den Korrelationsanalysen der detaillierten 8 SF-36 Subdimensionen zu den physischen und psychischen SF-36 Summenskalen bestätigt werden. Entsprechend der Verteilung der Subdimensionen zu den Grunddimensionen verhielt sich die Korrelation in unserer Studiengruppe: zur körperlichen Summenskala korrelierten vor allem signifikant die Angaben zur *körperlichen Rollenfunktion* ($r = 0,688, p = 0,000$) und *körperlichen Funktionsfähigkeit* ($r = 0,561, p = 0,001$), zur psychischen Summenskala hingegen die *emotionale Rollenfunktion* ($r = 0,856, p = 0,000$) und das *psychische Wohlbefinden* ($r = 0,699, p = 0,000$) (s. Kapitel 2.5.4 und Anhang 8). Es zeigte sich gewissermaßen eine korrekte „Positiv-Kontrolle“ der Daten.

Bei einem Signifikanzniveau von $p < 0,05$ korrelierten *Barthel-Index, NDI und EQ-5D-3L* mit mindestens 4 der 8 Subdimensionen. Bei Steigerung des Signifikanzniveaus auf $p \leq 0,001$ zeigte der *NDI* noch mit 2 Subdimensionen eine Korrelation zur *körperlichen Funktionsfähigkeit und Vitalität*, der *EQ-5D-3L* zur *körperliche Funktionsfähigkeit und psychischem Wohlbefinden*. Beide adressierten somit die Lebensqualität in physischer wie auch in psychischer Hinsicht. Der *Barthel-Index*, als Instrument zur objektiven Beurteilung der Bewältigung der Alltagstätigkeiten, zeigte in drei Subdimensionen eine Korrelation, insbesondere und mit starker Korrelation in der *körperlichen Funktionsfähigkeit* ($r = 0,790, p = 0,000$).

4.5.2 Vergleich

In körperlicher und auch psychischer Hinsicht erreichte der umfangreiche und differenzierte *SF-36* im Vergleich die meisten Aspekte der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Neben dem *EQ-5D* gehört diese Instrument zu den meistbenutzten zur Evaluation der HrQoL.^{178,201,203,247} Die Validität und auch Reliabilität ist, insbesondere für vis-a-vis-Interviews gegenüber telefonischen, mit und ohne Hilfe, hinreichend evident.¹⁵⁴ Wie in der Arbeit von Vaccaro genutzt, ist diese Instrument insbesondere für Verlaufsbeobachtung mit Basispunkt und definierten Zeiträumen zur Registrierung von Veränderungen geeignet, aber auch zur allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und somit ganzheitliche Betrachtungsweise.³⁵ In unserer Arbeit zeigte sich dieses Instrument jedoch in der

Durchführung mit dem Patienten sehr komplex. Der Vorteil der differenzierten und verschachtelten 36 Fragen mit zumeist 5 abgestuften Antwortmöglichkeiten ist die ausgezeichnete Reliabilität, die wohl allgemeinste Lebensqualität nach WHO abzubilden und getrennt voneinander, ein physisches und ein psychisches Ergebnis bereitzustellen. Der psychische Aspekt der Einschränkungen wurde kategorisch durch Fragen zum „*seelischen Wohlbefinden*“ mit Fragen nach Angst oder Niedergeschlagenheit (SF-36, 5a-c) wie auch zum emotionalen Befinden mit Termini wie „...*niedergeschlagen, heiter, entmutigt, traurig, glücklich...*“ (SF-36, 9c,f,g) erfasst, aber auch der Einfluss „*seelischer Probleme*“ auf soziale Kontakte (SF-36, 6 und 10) wurden festgehalten, ebenso wie Fragen zur allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und Vitalität (SF-36, 1, 11a-d und 9a,e,g,i). Der Einschätzung der physischen Leistungsfähigkeit wird der SF-36 unzweifelhaft gerecht, kein anderes verwendetes Instrument bildet den körperlichen Aspekt so vielfältig und differenziert ab. Mindestens 21 der 36 Fragen beziehen sich hierauf und geben den Patienten zusätzlich bis zu 6 abgestufte Antwort-Möglichkeiten. Zur isolierten und differenzierten Einschätzung der ADL finden sich jedoch nur wenige direkte Fragen ((#3d,e,g,h,i,j: *Treppensteigen, Mobilität zu Fuß, Baden oder Anziehen*) und betrifft mit 6 Fragen nur eine der 8 Subdimensionen und diese auch nur teilweise. Diese Dimension, die *körperliche Funktionsfähigkeit*, wird zusätzlich durch zwei Fragen zu *Anstrengungen bei Tätigkeiten* und einer Frage zu *Einkaufstaschen tragen* zu insgesamt 10 Fragen, resp. items komplettiert. Entsprechend bestand ausschließlich eine mäßige Korrelation zwischen SF-36 *körperlicher Summenskala* und den anderen Skalen. Begrenzend musste jedoch in den Patienten-Interviews registriert werden, dass die vermeintlichen Wiederholungen von ähnlichen Fragen mit vielen bis sehr vielen Antwortmöglichkeiten (5- bis 6-stufige Likert Skalen) stellenweise die betagten Patienten verunsicherten und verwirrten. Insbesondere wiederholte Fragen zur *emotionalen* und *körperlichen Rollenfunktion*, zur *sozialen Funktionsfähigkeit* und zur *allgemeinen Gesundheitswahrnehmung* zeigen eine hohe Ähnlichkeit und führten zu widersprüchlichen und bisweilen nicht nachvollziehbaren Antworten.

Als einziges krankheitsspezifisches Instrument ermittelt der NDI die durch HWS-Schmerzen bedingten Einschränkungen. Er bot zwar keine expliziten Fragen zur emotionalen Verfassung, das *psychische Wohlbefinden* wurde dennoch durch die 6-stufigen Likert-

Fragen zu „Kopfschmerzen, Schlaf und Konzentration“ (Fragen #5, 6, 9) moderat erfasst ($r = 0,447$, $p = 0,009$) und es konnte eine schwache Korrelation zur *SF-36 psychische Summenskala* festgestellt werden. Über die ADL-Tätigkeiten zur Selbstversorgung hinaus (Frage #2: *Persönliche Körperpflege*, z.B. *Waschen, Anziehen*) waren weitere Parameter der körperlichen Verrichtungen das *Heben, Arbeiten, Autofahren* sowie *Freizeit* (Fragen #3, 7, 8, 10). Wie im SF-36 überforderten die 6 Abstufungen der Antwortmöglichkeiten mitunter die älteren Patienten. Trotz zahlreicher Fragen werden weniger die Funktionen im Alltag als vielmehr Zusatz-, resp. Komfort-Funktionen erfragt.

Im Gegensatz zu beiden vorgenannten Skalen deckt der *EQ-5D-3L* in einem sehr kurzen Fragebogen mit überschaubaren und verständlichen 3 Antwortmöglichkeiten sowohl physische als auch psychische Aspekte ab. Das Instrument befasst sich zwar in nur einer von 5 Fragen mit dem emotionalen Zustand (Frage #5: *Angst / Niedergeschlagenheit*), dennoch zeigt sich hier eine starke und hoch signifikante Korrelation mit dem *SF-36 psychischen Wohlbefinden* ($r = 0,657$, $p = 0,000$). Zur Beurteilung der Bewältigung der Alltags-tätigkeiten -oder ADL's- erfasste der *EQ-5D-3L* die entsprechenden Tätigkeiten in Frage #1: *Beweglichkeit / Mobilität*, Frage #2: *Für sich selbst sorgen* sowie Frage #3: *Allgemeine Tätigkeiten (Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten)*.

Der *EQ-5D-3L* und der *NDI*, als „Misch-Instrumente“ zur Erfassung der ADL und darüber hinaus auch weiterer körperliche Tätigkeiten, zeigten folglich eine starke Korrelation zueinander ($r = 0,762$, $p = 0,000$).

Die Einschätzung der körperlichen Einschränkungen, resp. Leistungsfähigkeit werden im *Barthel-Index* systematisch und mit einfachen 3-fach Likert- oder dichotomen Fragen als explizites Vermögen zur Selbstversorgung evaluiert. In 10 Einzelfragen werden systematisch tägliche Alltagsverrichtungen nach dem morgendlichen Aufwachen mit Badtoilette, Hygiene, Anziehen über Mobilität bis zum Essen und Urin- und Stuhlkontrolle differenziert evaluiert. Die Ergebnisse sind höchst valide, da sie sich am ehesten objektivieren lassen und weniger von subjektiven Stimmungslagen beeinflussbar sind. Dies spiegelt sich wider in der vergleichsweise schwächeren, jedoch noch verwertbaren Analyse der

psychischen Verfassung des Patienten mit mittlere Korrelation zur *Vitalität* und *psychischem Wohlbefinden*. Erwartungsgemäß konnte keine Korrelation zur *SF-36 psychischer Summenskala* festgestellt werden. Im Vergleich zu den anderen Haupt-Skalen zeigte sich die stärkste Korrelation zur *SF-36 körperlichen Funktionsfähigkeit* ($r = 0,790$, $p = 0,000$). EQ-5D-3L, NDI und SF-36 erreichten zu dieser Dimension nur eine mittlere Korrelation ($r = 0,560$ bis $0,634$, $p \leq 0,001$). Auch zu den anderen körperlichen Dimensionen, der *körperliche Rollenfunktion* und *Vitalität*, war der Barthel-Index mit einer höheren Korrelation dem EQ-5D-3L und NDI überlegen. Das Instrument bietet den großen Vorteil seiner weiten Verbreitung, die Möglichkeit der nicht-berufs-gebundenen Durchführung und der wenigen Fehlermöglichkeiten. Der Kern dieses Instrumentes ist die objektivierbar selbstständige Alltagstauglichkeit des Patienten und unterliegt weniger der subjektiven Einschätzung und deren Störfaktoren (SPA). Trotzdem konnten wir eine Korrelation mit den anderen HrQoL-Instrumenten feststellen, welche mehr als ausreichend war, insbesondere die starke Korrelation zwischen Barthel-Index und EQ-5D-3L ($r = 0,757$, $p = 0,000$).

4.5.3 Einschätzung

Das Ziel unserer Arbeit war es, die Lebensqualität der behandelten HW2-Frakturen zu bemessen und zwischen verschiedenen Behandlungsmodalitäten zu vergleichen. Hierfür war es wichtig, neben der subjektiven Selbst-Einschätzung ein zusätzliches Instrument ohne Störfaktoren zu nutzen und hierbei die Aufmerksamkeit auf die tatsächliche Alltagsfähigkeiten zu richten. Dies insbesondere für Patienten, welche aufgrund ihres Alters bereits an der Schwelle zur Hilfsbedürftigkeit stehen.

Mit insgesamt 4 psychometrisch validierten Instrumenten führten wir die Lebensqualitäts-Analyse nach Behandlungen von HW2-Frakturen durch. Alle 4 Instrumente gehören zu den am häufigsten genutzten in der Literatur.^{161,178,235,248,249} Durch die positive interinstrumentelle Überprüfung der Reliabilität wurde die Validität unserer Interview-Daten gesichert. In dieser Form ist dies bisher nicht erfolgt.

Es sollte jedoch bedacht werden, dass die Interview-Situation mit insgesamt 4 Instrumenten und einer durchschnittlichen Interview-Zeit von etwa 30 Minuten mit Wiederholungen von ähnlichen und auch gleichen Fragen, durchaus die Konzentration und Stringenz des Interviews und in der Folge die Schlüssigkeit der Ergebnisse beeinflussen kann. Ferner sind zu den positiven Ergebnissen der Korrelationsanalysen zu bedenken, dass selbstverständlich eine körperliche Einschränkung die psychischen Lebensqualität negativ beeinflussen und insofern die Korrelation zwischen Barthel-Index und der SF-36 Subdimension *psychisches Wohlbefinden* nur ein mittelbarer Zusammenhang darstellen kann.

In der Gesamtheit, mit den Ergebnissen der Korrelationsanalysen zu den SF-36 Subdimensionen, würden wir für unsere Zwecke eine Kombination aus Barthel-Index und EQ-5D-3L bevorzugen, da (1) rein statistisch-quantitativ eine breiter Bereich physischer und psychischer Aspekte mit hoher Korrelation abgedeckt würde, (2) die Instrumente ohne wesentliche Wiederholungen von Fragen, resp. items anzuwenden wären und (3) der für ältere Patienten wichtige Vorteil der dichotomen oder höchstens drei Antwortmöglichkeiten bestünde. Somit würde diese Kombination sowohl die wichtige Selbstwahrnehmung der Patienten, aber auch das objektivierbare funktionelle Ergebnis umfänglich abbilden.

Literaturverzeichnis

1. Joaquim AF, Ghizoni E, Tedeschi H, et al. Upper cervical injuries - a rational approach to guide surgical management. *The journal of spinal cord medicine*. 2014;37(2):139-151.
2. Aebi M, Nazarian S. Klassifikation der Halswirbelsäulenverletzungen. *Der Orthopäde*. 1987;16(1):27-36.
3. Lomoschitz FM, Blackmore CC, Mirza SK, Mann FA. Cervical spine injuries in patients 65 years old and older: epidemiologic analysis regarding the effects of age and injury mechanism on distribution, type, and stability of injuries. *AJR. American journal of roentgenology*. 2002;178(3):573-577.
4. Spivak JM, Weiss MA, Cotler JM, Call M. Cervical spine injuries in patients 65 and older. *Spine*. 1994;19(20):2302-2306.
5. Golob JF, Claridge JA, Yowler CJ, Como JJ, Peerless JR. Isolated cervical spine fractures in the elderly: a deadly injury. *The Journal of trauma*. 2008;64(2):311-315.
6. Wang H, Xiang Q, Li C, Zhou Y. Epidemiology of traumatic cervical spinal fractures and risk factors for traumatic cervical spinal cord injury in China. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2013;26(8):E306-13.
7. Brohi K, Wilson-Macdonald J. Evaluation of unstable cervical spine injury: a 6-year experience. *The Journal of trauma*. 2000;49(1):76-80.
8. Sokolowski MJ, Jackson AP, Haak MH, Meyer PR, Sokolowski MS. Acute mortality and complications of cervical spine injuries in the elderly at a single tertiary care center. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2007;20(5):352-356.
9. Malik SA, Murphy M, Connolly P, O'Byrne J. Evaluation of morbidity, mortality and outcome following cervical spine injuries in elderly patients. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2008;17(4):585-591.
10. Ryan MD, Henderson JJ. The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Injury*. 1992;23(1):38-40.
11. Goldberg W, Mueller C, Panacek E, Tigges S, Hoffman JR, Mower WR. Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. *Annals of emergency medicine*. 2001;38(1):17-21.

12. White AA, Johnson RM, Panjabi MM, Southwick WO. Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. *Clinical orthopaedics and related research*. 1975;(109):85-96.
13. Passias PG, Poorman GW, Segreto FA, et al. Traumatic Fractures of the Cervical Spine: Analysis of Changes in Incidence, Cause, Concurrent Injuries, and Complications Among 488,262 Patients from 2005 to 2013. *World neurosurgery*. 2018;110:e427-e437.
14. Menendez ME, Neuhaus V, van Dijk CN, Ring D. The Elixhauser comorbidity method outperforms the Charlson index in predicting inpatient death after orthopaedic surgery. *Clinical orthopaedics and related research*. 2014;472(9):2878-2886.
15. Schneeweiss S, Maclure M. Use of comorbidity scores for control of confounding in studies using administrative databases. *International journal of epidemiology*. 2000;29(5):891-898.
16. Nikkel LE, Fox EJ, Black KP, Davis C, Andersen L, Hollenbeak CS. Impact of comorbidities on hospitalization costs following hip fracture. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 2012;94(1):9-17.
17. Huybregts JGJ, Jacobs WCH, Vleggeert-Lankamp CLAM. The optimal treatment of type II and III odontoid fractures in the elderly: a systematic review. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2013;22(1):1-13.
18. Barlow DR, Higgins BT, Ozanne EM, Tosteson ANA, Pearson AM. Cost Effectiveness of Operative Versus Non-Operative Treatment of Geriatric Type-II Odontoid Fracture. *Spine*. 2016;41(7):610-617.
19. Chan BCF, Craven BC, Furlan JC. A scoping review on health economics in neurosurgery for acute spine trauma. *Neurosurgical focus*. 2018;44(5):E15.
20. Pepin JW, Bourne RB, Hawkins RJ. 1985: Odontoid fractures, with special reference to the elderly patient. *Clinical orthopaedics and related research*. 1985;(193):178-183.
21. Eysel P, Roosen K. Ventrale oder dorsale Spondylodese der Densbasisfraktur--eine neue Klassifikation zur Wahl des chirurgischen Zuganges. *Zentralblatt fur Neurochirurgie*. 1993;54(4):159-165.

22. Jeanneret B, Magerl F. Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: indications, technique, and results of transarticular screw fixation. *Journal of spinal disorders*. 1992;5(4):464-475.
23. Olerud C, Andersson S, Svensson B, Bring J. Cervical spine fractures in the elderly: factors influencing survival in 65 cases. *Acta orthopaedica Scandinavica*. 1999;70(5):509-513.
24. Vaccaro AR, Madigan L, Ehrler DM. Contemporary management of adult cervical odontoid fractures. *Orthopedics*. 2000;23(10):1109-13; quiz 1114-5.
25. Smith HE, Kerr SM, Maltenfort M, et al. Early complications of surgical versus conservative treatment of isolated type II odontoid fractures in octogenarians: a retrospective cohort study. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2008;21(8):535-539.
26. Schoenfeld AJ, Bono CM, Reichmann WM, et al. Type II odontoid fractures of the cervical spine: do treatment type and medical comorbidities affect mortality in elderly patients? *Spine*. 2011;36(11):879-885.
27. Scheyerer MJ, Zimmermann SM, Simmen H-P, Wanner GA, Werner CM. Treatment modality in type II odontoid fractures defines the outcome in elderly patients. *BMC surgery*. 2013;13:54.
28. Schroeder GD, Kepler CK, Kurd MF, et al. A Systematic Review of the Treatment of Geriatric Type II Odontoid Fractures. *Neurosurgery*. 2015;77 Suppl 4:S6-14.
29. Chapman J, Smith JS, Kopjar B, et al. 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*. 2013;38(13):1098-1104.
30. Johnston BC, Patrick DL, Thorlund K, et al. Patient-reported outcomes in meta-analyses-part 2: methods for improving interpretability for decision-makers. *Health and quality of life outcomes*. 2013;11:211.
31. Bullinger M. Das Konzept der Lebensqualität in der Medizin--Entwicklung und heutiger Stellenwert. *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*. 2014;108(2-3):97-103.

32. Bullinger M, Blome C, Sommer R, Lohrberg D, Augustin M. Gesundheitsbezogene Lebensqualität - ein zentraler patientenrelevanter Endpunkt in der Nutzenbewertung medizinischer Maßnahmen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2015;58(3):283-290.
33. Gnass I, Ritschel M, Andrich S, et al. Assessment of patient-reported outcomes after polytrauma: protocol for a systematic review. *BMJ open*. 2018;8(3):e017571.
34. Guo Q, Deng Y, Wang J, et al. Comparison of Clinical Outcomes of Posterior C1-C2 Temporary Fixation Without Fusion and C1-C2 Fusion for Fresh Odontoid Fractures. *Neurosurgery*. 2016;78(1):77-83.
35. Vaccaro AR, Kepler CK, Kopjar B, et al. Functional and quality-of-life outcomes in geriatric patients with type-II dens fracture. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 2013;95(8):729-735.
36. Rizvi SAM, Fredø HL, Lied B, Nakstad PH, Rønning P, Helseth E. Surgical management of acute odontoid fractures: surgery-related complications and long-term outcomes in a consecutive series of 97 patients. *The journal of trauma and acute care surgery*. 2012;72(3):682-690.
37. Raudenbush B, Molinari R. Longer-Term Outcomes of Geriatric Odontoid Fracture Nonunion. *Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation*. 2015;6(4):251-257.
38. Molinari RW, Dahl J, Gruhn WL, Molinari WJ. Functional outcomes, morbidity, mortality, and fracture healing in 26 consecutive geriatric odontoid fracture patients treated with posterior fusion. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2013;26(3):119-126.
39. Iyer S, Hurlbert RJ, Albert TJ. Management of Odontoid Fractures in the Elderly: A Review of the Literature and an Evidence-Based Treatment Algorithm. *Neurosurgery*. 2018;82(4):419-430.
40. Platzer P, Thalhammer G, Ostermann R, Wieland T, Vécsei V, Gaebler C. Anterior screw fixation of odontoid fractures comparing younger and elderly patients. *Spine*. 2007;32(16):1714-1720.
41. Rauschmann M, Winking M, Arand M, Stücker R. *Wirbelsäule interdisziplinär: Operative und konservative Therapie*. Stuttgart: Schattauer; 2017.
42. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK. The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. *Journal of neurosurgery*. 1996;85(2):221-224.

43. Bloch O, Holly LT, Park J, Obasi C, Kim K, Johnson JP. Effect of frameless stereotaxy on the accuracy of C1-2 transarticular screw placement. *Journal of neurosurgery*. 2001;95(1 Suppl):74-79.
44. Yeom JS, Buchowski JM, Kim H-J, Chang B-S, Lee C-K, Riew KD. Risk of vertebral artery injury: comparison between C1-C2 transarticular and C2 pedicle screws. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2013;13(7):775-785.
45. Lunardini DJ, Eskander MS, Even JL, et al. Vertebral artery injuries in cervical spine surgery. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2014;14(8):1520-1525.
46. Dickman CA, ed. *Surgery of the craniovertebral junction*. New York: Thieme; 1998.
47. Amling M, Hahn M, Wening VJ, Grote HJ, Delling G. 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. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1994;76(12):1840-1846.
48. Wening V, Amling M, Jungbluth KH, Delling G. Zur Morphologie der operativ versorgten Densfraktur. *Unfallchirurgie*. 1994;20(3):125-130.
49. Amling M, Pösl M, Wening VJ, Ritzel H, Hahn M, Delling G. Structural heterogeneity within the axis: the main cause in the etiology of dens fractures. A histomorphometric analysis of 37 normal and osteoporotic autopsy cases. *Journal of neurosurgery*. 1995;83(2):330-335.
50. Anderson LD, D'Alonzo RT. Fractures of the odontoid process of the axis. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1974;56(8):1663-1674.
51. Clark CR, White AA. Fractures of the dens. A multicenter study. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1985;67(9):1340-1348.
52. Benzel EC, Hart BL, Ball PA, Baldwin NG, Orrison WW, Espinosa M. Fractures of the C-2 vertebral body. *Journal of neurosurgery*. 1994;81(2):206-212.
53. Scholz M, Kandziora F, Hildebrand F, Kobbe P. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule : Update zu Diagnostik und Management. *Der Unfallchirurg*. 2017;120(8):683-700.
54. Böhler J. Schraubenosteosynthese von Frakturen des Dens axis. *Unfallheilkunde*. 1981;84(6):221-223.

55. Knöringer P. Zur Behandlung frischer Frakturen des Dens axis durch Kompressions-schraubenosteosynthese. *Neurochirurgia*. 1984;27(3):68-72.
56. Meyer C, Oppermann J, Meermeyer I, Eysel P, Müller LP, Stein G. Therapiekonzept und Outcome bei Typ-II-Frakturen des Dens axis. *Der Unfallchirurg*. 2018;121(5):397-402.
57. Effendi B, Roy D, Cornish B, Dussault RG, Laurin CA. Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*. 1981;63-B(3):319-327.
58. Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. Teil 2: knöcherne Verletzungen. *Der Unfallchirurg*. 2010;113(12):1023-39; quiz 1040.
59. Levine AM, Edwards CC. The management of traumatic spondylolisthesis of the axis. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1985;67(2):217-226.
60. 6.3 Upper cervical spine trauma classification systems. In: Chapman JR, Dettori JR, Norvell DC, eds. *Spine Classifications and Severity Measures*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2009.
61. Roy-Camille R, Saillant G, Judet T, Botton G de, Michel G. Elements de pronostic des fractures de l'odontoïde. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*. 1980;66(3):183-186.
62. Hadley MN, Dickman CA, Browner CM, Sonntag VK. Acute axis fractures: a review of 229 cases. *Journal of neurosurgery*. 1989;71(5 Pt 1):642-647.
63. La Caffinière JY de, Seringe R, Roy-Camille R, Saillant G. Physio-pathological study of severe ligament lesions in injuries of the spino-occipital joint: Etude physio-pathologique des lésions ligamentaires graves dans les traumatismes de la charnière occipito-rachidienne. *Revue de chirurgie orthopedique et reparatrice de l'appareil moteur*. 1972;58(1):11-19.
64. Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. [Duplikat] Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. Teil 1: Ligamentäre Verletzungen. *Der Unfallchirurg*. 2010;113(11):931-943.
65. Dickman CA, ed. *Surgery of the craniovertebral junction*. New York: Thieme; 1998.
66. Fielding JW, Hawkins RJ. Atlanto-axial rotatory fixation. (Fixed rotatory subluxation of the atlanto-axial joint). *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 1977;59(1):37-44.

67. Tscherne H, Blauth M, Bastian L, eds. *Wirbelsäule: Mit 62 Tabellen*. Berlin: Springer; 1998. Tscherne Unfallchirurgie; in 12 Bänden / Harald Tscherne ... (Hrsg.).
68. Demetriades D, Charalambides K, Chahwan S, et al. Nonskeletal cervical spine injuries: epidemiology and diagnostic pitfalls. *The Journal of trauma*. 2000;48(4):724-727.
69. Ghobrial GM, Amenta PS, Maltenfort M, et al. Longitudinal incidence and concurrence rates for traumatic brain injury and spine injury - a twenty year analysis. *Clinical neurology and neurosurgery*. 2014;123:174-180.
70. Reynier Y, Lena G, Diaz-Vazquez P, Vincentelli F, Vigouroux RP. Evaluation of 138 fractures of the cervical spine during a recent 5-year period (1979 to 1983). Therapeutic approaches: Bilan de 138 fractures du rachis cervical sur une période récente de 5 ans (1979 à 1983). Attitudes thérapeutiques. *Neurochirurgie*. 1985;31(2):153-160.
71. Sokolowski MJ, Jackson AP, Haak MH, Meyer PR, Szewczyk Sokolowski M. Acute outcomes of cervical spine injuries in the elderly: atlantaxial vs subaxial injuries. *The journal of spinal cord medicine*. 2007;30(3):238-242.
72. McKinley W, Santos K, Meade M, Brooke K. Incidence and outcomes of spinal cord injury clinical syndromes. *The journal of spinal cord medicine*. 2007;30(3):215-224.
73. SCHNEIDER RC, CHERRY G, PANTEK H. The syndrome of acute central cervical spinal cord injury; with special reference to the mechanisms involved in hyperextension injuries of cervical spine. *Journal of neurosurgery*. 1954;11(6):546-577.
74. Roth EJ, Park T, Pang T, Yarkony GM, Lee MY. Traumatic cervical Brown-Sequard and Brown-Sequard-plus syndromes: the spectrum of presentations and outcomes. *Paraplegia*. 1991;29(9):582-589.
75. Medical Research Council. *Aids to the examination of the peripheral nervous system*. London: H. M. S. O; 1943 (1976). Medical Research Council (London). War Memorandum; No. 7.
76. Kunze K, Altenkirch H, eds. *Lehrbuch der Neurologie: 248 Tabellen*. Studienausg. Stuttgart: Thieme; 1992.
77. Trepel M. *Neuroanatomie: Struktur und Funktion ; mit 23 Tabellen*. 2., überarb. Aufl., [2. Nachdr.]. München: Urban & Fischer; 2001.

78. Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, et al. The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I. *Paraplegia*. 1969;7(3):179-192.
79. Kirshblum SC, Burns SP, Biering-Sorensen F, et al. International standards for neurological classification of spinal cord injury (revised 2011). *The journal of spinal cord medicine*. 2011;34(6):535-546.
80. Roberts TT, Leonard GR, Cepela DJ. Classifications In Brief: American Spinal Injury Association (ASIA) Impairment Scale. *Clinical orthopaedics and related research*. 2017;475(5):1499-1504.
81. Kirshenbaum KJ, Nadimpalli SR, Fantus R, Cavallino RP. Unsuspected upper cervical spine fractures associated with significant head trauma: role of CT. *The Journal of emergency medicine*. 1990;8(2):183-198.
82. Davis JW, Phreaner DL, Hoyt DB, Mackersie RC. The etiology of missed cervical spine injuries. *The Journal of trauma*. 1993;34(3):342-346.
83. Blackmore CC, Mann FA, Wilson AJ. Helical CT in the primary trauma evaluation of the cervical spine: an evidence-based approach. *Skeletal radiology*. 2000;29(11):632-639.
84. Mann FA, Cohen WA, Linnau KF, Hallam DK, Blackmore CC. Evidence-based approach to using CT in spinal trauma. *European journal of radiology*. 2003;48(1):39-48.
85. Lammertse D, Dungan D, Dreisbach J, et al. Neuroimaging in traumatic spinal cord injury: an evidence-based review for clinical practice and research. *The journal of spinal cord medicine*. 2007;30(3):205-214.
86. Friedman D, Flanders A, Thomas C, Millar W. Vertebral artery injury after acute cervical spine trauma: rate of occurrence as detected by MR angiography and assessment of clinical consequences. *AJR. American journal of roentgenology*. 1995;164(2):443-7; discussion 448-9.
87. Cohen WA, Giauque AP, Hallam DK, Linnau KF, Mann FA. Evidence-based approach to use of MR imaging in acute spinal trauma. *European journal of radiology*. 2003;48(1):49-60.

88. Kurpad S, Martin AR, Tetreault LA, et al. Impact of Baseline Magnetic Resonance Imaging on Neurologic, Functional, and Safety Outcomes in Patients With Acute Traumatic Spinal Cord Injury. *Global spine journal*. 2017;7(3 Suppl):151S-174S.
89. Feinstein AR. THE PRE-THERAPEUTIC CLASSIFICATION OF CO-MORBIDITY IN CHRONIC DISEASE. *Journal of chronic diseases*. 1970;23(7):455-468.
90. Stausberg J, Hagn S. New Morbidity and Comorbidity Scores based on the Structure of the ICD-10. *PloS one*. 2015;10(12):e0143365.
91. Valderas JM, Starfield B, Sibbald B, Salisbury C, Roland M. Defining comorbidity: implications for understanding health and health services. *Annals of family medicine*. 2009;7(4):357-363.
92. Valderas JM, Mercer SW, Fortin M. Research on patients with multiple health conditions: different constructs, different views, one voice. *Journal of comorbidity*. 2011;1:1-3.
93. Pompei P, Charlson ME, Ales K, MacKenzie CR, Norton M. Relating patient characteristics at the time of admission to outcomes of hospitalization. *Journal of clinical epidemiology*. 1991;44(10):1063-1069.
94. Menendez ME, Neuhaus V, Ring D. Inpatient mortality after orthopaedic surgery. *International orthopaedics*. 2015;39(7):1307-1314.
95. Thompson HJ, Rivara FP, Nathens A, Wang J, Jurkovich GJ, Mackenzie EJ. Development and validation of the mortality risk for trauma comorbidity index. *Annals of surgery*. 2010;252(2):370-375.
96. Austin SR, Wong Y-N, Uzzo RG, Beck JR, Egleston BL. Why Summary Comorbidity Measures Such As the Charlson Comorbidity Index and Elixhauser Score Work. *Medical care*. 2015;53(9):e65-72.
97. Kaplan MH, Feinstein AR. The importance of classifying initial co-morbidity in evaluating the outcome of diabetes mellitus. *Journal of chronic diseases*. 1974;27(7-8):387-404.
98. Charlson ME, Pompei P, Ales KL, MacKenzie CR. A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *Journal of chronic diseases*. 1987;40(5):373-383.
99. Elixhauser A, Steiner C, Harris DR, Coffey RM. Comorbidity measures for use with administrative data. *Medical care*. 1998;36(1):8-27.

100. Quan H, Sundararajan V, Halfon P, et al. Coding algorithms for defining comorbidities in ICD-9-CM and ICD-10 administrative data. *Medical care*. 2005;43(11):1130-1139.
101. Yang M, Mehta HB, Bali V, et al. Which risk-adjustment index performs better in predicting 30-day mortality? A systematic review and meta-analysis. *Journal of evaluation in clinical practice*. 2015;21(2):292-299.
102. Li B, Evans D, Faris P, Dean S, Quan H. Risk adjustment performance of Charlson and Elixhauser comorbidities in ICD-9 and ICD-10 administrative databases. *BMC health services research*. 2008;8:12.
103. White AA, Panjabi MM. *Clinical biomechanics of the spine*. 2nd ed. Philadelphia, Pa.: Lippincott; 1990.
104. Verheyden AP, Hölzl A, Ekkerlein H, et al. Therapieempfehlungen zur Versorgung von Verletzungen der Brust- und Lendenwirbelsäule. *Der Unfallchirurg*. 2011;114(1):9-16.
105. Deng H, Yue JK, Upadhyayula PS, et al. Odontoid fractures in the octogenarian: a systematic review and meta-analysis. *Journal of neurosurgical sciences*. 2016;60(4):543-555.
106. Robinson Y, Robinson A-L, Olerud C. Systematic review on surgical and nonsurgical treatment of type II odontoid fractures in the elderly. *BioMed research international*. 2014;2014:231948.
107. Molinari WJ, Molinari RW, Khera OA, Gruhn WL. Functional outcomes, morbidity, mortality, and fracture healing in 58 consecutive patients with geriatric odontoid fracture treated with cervical collar or posterior fusion. *Global spine journal*. 2013;3(1):21-32.
108. The World Health Organization Quality of Life assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization. *Social science & medicine (1982)*. 1995;41(10):1403-1409.
109. Study protocol for the World Health Organization project to develop a Quality of Life assessment instrument (WHOQOL). *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 1993;2(2):153-159.

110. The World Health Organization Quality of Life Assessment (WHOQOL): development and general psychometric properties. *Social science & medicine (1982)*. 1998;46(12):1569-1585.
111. O'Boyle CA. Assessment of quality of life in surgery. *The British journal of surgery*. 1992;79(5):395-398.
112. Rose M, Köhler K, Köhler F, Sawitzky B, Fliege H, Klapp BF. Determinants of the quality of life of patients with congenital heart disease. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 2005;14(1):35-43.
113. Smith JS, Kepler CK, Kopjar B, et al. Effect of type II odontoid fracture nonunion on outcome among elderly patients treated without surgery: based on the AOSpine North America geriatric odontoid fracture study. *Spine*. 2013;38(26):2240-2246.
114. Osterhoff G, Schnake K, Scheyerer MJ, et al. Empfehlungen zu Diagnostik und Behandlung von Frakturen des Dens axis bei geriatrischen Patienten. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2019.
115. Nourbakhsh A, Shi R, Vannemreddy P, Nanda A. Operative versus nonoperative management of acute odontoid Type II fractures: a meta-analysis. *Journal of neurosurgery. Spine*. 2009;11(6):651-658.
116. Blauth M, Richter M, Kiesewetter B, Lange U. Operative oder konservative Behandlung der Pseudarthrose des Dens axis. Wie gefährlich ist es, eine Denspseudarthrose nicht zu stabilisieren? *Der Chirurg; Zeitschrift für alle Gebiete der operativen Medizin*. 1999;70(11):1225-1238.
117. Bonis P de, Iaccarino C, Musio A, et al. Functional Outcome of Elderly Patients Treated for Odontoid Fracture: A Multicenter Study. *Spine*. 2019;44(13):951-958.
118. Barati K, Arazpour M, Vameghi R, Abdoli A, Farmani F. The Effect of Soft and Rigid Cervical Collars on Head and Neck Immobilization in Healthy Subjects. *Asian spine journal*. 2017;11(3):390-395.
119. Ivancic PC. [BIOMECH] Do cervical collars and cervicothoracic orthoses effectively stabilize the injured cervical spine? A biomechanical investigation. *Spine*. 2013;38(13):E767-74.
120. Holla M, Huisman JMR, Verdonschot N, Goosen J, Hosman AJF, Hannink G. [REVIEW] The ability of external immobilizers to restrict movement of the cervical

- spine: a systematic review. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2016;25(7):2023-2036.
121. DiPaola CP, Sawers A, Conrad BP, et al. [BIOMECH] Comparing cervical spine motion with different halo devices in a cadaveric cervical instability model. *Spine*. 2009;34(2):149-155.
 122. Ryan MD, Taylor TK. Odontoid fractures in the elderly. *Journal of spinal disorders*. 1993;6(5):397-401.
 123. Crockard HA, Heilman AE, Stevens JM. Progressive myelopathy secondary to odontoid fractures: clinical, radiological, and surgical features. *Journal of neurosurgery*. 1993;78(4):579-586.
 124. Hsu WK, Anderson PA. Odontoid fractures: update on management. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2010;18(7):383-394.
 125. Schmolke S, Gossé F. Das besondere Instrument: Der Halo-Fixateur. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 2008;20(1):3-12.
 126. Majercik S, Tashjian RZ, Biffi WL, Harrington DT, Cioffi WG. Halo vest immobilization in the elderly: a death sentence? *The Journal of trauma*. 2005;59(2):350-6; discussion 356-8.
 127. Tashjian RZ, Majercik S, Biffi WL, Palumbo MA, Cioffi WG. Halo-vest immobilization increases early morbidity and mortality in elderly odontoid fractures. *The Journal of trauma*. 2006;60(1):199-203.
 128. DePasse JM, Palumbo MA, Ahmed A-K, Adams CA, Daniels AH. Halo-Vest Immobilization in Elderly Odontoid Fracture Patients: Evolution in Treatment Modality and In-Hospital Outcomes. *Clinical spine surgery*. 2017;30(9):E1206-E1210.
 129. Delcourt T, Bégué T, Saintyves G, Mebtouche N, Cottin P. Management of upper cervical spine fractures in elderly patients: current trends and outcomes. *Injury*. 2015;46 Suppl 1:S24-7.
 130. Patel A, Zakaria R, Al-Mahfoudh R, et al. Conservative management of type II and III odontoid fractures in the elderly at a regional spine centre: A prospective and retrospective cohort study. *British journal of neurosurgery*. 2015;29(2):249-253.

131. BOEHLER J. FRACTURES OF THE ODONTOID PROCESS. *The Journal of trauma*. 1965;5:386-391.
132. Hénaux PL, Cueff F, Diabira S, et al. Anterior screw fixation of type IIB odontoid fractures in octogenarians (modified Smiley– Webster functional scale). *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2012;21(2):335-339.
133. Knöringer P. Die Osteosynthese der Densfraktur mit Doppelgewindeschrauben. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 1990;2(3):178-192.
134. Sasso R, Doherty BJ, Crawford MJ, Heggeness MH. Biomechanics of odontoid fracture fixation. Comparison of the one- and two-screw technique. *Spine*. 1993;18(14):1950-1953.
135. Feng G, Wendlandt R, Spuck S, Schulz AP. One-screw fixation provides similar stability to that of two-screw fixation for type II dens fractures. *Clinical orthopaedics and related research*. 2012;470(7):2021-2028.
136. Tian N-F, Hu X-Q, Wu L-J, et al. [META-ANALYSE:] Pooled analysis of non-union, re-operation, infection, and approach related complications after anterior odontoid screw fixation. *PloS one*. 2014;9(7):e103065.
137. Ardeshiri A, Asgari S, Lemonas E, et al. Elderly patients are at increased risk for mortality undergoing surgical repair of dens fractures. *Clinical neurology and neurosurgery*. 2013;115(10):2056-2061.
138. Stein G, Meyer C, Marlow L, et al. Typ-II-Densfrakturen des alten Menschen und therapiebedingte Mortalität : Konservative oder operative Behandlung. *Der Unfallchirurg*. 2017;120(2):122-128.
139. Guo X, Ni B, Xie N, Lu X, Guo Q, Lu M. Bilateral C1-C2 transarticular screw and C1 laminar hook fixation and bone graft fusion for reducible atlantoaxial dislocation: a seven-year analysis of outcome. *PloS one*. 2014;9(1):e87676.
140. Ni B, Guo X, Xie N, et al. C1-2 transarticular screws combined with C1 laminar hooks fixation: a modified posterior atlantoaxial fixation technique and outcome in 72 patients. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2013;22(2):260-267.

141. Richter M. Dorsale Instrumentierung der Halswirbelsäule mit dem "neon occipito-cervical system". *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 2003;15(1):70-89.
142. Seybold EA, Bayley JC. Functional outcome of surgically and conservatively managed dens fractures. *Spine*. 1998;23(17):1837-45; discussion 1845-6.
143. Lesoin F, Autricque A, Franz K, Villette L, Jomin M. Transcervical approach and screw fixation for upper cervical spine pathology. *Surgical neurology*. 1987;27(5):459-465.
144. Dean Q, Jiefu S, Jie W, Yunxing S. Minimally invasive technique of triple anterior screw fixation for an acute combination atlas-axis fracture: case report and literature review. *Spinal cord*. 2010;48(2):174-177.
145. Herren C, Pishnamaz M, Lichte P, et al. Die ventrale "Triple-/Quadruple"-Schraubenosteosynthese für die traumatische C1-C2-Kombinationsverletzung des geriatrischen Patienten: erste operative Erfahrungen mit 16 Patienten. *Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie*. 2015;153(5):533-539.
146. Baek SH, Yoo SH, Cho KR, Shin JJ. Cerebellar infarction after posterior direct reduction and fixation to treat an unstable Jefferson fracture: a case report. *Acta neurochirurgica*. 2018;160(3):471-477.
147. Nassr AN, Swann PP, Huston J, Abdelfatah MM, Rose PS, Currier BL. Aberrant posterior inferior cerebellar artery injury with C1 lateral mass screw placement: a case report and review of the literature. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2014;14(9):e7-14.
148. van Walraven C, Austin PC, Jennings A, Quan H, Forster AJ. A modification of the Elixhauser comorbidity measures into a point system for hospital death using administrative data. *Medical care*. 2009;47(6):626-633.
149. Menendez ME, Ring D, Harris MB, Cha TD. Predicting In-Hospital Mortality in Elderly Patients With Cervical Spine Fractures: A Comparison of the Charlson and Elixhauser Comorbidity Measures. *Spine*. 2015;40(11):809-815.
150. Southern DA, Quan H, Ghali WA. Comparison of the Elixhauser and Charlson/Deyo methods of comorbidity measurement in administrative data. *Medical care*. 2004;42(4):355-360.

151. Chu Y-T, Ng Y-Y, Wu S-C. Comparison of different comorbidity measures for use with administrative data in predicting short- and long-term mortality. *BMC health services research*. 2010;10:140.
152. Sharabiani MTA, Aylin P, Bottle A. Systematic review of comorbidity indices for administrative data. *Medical care*. 2012;50(12):1109-1118.
153. Kim C-Y, Sivasundaram L, LaBelle MW, Trivedi NN, Liu RW, Gillespie RJ. Predicting adverse events, length of stay, and discharge disposition following shoulder arthroplasty: a comparison of the Elixhauser Comorbidity Measure and Charlson Comorbidity Index. *Journal of shoulder and elbow surgery*. 2018;27(10):1748-1755.
154. Seymour DG, Ball AE, Russell EM, Primrose WR, Garratt AM, Crawford JR. Problems in using health survey questionnaires in older patients with physical disabilities. The reliability and validity of the SF-36 and the effect of cognitive impairment. *Journal of evaluation in clinical practice*. 2001;7(4):411-418.
155. MAHONEY FI, BARTHEL DW. FUNCTIONAL EVALUATION: THE BARTHEL INDEX. *Maryland state medical journal*. 1965;14:61-65.
156. MDK Kompetenz-Centrum Geriatrie. Assessments in der Geriatrie: Bereich - Selbstversorgung. https://kcgeriatrie.de/Assessments_in_der_Geriatrie/Seiten/Bereich_-_Selbstversorgung.aspx.
157. InEK – Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus. Katalog zur Risikoadjustierung für Pflegeaufwand (Pflegelast-Katalog). https://www.g-drg.de/.../Erläuterungen_Pflegelast-Katalog_Version_0_99_180329.pdf.
158. Moskopp D, Wassmann H. *Neurochirurgie*. 2. Aufl. Stuttgart: Schattauer GmbH; 2015. Neurologie. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783794582693.
159. Bensch TNM. *Ergebnisqualität einer orthopädischen stationären Rehabilitation nach den Kriterien des TK EVA-Reha®-Qualitätsprojektes*.
160. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule: S1-Leitlinie. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-028l_S1_Verletzungen-der-thorakolumbalen-Wirbelsäule_2019-02_.pdf.
161. Bhandari A, Garg RK, Malhotra HS, et al. Outcome assessment in conservatively managed patients with cervical spine tuberculosis. *Spinal cord*. 2014;52(6):489-493.

162. Kaźmierczak K, Lisiński P. Leisure time physical activity of people with chronic spinal cord injuries. *Clinical neurology and neurosurgery*. 2018;170:7-12.
163. Sobottke R, Csécsei G, Kaulhausen T, et al. Wirbelsäulen Chirurgie bei Patienten in höherem Lebensalter: Sind operative Eingriffe an der alternden Wirbelsäule komplikationsträchtig? *Der Orthopäde*. 2008;37(4):367-373.
164. Vernon H, Mior S. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 1991;14(7):409-415.
165. Swanenburg J, Humphreys K, Langenfeld A, Brunner F, Wirth B. Validity and reliability of a German version of the Neck Disability Index (NDI-G). *Manual therapy*. 2014;19(1):52-58.
166. Young BA, Walker MJ, Strunce JB, Boyles RE, Whitman JM, Childs JD. Responsiveness of the Neck Disability Index in patients with mechanical neck disorders. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2009;9(10):802-808.
167. Young IA, Cleland JA, Michener LA, Brown C. Reliability, construct validity, and responsiveness of the neck disability index, patient-specific functional scale, and numeric pain rating scale in patients with cervical radiculopathy. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2010;89(10):831-839.
168. Donk R, Verbeek A, Verhagen W, Groenewoud H, Hosman A, Bartels R. The Qualification of Outcome after Cervical Spine Surgery by Patients Compared to the Neck Disability Index. *PloS one*. 2016;11(8):e0161593.
169. Riddle DL, Stratford PW. Use of generic versus region-specific functional status measures on patients with cervical spine disorders. *Physical therapy*. 1998;78(9):951-963.
170. Cramer H, Lauche R, Langhorst J, Dobos GJ, Michalsen A. Validation of the German version of the Neck Disability Index (NDI). *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2014;15:91.
171. McCarthy MJH, Grevitt MP, Silcocks P, Hobbs G. The reliability of the Vernon and Mior neck disability index, and its validity compared with the short form-36 health survey questionnaire. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2007;16(12):2111-2117.

172. Pietrobon R, Coeytaux RR, Carey TS, Richardson WJ, DeVellis RF. Standard scales for measurement of functional outcome for cervical pain or dysfunction: a systematic review. *Spine*. 2002;27(5):515-522.
173. Schellingerhout JM, Verhagen AP, Heymans MW, Koes BW, Vet HC de, Terwee CB. Measurement properties of disease-specific questionnaires in patients with neck pain: a systematic review. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 2012;21(4):659-670.
174. EuroQol. EuroQol--a new facility for the measurement of health-related quality of life. *Health policy (Amsterdam, Netherlands)*. 1990;16(3):199-208.
175. Devlin NJ, Brooks R. EQ-5D and the EuroQol Group: Past, Present and Future. *Applied health economics and health policy*. 2017;15(2):127-137.
176. McCaffrey N, Kaambwa B, Currow DC, Ratcliffe J. Health-related quality of life measured using the EQ-5D-5L: South Australian population norms. *Health and quality of life outcomes*. 2016;14(1):133.
177. Franklin M, Mukuria C, Mulhern B, Tran I, Brazier J, Watson S. Measuring the Burden of Schizophrenia Using Clinician and Patient-Reported Measures: An Exploratory Analysis of Construct Validity. *The patient*. 2019.
178. Mukuria C, Rowen D, Harnan S, et al. An Updated Systematic Review of Studies Mapping (or Cross-Walking) Measures of Health-Related Quality of Life to Generic Preference-Based Measures to Generate Utility Values. *Applied health economics and health policy*. 2019.
179. Rencz F, Gulácsi L, Drummond M, et al. EQ-5D in Central and Eastern Europe: 2000-2015. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 2016;25(11):2693-2710.
180. EuroQol Research Foundation. EQ-5D-3L User Guide. https://euroqol.org/wp-content/uploads/2018/12/EQ-5D-3L-User-Guide_version-6.0.pdf.
181. Sullivan PW, Ghushchyan V. Preference-Based EQ-5D index scores for chronic conditions in the United States. *Medical decision making : an international journal of the Society for Medical Decision Making*. 2006;26(4):410-420.
182. Graf J-M, Claes C, Greiner W, Uber A. Die deutsche Version des EuroQol-Fragebogens. *J Public Health*. 1998;6(1):3-20.

183. König HH, Bernert S, Angermeyer MC. Gesundheitszustand der deutschen Bevölkerung: Ergebnisse einer repräsentativen Befragung mit dem EuroQol-Instrument. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*. 2005;67(3):173-182.
184. Greiner W, Claes C, Busschbach JJV, Schulenburg J-MG von der. Validating the EQ-5D with time trade off for the German population. *The European journal of health economics : HEPAC : health economics in prevention and care*. 2005;6(2):124-130.
185. Hinz A, Kohlmann T, Stöbel-Richter Y, Zenger M, Brähler E. The quality of life questionnaire EQ-5D-5L: psychometric properties and normative values for the general German population. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 2014;23(2):443-447.
186. Stewart AL, Hays RD, Ware JE. The MOS short-form general health survey. Reliability and validity in a patient population. *Medical care*. 1988;26(7):724-735.
187. Ware JE, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Medical care*. 1992;30(6):473-483.
188. McHorney CA, Ware JE, Raczek AE. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): II. Psychometric and clinical tests of validity in measuring physical and mental health constructs. *Medical care*. 1993;31(3):247-263.
189. McHorney CA, Ware JE, Lu JF, Sherbourne CD. The MOS 36-item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality, scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups. *Medical care*. 1994;32(1):40-66.
190. Bullinger M. German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. *Social science & medicine (1982)*. 1995;41(10):1359-1366.
191. Bullinger M, Kirchberger I, Ware J. Der deutsche SF-36 Health Survey Übersetzung und psychometrische Testung eines krankheitsübergreifenden Instruments zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität. *J Public Health*. 1995;3(1):21-36.
192. Aaronson NK, Acquadro C, Alonso J, et al. International quality of life assessment (IQOLA) project. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 1992;1(5):349-351.

193. Keller SD, Ware JE, Bentler PM, et al. Use of structural equation modeling to test the construct validity of the SF-36 Health Survey in ten countries: results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. *Journal of clinical epidemiology*. 1998;51(11):1179-1188.
194. Morfeld M, Kirchberger I, Bullinger M. *SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand: Deutsche Version des Short Form-36 Health Survey*. [2., ergänzte und überarbeitete Auflage]. 2nd ed. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG; 2011.
195. Bellach B-M, Ellert U, Radoschewski M. Der SF-36 im Bundes-Gesundheitssurvey. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*. 2000;43(3):210-216.
196. Bellach BM. Der Bundes-Gesundheitssurvey 1998. Erfahrungen, Ergebnisse, Perspektiven. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*. 1999;61 Spec No:S55-6.
197. Thefeld W, Stolzenberg H, Bellach BM. Bundes-Gesundheitssurvey: Response, Zusammensetzung der Teilnehmer und Non-Responder-Analyse. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*. 1999;61 Spec No:S57-61.
198. Ellert U, Bellach BM. Der SF-36 im Bundes-Gesundheitssurvey--Beschreibung einer aktuellen Normstichprobe. *Gesundheitswesen (Bundesverband der Ärzte des Öffentlichen Gesundheitsdienstes (Germany))*. 1999;61 Spec No:S184-90.
199. Kurth B-M, Ellert U. The SF-36 questionnaire and its usefulness in population studies: results of the German Health Interview and Examination Survey 1998. *Sozial- und Präventivmedizin*. 2002;47(4):266-277.
200. Maurischat C, Ehlebracht-König I, Kühn A, Bullinger M. Strukturelle Validität des Short Form 36 (SF-36) bei Patienten mit entzündlich-rheumatischen Erkrankungen. *Zeitschrift für Rheumatologie*. 2005;64(4):255-264.
201. Steinbuechel N von, Covic A, Polinder S, et al. Assessment of Health-Related Quality of Life after TBI: Comparison of a Disease-Specific (QOLIBRI) with a Generic (SF-36) Instrument. *Behavioural neurology*. 2016;2016:7928014.
202. Whitehurst DGT, Engel L, Bryan S. Short Form health surveys and related variants in spinal cord injury research: a systematic review. *The journal of spinal cord medicine*. 2014;37(2):128-138.

203. Laucis NC, Hays RD, Bhattacharyya T. Scoring the SF-36 in Orthopaedics: A Brief Guide. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*. 2015;97(19):1628-1634.
204. Alonso J, Ferrer M, Gandek B, et al. Health-related quality of life associated with chronic conditions in eight countries: results from the International Quality of Life Assessment (IQOLA) Project. *Quality of life research : an international journal of quality of life aspects of treatment, care and rehabilitation*. 2004;13(2):283-298.
205. Morfeld M, Bullinger M, Nantke J, Brähler E. Die Version 2.0 des SF-36 Health Survey--ergebnisse einer bevölkerungsrepräsentativen Studie. *Sozial- und Präventivmedizin*. 2005;50(5):292-300.
206. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Verletzungen der oberen Halswirbelsäule: S1-Leitlinie - DGU.
https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-011l_S1_Verletzungen-der-oberen-HWS_2018-09.pdf.
207. Kandziora F, Schnake K, Hoffmann R. Operationsverfahren zur Stabilisierung der oberen Halswirbelsäule. *Der Unfallchirurg*. 2010;113(10):845-58; quiz 859.
208. Bednar DA, Parikh J, Hummel J. Management of type II odontoid process fractures in geriatric patients; a prospective study of sequential cohorts with attention to survivorship. *Journal of spinal disorders*. 1995;8(2):166-169.
209. Kepler CK, Vaccaro AR, Fleischman AN, et al. Treatment of Axis Body Fractures: A Systematic Review. *Clinical spine surgery*. 2017;30(10):442-456.
210. Robinson A-L, Olerud C, Robinson Y. Epidemiology of C2 Fractures in the 21st Century: A National Registry Cohort Study of 6,370 Patients from 1997 to 2014. *Advances in orthopedics*. 2017;2017:6516893.
211. Robinson A-L, Möller A, Robinson Y, Olerud C. C2 Fracture Subtypes, Incidence, and Treatment Allocation Change with Age: A Retrospective Cohort Study of 233 Consecutive Cases. *BioMed research international*. 2017;2017:8321680.
212. Franke A, Bieler D, Wern R, Trotzke T, Hentsch S, Kollig E. Anterior management of C2 fractures using miniplate fixation: outcome, function and quality of life in a case series of 15 patients. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2018;27(6):1332-1341.

213. Reynolds JA, MacDonald JD. Direct C2 Pedicle Screw Fixation for Axis Body Fracture. *World neurosurgery*. 2016;93:279-285.
214. Li X-F, Dai L-Y, Lu H, Chen X-D. A systematic review of the management of hangman's fractures. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2006;15(3):257-269.
215. Hadley MN, Walters BC, Grabb PA, et al. Isolated fractures of the axis in adults. *Neurosurgery*. 2002;50(3 Suppl):S125-39.
216. German JW, Hart BL, Benzel EC. Nonoperative management of vertical C2 body fractures. *Neurosurgery*. 2005;56(3):516-21; discussion 516-21.
217. Apfelbaum RI, Lonser RR, Veres R, Casey A. Direct anterior screw fixation for recent and remote odontoid fractures. *Journal of neurosurgery*. 2000;93(2 Suppl):227-236.
218. Fan L, Ou D, Huang X, et al. Surgery vs conservative treatment for type II and III odontoid fractures in a geriatric population: A meta-analysis. *Medicine*. 2019;98(44):e10281.
219. Gembruch O, Lemonas E, Ahmadipour Y, et al. Treatment of Odontoid Type II Fractures in Octogenarians: Balancing Two Different Treatment Strategies. *Neurospine*. 2019;16(2):360-367.
220. Wagner SC, Schroeder GD, Kepler CK, et al. Controversies in the Management of Geriatric Odontoid Fractures. *Journal of orthopaedic trauma*. 2017;31 Suppl 4:S44-S48.
221. Chapman JR, Dettori JR, Norvell DC, eds. *Spine Classifications and Severity Measures*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag; 2009.
222. Graffeo CS, Perry A, Puffer RC, et al. Deadly falls: operative versus nonoperative management of Type II odontoid process fracture in octogenarians. *Journal of neurosurgery. Spine*. 2017;26(1):4-9.
223. Joestl J, Lang N, Bukaty A, Platzer P. A comparison of anterior screw fixation and halo immobilisation of type II odontoid fractures in elderly patients at increased risk from anaesthesia. *The bone & joint journal*. 2016;98-B(9):1222-1226.

224. Sarode DP, Demetriades AK. Surgical versus nonsurgical management for type II odontoid fractures in the elderly population: a systematic review. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society*. 2018;18(10):1921-1933.
225. Chaudhary A, Drew B, Orr RD, Farrokhyar F. Management of type II odontoid fractures in the geriatric population: outcome of treatment in a rigid cervical orthosis. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2010;23(5):317-320.
226. Chen Y-R, Boakye M, Arrigo RT, et al. Morbidity and mortality of C2 fractures in the elderly: surgery and conservative treatment. *Neurosurgery*. 2012;70(5):1055-9; discussion 1059.
227. Di Paolo A, Piccirilli M, Pescatori L, Santoro A, D'Elia A. Single institute experience on 108 consecutive cases of type II odontoid fractures: surgery versus conservative treatment. *Turkish neurosurgery*. 2014;24(6):891-896.
228. Fehlings MG, Arun R, Vaccaro AR, Arnold PM, Chapman JR, Kopjar B. Predictors of treatment outcomes in geriatric patients with odontoid fractures: AOSpine North America multi-centre prospective GOF study. *Spine*. 2013;38(11):881-886.
229. Harrop JS, Hart R, Anderson PA. Optimal treatment for odontoid fractures in the elderly. *Spine*. 2010;35(21 Suppl):S219-27.
230. Böhler J, Poigenfürst J, Gaudernak T, Hintringer W. Die Schraubenosteosynthese des Dens axis. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 1990;2(2):75-83.
231. Börm W, Kast E, Richter H-P, Mohr K. Anterior screw fixation in type II odontoid fractures: is there a difference in outcome between age groups? *Neurosurgery*. 2003;52(5):1089-92; discussion 1092-4.
232. Dai LY, Yuan W, Ni B, et al. Surgical treatment of nonunited fractures of the odontoid process, with special reference to occipitocervical fusion for unreducible atlantoaxial subluxation or instability. *European spine journal : official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*. 2000;9(2):118-122.
233. Meyer C, Oppermann J, Meermeyer I, Eysel P, Müller LP, Stein G. [Duplikat] Therapiekonzept und Outcome bei Typ-II-Frakturen des Dens axis. *Der Unfallchirurg*. 2018;121(5):397-402.
234. Aldrian S, Erhart J, Schuster R, et al. Surgical vs nonoperative treatment of Hadley type IIA odontoid fractures. *Neurosurgery*. 2012;70(3):676-82; discussion 682-3.

235. BenDebba M, Heller J, Ducker TB, Eisinger JM. Cervical spine outcomes questionnaire: its development and psychometric properties. *Spine*. 2002;27(19):2116-23; discussion 2124.
236. Kim SK, Shin JJ, Kim TH, Shin HS, Hwang YS, Park SK. Clinical outcomes of halo-vest immobilization and surgical fusion of odontoid fractures. *Journal of Korean Neurosurgical Society*. 2011;50(1):17-22.
237. WEBSTER FS, SMILEY DP. End result study of a series of operations for herniated intervertebral lumbar discs. *American journal of surgery*. 1960;99:27-32.
238. Skovrlj B, Steinberger J, Guzman JZ, et al. The 100 Most Influential Articles in Cervical Spine Surgery. *Global spine journal*. 2016;6(1):69-79.
239. Wolfe CD, Taub NA, Woodrow EJ, Burney PG. Assessment of scales of disability and handicap for stroke patients. *Stroke*. 1991;22(10):1242-1244.
240. Deutsche Wirbelsäulengesellschaft (DWG) Register. <https://dwg.memdoc.org/>. Updated April 7, 2021. Accessed April 7, 2021.
241. Sargent-Cox KA, Anstey KJ, Luszcz MA. The relationship between change in self-perceptions of aging and physical functioning in older adults. *Psychology and aging*. 2012;27(3):750-760.
242. Kim SH. Older people's expectations regarding ageing, health-promoting behaviour and health status. *Journal of advanced nursing*. 2009;65(1):84-91.
243. Levy BR, Slade MD, Kunkel SR, Kasl SV. Longevity increased by positive self-perceptions of aging. *Journal of personality and social psychology*. 2002;83(2):261-270.
244. Jang Y, Poon LW, Martin P. Individual differences in the effects of disease and disability on depressive symptoms: the role of age and subjective health. *International journal of aging & human development*. 2004;59(2):125-137.
245. Moor C, Zimprich D, Schmitt M, Kliegel M. Personality, aging self-perceptions, and subjective health: a mediation model. *International journal of aging & human development*. 2006;63(3):241-257.
246. Kleinspehn-Ammerlahn A, Kotter-Grühn D, Smith J. Self-perceptions of aging: do subjective age and satisfaction with aging change during old age? *The journals of gerontology. Series B, Psychological sciences and social sciences*. 2008;63(6):P377-85.

247. Chotai S, Khan I, Nian H, et al. Utility of Anxiety/Depression Domain of EQ-5D to Define Psychological Distress in Spine Surgery. *World neurosurgery*. 2019.
248. Falavigna A, Dozza DC, Teles AR, et al. Current Status of Worldwide Use of Patient-Reported Outcome Measures (PROMs) in Spine Care. *World neurosurgery*. 2017;108:328-335.
249. Wiitavaara B, Heiden M. Content and psychometric evaluations of questionnaires for assessing physical function in people with neck disorders: a systematic review of the literature. *Disability and rehabilitation*. 2018;40(19):2227-2235.

Anhang

Anhang 1: ISNCSCI: International Standards for Neurological Classification of Spinal Cord Injury: Untersuchungs- und Bewertungs-Formblatt zur Ermittlung von Sub- und Gesamtscore eines neurologischen Defizites. Aus: American Spinal Injury Association, Atlanta, GA, Revised 2011, Updated 2015

Patient Name _____

Examiner Name _____

Date/Time of Exam _____

Signature _____

ASIA
AMERICAN SPINAL INJURY ASSOCIATION

INTERNATIONAL STANDARDS FOR NEUROLOGICAL CLASSIFICATION OF SPINAL CORD INJURY (ISNCSCI)

ISCOS
INTERNATIONAL SPINAL CORD SOCIETY

RIGHT

MOTOR KEY MUSCLES

Elbow flexors C5
Wrist extensors C6
Elbow extensors C7
Finger flexors C8
Finger abductors (little finger) T1

UER
(Upper Extremity Right)

Finger abductors (little finger) T1

Comments (Non-key Muscle? Reason for NT? Pair?)

SENSORY KEY SENSORY POINTS
Light Touch (LT) Pin Prick (PPT)

C2 C3 C4 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 L1

LEFT

MOTOR KEY MUSCLES

Elbow flexors C5
Wrist extensors C6
Elbow extensors C7
Finger flexors C8
Finger abductors (little finger) T1

UEL
(Upper Extremity Left)

Finger abductors (little finger) T1

MOTOR KEY MUSCLES

Hip flexors L2
Knee extensors L3
Ankle dorsiflexors L4
Long toe extensors L5
Ankle plantar flexors S1

LER
(Lower Extremity Right)

(VAC) Voluntary Anal Contraction (Yes/No) S4-5

SENSORY KEY SENSORY POINTS
Light Touch (LT) Pin Prick (PPT)

C2 C3 C4 T2 T3 T4 T5 T6 T7 T8 T9 T10 T11 T12 L1

RIGHT TOTALS
(MAXIMUM) (50)

UER + UEL = UEMS TOTAL (50)
LER + LEL = LEMS TOTAL (50)
MAX (25) + UEL = UEMS TOTAL (25)
MAX (25) + LEL = LEMS TOTAL (25)

LEFT TOTALS
(MAXIMUM) (50)

PPR + PPL = PP TOTAL (112)
MAX (56) + PPL = PP TOTAL (56)

NEUROLOGICAL LEVELS
Steps 1-5 for classification as on reverse

1. SENSORY R L
2. MOTOR R L

3. NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI)

4. COMPLETE OR INCOMPLETE? (In complete injuries only)
Incomplete = Any sensory or motor function in S4-5

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) (Most caudal level with any innervation)

SCORING ON REVERSE SIDE

0 = total paralysis
1 = palpable or visible contraction
2 = active movement, gravity eliminated
3 = active movement, against gravity
4 = active movement, against some resistance
5 = active movement, against full resistance
5* = normal corrected for pain/disease
NT = not testable

SCORING ON REVERSE SIDE

0 = absent
2 = normal
1 = altered
NT = not testable

KEY SENSORY POINTS

● Key Sensory Points

KEY MUSCLES

NEUROLOGICAL LEVELS
Steps 1-5 for classification as on reverse

1. SENSORY R L
2. MOTOR R L

NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI)

4. COMPLETE OR INCOMPLETE? (In complete injuries only)
Incomplete = Any sensory or motor function in S4-5

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) (Most caudal level with any innervation)

RIGHT TOTALS
(MAXIMUM) (50)

UER + UEL = UEMS TOTAL (50)
LER + LEL = LEMS TOTAL (50)
MAX (25) + UEL = UEMS TOTAL (25)
MAX (25) + LEL = LEMS TOTAL (25)

LEFT TOTALS
(MAXIMUM) (50)

PPR + PPL = PP TOTAL (112)
MAX (56) + PPL = PP TOTAL (56)

NEUROLOGICAL LEVELS
Steps 1-5 for classification as on reverse

1. SENSORY R L
2. MOTOR R L

NEUROLOGICAL LEVEL OF INJURY (NLI)

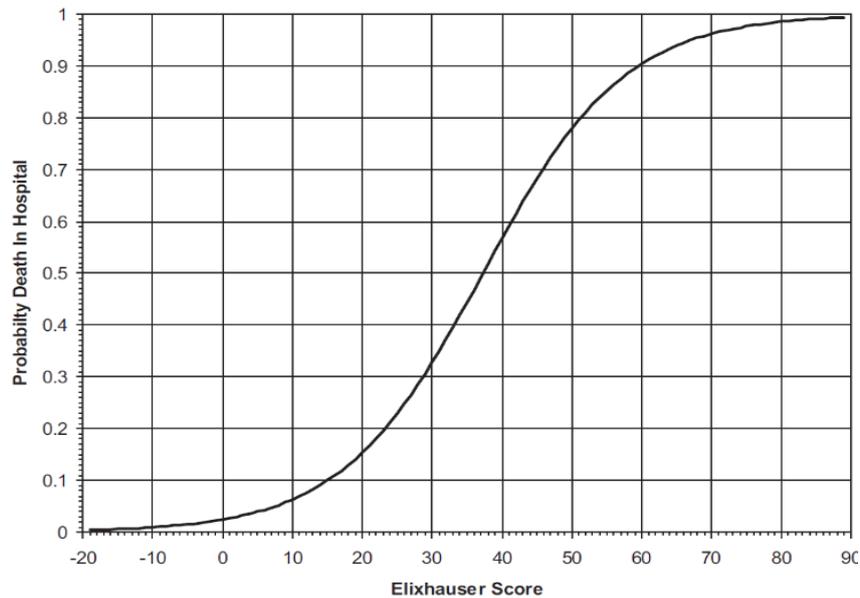
4. COMPLETE OR INCOMPLETE? (In complete injuries only)
Incomplete = Any sensory or motor function in S4-5

5. ASIA IMPAIRMENT SCALE (AIS) (Most caudal level with any innervation)

REV 11/15

This form may be copied freely but should not be altered without permission from the American Spinal Injury Association.

Anhang 2: Wahrscheinlichkeit der Krankenhaus-Mortalität (Y-Achse) in Abhängigkeit vom Elixhauser Comorbidity Score (X-Achse). **Aus:** van Walraven C, Austin PC, Jennings A, Quan H, Forster AJ. A modification of the Elixhauser comorbidity measures into a point system for hospital death using administrative data. *Medical care.* 2009;47(6):626-633.



Anhang 3: Maßgeblich beeinflussende Komorbiditäten mit Gewichtung in der letzten Spalte (Punkte: -7 bis -12). **Aus:** van Walraven C, Austin PC, Jennings A, Quan H, Forster AJ. A modification of the Elixhauser comorbidity measures into a point system for hospital death using administrative data. *Medical care.* 2009;47(6):626-633.

Elixhauser Group	N (%)	Unadjusted	Adjusted	Points
Congestive heart failure	33 171 (9.6%)	3.37 (3.22, 3.53)	1.96 (1.85, 2.07)	7
Cardiac arrhythmias	38 604 (11.2%)	2.96 (2.83, 3.09)	1.71 (1.62, 1.80)	5
Valvular disease	10 237 (3.0%)	2.05 (1.88, 2.22)	0.91 (0.82, 0.99)	-1
Pulmonary circulation disorders	6688 (1.9%)	3.36 (3.09, 3.66)	1.48 (1.34, 1.62)	4
Peripheral vascular disorders	16 219 (4.7%)	2.19 (2.05, 2.34)	1.26 (1.17, 1.36)	2
Hypertension	69 737 (20.2%)	1.65 (1.58, 1.72)	—	0
Paralysis	7685 (2.2%)	2.51 (2.30, 2.74)	1.93 (1.75, 2.12)	7
Neurodegenerative disorders	15 770 (4.6%)	2.49 (2.33, 2.65)	1.83 (1.70, 1.96)	6
Chronic pulmonary disease	30 324 (8.8%)	2.24 (2.13, 2.36)	1.36 (1.29, 1.44)	3
Diabetes, uncomplicated	32 832 (9.5%)	1.63 (1.54, 1.72)	—	0
Diabetes, complicated	21 074 (6.1%)	2.00 (1.88, 2.12)	—	0
Hypothyroidism	8012 (2.3%)	1.73 (1.57, 1.91)	—	0
Renal failure	25 879 (7.5%)	3.00 (2.85, 3.15)	1.63 (1.54, 1.73)	5
Liver disease	7944 (2.3%)	4.04 (3.75, 4.35)	2.97 (2.73, 3.22)	11
Peptic ulcer disease, no bleeding	2512 (0.7%)	2.13 (1.81, 2.50)	—	0
AIDS/HIV	1600 (0.5%)	1.75 (1.41, 2.17)	—	0
Lymphoma	6760 (2.0%)	2.54 (2.31, 2.79)	2.55 (2.31, 2.81)	9
Metastatic cancer	25 491 (7.4%)	3.86 (3.68, 4.05)	3.30 (3.10, 3.52)	12
Solid tumour without metastasis	40 354 (11.7%)	2.89 (2.77, 3.02)	1.47 (1.39, 1.56)	4
Rheumatoid arthritis/collagen vascular diseases	7071 (2.0%)	1.38 (1.23, 1.55)	—	0
Coagulopathy	14 373 (4.2%)	3.05 (2.86, 3.25)	1.30 (1.22, 1.40)	3
Obesity	4425 (1.3%)	0.90 (0.76, 1.07)	0.64 (0.53, 0.77)	-4
Weight loss	5586 (1.6%)	3.64 (3.32, 3.98)	1.85 (1.67, 2.04)	6
Fluid and electrolyte disorders	42 791 (12.4%)	3.28 (3.15, 3.42)	1.61 (1.53, 1.69)	5
Blood loss anemia	3962 (1.1%)	1.92 (1.68, 2.20)	0.81 (0.70, 0.93)	-2
Deficiency anemia	6379 (1.8%)	1.84 (1.65, 2.05)	0.80 (0.71, 0.90)	-2
Alcohol abuse	10 859 (3.1%)	1.42 (1.29, 1.55)	—	0
Drug abuse	7414 (2.1%)	0.58 (0.50, 0.69)	0.50 (0.42, 0.60)	-7
Psychosis	9835 (2.8%)	1.28 (1.16, 1.42)	—	0
Depression	17 599 (5.1%)	1.02 (0.94, 1.11)	0.73 (0.67, 0.80)	-3

Anhang 4: Patientenfragebogen 1: Barthel-Index. Aus: eigenes Dokument

Patientendaten

Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL), Barthel-Index

Datum:

1. Essen	Punkte	
Unabhängig, benutzt Geschirr und Besteck	10	
Braucht Hilfe, z.B. beim Schneiden	5	
Total hilfsbedürftig	0	
2. Baden		
Badet oder duscht ohne Hilfe	5	
Badet oder duscht mit Hilfe	0	
3. Waschen		
Wäscht Gesicht, kämmt, rasiert bzw. schminkt sich, putzt Zähne	5	
Braucht Hilfe	0	
4. An- und Auskleiden		
Unabhängig, inkl. Schuhe anziehen	10	
Hilfsbedürftig, kleidet sich teilweise selbst an/aus	5	
Total hilfsbedürftig	0	
5. Stuhlkontrolle		
Kontinent	10	
Teilweise inkontinent	5	
Inkontinent	0	
6. Urinkontrolle		
Kontinent	10	
Teilweise inkontinent	5	
Inkontinent	0	
7. Toilettenbenutzung		
Unabhängig bei Benutzung der Toilette/des Nachtstuhls	10	
Braucht Hilfe für z.B. Gleichgewicht, Kleidung aus-/anziehen, Toilettenpapier	5	
Kann nicht auf Toilette/Nachtstuhl	0	
8. Bett-/(Roll-)Stuhltransfer		
Unabhängig (gilt auch für Rollstuhlfahrer)	15	
Minimale Assistenz oder Supervision	10	
Kann sitzen, braucht für den Transfer jedoch Hilfe	5	
Bettlägerig	0	
9. Bewegung		
Unabhängiges Gehen (auch mit Gehhilfe) für mindestens 50 m	15	
Mindestens 50 m Gehen, jedoch mit Unterstützung	10	
Für Rollstuhlfahrer: unabhängig für mindestens 50 m	5	
Kann sich nicht mindestens 50 m fortbewegen	0	
10. Treppensteigen		
Unabhängig (auch mit Gehhilfe)	10	
Braucht Hilfe oder Supervision	5	
Kann nicht Treppensteigen	0	
Gesamtpunktzahl (max. 100)		

Anhang 5: Patientenfragebogen 2: Neck Disability Score (NDI), 2 Seiten. **Aus:** eigenes Dokument

Fragebogen NDI
HWZ-Frakturen im Alter: Lebensqualität und funktionelle Ergebnisse mit und ohne Operation

1	Schmerzintensität Momentan habe ich keine Schmerzen Ich habe im Moment sehr geringe Schmerzen Ich habe im Moment mäßige Schmerzen Ich habe im Moment ziemlich starke Schmerzen Ich habe im Moment sehr starke Schmerzen Ich habe im Moment die stärksten Schmerzen, die ich mir vorstellen kann
2	Persönliche Körperpflege (z.B. Waschen, Anziehen) Ich kann meine Körperpflege erledigen, ohne dass dies zusätzliche Schmerzen verursacht Ich kann meine Körperpflege erledigen, aber es verursacht mir zusätzliche Schmerzen Das Erledigen der Körperpflege ist schmerzhaft, und ich bin dabei langsam und vorsichtig Ich brauche etwas Hilfe, aber ich kann den größten Teil meiner Körperpflege selbst besorgen Ich brauche täglich Hilfe bei den meisten Verrichtungen meiner Körperpflege Ich ziehe mich nicht an, wasche mich nur mit Mühe und bleibe im Bett
3	Heben Ich kann schwere Gegenstände ohne zusätzliche Schmerzen heben Ich kann schwere Gegenstände heben, aber dies verursacht zusätzliche Schmerzen Meine Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden aufzuheben. Aber ich kann schwere Gegenstände heben, wenn sie günstig positioniert sind (z.B. auf dem Tisch) Meine Schmerzen hindern mich daran, schwere Gegenstände vom Boden aufzuheben. Aber ich kann mittelschwere Gegenstände heben, wenn sie günstig positioniert sind Ich kann nur sehr leichte Gegenstände heben Ich kann überhaupt nichts heben oder tragen
4	Lesen Ich kann lesen, soviel ich will, ohne Nackenschmerzen zu bekommen Ich kann lesen, soviel ich will, aber ich bekomme davon leichte Nackenschmerzen Ich kann lesen, soviel ich will, aber ich bekomme davon mäßige Nackenschmerzen Ich kann wegen mäßiger Nackenschmerzen nicht soviel lesen, wie ich will Ich kann wegen starker Nackenschmerzen kaum lesen Ich kann überhaupt nicht mehr lesen
5	Kopfschmerzen Ich habe überhaupt keine Kopfschmerzen Ich habe leichte Kopfschmerzen, die unregelmäßig auftreten Ich habe mäßige Kopfschmerzen, die unregelmäßig auftreten Ich habe starke Kopfschmerzen, die regelmäßig auftreten Ich habe die meiste Zeit Kopfschmerzen

6	Konzentration Ich kann mich, wenn ich will, ohne Schwierigkeiten voll konzentrieren Ich kann mich, wenn ich will, mit leichten Schwierigkeiten voll konzentrieren Ich habe ziemliche Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will Ich habe große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will Ich habe sehr große Schwierigkeiten mich zu konzentrieren, wenn ich es will Ich kann mich überhaupt nicht konzentrieren
7	Arbeit Ich kann soviel Arbeit erledigen, wie ich möchte Ich kann nur meine übliche Arbeit erledigen, aber nicht mehr Ich kann den größten Teil meiner üblichen Arbeit verrichten, aber nicht mehr Ich kann meine übliche Arbeit nicht erledigen Ich kann kaum eine Arbeit erledigen Ich kann überhaupt keine Arbeit erledigen
8	Auto fahren Ich kann Auto fahren ohne Nackenschmerzen zu bekommen Ich kann Auto fahren, so lange ich will, mit leichten Nackenschmerzen Ich kann Auto fahren, so lange ich will, mit mäßigen Nackenschmerzen Ich kann wegen mäßiger Nackenschmerzen nicht Auto fahren, solange ich will Ich kann wegen starker Nackenschmerzen kaum Auto fahren Ich kann überhaupt nicht Auto fahren
9	Schlafen Ich habe keine Schlafprobleme Mein Schlaf ist kaum gestört (weniger als 1 Stunde schlaflos) Mein Schlaf ist leicht gestört (1-2 Stunden schlaflos) Mein Schlaf ist mäßig gestört (2-3 Stunden schlaflos) Mein Schlaf ist stark gestört (3-5 Stunden schlaflos) Mein Schlaf ist komplett gestört (5-7 Stunden schlaflos)
10	Freizeitaktivität / Erholung Ich kann alle meine Freizeitaktivitäten ohne Nackenschmerzen ausüben Ich kann, wenn auch mit einigen Nackenschmerzen, alle meine Freizeitaktivitäten ausüben Wegen Nackenschmerzen kann ich die meisten, aber nicht alle meiner täglichen Freizeitaktivitäten ausüben Ich kann wegen meiner Nackenschmerzen nur einige meiner Freizeitaktivitäten ausüben Ich kann wegen meiner Nackenschmerzen kaum irgendwelche Freizeitaktivitäten ausüben Ich kann überhaupt keine Freizeitaktivitäten ausüben



Gesundheitsfragebogen

Deutsche Version für Deutschland

(German version for Germany)

MANUSKRIFT FÜR EINE PERSÖNLICHE BEFRAGUNG

ALLGEMEINE EINFÜHRUNG

Es wird empfohlen, dass der Interviewer das Manuskript des EQ-5D befolgt. Unter Berücksichtigung des besonderen Sprachstils des Interviewers sollte der Wortlaut der Fragebogeninstruktion so nah wie möglich befolgt werden. Im Falle des EQ-5D Beschreibungssystems auf Seite 2 muss der genaue Wortlaut befolgt werden.

Es wird empfohlen, dass der Interviewer eine Kopie des EQ-5D vor sich liegen hat und dem Befragten eine zusätzliche Kopie des EQ-5D vorlegt, damit dieser sich darauf beziehen kann. Dies ermöglicht, dass der Interviewer die Antworten im Namen des Befragten gleich in den EQ-5D eingeben kann (d.h. die entsprechenden Kästchen auf Seite 2 werden angekreuzt und die Skala auf Seite 3 wird an dem Punkt markiert, der „den heutigen Gesundheitszustand“ des Befragten abbildet).

Falls der Befragte nach Erläuterungen fragt, kann der Interviewer ihm helfen, indem er die Frage Wort für Wort wiederholt. Der Interviewer sollte nicht versuchen, seine eigene Erklärung anzubieten, sondern vorschlagen, dass der Befragte seine eigene Interpretation verwendet.

Falls der Befragte Schwierigkeiten haben sollte, welches Kästchen er ankreuzen soll, sollte der Interviewer die Frage wörtlich wiederholen und den Befragten bitten, so zu antworten, wie es seinen heutigen Gesundheitszustand am besten wiedergibt.

EINFÜHRUNG IN EQ-5D

Wir versuchen herauszufinden, was Sie über Ihren Gesundheitszustand denken. Ich werde Ihnen zunächst ein paar kurze und einfache Fragen zu Ihrem heutigen Gesundheitszustand stellen. Ich werde Sie dann bitten, eine etwas andere Aufgabe zu machen, die eine Einschätzung Ihrer Gesundheit auf einer Messskala beinhaltet. Ich werde die Aufgaben im Verlauf des Gesprächs genau erläutern. Bitte unterbrechen Sie mich aber, wenn Sie etwas nicht verstehen oder wenn Ihnen etwas unklar ist. Denken Sie bitte auch daran, dass es hier keine richtigen oder falschen Antworten gibt. Wir sind nur an Ihrer persönlichen Meinung interessiert.

EQ-5D - BESCHREIBUNGSSYSTEM - SEITE 2: EINFÜHRUNG

Zunächst werde ich Ihnen ein paar Fragen vorlesen. Jede Frage hat eine Auswahl von drei Antworten. Bitte geben Sie an, welche Antwort am besten Ihren HEUTIGEN Gesundheitszustand beschreibt.

Wählen Sie nicht mehr als eine Antwort in jeder Fragengruppe.

(Anmerkung für den Interviewer: Es könnte notwendig sein, den Befragten regelmäßig daran zu erinnern, dass der Zeitrahmen sich auf heute bezieht)

EQ-5D - BESCHREIBUNGSSYSTEM 2: AUFGABE BEWEGLICHKEIT / MOBILITÄT

Zunächst möchte ich Sie bezüglich Ihrer Mobilität/Beweglichkeit befragen.

Frage 1:

1. Würden Sie sagen ... Sie haben keine Probleme herumzugehen?
2. Würden Sie sagen ... Sie haben einige Probleme herumzugehen?
3. Würden Sie sagen ... Sie sind ans Bett gebunden?

(Anmerkung für den Interviewer: Kreuzen Sie das adäquate Kästchen im EQ-5D an)

FÜR SICH SELBST SORGEN

Als Nächstes möchte ich Sie fragen, wie Sie für sich selbst sorgen können.

Frage 2:

1. Würden Sie sagen ... Sie haben keine Probleme, für sich selbst zu sorgen?
2. Würden Sie sagen ... Sie haben einige Probleme, sich selbst zu waschen oder sich anzuziehen?
3. Würden Sie sagen ... Sie sind nicht in der Lage, sich selbst zu waschen oder anzuziehen?

(Anmerkung für den Interviewer: Kreuzen Sie das adäquate Kästchen im EQ-5D an)

ALLGEMEINE TÄTIGKEITEN

Als Nächstes möchte ich Sie bezüglich allgemeiner Tätigkeiten befragen, z.B. Arbeit, Studium, Hausarbeit, Familien- oder Freizeitaktivitäten.

Frage 3:

1. Würden Sie sagen ... Sie haben keine Probleme, Ihren alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen?
2. Würden Sie sagen ... Sie haben einige Probleme, Ihren alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen?
3. Würden Sie sagen ... Sie sind nicht in der Lage, Ihren alltäglichen Tätigkeiten nachzugehen?

(Anmerkung für den Interviewer: Kreuzen Sie das adäquate Kästchen im EQ-5D an)

SCHMERZEN / KÖRPERLICHE BESCHWERDEN

Als Nächstes möchte ich Sie bezüglich Ihrer Schmerzen oder körperlichen Beschwerden befragen.

Frage 4:

1. Würden Sie sagen, Sie haben ... keine Schmerzen oder Beschwerden?
2. Würden Sie sagen, Sie haben ... mäßige Schmerzen oder Beschwerden?
3. Würden Sie sagen, Sie haben ... extreme Schmerzen oder Beschwerden?

(Anmerkung für den Interviewer: Kreuzen Sie das adäquate Kästchen im EQ-5D an)

ANGST / NIEDERGESCHLAGENHEIT

Zum Schluss möchte ich Sie bezüglich Angst oder Niedergeschlagenheit befragen.

Frage 5:

1. Würden Sie sagen, Sie sind ... nicht ängstlich oder deprimiert?
2. Würden Sie sagen, Sie sind ... mäßig ängstlich oder deprimiert?
3. Würden Sie sagen, Sie sind ... extrem ängstlich oder deprimiert?

(Anmerkung für den Interviewer: Kreuzen Sie das adäquate Kästchen im EQ-5D an)

EQ VAS - SEITE 3: EINFÜHRUNG

Ich möchte Sie jetzt bitten, eine etwas andere Aufgabe durchzuführen.

Um Sie bei der Einschätzung, wie gut oder wie schlecht Ihr Gesundheitszustand ist, zu unterstützen, bitte ich Sie, sich die Skala anzuschauen, die einem Thermometer ähnelt. Der beste denkbare Gesundheitszustand ist am oberen Ende der Skala mit einer "100" gekennzeichnet, der schlechteste mit "0" am unteren Ende der Skala.

EQ VAS- SEITE 3: AUFGABE

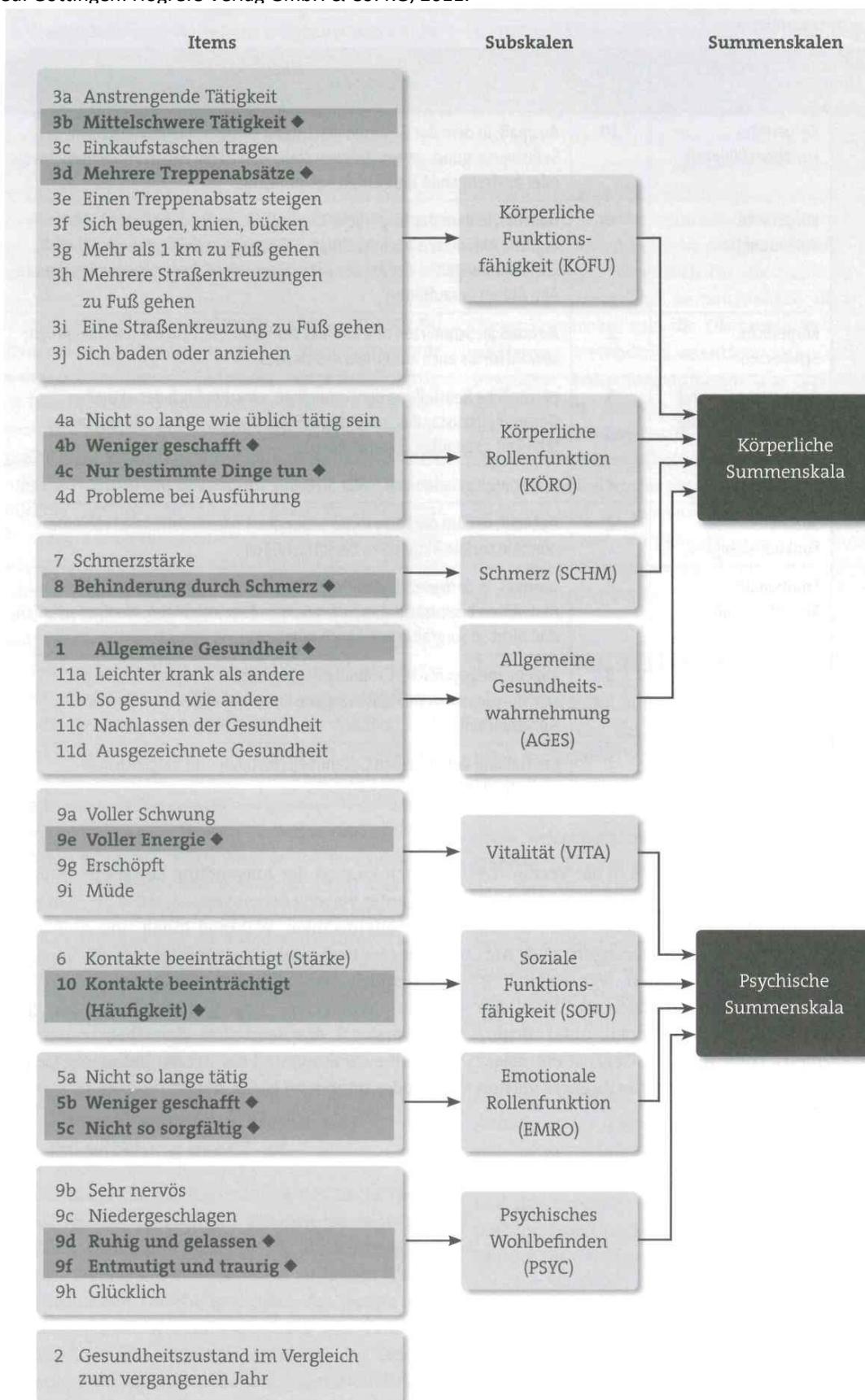
Ich möchte Sie bitten, mir den Punkt auf der Skala zu nennen, wo Sie Ihren heutigen Gesundheitszustand anbringen würden.

Vielen Dank, dass Sie sich die Zeit genommen haben, diese Fragen zu beantworten.

Anhang 7, oben: Grundlage und Methoden der länderspezifische Bewertungstabellen für die Berechnung des EQ-5D-3L. **Aus:** EuroQol Research Foundation. EQ-5D-3L User Guide. <https://euroqol.org/wp-content/uploads/2018/12/EQ-5D-3L-User-Guide-version-6.0.pdf>. **Unten:** Altersabhängige Selbsteinschätzung zur Lebensqualität nach EQ-5D-3L anhand von 38.678 Erwachsenen aus dem Datensatz des Medical Expenditure Panel Survey (USA, 2000 – 2002). **Aus:** Sullivan PW, Ghushchyan V. Preference-Based EQ-5D index scores for chronic conditions in the United States. Medical decision making. 2006;26(4):410-420.

Country/Region	Year of Data Collection	N	Valuation Method	Country/Region	Year of data Collection	N	Valuation Method
AFRICA							
Zimbabwe ²	2000	2440	TTO				
ASIA							
China ³	2011	1147	TTO	China ⁴	2014	5503	TTO
Japan ⁵	1998	621	TTO	Korea ⁶	2007	1264	TTO
Malaysia ⁷	2004–2005	153	VAS+TTO	Singapore ⁸	2014 ^a	456	TTO
Sri Lanka ⁹	2015 ^a	736	TTO	Taiwan ¹⁰	2007	456	TTO
Thailand ¹¹	2007	1409	TTO				
EUROPE							
Belgium ¹²	2001	722	VAS	Denmark ¹³	2000	1332	TTO
Europe (6 countries) ^{b 14}	1991–1998	8709	VAS	Finland ¹⁵	1992	1634	VAS
France ¹⁶	2013	443	TTO	Germany ¹⁷	1997–1998	339	VAS+TTO
Italy ¹⁸	2012	439	TTO	Netherlands ¹⁹	2003	309	TTO
Poland ²⁰	2008	305	TTO	Portugal ²¹	2012	450	TTO
Slovenia ²²	2000	733	VAS	Spain ²³	1997	1000	TTO
Sweden ²⁴	2004; 2006	49,169	VAS+TTO	UK ²⁵	1993	3395	TTO
NORTH AND SOUTH AMERICA							
Argentina ²⁶	2003–2004	611	VAS+TTO	Brazil ²⁷	2011	3362	TTO
Canada ²⁸	2012 ^a	1145	TTO	Chile ²⁹	2008	2000	TTO
Trinidad and Tobago ³⁰	2015	307	DCE/TTO	USA ³¹	2002	4048	TTO
OCEANIA							
Australia ³²	2011 ^a	417	TTO	New Zealand ³³	1999	1360	VAS
Age group							
Age group		Mean EQ-5D			Standard error EQ-5D		
18–29		0.922			0.0019		
30–39		0.901			0.0021		
40–49		0.871			0.0024		
50–59		0.842			0.0028		
60–69		0.823			0.0034		
70–79		0.790			0.0036		
≥80		0.736			0.0062		

Anhang 8: SF-36: Zuordnung der 36 Fragen (items) zu 8 Subdimensionen (Subskalen) zu 2 Grunddimensionen. **Aus:** Morfeld M, Kirchberger I, Bullinger M. SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand: Deutsche Version des Short Form-36 Health Survey. [2., ergänzte und überarbeitete Auflage]. 2nd ed. Göttingen: Hogrefe Verlag GmbH & Co. KG; 2011.



SF-36

Fragebogen zum Gesundheitszustand

Matthias Morfeld
Inge Kirchberger
Monika Bullinger

2., ergänzte und überarbeitete Auflage

INTERVIEWBOGEN ZEITFENSTER 4 WOCHE

ID-Nummer													
Name													
Vorname													
Geburtsdatum	J	J	M	M	T	T	Geschlecht	w	m				
Interviewer(in)													
Testdatum	J	J	M	M	T	T							

GÖTTINGEN · BEIN · WIEN · PARIS · OXFORD · PRAG · TORONTO · CAMBRIDGE, MA · AMSTERDAM · KOPENHAGEN · STOCKHOLM

© Hogrefe Verlag, Göttingen.
Nachdruck und jegliche Art
der Vervielfältigung vorbehalten.
Bd.-Nr. 01/95 03



Anhang 9: lizenzierter Patientenfragebogen 4: Short Form-36 Health Survey (SF-36), 7 Seiten. Aus: Hogrefe Verlag

In diesen Fragen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes. Die Fragen ermöglichen es, im Zeitverlauf nachzuvollziehen, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.
Die ersten Fragen betreffen Ihre derzeitige Gesundheit und Ihre täglichen Aktivitäten. Bitte versuchen Sie, jede der Fragen so genau wie möglich zu beantworten.

Ich werde Ihnen jede Frage und die dazugehörigen Antwortmöglichkeiten vorlesen. Bitte nennen Sie mir dann die auf Sie zutreffende Antwort.

(Interviewer(in): bitte vorlesen)

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

	derzeit viel besser als vor einem Jahr	derzeit etwas besser als vor einem Jahr	etwa wie vor einem Jahr	derzeit etwas schlechter als vor einem Jahr	derzeit viel schlechter als vor einem Jahr
2. Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben? Würden Sie sagen, er ist ...	1	2	3	4	5

Ich werde Ihnen nun eine Reihe von Tätigkeiten vorlesen, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben. Bitte sagen Sie mir, ob Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt sind.

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3 a ... anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt? [Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?] Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).	1	2	3

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
<p>3.f ... sich beugen, knien, bücken. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3
<p>3.g ... mehr als einen Kilometer zu Fuß gehen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei dieser Tätigkeit stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3
<p>3.h ... mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei dieser Tätigkeit stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3
<p>3.i ... eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei dieser Tätigkeit stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3
<p>3.j ... sich baden oder anziehen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3

4

	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
<p>3.b ... mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3
<p>3.c ... Einkaufstaschen heben oder tragen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei dieser Tätigkeit stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3
<p>3.d ... mehrere Treppenabsätze steigen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei dieser Tätigkeit stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3
<p>3.e ... einen Treppenabsatz steigen. Sind Sie durch Ihren Gesundheitszustand bei dieser Tätigkeit stark eingeschränkt, etwas eingeschränkt oder überhaupt nicht eingeschränkt?</p> <p>[Wenn der Patient/die Patientin sagt, dass er/sie diese Tätigkeit nicht ausübt, fragen Sie nach: Ist das wegen Ihres Gesundheitszustandes?]</p> <p>Wenn ja, als 1 kodieren (Ja, stark eingeschränkt).</p>	1	2	3

3

Die folgenden Fragen beschäftigen sich mit Ihrer körperlichen Gesundheit und Ihren Schwierigkeiten bei der Arbeit oder bei anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause.

	Ja	Nein
4.a In den vergangenen 4 Wochen, konnten Sie nicht so lange wie üblich tätig sein wegen Ihrer körperlichen Gesundheit?	1	2
4.b In den vergangenen 4 Wochen, haben Sie weniger geschafft als Sie wollten wegen Ihrer körperlichen Gesundheit?	1	2
4.c In den vergangenen 4 Wochen, konnten Sie nur bestimmte Dinge tun wegen Ihrer körperlichen Gesundheit?	1	2
4.d In den vergangenen 4 Wochen, hatten Sie Schwierigkeiten bei der Ausführung wegen Ihrer körperlichen Gesundheit; z. B. mussten Sie sich besonders anstrengen?	1	2

Die folgenden Fragen beschäftigen sich mit Ihren seelischen Problemen und Ihren Schwierigkeiten bei der Arbeit oder bei anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause.

	Ja	Nein
5.a In den vergangenen 4 Wochen, konnten Sie nicht so lange wie üblich tätig sein wegen seelischer Probleme, z. B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?	1	2
5.b In den vergangenen 4 Wochen, haben Sie weniger geschafft als Sie wollten wegen seelischer Probleme, z. B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?	1	2
5.c In den vergangenen 4 Wochen, konnten Sie nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten wegen seelischer Probleme, z. B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten?	1	2

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
6. Wie sehr haben in den vergangenen 4 Wochen Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme Ihre normalen Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

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

	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8. Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagsaktivitäten zu Hause und im Beruf behindert?	1	2	3	4	5

In den nächsten Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. Bitte geben Sie mir zu jeder Frage die Antwort, die Ihrem Befinden am besten entspricht.

	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
9.a Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
9.b Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
9.c Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheuern konnte?	1	2	3	4	5	6
9.d Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
9.e Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen voller Energie?	1	2	3	4	5	6
9.f Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
9.g Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen erschöpft?	1	2	3	4	5	6
9.h Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen glücklich?	1	2	3	4	5	6
9.i Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen müde?	1	2	3	4	5	6

	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie
10. Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	1	2	3	4	5

Die nächsten Fragen betreffen Ihre Gesundheit und Dinge, die mit Ihrer Gesundheit zu tun haben. Ich werde mehrere Aussagen vorlesen. Nach jeder Aussage sagen Sie mir bitte, ob diese Aussage ganz auf Sie zutrifft, weitgehend zutrifft, weitgehend nicht zutrifft oder überhaupt nicht zutrifft. Wenn Sie es nicht wissen, sagen Sie es mir auch.

	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
11.a Ich schein etwas leichter als andere krank zu werden.	1	2	3	4	5
11.b Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne.	1	2	3	4	5
11.c Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt.	1	2	3	4	5
11.d Ich erfreue mich ausgezeichnete Gesundheit.	1	2	3	4	5

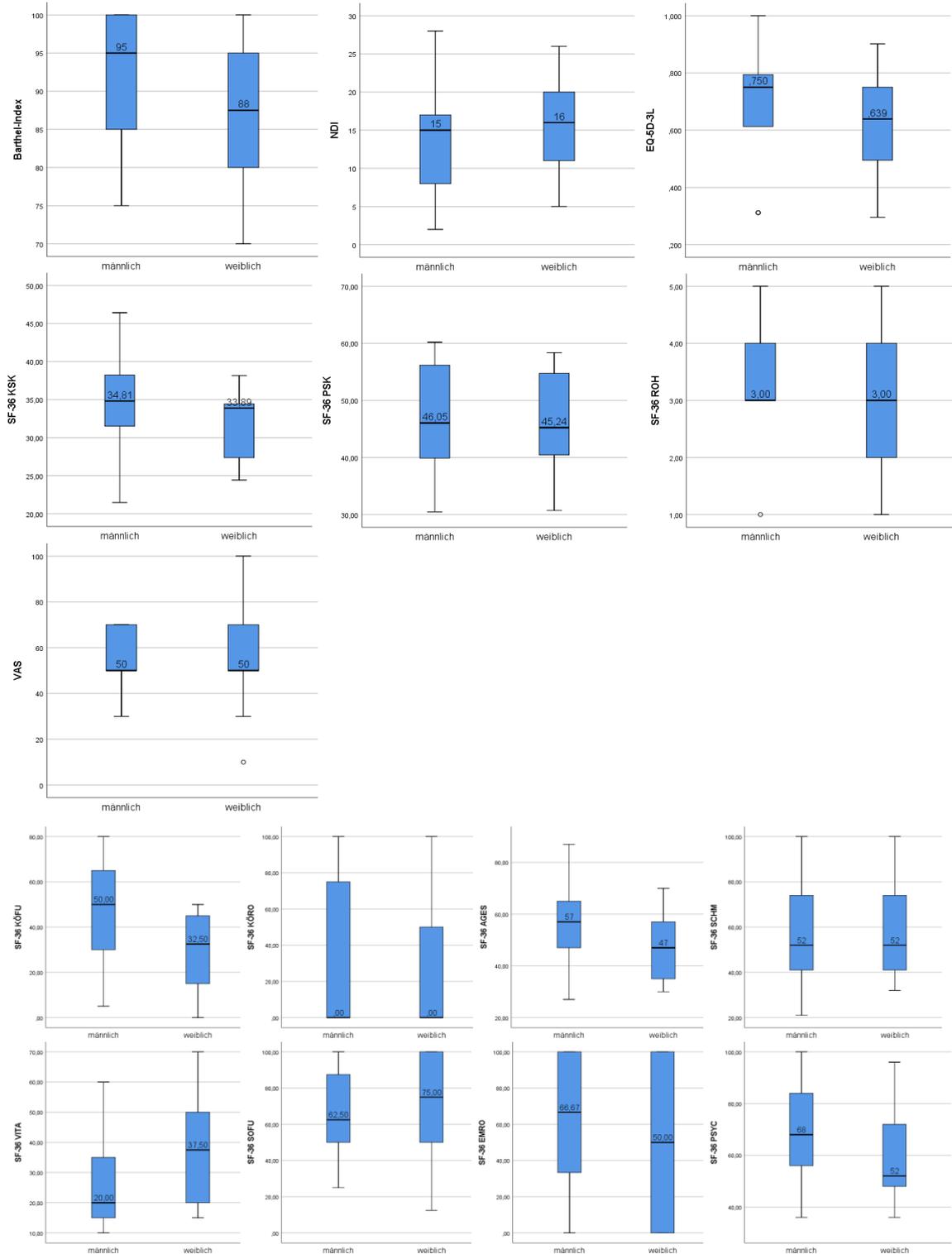
Vielen Dank.

Anhang 10: Studienkohorte mit Patientennummer (ID), demographischen Merkmalen, Frakturtyp, Initialstatus (Begleitverletzungen, neurologische Symptome, Komorbidität), Behandlungen und Komplikationen

ID	Geschlecht	Alter	Fraktur-Typ	Begleitverletzungen	ASIA Impairment Scale	Elixhauser Comorbidity Scale (Gruppe)	Elixhauser Comorbidity Scale (Absolut)	Behandlung	Komplikationen
1	w	90	Anderson & d'Alonzo Typ II	SHT		4	29	konservativ	
2	w	80	Anderson & d'Alonzo Typ II	Polytrauma, HW1-Fraktur		4	30	konservativ	
3	m	71	Effendi Typ Ila mit VA-Beteiligung			2	12	Magerl	Delir
4	w	82	Anderson & d'Alonzo Typ III			2	9	konservativ	
5	w	67	Anderson & d'Alonzo Typ III	HW1-Fraktur	AIS C, Monoparese	3	15	suboccipital auf HW2+3+4	
6	m	75	Benzel Typ I mit atypischer Effendi Typ II	SHT	AIS E, Myelopathie mit Ataxie	2	10	suboccipital auf HW2+3+4	Revision
7	w	94	Anderson & d'Alonzo Typ II	Jefferson-Fraktur		3	22	konservativ	Pneumonie
8	m	77	Anderson & d'Alonzo Typ III	Polytrauma		3	17	Magerl	Pneumonie
9	m	85	Anderson & d'Alonzo Typ III		AIS D, Myelopathie mit Ataxie	2	10	suboccipital auf HW2+3	
10	m	85	Anderson & d'Alonzo Typ II	SHT		4	39	konservativ	Herzinfarkt
11	m	80	Anderson & d'Alonzo Typ III			3	18	konservativ	Revision
12	w	94	Benzel Typ I	Jefferson- und Radius-Fraktur		3	15	Magerl	Niereninsuffizienz
13	m	75	Anderson & d'Alonzo Typ II			2	11	Magerl	Delir
14	m	80	Anderson & d'Alonzo Typ III	Sternum-Fraktur		2	4	Magerl	
15	w	89	Anderson & d'Alonzo Typ III			3	20	konservativ	
16	m	74	Anderson & d'Alonzo Typ III			3	20	Magerl	
17	m	78	Anderson & d'Alonzo Typ II			3	16	Densverschraubung	Revision, Epistaxis, Dysphagie, Pneumonie
18	w	84	Anderson & d'Alonzo Typ II	SHT	AIS A, Bewußtlosigkeit	3	19	Magerl	Hirnstammbetätigung
19	m	90	Anderson & d'Alonzo Typ III		Prellung	3	20	konservativ	Delir
20	m	73	Anderson & d'Alonzo Typ III			2	10	suboccipital auf HW2+3+4	
21	m	75	Anderson & d'Alonzo Typ II	HW3-Fraktur	AIS E, Ataxie	2	7	Magerl	
22	w	84	Anderson & d'Alonzo Typ III			3	20	Magerl auf HW3+4+5	
23	w	89	Anderson & d'Alonzo Typ II	HW6-Fraktur		2	12	Densverschraubung	
24	m	80	Benzel Typ I			2	7	konservativ (OP: HW5-7)	
25	m	70	Anderson & d'Alonzo Typ II			1	0	konservativ	Revision
26	w	79	Effendi Typ Ila mit VA-Beteiligung			3	13	Magerl	
27	m	80	Anderson & d'Alonzo Typ II	Jefferson-Fraktur		4	37	suboccipital auf HW2+3+4	Herzinfarkt, Delir, Pneumonie, Dysphagie, VRE-Besiedelung
28	w	81	Anderson & d'Alonzo Typ II	Jefferson-Fraktur		2	9	ventrale Dens- und transartikuläre Verschraubung (Barbour)	Pneumonie, Delir
29	m	72	Benzel, mehrfragmentär mit VA-Beteiligung	HWS- und BWS-Serfenfraktur	AIS C	3	14	Densverschraubung Magerl bis BW3	Pneumonie

ID	Geschlecht	Alter	Fraktur-Typ	Begleitverletzungen	ASIA Impairment Scale	Elixhauser Comorbidity Scale (Gruppe)	Elixhauser Comorbidity Scale (Absolut)	Behandlung	Komplikationen
30	w	74	Anderson & d'Alonzo Typ II	SHT		3	19	II + C1 dors	Harnwegsinfekt
31	m	82	Anderson & d'Alonzo Typ II			4	34	Magerl	
32	w	77	Anderson & d'Alonzo Typ II			2	12	Densverschraubung Magerl	Revision
33	w	76	Anderson & d'Alonzo Typ II	Polytrauma, HWS- und BWS-Frakturen		2	8	Densverschraubung	
34	w	78	Anderson & d'Alonzo Typ II		AIC D, Armparese links	4	38	Densverschraubung	Pneumonie, Delir
35	m	74	Effendi Typ I			1	3	konservativ	Harnwegsinfekt
36	w	82	Anderson & d'Alonzo Typ II			2	11	Densverschraubung	
37	m	71	Anderson & d'Alonzo Typ II	Gesichtsverletzung		2	5	ventrale Dens- und transartikuläre Verschraubung (Barbour)	Revision, Pneumonie
38	m	67	Benzel Typ I, mehrfragmentär	Polytrauma		1	0	Magerl	Delir
39	w	84	Anderson & d'Alonzo Typ II	HW1-Fraktur		4	23	Magerl	Herzinfarkt
40	m	81	Anderson & d'Alonzo Typ II	Jefferson-Fraktur		4	23	Magerl	
41	w	78	Anderson & d'Alonzo Typ II			2	6	konservativ	
42	w	87	Anderson & d'Alonzo Typ II	HW1-Fraktur		2	7	ventrale Dens- und transartikuläre Verschraubung (Barbour)	
43	w	75	Anderson & d'Alonzo Typ III			4	24	konservativ	Pneumonie
44	w	91	Effendi Typ II			1	0	konservativ	
45	w	84	mehrfragmentäre und dislozierte Benzel Typ I und Anderson & d'Alonzo Typ II	HWS-Serienfraktur		4	41	suboccipital auf HW4+5	Pneumonie
46	m	88	Anderson & d'Alonzo Typ III	SHT		4	28	konservativ	Pneumonie, Delir
47	w	88	Anderson & d'Alonzo Typ III			2	5	konservativ	

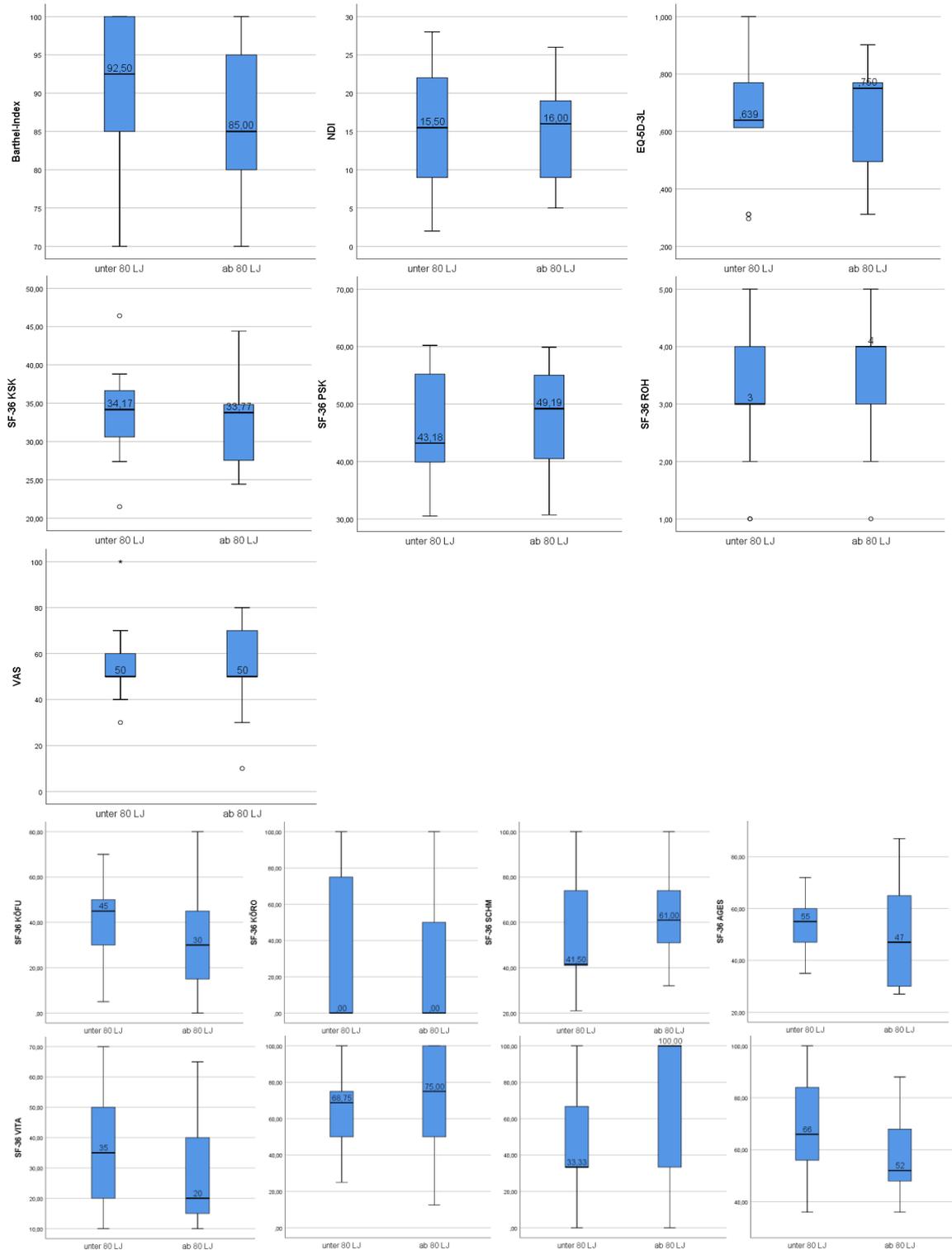
Anhang 11, Reihe 1 - 3: HrQoL-Ergebnisse, abhängig vom Geschlecht, Vergleich männlich (links) vs weiblich (rechts): Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, VAS, SF-36 körperliche Summenskala und SF-36 psychische Summenskala. **Reihe 4 - 5:** 8 Subdimensionen: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit, SF-36 körperliche Rollenfunktion, SF-36 körperliche Schmerzen, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit, SF-36 emotionale Rollenfunktion, SF-36 psychisches Wohlbefinden. Mediane mit 25- und 75%-Quartile und Whiskers. **Letzte Reihe:** Signifikanzniveau



Exakte Signifikanz (2-seitig) - Geschlecht

Barthel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
0,206	0,591	0,407	0,947	0,259	0,83	0,491	0,062	0,784	0,655	0,187	0,14	0,799	0,32	0,354

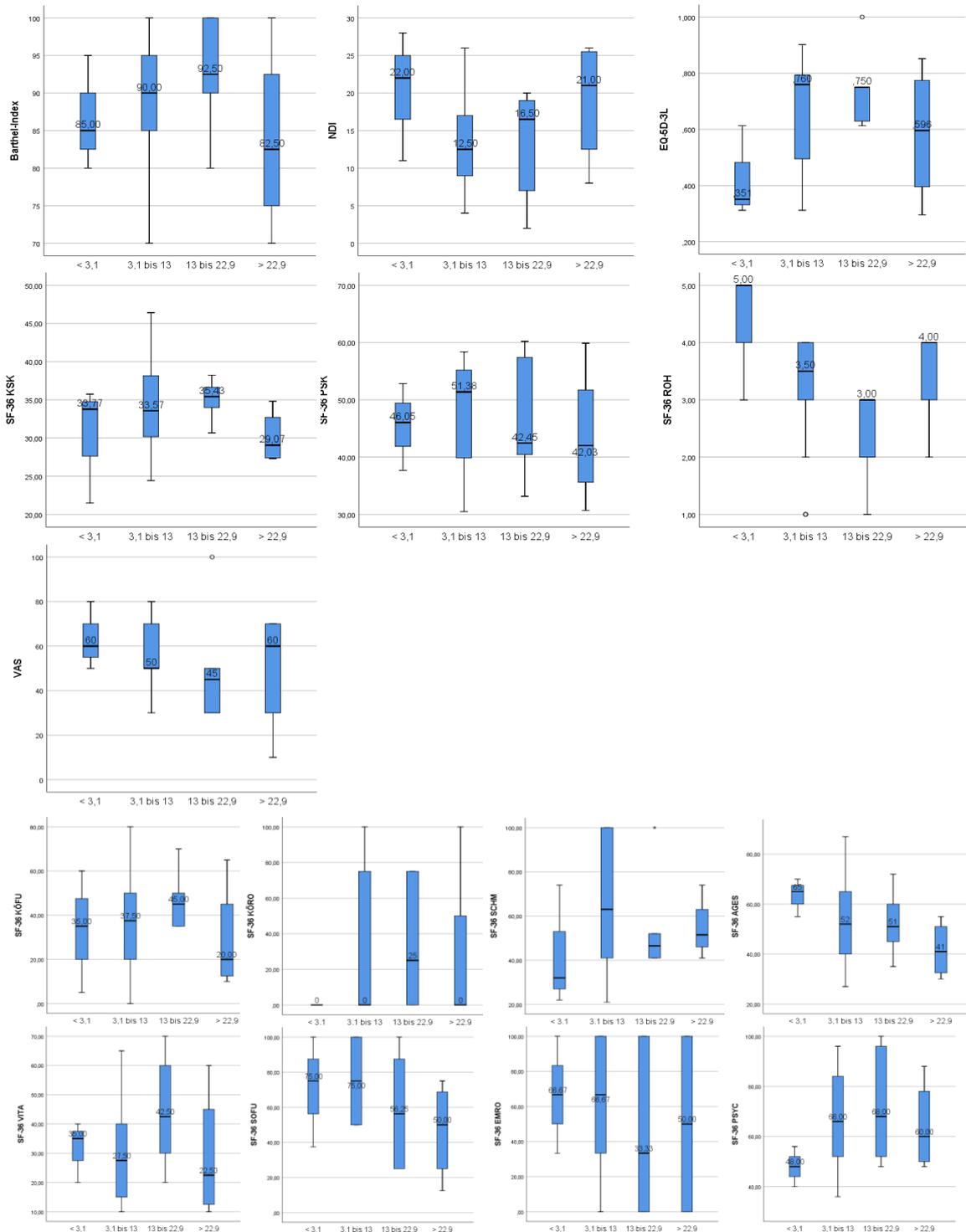
Anhang 12, Reihe 1 - 3: HrQoL-Ergebnisse, abhängig vom Alter. Vergleich unter 80 LJ (links) vs über 80 LJ (rechts): Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, VAS, SF-36 körperliche Summenskala und SF-36 psychische Summenskala. **Reihe 4- 5:** 8 Subdimensionen: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit, SF-36 körperliche Rollenfunktion, SF-36 körperliche Schmerzen, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit, SF-36 emotionale Rollenfunktion, SF-36 psychisches Wohlbefinden. Mediane mit 25- und 75%-Quartile und Whiskers. **Letzte Reihe:** Signifikanzniveau.



Exakte Signifikanz (2-seitig) – Alter ± 80 LJ

Barthel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
0,323	0,839	0,801	0,751	0,685	0,867	0,551	0,354	0,594	0,269	0,494	0,304	0,417	0,149	0,252

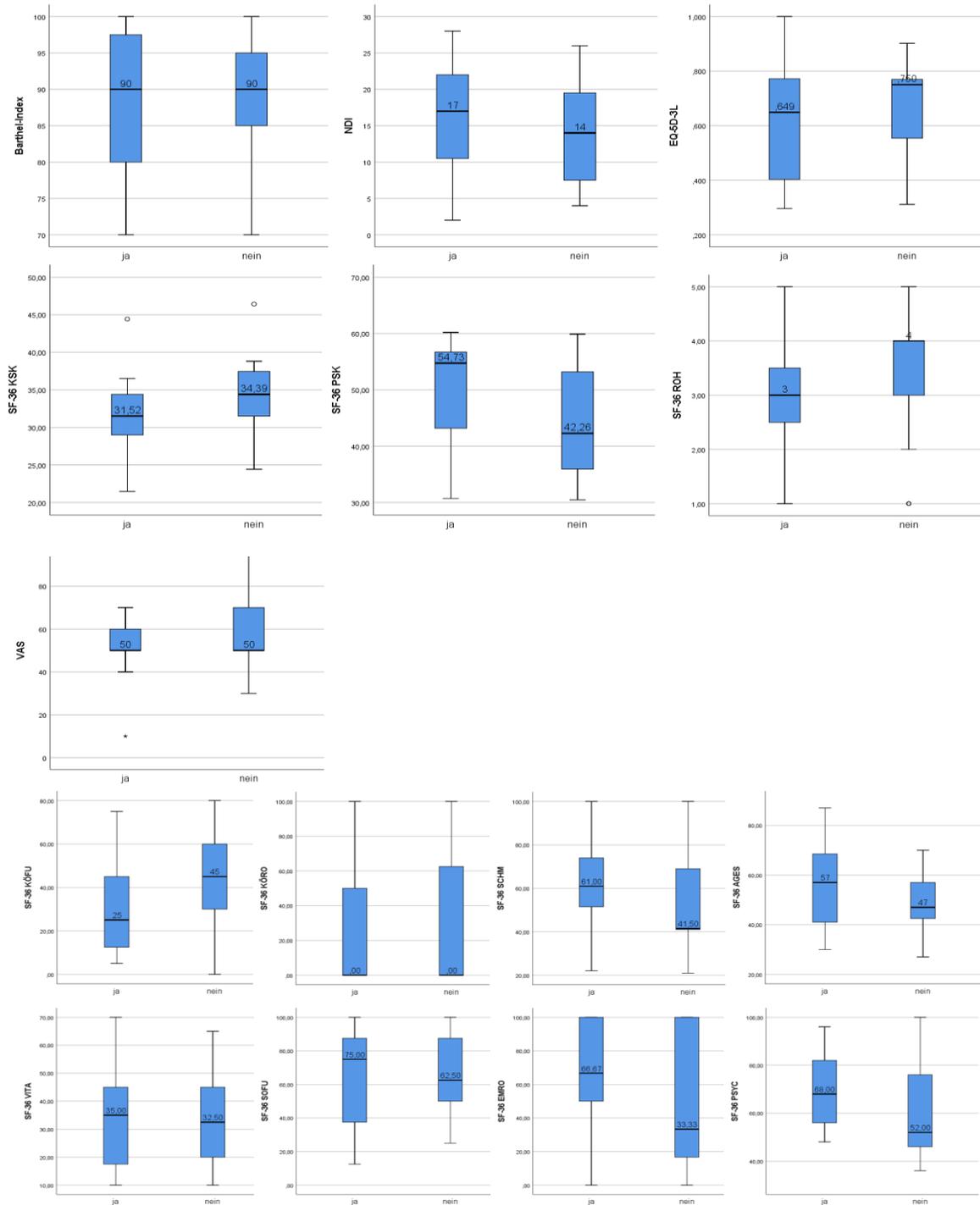
Anhang 13, Reihe 1 - 3: HrQoL-Ergebnisse, abhängig von der Komorbidität, kategorisiert nach Elixhauser-Komorbiditäts-Score. **Von links nach rechts:** Vergleich der Gruppen I – IV: Score: < 3,1 – 13 – 22,9: Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, VAS, SF-36 körperliche Summenskala und SF-36 psychische Summenskala. **Reihe 4 - 5:** 8 Subdimensionen: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit, SF-36 körperliche Rollenfunktion, SF-36 körperliche Schmerzen, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit, SF-36 emotionale Rollenfunktion, SF-36 psychisches Wohlbefinden. Mediane mit 25- und 75%-Quartile und Whiskers. **Letzte Reihe:** Signifikanzniveau.



Exakte Signifikanz (2-seitig) - Komorbidität (Elixhauser Comorbidity score)

Barthel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
0,572	0,329	0,240	0,455			0,083	0,606	0,505	0,516	0,310	0,475	0,346	0,809	0,394

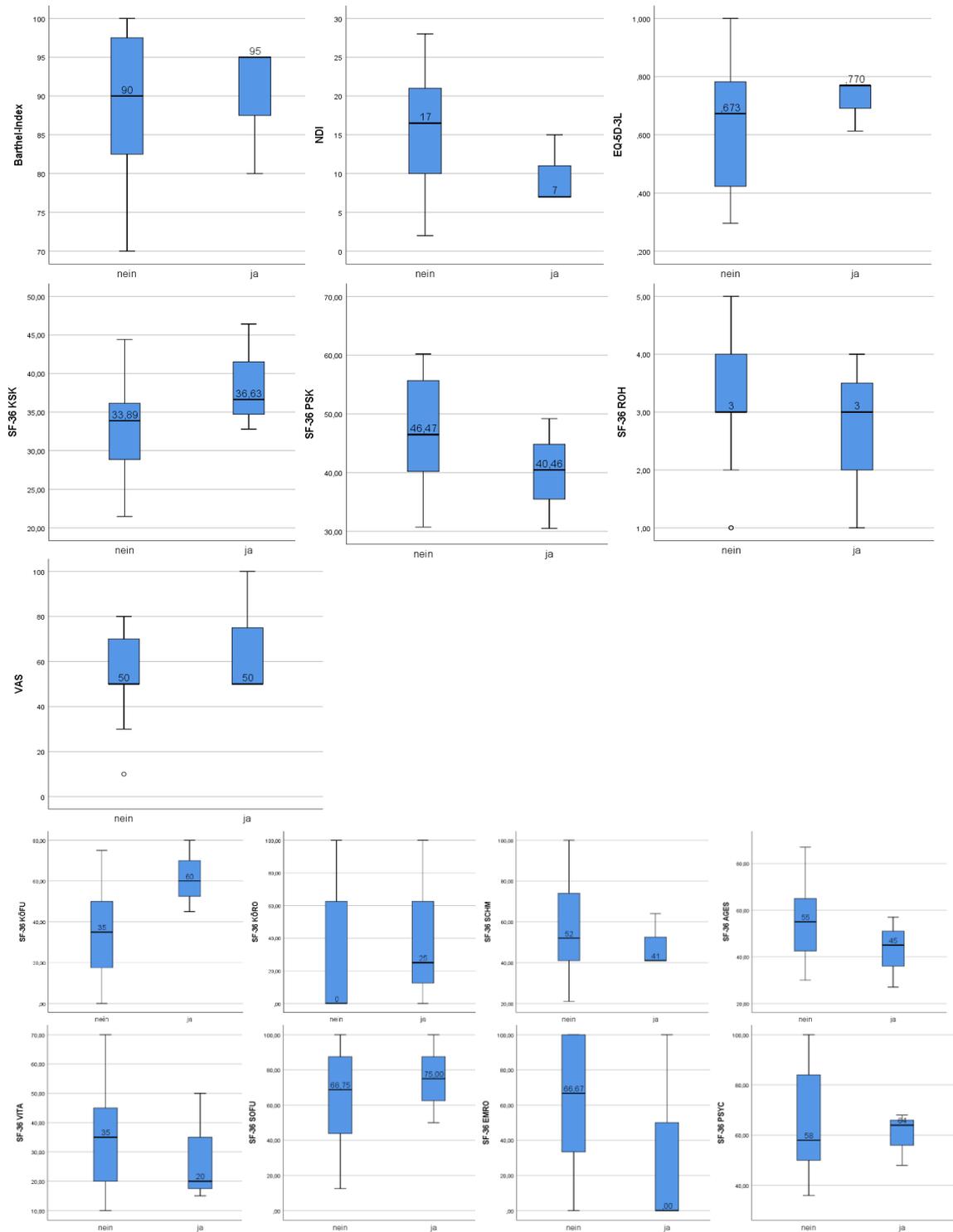
Anhang 14: Reihe 1 - 3: HrQoL-Ergebnisse, abhängig von Begleitverletzungen. Vergleich, mit Begleitverletzungen (**links**) vs ohne Begleitverletzungen (**rechts**): Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, VAS, SF-36 körperliche Summenskala und SF-36 psychische Summenskala. **Reihe 4- 5:** 8 Subdimensionen: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit, SF-36 körperliche Rollenfunktion, SF-36 körperliche Schmerzen, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit, SF-36 emotionale Rollenfunktion, SF-36 psychisches Wohlbefinden. Mediane mit 25- und 75%-Quartile und Whiskers. **Letzte Reihe:** Signifikanzniveau.



Exakte Signifikanz (2-seitig) - Begleitverletzungen

Barthel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
0,739	0,414	0,670	0,527	0,178	0,121	0,318	0,129	0,963	0,261	0,2340	0,971	0,971	0,427	0,143

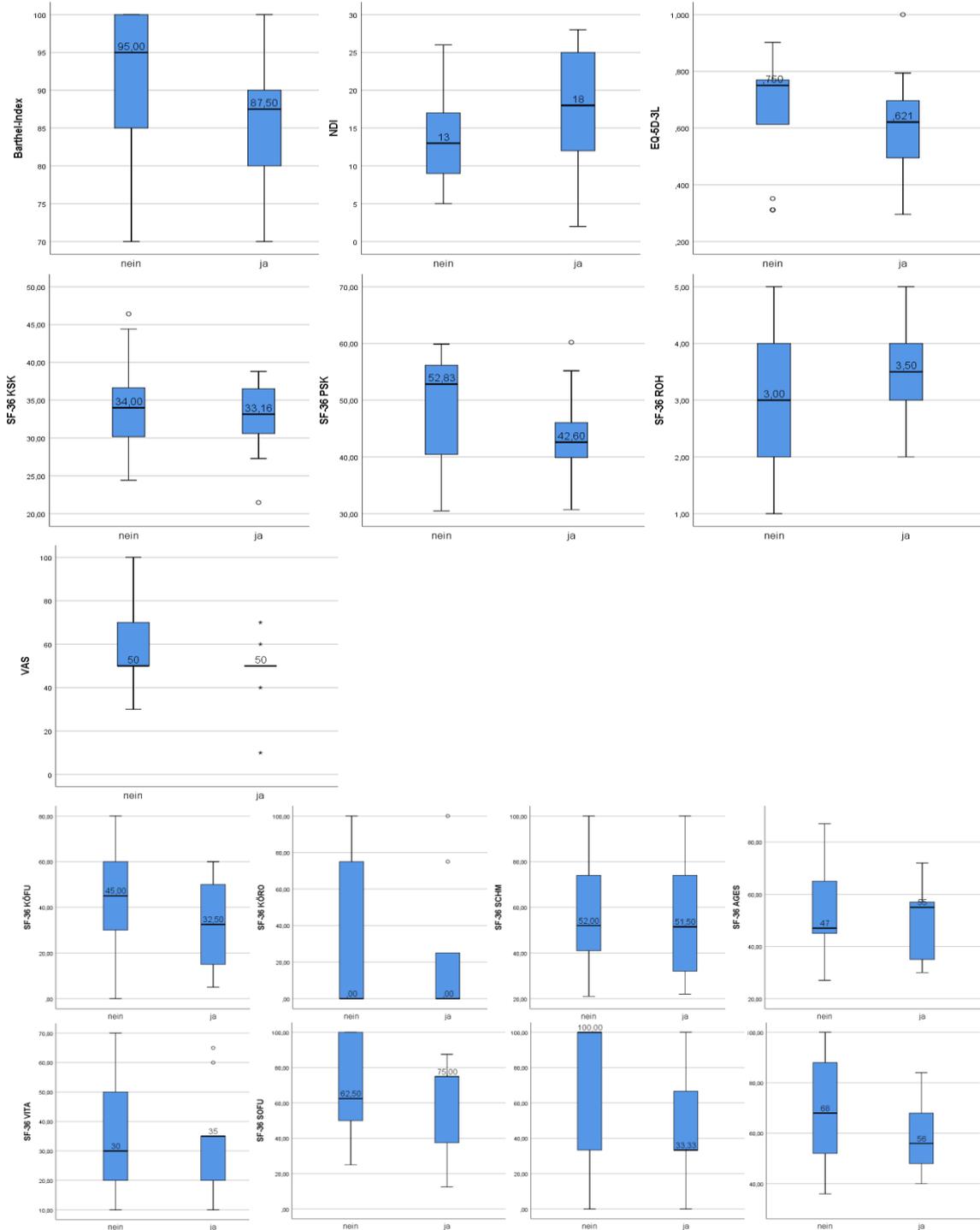
Anhang 15, Reihe 1 - 3: HrQoL-Ergebnisse, abhängig von der initialen neurologischen Symptomatik. Vergleich, mit neurologischer Symptomatik (**links**) vs ohne neurologischer Symptomatik (**rechts**): Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, VAS, SF-36 körperliche Summenskala und SF-36 psychische Summenskala. **Reihe 4- 5:** 8 Subdimensionen: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit, SF-36 körperliche Rollenfunktion, SF-36 körperliche Schmerzen, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit, SF-36 emotionale Rollenfunktion, SF-36 psychisches Wohlbefinden. Mediane mit 25- und 75%-Quartile und Whiskers. **Letzte Reihe:** Signifikanzniveau



Exakte Signifikanz (2-seitig) - Neurologie

Barthel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
0,988	0,133	0,592	0,495	0,187	0,215	0,608	0,069	0,448	0,507	0,284	0,643	0,620	0,333	0,784

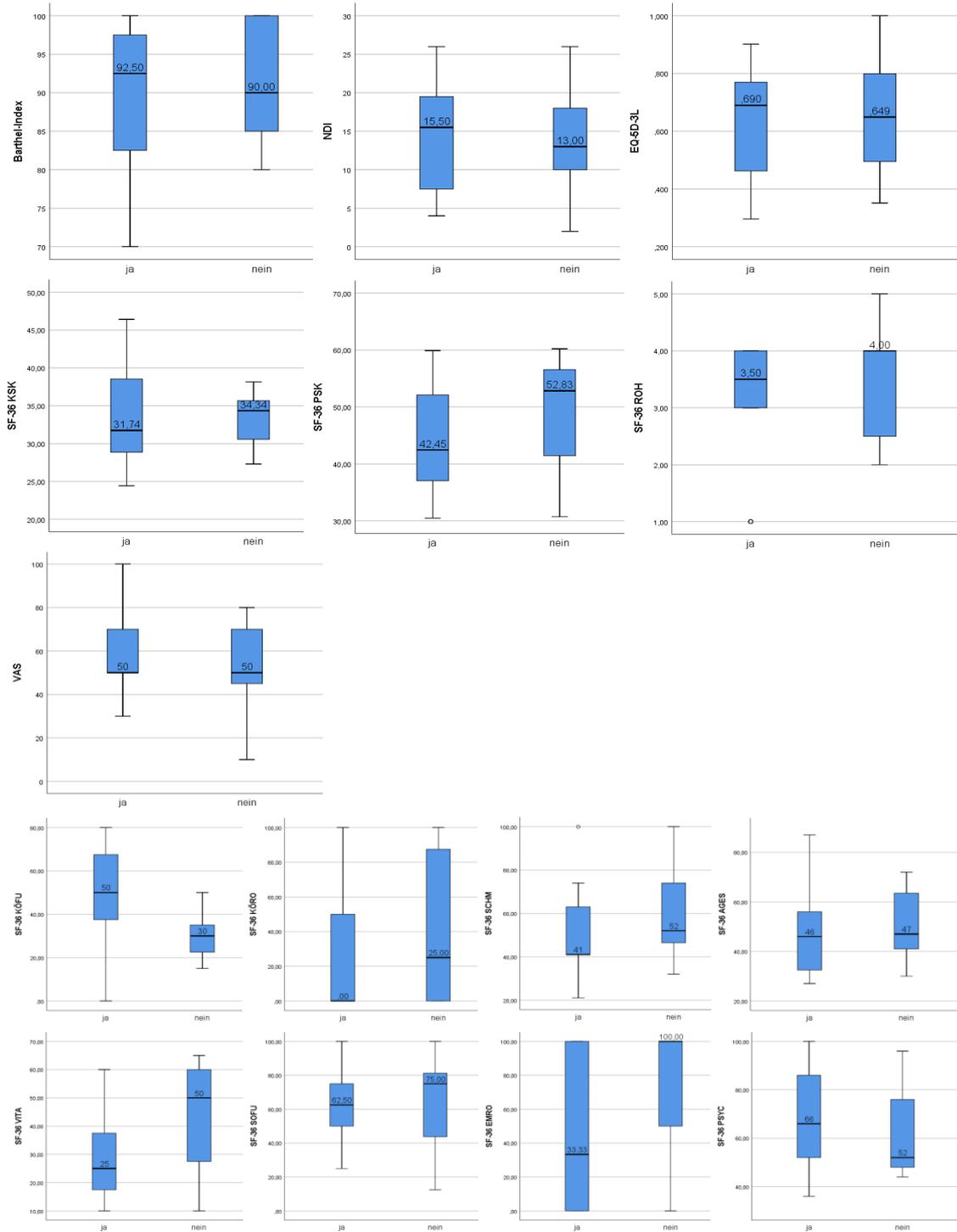
Anhang 16, Reihe 1 - 3: HrQoL-Ergebnisse, abhängig von den Komplikationen. Vergleich, mit Komplikationen (**links**) vs ohne Komplikationen (**rechts**): Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, VAS, SF-36 körperliche Summenskala und SF-36 psychische Summenskala. **Reihe 4- 5:** 8 Subdimensionen: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit, SF-36 körperliche Rollenfunktion, SF-36 körperliche Schmerzen, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit, SF-36 emotionale Rollenfunktion, SF-36 psychisches Wohlbefinden. Mediane mit 25- und 75%-Quartile und Whiskers. **Letzte Reihe:** Signifikanzniveau



Exakte Signifikanz (2-seitig) - Komplikationen

Barthel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
0,313	0,247	0,216	0,203	0,902	0,386	0,376	0,378	0,592	0,755	0,776	0,990	0,622	0,243	0,326

Anhang 17, Reihe 1 - 3: HrQoL-Ergebnisse, abhängig von der Fusion, resp. Pseudarthrose. Vergleich, Fusion (**links**) vs Pseudarthrose (**rechts**): Barthel-Index, NDI, EQ-5D-3L, VAS, SF-36 körperliche Summenskala und SF-36 psychische Summenskala. **Reihe 4- 5:** 8 Subdimensionen: SF-36 körperliche Funktionsfähigkeit, SF-36 körperliche Rollenfunktion, SF-36 körperliche Schmerzen, SF-36 allgemeine Gesundheitswahrnehmung, SF-36 Soziale Funktionsfähigkeit, SF-36 emotionale Rollenfunktion, SF-36 psychisches Wohlbefinden. Mediane mit 25- und 75%-Quartile und Whiskers. **Letzte Reihe:** Signifikanzniveau



Exakte Signifikanz (2-seitig) - Fusion

Barthel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 KSK	SF-36 PSK	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
0,664	0,918	0,852	0,953	0,902	0,384	0,668	0,072	0,316	0,302	0,467	0,200	0,982	0,251	0,694

Anhang 18: Vergleich der HrQoL-Skalen abhängig vom Geschlecht. Männlich (**oben**) vs weiblich (**unten**). Mittelwerte mit Standardabweichungen, grün: überlegen, rot: unterlegen, gelb; ausgeglichen.

<i>Geschlecht</i>	Bar-thel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 ksk	SF-36 psk	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
Männer [M]	91,15	14,15	0,670	54,62	35,93	42,42	3,38	46,92	28,85	57,62	56,85	28,46	65,38	66,67	67,69
<i>SD</i>	8,45	8,11	0,229	12,66	6,4	11,99	0,96	24,37	41,89	28,63	18,06	17,49	24,56	36,00	19,70
Frauen [M]	86,43	15,71	0,617	54,29	33,21	41,52	3,00	30,00	23,21	59,71	47,93	38,57	66,96	50,00	61,14
<i>SD</i>	9,69	6,51	0,200	23,11	4,17	10,98	1,24	16,53	35,98	21,82	13,18	18,34	28,84	44,82	19,11
Ex. Sign.(2-s)	0,206	0,591	0,407	0,947	0,22	0,79	0,491	0,062	0,784	0,655	0,187	0,14	0,799	0,32	0,354

Anhang 19: Vergleich der HrQoL-Skalen abhängig von der Altersgruppe ±80 Jahre. Vergleich unter 80 LJ (**oben**) vs über 80 LJ (**unten**). Mittelwerte mit Standardabweichungen, grün: überlegen, rot: unterlegen, gelb; ausgeglichen.

<i>± 80 LJ</i>	Bar-thel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 ksk	SF-36 psk	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
unter 80 LJ: Mittelwert	90,36	15,36	0,64	55,00	35,02	41,41	3,07	41,07	28,57	53,93	53,36	37,50	62,50	47,62	68,29
<i>SD</i>	9,30	8,14	0,21	16,53	5,83	10,55	1,14	19,03	40,26	26,10	10,38	18,27	23,51	36,31	20,72
über 80 LJ: Mittelwert	86,92	14,54	0,64	53,85	33,99	42,54	3,31	35,00	23,08	63,85	51,00	29,62	70,19	69,23	60,00
<i>SD</i>	9,25	6,40	0,22	21,03	5,15	12,4	1,11	25,25	37,45	23,34	20,95	18,20	29,55	44,02	17,44
Ex. Sign.(2-s)	0,323	0,839	0,801	0,751	0,83	0,94	0,551	0,354	0,594	0,269	0,494	0,304	0,417	0,149	0,252

Anhang 20: Vergleich der HrQoL-Skalen abhängig von den Begleitverletzungen. Vergleich ohne Begleitverletzungen (**oben**) vs mit Begleitverletzungen (**unten**). Mittelwerte mit Standardabweichungen, grün: überlegen, rot: unterlegen, gelb; ausgeglichen.

<i>Begleitverletzungen</i>	Bar-thel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 ksk	SF-36 psk	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
ohne Begleitverletzungen: Mittelwert	89,38	14,00	0,657	56,88	35,46	39,88	3,31	43,44	26,56	55,25	48,88	33,44	67,19	52,08	60,50
<i>SD</i>	8,54	6,71	0,195	19,57	5,47	10,92	1,14	21,35	39,23	25,74	12,87	17,77	23,66	42,11	21,01
mit Begleitverletzungen: Mittelwert	87,73	16,36	0,621	50,91	33,16	44,97	3,00	30,45	25,00	63,73	57,09	34,09	64,77	66,67	69,82
<i>SD</i>	10,57	8,03	0,243	17,00	5,33	11,58	1,10	21,62	38,73	23,77	19,45	19,98	31,03	39,44	15,84
Ex. Sign.(2-s)	0,739	0,414	0,670	0,527	0,212	0,148	0,318	0,129	0,963	0,261	0,2340	0,971	0,971	0,427	0,143

Anhang 21: Vergleich der HrQoL-Skalen abhängig von der initialen neurologischen Symptomatik. Vergleich, ohne neurologischer Symptomatik (**oben**) vs mit neurologischer Symptomatik (**unten**). Mittelwerte mit Standardabweichungen, grün: überlegen, rot: unterlegen, gelb; ausgeglichen.

<i>Neurologie</i>	Bar-thel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 ksk	SF-36 psk	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
ohne neurologische Sympt., Mittelwert	88,54	15,63	0,633	52,92	33,93	42,67	3,25	35,21	23,96	59,96	53,38	34,38	65,10	61,11	64,83
<i>SD</i>	9,50	7,28	0,222	17,06	4,98	11,33	1,07	20,98	37,21	25,84	16,10	18,55	26,83	38,91	20,22
mit neurologische Sympt., Mittelwert	90,00	9,67	0,718	66,67	39,3	36,22	2,67	61,67	41,67	48,67	43,00	28,33	75,00	33,33	60,00
<i>SD</i>	8,66	4,62	0,090	28,87	7,74	10,81	1,53	17,56	52,04	13,28	15,10	18,93	25,00	57,74	10,58
Ex. Sign.(2-s)	0,988	0,133	0,592	0,495	0,351	0,313	0,608	0,069	0,448	0,507	0,284	0,643	0,620	0,333	0,784

Anhang 22: Vergleich der HrQoL-Skalen abhängig von der knöchernen Ausheilung. Vergleich, Pseudarthrose (**oben**) vs Fusion (**unten**). Mittelwerte mit Standardabweichungen, grün: überlegen, rot: unterlegen, gelb; ausgeglichen.

<i>Fusion</i>	Bar-thel	NDI	EQ-5D-3L	VAS	SF-36 ksk	SF-36 psk	ROH SF-36	SF-36 KÖFU	SF-36 KÖRO	SF-36 SCHM	SF-36 AGES	SF-36 VITA	SF-36 SOFU	SF-36 EMRO	SF-36 PSYC
Pseudarthrose Mittelwert	91,43	13,86	0,656	52,86	34,76	43,89	3,43	30,00	42,86	60,71	51,14	42,86	62,50	71,43	62,86
<i>SD</i>	8,52	7,71	0,233	23,60	4,03	13,39	1,13	11,55	47,25	23,24	16,16	22,33	30,62	40,50	19,96
Fusion Mittelwert	88,75	14,33	0,632	56,67	34,93	39,58	3,17	48,33	22,92	52,33	47,08	29,17	65,63	44,44	66,33
<i>SD</i>	10,90	7,41	0,214	19,23	6,93	11,15	1,11	24,80	37,63	20,89	17,22	15,35	21,40	43,42	20,71
Ex. Sign.(2-s)	0,664	0,918	0,852	0,953	0,902	0,536	0,668	0,072	0,316	0,302	0,467	0,200	0,982	0,251	0,694

Anhang 23: „Smiley-Webster-Scale“ - Original-Textbeschreibung der funktionellen Ergebnisse nach Operationen von lumbalen Bandscheibenvorfällen. **Aus:** WEBSTER FS, SMILEY DP. End result study of a series of operations for herniated intervertebral lumbar discs. American journal of surgery. 1960;99:27-32.

We have classified the results into four groups: excellent, good, fair and poor. Those classified as excellent had complete relief of pain in the back and legs, discarded all brace support, and returned to their previous occupational duties. The majority of the patients in this series were engaged in the occupation of farming which, in itself, places considerable functional requirements upon the back. Those considered good results likewise obtained complete relief from their original complaints and returned to their previous occupational duties. However, they stated that they had occasional backaches, complained of some slight weakness in subsequent follow-up examinations and sometimes required brace support for heavy work.

In our third category of fair were included those patients who had relief of their original pain and symptoms but had some intermittent mild aching of the legs. These patients required brace support for heavy labor. None of those in the first three categories, however, ever exhibited a recurrence of the acute objective findings of persistent severe muscle spasm of the back, and most had definite improvement of objective neurologic changes such as the loss or decrease of reflex activity, motor strength, etc., although at times there was a permanent loss of the Achilles response without significant residuals.

The last group was listed as poor and consisted of those patients who felt their condition was no better than prior to surgery. It is interesting to note, however, that even they demonstrated some degree of early improvement from their original severe complaints.

Anhang 24: "Smiley-Webster Functional Outcome Scale": von Seybold (1998) modifizierte Skala nach Webster und Smiley zur Untersuchung der funktionellen Ergebnisse nach operativ und konservativ behandelten Densfrakturen. **Aus:** Seybold EA, Bayley JC. Functional outcome of surgically and conservatively managed dens fractures. Spine. 1998;23(17):1837-45; discussion 1845-6.

Table 3. Functional Outcome Scale (1–4)*

1 Excellent = No pain, no noticeable ROM change, return to full premorbid activities, neurologically intact
 2 Good = Occasional pain, noticeably decreased ROM, any change from premorbid activity, neurologically intact
 3 Fair = Moderate pain, changes in ROM that adversely affect ADL, any isolated neurologic event
 4 Poor = Significant pain, incapacity, catastrophic neurologic event, death

* The lower the score, the better the outcome.
 ROM = range of motion; ADL = activity of daily living.

Anhang 25: modifizierte „Smiley-Webster-Scale“ nach Kim zur Untersuchung der klinischen Ergebnisse nach Halo-fixateur (externe) und operativer Fusion bei Densfrakturen. **Aus:** Kim SK, Shin JJ, Kim TH, Shin HS, Hwang YS, Park SK. Clinical outcomes of halo-vest immobilization and surgical fusion of odontoid fractures. Journal of Korean Neurosurgical Society. 2011;50(1):17-22.

Table 2. Smiley-Webster scale used to assess clinical outcome

Score	Description
I) Excellent	Patient returned to full-time work/activity as before onset of symptoms; no pain medication required
II) Good	Patient returned to full-time work/activity; occasional use of pain medication
III) Fair	Patient not able to return to former level of work/activity; occasional pain medication; improved over preoperative status
IV) Poor	Patient not able to return to work/former activity level; regular use of pain medication

Anhang 26: „Smiley Webster Pain Scale (SWPS)“: modifizierter Smiley Webster Scale nach De Bonis zur Untersuchung der funktionellen Ergebnisse älterer Patienten, welche bei Densfraktur behandelt wurden. **Aus:** Bonis P de, Iaccarino C, Musio A, et al. Functional Outcome of Elderly Patients Treated for Odontoid Fracture: A Multicenter Study. Spine. 2019;44(13):951-958.

Index (NDI) and the Smiley Webster Pain Scale (SWPS), investigating respectively general disability, neck-related disability, and ability to return to work/former activity.

100%), mRS-post (0–3 vs. 4–5), SWPS (excellent or good vs. fair or poor), and crossover (yes vs. no).

Danksagung

Ich danke meiner Ehefrau, Dr. Sabine Kim, für ihr tiefstes Vertrauen in mir.

Ich danke Dr. Brian May für die Inspiration.

Eidesstattliche Versicherung

Kim, In-Se

Ich erkläre hiermit an Eides statt,

dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

HW2-Frakturen im Alter: Lebensqualität und funktionelle Ergebnisse mit und ohne Operation

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

In-Se Kim,

Straubing, 28.06.2021