

INHALTSVERZEICHNIS

Abkürzungsverzeichnis	4
1 Einleitung und Erläuterung der Problematik.....	6
2 Anatomie, Biomechanik und Klinik der atlanto-okzipitalen Region.....	8
2.1 Anatomie	8
2.2 Biomechanik.....	11
2.3 Unfallmechanismen	13
2.4 Klinik und Diagnostik.....	14
2.5 Klassifizierungssysteme der OKF	16
2.6 Therapie.....	18
3 Ziele der Arbeit.....	21
4 Patienten und Methodik.....	22
4.1 Studiendesign.....	22
4.2 Patientenkollektiv	23
4.3 Datenerhebung und Zielgrößen	23
4.3.1 Primärdiagnostik.....	23
4.3.1.1 Bildgebung.....	23
4.3.1.2 Epidemiologische Daten.....	24
4.3.1.3 Initiale Morbidität.....	25
4.3.2 Therapieverfahren und Indikation im OKF-Kollektiv	27
4.3.3 Nachuntersuchung	27
4.3.3.1 Klinische Nachuntersuchung	28
4.3.3.2 Bildgebende Nachuntersuchung	28
4.3.3.3 Fragebögen	29
4.3.4 Zielgrößen im Überblick	32
4.4 Datenverarbeitung.....	32
4.5 statistische Auswertung	32
5 Ergebnisse	35
5.1 Primärdiagnostik.....	35
5.1.1 Bildgebung.....	35
5.1.2 Epidemiologische Daten.....	36
5.1.3 Frakturfrequenz, -klassifikation und -verlauf.....	38

5.1.4	Initiale Morbidität	41
5.1.5	Begleitverletzungen	44
5.1.6	Initiale Morbidität im Kontext zu OKF und Begleitverletzungen	46
5.1.6.1	Initiale Morbidität vs. OKF-Typ nach Anderson und Montesano	46
5.1.6.2	Initiale Morbidität vs. OKF-Typ nach Tuli.....	48
5.1.6.3	Initiale Morbidität vs. Frakturfrequenz.....	49
5.1.6.4	Initiale Morbidität vs. Frakturverlauf	51
5.1.6.5	Initiale Morbidität vs. zervikale Begleitverletzung.....	52
5.1.6.6	Initiale Morbidität vs. AOD.....	53
5.1.6.7	Initiale Morbidität vs. intrazerebrale Begleitverletzung	55
5.2	Therapieverfahren im OKF-Kollektiv	56
5.3	Nachuntersuchung	59
5.3.1	Körperliche Nachuntersuchung und Anamnese.....	59
5.3.2	Bildgebende Nachuntersuchung	61
5.3.3	Fragebögen	62
5.3.4	Outcome im Kontext zu OKF, Therapie und Begleitverletzungen.....	65
5.3.4.1	Outcome vs. OKF-Typ nach Anderson und Montesano	66
5.3.4.2	Outcome vs. OKF-Typ nach Tuli	68
5.3.4.3	Outcome vs. Frakturfrequenz	70
5.3.4.4	Outcome vs. Frakturverlauf	71
5.3.4.5	Outcome vs. zervikale Begleitverletzung	73
5.3.4.6	Outcome vs. AOD	74
5.3.4.7	Outcome vs. intrazerebrale Begleitverletzung	75
5.3.4.8	Outcome vs. Therapie.....	76
5.3.4.9	Frakturverlauf vs. intrazerebrale Begleitverletzung.....	78
5.3.5	Outcome vs. initialer Gesundheitszustand.....	78
5.4	Neue Klassifikation	79
6	Diskussion	83
6.1	Studiendesign und Zielgrößen	83
6.2	Epidemiologische Daten.....	84
6.3	Initiale Morbidität.....	86
6.4	Begleitverletzungen	89
6.5	Nachuntersuchung und Outcome.....	93

6.6	Stellenwert bestehender Klassifikationen	105
6.6.1	Anderson und Montesano	105
6.6.2	Tuli et al.....	109
6.6.3	Frakturefrequenz.....	111
6.6.4	Frakturverlauf	114
6.6.5	Neue Klassifikation und Therapiestrategie	115
6.6.6	Kriterien der kranio-zervikalen Instabilität.....	117
7	Zusammenfassung	119
8	Literaturverzeichnis	122
9	Anhang	133
9.1	Abbildungen	133
9.2	Demographische Tabelle	145
9.3	Fragebögen	146
10	Danksagung.....	153
11	Lebenslauf	Fehler! Textmarke nicht definiert.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

A.	Arteria
Abb.	Abbildung
allg.	Allgemein
ant.	Anterior
AOD	Atlanto-okzipitale Dissoziation
ap.	Anterior-posterior
AU	Arbeitsunfähigkeit
BDI	Basion-dentales Intervall
BV	Begleitverletzung
bzw.	Beziehungsweise
C0	Halswirbelkörper 0 = okzipitale Kondylen
C1	Halswirbelkörper 1 = Atlas
C2	Halswirbelkörper 2 = Axis
cCT	craniale Computertomographie
COMI	Core Outcome Measure Index
CT	Computertomographie / Computertomogramm
et al.	et alii
Fa.	Firma
GCS	Glasgow Coma Scale
H0 / H1	Gegenhypothese / Hypothese
HN	Hirnnerven
HR	High-Resolution
HWS	Halswirbelsäule
i.d.R.	in der Regel
ICB	intrazerebrale Blutung
ICC	Intra Class Correlation
insb.	insbesondere
ISS	Injury Severity Score

Lig. / Ligg.	Ligamentum / Ligamenta
max.	Maximum
min.	Minium
mind.	mindestens
mm	Millimeter
MR	Magnetresonanz
MRT	Magnetresonanztomographie
n. / nn.	Nervus / nervi
NDI	Neck Disability Index
NISS	New Injury Severity Score
o.g.	oben genannt
OKF	Okzipitale Kondylenfraktur
post.	posterior
rad.	radiologisch
ROM	Range of Motion
Rtw	Return to work
SAB	Subarachnoidalblutung
SD	Standard Deviation = Standardabweichung
SDB	Subduralblutung
SF-36	Short Form 36 Health Survey
SHT	Schädelhirntrauma
sog.	sogenannt
Sx.	Schmerz
VAS	Visuelle Analogskala
vs.	versus
z.B.	Zum Beispiel
Z.n.	Zustand nach
z.T.	zum Teil

1 EINLEITUNG UND ERLÄUTERUNG DER PROBLEMATIK

Die Okzipitale Kondylenfraktur (OKF, C0-Fraktur) wurde im Jahr 1817 erstmals beschrieben: Ein Patient wurde nach Sturz von einer Mauer in ein Krankenhaus eingeliefert. Bei der Entlassung brach der Patient tot zusammen. Die Autopsie durch Sir Charles Bell erbrachte eine sekundär dislozierte okzipitale Kondylenfraktur als Todesursache.¹⁴ Bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts gab es nur wenige Berichte über OKF-Fälle. Nennenswerte Fallzahlen wurden in Autopsiestudien bei Unfallopfern gesehen, weshalb die okzipitale Kondylenfraktur als schwerwiegende Verletzung eingestuft wurde.^{6,25,115}

Die, seit der 80er Jahre des vergangenen Jahrtausends einsetzende, sich zunehmend verbessernde computertomographische Technik sowie eine wachsende Sensibilisierung von Unfallchirurgen und Radiologen hat dazu beigetragen, dass die Inzidenz der OKF bei Überlebenden zunahm.^{10,17,32,65,98} Der Eindruck entsteht, dass es sich bei der OKF um eine, in der Regel mit dem Leben vereinbare Fraktur handelt, die in einigen Fällen das Outcome – im Gegensatz zu den Begleitverletzungen – gering bis gar nicht beeinflusst.^{67,72,115} Prospektive Studien mit der Frage nach therapiespezifischem Outcome bei OKF fehlen bisher. Ein Großteil der Publikationen stellt ausschließlich Fallbeschreibungen dar.^{10,19,65,144,159,185}

OKF sind selten.^{10,159} Angaben zur Inzidenz bei Traumapatienten schwanken stark je nach Wahl der Einschlusskriterien und erreichen Werte zwischen 0,1% und 16,4%.^{19,122}

In der unfallchirurgischen Klinik stellt sich die Frage nach dem Einfluss einer Verletzung auf den allgemeinen Gesundheitszustand sowie das klinische und radiologische Outcome der Patienten. Eine Literaturrecherche zu Beginn der Studie zeigte, dass Studien zu OKF mit größerem Kollektiv bis dato ausnahmslos retrospektiver Art sind. Die mit diesem Studientyp einhergehenden teils hohen Ausfallraten bei den Nachuntersuchungen sowie die inhomogenen Nachuntersuchungsintervalle und nicht-standardisierten Untersuchungsprotokolle senken den Evidenzgrad und machen statistische Auswertungen schwierig.

In einer Analyse von 47 Artikeln zur OKF aus 35 Jahren, konnten Hadley et al. aufgrund zu geringer Studiengrößen und fehlenden Vergleichsstudien keine evidenzbasierten Leitlinien zur Therapie der OKF aufstellen.⁶⁵ Das therapeutische Spektrum bei OKF reicht deshalb von körperlicher Schonung über die Ruhigstellung mittels Halskrawatte,

der Anlage eines Halofixateurs bis zur operativen Stabilisierung. Die Empfehlungen hierzu werden aus Beobachtungen bei sechs bzw. drei Patienten abgeleitet.^{10,159} Zu Beginn dieser Studie fanden sich nur zwei Studien die zum Ziel eine Therapieempfehlung anhand der Analyse des klinischen Outcomes hatten und größere Patientenkollektive mit mehr als 10 OKF-Patienten umfassten.^{44,66} Diesen fehlte jedoch eine therapie- und frakturtypspezifische Analyse des klinischen Outcomes. Ferner erfolgte die Nachuntersuchung der Patienten im Median bereits einen Monat bzw. zwei Jahre posttrauma, jeweils ohne standardisierten Fragebogen.^{44,66}

Für die klinische Arbeit sind Klassifikationen nötig, anhand derer konkrete Therapieempfehlungen sowie Aussagen zum wahrscheinlichen Outcome abzuleiten sind. Die gebräuchliche wissenschaftliche Klassifikation der OKF ist die nach Anderson und Montesano.¹⁰ Sie beruht lediglich auf sechs retrospektiv untersuchten Patienten.¹⁰ Eine aktuellere Klassifikation nach Tuli et al. beruht ebenfalls nur auf drei behandelten Patienten.¹⁵⁸ Studien zum Nachweis eines möglichen Zusammenhanges zwischen OKF-Typus und Schwere der Verletzung respektive Outcome fehlen bisher. Für das unfallchirurgische Arbeiten hat sich die Einteilung nach Anderson und Montesano als wenig geeignet erwiesen, trifft sie einerseits lediglich Aussagen zur „potentiellen“ Instabilität der Frakturtypen (ohne diese zu definieren) und gibt andererseits keine klaren Kriterien zur Unterscheidung zwischen Typ 1 und Typ 3-Frakturen.^{10,19,66,122} Die Klassifikation nach Tuli hingegen lässt mit ihrer mannigfaltigen Definition der C0-C1-C2-Instabilität eine einfache, praktikable radiologische Abgrenzung der Typen 2a und 2b vermissen.¹⁵⁹ Darüberhinaus bleibt Tuli Kriterien zur Unterscheidung der Typen 1 und 2a schuldig.¹² Untersuchungen zur interobserver Reliabilität fehlen bisher bei beiden Klassifikationen.

Auch die Beurteilung von Therapie und klinischem Outcome beidseitiger OKF ist bis heute widersprüchlich. Miltner et al. fanden bei Autopsien eine höhere Inzidenz beidseitiger OKF.¹¹⁴ Bei überlebenden OKF-Patienten findet sich dagegen die einseitige Fraktur deutlich häufiger als die beidseitige, was auf eine höhere Letalität bei insgesamt schwererem Verletzungsmuster bei den beidseitigen Frakturen hinweist.^{66,106}

Fehlende Studien mit standardisiert nachuntersuchten OKF-Patienten, das Fehlen inferentiell-statistischer Ergebnisse zum Einfluss ein- und beidseitiger OKF auf Morbidität und klinisches Outcome sowie die klinisch-radiologisch wenig zufriedenstellende Klassifikationssituation müssen als Grund angesehen werden, warum bestehenden Klassifikationen im klinischen Alltag nur geringe Bedeutung zukommt.¹⁰⁶

2 ANATOMIE, BIOMECHANIK UND KLINIK DER ATLANTO-OKZIPITALEN REGION

Aufgrund der komplexen Anatomie des atlanto-okzipitalen Übergangs ist der Studie ein einführendes Kapitel zu Anatomie, Biomechanik und Klinik vorangestellt.

2.1 ANATOMIE

KNÖCHERNE ANATOMIE

Die Schädelbasis mit Okzipitalkondylen (C0), Atlas und Axis sowie der dazu gehörende Muskel- und Bandapparat haben sich zum Tragen und Bewegen des Kopfes spezialisiert und stellen die beweglichste Region der Wirbelsäule dar. Zu diesem Zweck ist sie mit drei paarigen Gelenken versehen^{94,112,179}:

Oberes Kopfgelenk (articulatio atlantooccipitalis dexter et sinister)

Unteres Kopfgelenk – lateraler Anteil (articulatio atlantoaxialis dexter et sinister)

Unteres Kopfgelenk – medialer Anteil (articulatio atlantoaxialis mediana)

Die, von kaudal betrachtet, bohnenförmigen Okzipitalkondylen bilden als Exoccipitale den unteren Pol des os occipitale. Sie schließen beidseits lateral unmittelbar an das foramen magnum an. Sie werden vom canalis n. hypoglossi durchbohrt, in welchem der extrakranielle Teil des n. hypoglossus von innen nach außen verläuft. In der koronaren Schnittebene verlaufen sie medialwärts gehend nach kaudal und bilden beim Erwachsenen mit der Horizontalen etwa einen Winkel von 25°-28°. Die beiden basal-konvexen Gelenksfacetten der okzipitalen Kondylen artikulieren kaudal der foramen magnum-Ebene mit den paarigen facies articulares superiores des Atlas und bilden das paarige obere Kopfgelenk.^{104,112,178,179}

Am Atlas finden sich drei Gelenkflächen: Die paarigen facies articulares inferiores des Atlas artikulieren mit den konvexen Gelenkflächen der processus articulares superiores des Axis. Sie stellen den lateralen Teil des unteren Kopfgelenkes dar. Der mediale Teil des unteren Kopfgelenkes wird einerseits durch die Artikulation der fovea dentis am Atlas mit der facies articularis anterior des Dens, andererseits durch die Artikulation von Denshinterfläche und Lig. transversum dentis gebildet.^{94,98,178,179}

Phylogenetisch stammen die paarigen Okzipitalkondylen von einem eigenständigen Okzipitalwirbel ab, der sich aus dem vierten Sklerotom gemeinsam mit Densspitze und anteriorem Teil des Clivus entwickelt^{61,125} (siehe Abb.1).

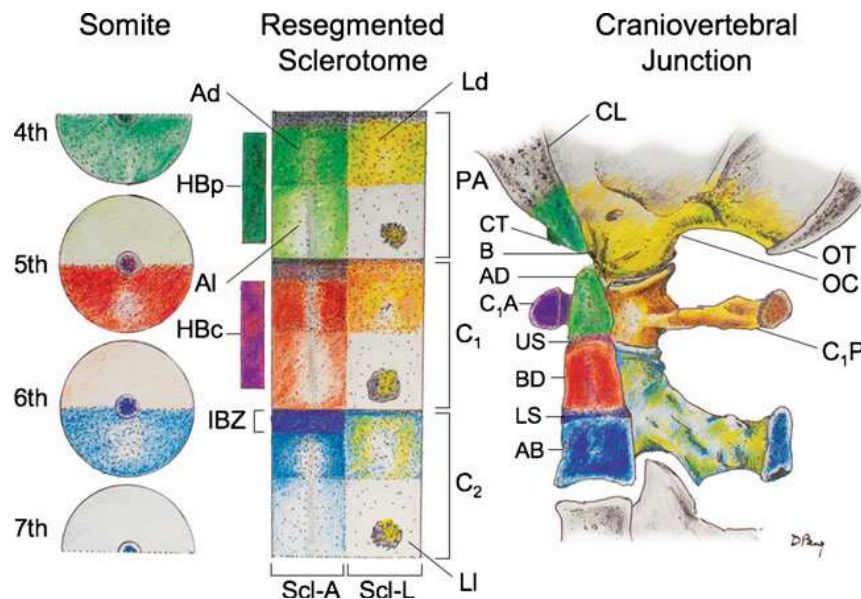


Abbildung 1: Phylogenetische Herkunft des knöchernen kranio-zervikalen Übergangs nach Pang und Thompson (2011)¹²⁷

LIGAMENTÄRE ANATOMIE

Für Stabilität des kranio-zervikalen Übergangs und Limitierung der Bewegungen in den Kopfgelenken sind sieben Bänder verantwortlich^{94,112,179} (siehe Abb. 2):

Lig. cruciforme atlantis: Besteht aus den fasciculi longitudinales und dem lig. transversum atlantis. Erstere verbinden die dorsale Fläche des dens axis mit dem vorderen Rand des foramen magnum. Letztere verbinden die beiden Atlasbögen miteinander und verflechten sich zum Teil mit den fasciculi longitudinales. Hauptfunktion ist die Fixierung des Atlas am Dens.^{88,139}

Alarbands: Ziehen paarig vom dorsolateralen Anteil der Densspitze zum inferomedialen Aspekt der okzipitalen Kondylen und mit einigen Fasern zu den Atlaskörpern. Sie limitieren sowohl die Lateralflexion (zur Gegenseite) als auch die Rotation und Flexion. Bei Lateralflexion zu einer Seite wird das Alarband der Gegenseite gespannt. Bei der Rotation nach einer Seite spannt sich zunächst das Alarband derselben Seite, bevor, bei weiterer Rotation, das gegenseitige Alarband unter Spannung gerät.^{128,139,175}

Lig. apicitis dentis: Verbindet die Dens-Spitze mit dem Basion. Liegt zwischen dem vertikalen Anteil des Lig. cruciforme atlantis und der Membrana atlantooccipitalis ant.^{94,112}

Lig. longitudinale anterior: Verläuft über die gesamte Länge der Wirbelsäule und liegt dabei den Wirbelkörpervorderseiten – inklusive Axis und Atlas – an und inseriert am Vorderrand des foramen magnum.^{94,112}

Membrana tectoria: Verläuft als breites kräftiges Band als Verlängerung des Lig. longitudinale posterius, von der Hinterseite des Dens im Wirbelkanal nach apikal und inseriert am anterolateralen Rand des foramen magnum. Posterior schließt sich die dura mater an. Die kräftig ausgebildete Tektorialmembran wirkt einer Hyperextension und -flexion entgegen.^{94,174}

Membrana atlantooccipitalis ant.: Zieht zwischen vorderem Atlasbogen und Basion. Stellt die apikale Verlängerung des vorderen Längsbandes dar und wirkt, als funktionelle Ergänzung zur Tektorialmembran, einer übermäßigen Extension entgegen.^{94,104,112}

Membrana atlantooccipitalis post.: Verläuft dorsal des Wirbelkanals zwischen hinterem Atlasbogen und Opisthion. Im weiteren Verlauf schließt sich nach kaudal die Membrana atlantoaxialis posterior sowie das Lig. flavum an. Diese Bandstrukturen unterbinden eine übermäßige Flexion.^{94,104,112}

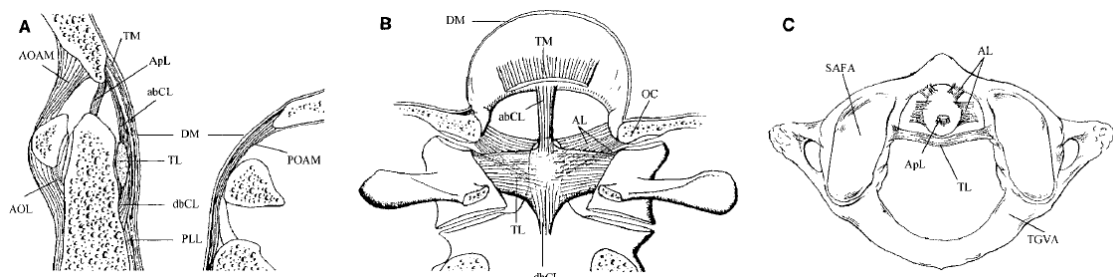


Abbildung 2: Anatomisches Schema der C0-C1-C2-Region. A-Mittsagittaler Schnitt. B-Ansicht von posterior. C-Axiale Sicht von oben auf Atlas und Dens. abCL = ascending band of the cruciform ligament, AL = alar ligaments (atlantal and occipital portions), AOAM = anterior occipitoatloid membrane, AOL = atlanto-odontoid ligament, ApL = apical ligament, dbCL = descending band of the cruciform ligament, DM = dura mater, OC = occipital condyle, PLL = posterior longitudinal ligament, POAM = posterior occipitoatloid membrane, SAFA = superior articular facet of the atlas, TGVA = transverse groove of the atlas for vertebral artery, TL = transverse ligament of the atlas, TM = tectorial membrane. Aus Leone et al. (2000).⁹⁴

BENACHBARTE STRUKTUREN

Die klinische Bedeutung der OKF resultiert aus der engen räumlichen Beziehung der okzipitalen Kondylen zu folgenden Strukturen (siehe Abb. 3)^{94,100,104}:

Foramen magnum	Foraminae jugulariae	Canalis n. hypoglossi
Medulla oblongata	Hirnnerven IX bis XI	Hirnnerv XII
Arteriae vertebrales	Vena jugularis interna	
Spinalarterien & -venen	Sinus petrosus inferior	
	A. meningea posterior	

Tabelle 1: Nachbarstrukturen der Okzipitalkondylen mit klinisch wichtigen durch sie hindurch ziehenden Strukturen.

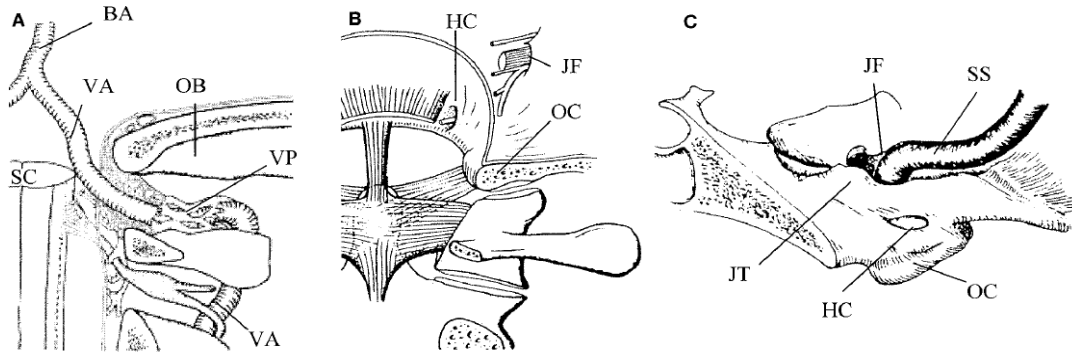


Abbildung 3: Beziehung der okzipitalen Kondylen zu Nachbarstrukturen: A-Verlauf der A. vertebralis von dorsal. B-Canalis n. hypoglossi und foramen jugulare von dorsal. C-Sinus sigmoideus und Beginn der v. jugularis interna von medial. BA=basilar artery, HC=hypoglossal canal, JF=jugular foramen, JT=jugular tubercle, OB=occipital bone, OC=occipital condyle, SC=spinal cord, SS=sigmoid sinus, VA=vertebral artery, VP=venous plexus. Aus Leone et al. (2000).⁹⁴

2.2 BIOMECHANIK

PHYSIOLOGISCHE BEWEGUNGSVERHÄLTNISSE

C0-C1: Die Flexion im oberen Kopfgelenk wird durch knöchernen Kontakt zwischen anteriorem Foramen-magnum-Rand und Densspitze limitiert. Die Extension wird maßgeblich durch Tektorialmembran und Membrana atlantooccipitalis ant. limitiert. Rotation und Lateralflexion werden wiederum von den Gelenkflächen sowie den Alarbändern begrenzt.^{61,104,129}

C1-C2: Die Flexion im unteren Kopfgelenk wird durch das Lig. transversum begrenzt. Die Extension wird von den Gelenkflächen sowie der Tektorialmembran limitiert.^{52,54,59} Axiale Rotation wird durch Gelenkflächen, -kapseln, Lig. transversum, und kontralateralem Alarband eingeschränkt.^{51,90} Lateralflexion wird wie in C0-C1 von den Alarbändern begrenzt. Übermäßige Translation in der sagittalen wird durch das Lig. Cruciatum atlantis sowie die Alarbändern unterbunden.^{51,54}

Die Stabilität im C0-C1-C2-Komplex wird maßgeblich durch Tektorialmembran und Alarbänder gewährleistet.¹⁷³

Flexions-/Extensionsbewegungen finden in beiden Kopfgelenken nahezu gleichgewichtet statt. Das mittlere Bewegungsausmaß über beide Gelenke beträgt $27,1^{\circ}$ für die Flexion und $24,5^{\circ}$ für die Extension.¹²⁸ Die Lateralflexion erfolgt ebenfalls annähernd gleichgewichtet in oberem und unterem Kopfgelenk, wobei es zu einer Verschiebung des Atlas zwischen Hinterhaupt und Axis kommt.¹²⁹ Die axiale Rotation findet fast ausschließlich im Atlanto-axial-Gelenk statt.^{60,129} (siehe Tabelle 2)

	Bewegung	Range
C0 - C1	Axiale Rotation	$2,4^{\circ} - 7,2^{\circ}$
	Lateralflexion	$3,4^{\circ} - 5,5^{\circ}$
	Flexion- Extension	$23,0^{\circ} - 24,5^{\circ}$
C1 - C2	Axiale Rotation	$23,3^{\circ} - 38,9^{\circ}$
	Lateralflexion	$6,7^{\circ}$
	Flexion- Extension	$10,1^{\circ} - 22,4^{\circ}$

Tabelle 2: Mittlere Bewegungsausmaße in den Kopfgelenken. Werte für Lateralflexion und axiale Rotation gelten je Seite. nach Steinmetz MP et al. (2010)¹⁴⁸

LIGAMENTÄRE INSTABILITÄT

Gemäß biomechanischer Studien führt eine Ruptur des Lig. transversum nahezu zu einer Verdopplung der Bewegungsausmaße im C0-C1-Gelenk. Unilaterale Alarband-Rupturen destabilisieren die axiale Rotation nur geringfügig. Beidseitige Rupturen hingegen erweitern sämtliche Bewegungsmaße signifikant.¹²⁸

Bänder stabilisieren die Kopfgelenke über Segmentgrenzen hinaus. Bei Ruptur eines atlanto-okzipitalen Bandes besteht weiterhin eine gewisse, durch intakte atlanto-axiale Bänder gewährleistete Stabilität. Eine Reststabilität bleibt auch bei rupturierten atlanto-axialen Bändern aber intakten atlanto-okzipitalen Bändern bestehen. Durch die entgegengesetzt schräg verlaufenden Gelenkflächen des oberen Kopfgelenks fällt die Instabilität hier geringer aus als bei rupturierten atlanto-axialen Bändern. Einer atlanto-okzipitalen Dissoziation (AOD) liegen somit i.d.R. kombinierte Verletzungen von atlanto-okzipitalen und -axialen Bändern zugrunde.^{66,94,104}

OSSÄRE INSTABILITÄT

(Teil-)Resektionen einer Okzipitalkondyle führen zu einer signifikanten Instabilität im oberen, nicht jedoch im unteren Kopfgelenk. Eine 50%ige Resektion resultierte in C0-C1 in einer signifikanten Hypermobilität bei Flexion/Extension, Lateralflexion und

Axialrotation von 15,3%, 40,8% und 28,1%. Bei vollständigen Resektionen sind es 43,7%, 282% und 274%.¹⁶³

2.3 UNFALLMECHANISMEN

Es werden Hyperflexions-, -extensions-, -rotations-, -lateralflexions-, Kompressions-, Distraktions-, und Translationsverletzungen unterschieden. In der Praxis finden sich meist Kombinationen dieser Mechanismen.^{6,94,114,140}

Da OKF früher v.a. im Rahmen von Autopsien bei Unfallopfern diagnostiziert wurden, wurden OKF als schwerwiegende Traumaentität klassifiziert, die mit hoher Mortalität einhergeht.^{2,6,14,25,66,114}

Hochrasanztraumen sind die häufigste Ursache der OKF. Wie aus Tabelle 3 ersichtlich wird, sind PKW- und Motorrad-Verkehrsunfälle mit Abstand die häufigste Ursache der OKF. An zweiter Stelle steht Sturz aus mindestens einem Meter Höhe, gefolgt von Verkehrsunfällen mit Beteiligung von Fußgängern. Unter Sonstiges finden sich Sportunfälle (Reit-, Winter und Wassersport), interpersonelle Gewaltanwendung, Zug vs. Fußgänger, Sturz auf Treppe sowie die Bagatelltraumen (Sturz ohne Fremdeinwirkung o.ä.).

Autor (Jahr)	Fallzahl	PKW-/Motorradunfall	Fall aus>1m	Fußgänger/ Fahrrad+PKW	Sonst.
Hanson (2002)** ⁶⁶	95	59,0%	17,9%	15,8%	7,3%
Aulino (2005)** ¹²	76	75,0%	11,0%	9,0%	5,0%
Miltner (1990)* ¹¹⁴	25	88,0%		12,0%	-
Bloom (1997) ¹⁹	9	55,6%	22,2%	22,2%	-
Malham (2008)** ¹⁰¹	7	71,4%	14,3%	14,3%	-
Bettini (1993) ¹⁶	4	100,0%	-	-	-
Wasserberg (1995) ¹⁷³	4	100,0%		-	-
Mittelwert:		78,43%	16,35%	14,66%	6,15%

Tabelle 3: Verteilung der Unfallmechanismen in Publikationen zur OKF. *=Autopsiestudien **=Retrospektive Studie

2.4 KLINIK UND DIAGNOSTIK

KLINIK

Die klinische Präsentation von Patienten mit OKF ist sehr variabel. Regelmäßig werden Fälle von Patienten mit OKF als einzig nachgewiesener Verletzung bei sonst blandem Gesundheitszustand beschrieben.^{19,44,66,74} Einzige Symptome sind dann häufig Nackenschmerzen^{16,17,74,115}, Myogelosen³⁶, Druckschmerzhaftigkeit des lateralen Halsdreiecks^{50,152}, Dysphagie aufgrund eines retropharyngealen Hämatoms oder Bewegungseinschränkung in der oberen HWS.^{94,152} Weiteres Symptom kann ein posttraumatisch auftretender Schiefhals sein, der in der Regel Folge einer atlantoaxialen Subluxation mit anschließender rotatorischer Fehlstellung ist.^{16,24,36}

Seltenere Symptome sind Paresen der unteren Hirnnerven IX bis XII. Am häufigsten findet sich dabei aufgrund seiner exponierten Lage im canalis n. hypoglossi eine Parese des N. hypoglossus (XII), die sich durch verwaschene Sprache, Schwierigkeiten bei Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme und Abweichung der herausgestreckten Zunge zur betroffenen Seite zeigt.^{33,48,55,118,122}

Sehr selten findet sich ein Ausfall aller unteren Hirnnerven mit dem Bild des Collet-Sicard- oder Wallenberg Syndroms. Verletzungen von Hirnstamm oder hirnstammnahen Gefäßen mit konsekutiven Symptomen einer Hemi-, Tetraparese, einer vertebrobasilären Ischämie oder visuellen Ausfällen sind wegen hohen Mortalitätsraten klinisch ebenfalls sehr selten.^{22,70,93,99,113,145,166}

Eine hohe Komorbiditätsrate – allen voran Kopfverletzungen mit Bewusstseinsverlust – sowie die hohe Variabilität der klinischen Symptome machen eine klinische Diagnostik der OKF schwierig.^{121,131}

Für die Klinik von entscheidender Bedeutung im Zusammenhang mit OKF ist der zusätzliche Nachweis einer atlanto-okzipitalen Dissoziation (AOD): Diese geht mit einer sehr hohen Letalitätsrate einher und wird meist bei Autopsien von Verkehrstoten gefunden.^{25,157} Im Falle des Überlebens sind diese Kombinationsverletzungen mit einer hohen Morbiditätsrate verbunden und führen häufig zu schweren neurologischen Ausfällen mit Tetra- oder Pentaplegien.^{57,63,72,73}

DIAGNOSTIK

Wegen der hohen Variabilität der Klinik und der hohen Zahl bewusstloser Patienten, nimmt die Bildgebung eine entscheidende Stellung in der Diagnostik ein.

Auf konventionellen Röntgenaufnahmen kann die OKF wegen Überlagerungen durch umgebende Strukturen des Viszerokraniums nicht ausreichend nachgewiesen werden.^{5,66,81,94} Nur in Ausnahmefällen, vornehmlich bei ausreichender Fragmentdislokation, konnte eine OKF auf einer transoralen Aufnahme diagnostiziert werden.^{5,76}

Das Röntgen kann jedoch indirekte Hinweise für das Vorliegen einer Verletzung der oberen HWS und damit einer OKF liefern: Ein um mind. 10mm erweiterter prävertebraler Weichteilschatten (Folge eines retropharyngealen Hämatoms) ist ein signifikant erhöhtes Risiko einer zugrundeliegenden HWS-Verletzung und muss Anlass zur CT-diagnostischen Abklärung geben.^{39,132} Ebenso sind erweiterte Bewegungsmaße in den Funktionsaufnahmen Hinweise für ligamentäre Läsionen die einer CT-morphologischen Abklärung bedürfen.^{17,121}

Mittel der Wahl ist die Dünnschicht-HR-Computertomographie. Da OKF sowohl Folge von Hochrasanz- als auch von Bagateltraumen sein können, sollte bei jedem Kopf-Hals-Trauma auf entsprechende Hinweise im Röntgen geachtet und bei positiver Klinik die Indikation für das zervikale CT bzw. ein cCT mit Einschluss der Kondylenregion großzügig gestellt werden.^{10,93,94,158} Hinsichtlich der technischen Parameter bei primärer Aufnahme des kraniozervikalen Übergangs wird eine ausreichend dünne transversale Schichtung von maximal 2mm über den Bereich des foramen magnum bis mindestens C2 empfohlen. Eine zwei-dimensionale Rekonstruktion der koronaren und sagittalen Schicht sollte angefertigt werden. Drei-dimensionale Rekonstruktionen liefern dagegen keine notwendigen Zusatzinformationen.^{135,173} Bei der Durchführung von cCTs zum Ausschluss einer intrazerebralen Hämorrhagie sollten die okzipitalen Kondylen mit abgebildet werden und sowohl soft- wie auch bone tissue-Aufnahmen angefertigt werden.^{43,135,173}

Ein MRT ist bei vermuteter Läsion nicht-knocherner Strukturen indiziert. Wichtig ist dies zB. zum Ausschluss einer begleitenden AOD, einer Nerven- und Hirnstammläsion oder einer Gefäßaffektion (MR-Angiographie), jedoch in der Notfalldiagnostik nicht notwendig.^{31,70,184}

2.5 KLASSIFIZIERUNGSSYSTEME DER OKF

KLASSIFIZIERUNG NACH ANDERSON UND MONTESANO

In den Jahren 1984 bis 1988 sahen Anderson und Montesano sechs OKF. Auf dieser Basis stellten sie ein erstes Klassifizierungssystem auf, bei welchem anhand der Kriterien Frakturmechanismus und CT-morphologischer Pathologie die OKF-Einteilung in drei Typen erfolgte¹⁰:

Typ	Verletzungsmechanismus	CT-Bildgebung	Folgerung
Typ 1	Axiale Stauchung	Koronare Ebene: Durch Impaktion wenig bis stark fragmentierte OK ohne Disl.	Stabil, da Ligg. Alaria und Tectorialmembran i.d.R. intakt
Typ 2	Direkte Krafteinwirkung Auf den Schädelknochen	In transversaler Ebene ausge-dehnte, Schädelbasis und foramen magnum einschlies-sende Fraktur, keine Disl.	Stabil, da Ligg. Alaria und Tectorialmembran i.d.R. intakt
Typ 3	Kombinationsbewegung Aus Lateralflexion und Hyperextension/ okzipito-zervikaler Rotation	Avulsions-Fraktur. Kontralaterales Alarligament & kontralateraler Teil der Tektorialmembran gefährdet	Potentiell instabil. Es kann zu (schwerer) Distorsion oder Ruptur o.g. Bänder kommen, was die Gefahr einer potentiellen AOD birgt

Tabelle 4: OKF-Klassifikation nach Anderson und Montesano. Disl.=Dislokation

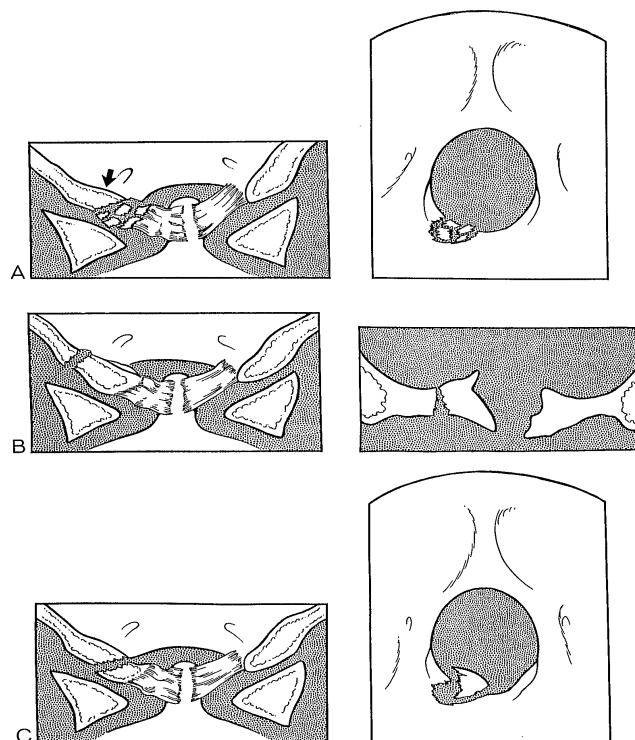


Abbildung 4: OKF-Klassifikation nach Anderson und Montesano. A = Typ 1 (impacted-type), B = Typ 2 (basilar skull-type), C = Typ 3 (avulsion-type). Aus Anderson PA, Montesano PX (1988).¹⁰

KLASSIFIZIERUNG NACH TULI ET AL.

1997 erstellten Tuli et al. eine weitere Klassifikation, basierend auf zwei eigenen Patienten und einem retrospektiv recherchierten und analysierten Fall. Die Einteilung erfolgt hier anhand der Kriterien Dislokationsgrad und Instabilität, welche anhand von Röntgen, CT und ggf. MRT ermittelt werden. Es resultieren drei Frakturtypen:

Typ	Röntgen, CT- & MRT-Bildgebung	Folgerung
Typ 1	Nichtdisloziert.	Stabil, da Bänder intakt
Typ 2A	Disloziert. Radiologisch, CT- und MR-morphologisch keine Zeichen für AOI oder ligamentäre Läsion	Stabil, da Bänder intakt
Typ 2B	Disloziert. Radiologisch, CT- und/oder MR-morphologisch mind. ein Zeichen für AOI oder ligamentäre Verletzung	Instabil

Tabelle 5: Klassifikation nach Tuli et al. mit Kriterien und Bedeutung für die Stabilität. AOI = Atlanto-okzipitale Instabilität.

Der Algorithmus mit der Definition der Instabilität zur Klassifizierung der OKF nach Tuli et al. ist im Folgenden dargestellt:

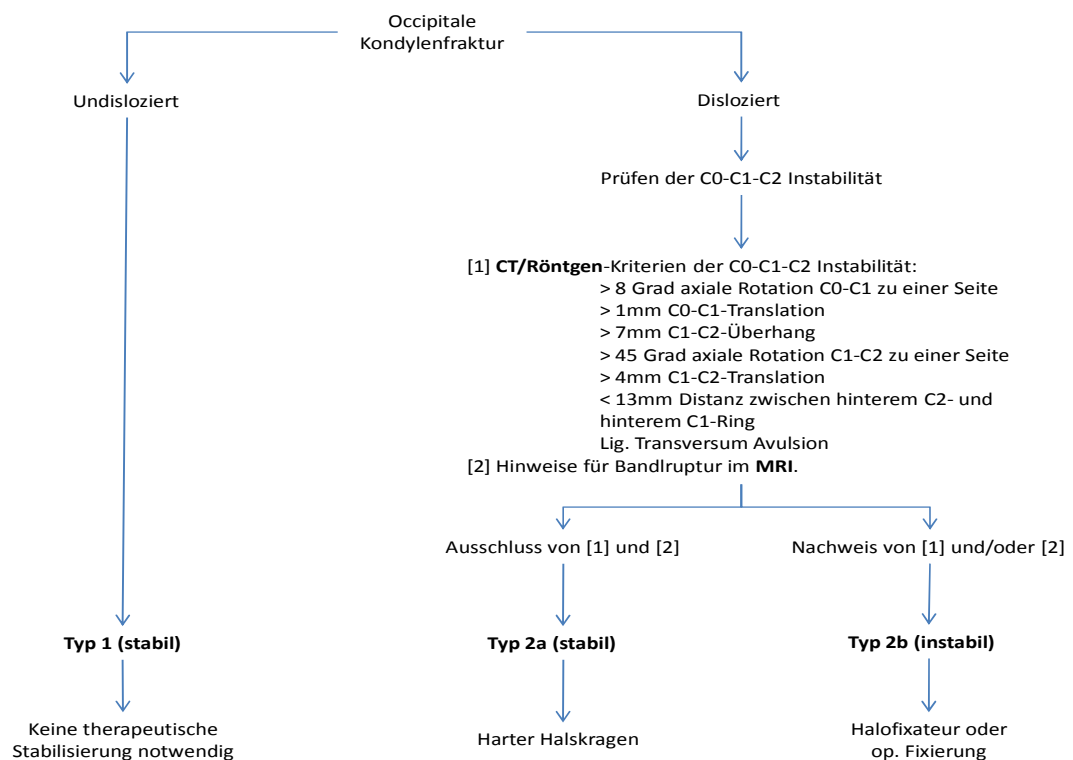


Abbildung 5: Algorithmus zur Klassifizierung der OKF nach Tuli et al. (1997).¹⁵⁸

2.6 THERAPIE

Evidenzbasierte Empfehlungen zur initialen Behandlung der OKF liegen wegen fehlender prospektiver Studien zu verschiedenen Therapiestrategien bisher nicht vor.^{7,81} Daraus folgt eine Bandbreite von Therapieansätzen, von ausschließlicher Beobachtung über Ruhigstellung bis zur okzipitozervikalen Spondylodese.^{81,94}

Maßgebliches Kriterium wonach sich die Therapie der OKF richtet, ist der Instabilitätsgrad im kranio-zervikalen Übergang.^{10,66,81,158} Die Therapiewahl basiert nach wie vor auf den Ergebnissen von Anderson und Montesano und Tuli et al.^{10,81,94,158} Einen Überblick über ihre therapeutischen Empfehlungen geben folgende Tabellen.

Typ A&M	Stabilität	empfohlene Therapie
1	stabil	(semi-)rigide Halskrawatte
2	stabil	(semi-)rigide Halskrawatte
3	potentiell instabil	rigide Halskrawatte, Halo-Fixateur o. Spondylodese

Tabelle 6: Klassifikation und empfohlene Therapie der OKF nach Anderson und Montesano (A&M). Nach ¹⁰

Typ Tuli	Stabilität	empfohlene Therapie
1	stabil	keine
2A	stabil	rigide Halskrawatte
2B	instabil	Halo-Fixateur o. Spondylodese

Tabelle 7: Klassifikation und empfohlene Therapie der OKF nach Tuli et al. Nach ¹⁵⁸

Die Höhe der Spondylodese hängt von der zervikalen Stabilität und damit von begleitenden zervikalen Frakturen ab, erfolgt aber i.d.R. von C0 auf C2.¹⁰⁷ Bei nachgewiesener atlanto-axialer Stabilität ist auch die C0-C1 Fusion sowohl bei AOD als auch bei instabiler OKF eine Alternative, mit der ein größerer postoperativer ROM erhalten bleibt.¹⁰⁷

Neben der kranio-zervikalen Instabilität wird die relative OP-Indikation bei einer Hirnstammkompression oder einer Kompression von Hirnnerven oder Vertebralarterie durch ein disloziertes Kondylenfragment noch kontrovers diskutiert.^{24,121,146} Grund ist, dass Nervenläsionen irreversibler (Ruptur), nur vorübergehender Natur (Traktion), oder potentiell reversibel sein können.^{24,71,146} Prinzipiell besitzen Hirnnerven wie periphere Nerven die Fähigkeit zur Regeneration.¹¹⁶ Vollständig heilen untere Hirnnervenpareesen im Rahmen einer OKF bei konservativer Therapie aber nur selten aus, meist bleiben Residuen.^{32,34,93,115,145} Bisher sind nur fünf Fälle in der englischsprachigen Literatur be-

schrieben, in denen ein operatives Vorgehen bei symptomatischer neurovaskulärer Kompression durch ein okzipitales Kondylenfragment praktiziert wurde (siehe Tab. 8). Zwar zeigten diese Interventionen mit Fragmentresektion ein ausnahmslos gutes Outcome mit vollständiger Ausheilung oder deutlicher Besserung der Neurologie. Allerdings stehen diesen mit Halofixateur, Traktion, hartem oder weichem Kragen behandelte Fälle mit ebenfalls deutlicher Regredienz der Paresen gegenüber (siehe Tab. 9).

Die Therapie der AOD besteht in einer frühestmöglichen Immobilisierung in der rigiden Halskrawatte bzw. im Halofixateur. Sobald die Operationsfähigkeit des Patienten gegeben ist, ist eine okzipito-zervikale Fusion (i.d.R. von C0 auf C2) durchzuführen.^{4,15,57} Verzögerungen in der Immobilisation erhöhen die Letalität und verschlechtern das Outcome der Patienten. Insbesondere steigt die Gefahr der Entwicklung teils schwerer neurologischer Defizite.^{4,15,57}

Autor	Befund	Klinik	Therapie	Outcome
Wasserberg (1995) ¹⁷³	Typ 3 mit Dislokation und A. vertebralis-Kompr.	Flimmer-Skotome b. Blick zur Seite	FR	N
Sharma (1994) ¹⁴⁵	Typ 3 mit Dislokation zum foramen jugulare	Collet-sicard Syndrom	FR	Residuelle Paresen
Bozboga (1992) ²²	Typ 3 mit Dislokation und Myelon- & A. vertebralis-Kompression	Hirnstammsyndrom	C1-Lam & FR	N
Fuentes (2000) ⁵⁶	Bds. Typ 1&3 mit Dislokation und Myelonkompression	Tetraparese	C1-Lam & FR	Residuelle Paresen
Gusmao (2001) ⁶⁴	Typ 3 mit Dislokation und Myelonkompression	Tetraparese	FR & C0/2-Fus	Residuelle Paresen

Tabelle 8: Übersicht über OKF mit Fragmentdislokationen und neurovaskuläre Kompressionen, deren operative Therapie sowie Outcome. C1-Lam = C1-Laminektomie, FR = Fragmentresektion, C0/2-Fus = C0 auf C2-Fusion, N = Normales Outcome ohne Beschwerden in der Nachuntersuchung.

Autor (Jahr)	Befund	Klinik	Therapie	Outcome
Young (1994) ¹⁸⁴	Typ 3 mit Myelon- & Vertebraliskompr.	Hemiparese + CSS	Halofix.	Gut, residuelle HN-Paresen
Caroli (2005) ³²	Typ 3 mit Myelonkompression	CSS	Halofix.	Besserung des CSS
Spencer (1984) ¹⁴⁶	Typ 3/2b mit Myelonkompression	HN- & Paresen der Extremitäten	Halofix.	Besserung der Paresen
Momjian (2003) ¹¹⁵	Typ 3 mit Myelonkompression	Hemiparese	Halofix.	Gut, residuelle Paresen
Tanabe (1999) ¹⁵⁴	Bds. Typ 3 & Clivus-# mit Myelonkompr.	Paresen oE. & Hypästhesien	Halofix.	Motorik n; resid. Hypästhesien
Miayzaki (2000) ¹¹³	Typ 3	CSS & Wallenberg-Syndrom	Halofix.	Keine Besserung
Wasserberg (1995) ¹⁷³	Typ 3	HN 12-Parese	Traktion	Persistierende HN 12-Parese
Wasserberg (1995) ¹⁷³	Typ 3	HN 12-Parese	Traktion & Harter Kragen	Pers. HN 12-Parese
Bridgman (1992) ²⁴	Typ 3 mit Dislokation & HN-Distraktion	HN-Paresen	Harter Kragen	Leichte resid. HN 12-Parese
Orbay (1988) ¹²²	Typ 2	HN 12-Parese	Weicher Kragen	N
Desai (1990) ⁴⁹	Typ 3	HN 6-Parese	Traktion + Philadelphia-Kragen	N
Emery (1995) ⁵³	Typ 3 mit Myelonkompression	Pyramidalsyndrom	Harter Kragen	N
Massaro (1993) ¹⁰⁶	Typ 3 mit Myelonkompression	Hypästhesien uE. & HN 12-Parese	Minerva-Kragen	Resid. HN 12-Parese
Bloom (1997) ¹⁹	Typ 3	HN 12-Parese	Harter Kragen	Pers. HN 12-Parese

Tabelle 9: Übersicht über OKF mit Fragmentdislokationen und neurovaskuläre Kompressionen, deren konservative Therapie sowie Outcome. CSS = Collet-Sicard Syndrom, u/oE = untere/obere Extremität HN = Hirnnerv, N = Normales Outcome ohne Beschwerden in der Nachuntersuchung.

3 ZIELE DER ARBEIT

Patienten mit OKF wurden an der Abteilung für Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Regensburg (Traumazentrum der Behandlungsstufe 1) nach Ausschluss einer subokzipitalen Instabilität bisher grundsätzlich typübergreifend mit einer starren Halskrawatte therapiert. Im Krankengut wurden damit sehr gute Erfahrungen mit der konservativen Therapie der OKF gemacht. Dies hat uns, neben der dargestellten unbefriedigenden Studienlage bewogen, folgende Fragen zu stellen:

1. Wie hoch ist die Inzidenz ein- oder beidseitiger OKF in Deutschland im Einzugsgebiet eines Krankenhauses der Maximalversorgung?
2. Wie hoch ist die Letalität bei Nachweis einer OKF und welchen Stellenwert hat sie im Vergleich zu intrazerebralen und zervikalen Begleitverletzungen?
3. Welchen Einfluss hat die OKF auf die Morbidität der Patienten unmittelbar posttrauma und welchen Stellenwert hat sie im Vergleich zu intrazerebralen und zervikalen Begleitverletzungen?
4. Welchen Einfluss hat die OKF auf das klinische Outcome ein Jahr posttrauma und welchen Stellenwert hat sie im Vergleich zu intrazerebralen und zervikalen Begleitverletzungen?
5. Welche Patienten mit OKF können konservativ behandelt werden, welche bedürfen einer operativen Stabilisierung?
6. Kommt es bei Patienten mit OKF ein Jahr posttrauma radiologisch zu einer zufriedenstellenden Ausheilung ohne sekundäre Dislokation?
7. Kommt es bis ein Jahr posttrauma zu einer Pseudarthrosenbildung?
8. Welchen Stellenwert haben bekannte Klassifizierungssysteme und gibt es einen Zusammenhang zwischen Frakturtyp, -frequenz bzw. -verlauf und initialem Gesundheitszustand bzw. klinischem Outcome?
9. Lassen sich, auf Grundlage der Antworten zu obigen Fragen die gängigen Einteilungssysteme und darauf aufbauenden Therapieoptionen aufrechterhalten oder gibt es Gründe für die Aufstellung eines neuen Klassifikationssystems?

4 PATIENTEN UND METHODIK

4.1 STUDIENDESIGN

STUDIENTYP

Es handelt sich um eine prospektive klinische Studie der Evidenzklasse II.

ZIELGRUPPE

Patienten nach Unfalltrauma, bei denen im Zeitraum vom 01.01.2005 bis Stichtag 31.12.2009 an der Universitätsklinik Regensburg eine intrazerebrale und/oder zervikale CT-Diagnostik und/oder ein Polytrauma-Spiral-CT mit abgebildetem okzipito-zervikalem Übergang angefertigt wurde und bei denen eine OKF diagnostiziert wurde.

ZEITPLAN

Der Studienablauf gliedert sich in drei Phasen (siehe Abb. 6):

1. Primärdiagnostik zum Zeitpunkt der erstmaligen Patienteneinlieferung unmittelbar posttrauma. Erhoben wurden hierbei die unter 4.3.1 genannten Zielgrößen. Datenerhebung vom 01.01.2005 bis Stichtag 31.12.2009.
2. Nachuntersuchung: Standardisiert, klinisch und computertomographisch, ein Jahr posttrauma. Datenerhebung vom 01.01.2006 bis 31.12.2010.
3. Auswertung der erhobenen Daten.

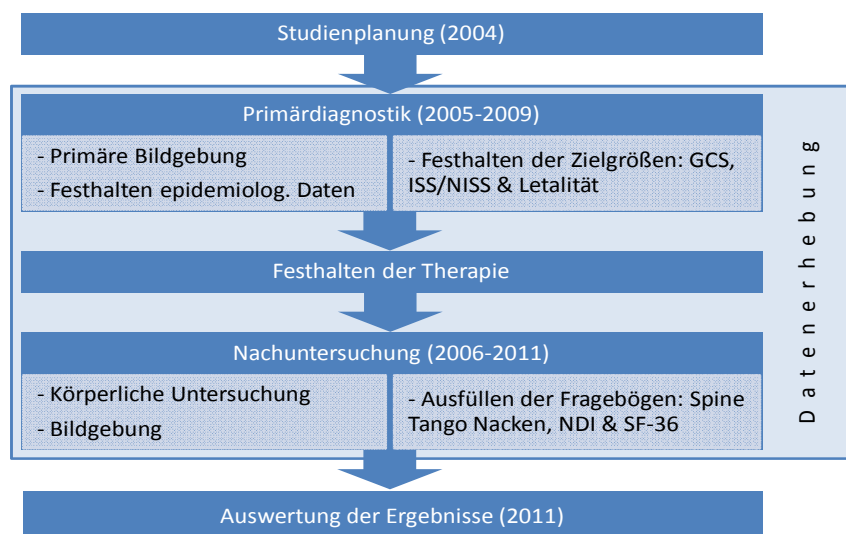


Abbildung 6: Überblick über Planung und chronologischen Ablauf der Studie.

4.2 PATIENTENKOLLEKTIV

GESAMTKOLLEKTIV

In o.g. Zeitraum wurden alle Patienten erfasst, bei denen eine posttraumatische Bildgebung anhand zervikalem CT und/oder zerebralem CT mit Abbildung beider okzipitaler Kondylen und/oder Polytrauma-Spiral-CT jeweils zum Ausschluss oder zum Nachweis einer Verletzung durchgeführt wurde.

OKF-KOLLEKTIV

Aus o.g. Gesamtkollektiv wurden alle Patienten erfasst und in das OKF-Kollektiv aufgenommen, auf die folgendes zutraf:

- Vorliegen einer einseitigen oder beidseitigen OKF.
- Mündliche Einverständniserklärung des Patienten zur Teilnahme an der Studie; entweder zum Zeitpunkt der Primärdiagnostik oder – bei initialer Bewusstlosigkeit – zu einem späteren Zeitpunkt.

4.3 DATENERHEBUNG UND ZIELGRÖSSEN

Die Datenerhebung gliedert sich in die Abschnitte Primärdiagnostik, Festhalten der angewandten Therapie und Nachuntersuchung (siehe Abb. 6):

4.3.1 PRIMÄRDIAGNOSTIK

4.3.1.1 BILDGEBUNG

Die primäre Bildgebung schloss folgende Techniken mit obligater Abbildung der okzipitalen Kondylenregion mit ein:

- Polytrauma-Spiral-CTs (Schichtdicke 5 auf 0,75mm)
- Cerebrales CT (Schichtdicke 3 auf 0,75mm)
- Cervikales CT (Schichtdicke 2 auf 0,75mm)

Die Auswertung erfolgte durch die Abteilung für Radiologie der Universitätsklinik Regensburg, die OKF-Klassifikation interdisziplinär mit der Unfallchirurgie.

Bei Nachweis einer OKF wurden koronare und sagittale Rekonstruktionen der C0-C2-Region erstellt (Schichtdicke 2 auf 0,75mm).

Alle Aufnahmen wurden mit dem Somatom Sensation-16 der Firma Siemens angefertigt. Diagnoserrelevante Bilder wurden dokumentiert und archiviert.

4.3.1.2 EPIDEMIOLOGISCHE DATEN

Von jedem Patienten mit nachgewiesener OKF wurden epidemiologische Daten sowie der weitere stationäre Verlauf in einer Datenbank folgendermaßen erfasst:

- Geschlecht
- Alter zum Zeitpunkt des Unfalls
- Seitenlokalisierung (rechts vs. links) und Frakturfrequenz (ein- vs. beidseitig)
- Frakturtyp gemäß der Klassifikation von Anderson und Montesano¹⁰
- Frakturtyp gemäß der Klassifikation von Tuli et al.¹⁵⁸
- Frakturverlauf (horizontal ohne vs. vertikal mit Gelenkbeteiligung im CT)
- Unfallmechanismus (aus dem Notarztprotokoll, einem Arztbrief oder vom Patienten direkt)
- Initialer GCS, ISS und NISS (siehe 4.3.1.3)
- Initiale Intubationspflichtigkeit des Patienten
- Vorliegen einer unteren Hirnnervenparese (untere Hirnnerven = HN IX, X, XI und XII, Parese aller unteren HN = Collet-Siquart Syndrom)
- Vorliegen von intrazerebralen Begleitverletzungen (klinisch und/oder radiologisch diagnostiziert; nicht als intrazerebrale Begleitverletzung gewertet wurden Schädelhirntraumen vom Grad 1 ohne Bewusstlosigkeit und mit einem GCS=15)
- Vorliegen von zervikalen Begleitverletzungen (Atlas bis HWK 7)
- Vorliegen einer begleitenden AOD
- Durchgeführte Therapie und deren Indikation

4.3.1.3 INITIALE MORBIDITÄT

Als initiale Morbidität wurde der Gesundheitszustand des Patienten innerhalb der ersten 24 Stunden posttrauma definiert. Zu dessen Bestimmung wurde auf folgende Parameter zurückgegriffen: GCS, ISS, NISS und Letalität.

GLASGOW COMA SCALE

Als einfache Skala zur Abschätzung der Schwere eines Schädel-Hirn-Traumas bezüglich der vorliegenden Bewusstseinsstörung, wurde der vom Notarzt oder dem aufnehmenden Arzt der Notaufnahme bestimmte Glasgow Coma Scale (GCS) verwendet. In den drei Dimensionen „Augenöffnen“, „Verbale Kommunikation“ und „Motorische Reaktion“ wird die aktuelle Bewusstseinslage ermittelt. Dazu werden die jeweils mit Punkten versehenen Ausprägungen für die drei Dimensionen addiert und ergeben den GCS-Wert, der 3-15 Punkte erreichen kann. Je niedriger der GCS-Wert, desto schwerer das Schädel-Hirn-Trauma. Damit lässt sich dieses einer der drei Kategorien leichtes, mittleres und schweres Schädel-Hirn-Trauma zuordnen.¹⁵⁵ Nachfolgende Tab. zeigt die Entscheidungskriterien nach denen die Punkteverteilung in den drei Dimensionen erfolgt.

Punkte	Motorische Reaktion	Verbale Kommunikation	Augen öffnen
1	Keine Reaktion auf Sx.reiz	Keine verbale Reaktion	Keine Reaktion
2	Auf Sx.reiz Strecksynergismen	Unverständliche Laute	Auf Schmerzreiz
3	Auf Sx.reiz Beugesynergismen	Unzusammenhängende Worte	Auf Aufforderung
4	Ungezielte Schmerzabwehr	Desorientiert	Spontan
5	Gezielte Sx.abwehr	Normal konversationsfähig	
6	Befolgt Aufforderungen		

Tabelle 10: Dimensionen und Punktwerte der Glasgow Coma Scale.

ISS UND NISS

Der Injury Severity Score (ISS) ist ein anatomisches Bewertungssystem für die Beurteilung der Gesamtschwere der Verletzungen eines (poly-)traumatisierten Patienten in Form eines einzigen Punktwertes. Zur Ermittlung wird jedem der sechs in Tabelle 12 gezeigten Körperregionen gemäß der dort vorgefundenen Verletzung ein AIS (Abbreviated Injury Scale)-Wert zwischen 0 und 6 Punkten zugeteilt. Der AIS stammt dabei aus dem AIS2005/98-Code, der als Proxy-Variable für die Schwere der Verletzung dient. Liegt einer Region mehr als eine Verletzung zu Grunde, so wird hier nur diejenige

mit dem höheren AIS-Wert berücksichtigt. Von den drei am schwersten verletzten Körperregionen werden die AIS-Werte quadriert. Die Summe hiervon liefert den Injury Severity Score. Dieser kann Werte zwischen 0 und 75 annehmen. Ein AIS-Wert von 6 beschreibt eine nicht mit dem Leben vereinbare Verletzung und zieht einen ISS-Wert von 75 nach sich. Ab einem ISS von 15 Punkten spricht man von Polytrauma.^{13,42}

Folgende Tabelle zeigt ein Beispiel zur Berechnung des ISS.

Region	Trauma	AIS	Quadrat der "Top-3"
1) Kopf & Nacken	Contusion cerebri	3	9
2) Gesicht	Keines	0	
3) Thorax	Instabiler Thorax	4	16
4) Abdomen	Leberkontusion	2	
	Komplexe Milzruptur	5	25
5) Extremitäten	Femurfraktur	3	
6) Externes	Keines	0	
Injury Severity Score:			50

Tabelle 11: Beispiel zur Berechnung des Injury Severity Score.

Da der New Injury Severity Score (NISS) gegenüber dem ISS unter der Prämisse der besseren Korrelation des Bewertungsmaßes mit der Polytraumatisierung des Patienten validere Ergebnisse liefern soll, wurde in dieser Studie auch dieser parallel zum ISS berechnet. Beim NISS wird auf die im ISS obligate Beschränkung auf die AIS-Maximalwerte je Körperregion verzichtet. Es werden dagegen die drei größten AIS-Werte unabhängig von der Region quadriert und die Summe gebildet.¹²³

LETALITÄT

Die allgemeine Definition der Letalität (L) lautet:

$$L = \frac{\text{Anzahl der Todesfälle}}{\text{Zahl der spezifischen Erkrankungen}}$$

4.3.2 THERAPIEVERFAHREN UND INDIKATION IM OKF-KOLLEKTIV

Ein Ziel der Studie war die Beantwortung der Frage, ob OKF unabhängig vom Frakturtyp nach Anderson und Montesano¹⁰ bei subaxialer Stabilität konservativ mittels einer rigiden Halskrawatte ausreichend therapiert werden können. Die Wahl der Therapie war somit unabhängig vom OKF-Typ und orientierte sich an den Begleitverletzungen, insbesondere am Vorliegen einer okzipito-zervikalen Instabilität.

Im Rahmen der Studie wurden drei Therapieverfahren unterschieden und nach folgenden Indikationen angewandt:

- Alle Patienten mit OKF und subaxialer Stabilität erhielten grundsätzlich eine harte Zervikalstütze (Mecron Zervikalstütze Typ ASPEN, Fa. Biomet, siehe Abb. 1 im Anhang) für 6 Wochen.
- Bei Vorliegen entsprechender Begleitverletzungen der HWS (knöcherner, Gefäß- oder Weichteilschäden) wurde ein Halofixateur für sechs Wochen angelegt. Bei isolierter OKF fand der Halofixateur explizit keine Anwendung.
- Im Nachweis einer AOD mit entsprechender subaxialer Instabilität wurde die Indikation zu einer von dorsal durchgeführten kranio-zervikalen Fusion gesehen. Die Spondylodese erfolgte mittels Pedikelschrauben und Stabsystem sowie autologer Knochenmarkentnahme aus dem Beckenkamm.

4.3.3 NACHUNTERSUCHUNG

Im Median 12 Monate (min. 11,5; max. 12,7 Monate) posttrauma wurden die Patienten zur prospektiven Nachuntersuchung telefonisch oder schriftlich ambulant in die Abteilung für Unfallchirurgie der Universitätsklinik Regensburg einbestellt. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurden die Parameter zur Abschätzung des klinischen und radiologischen Outcomes erhoben. Dazu zählten:

- die Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung (Nackenschmerzen, Ermittlung des ROM, Hirnnervenstatus)
- die Ergebnisse der computertomographischen Nachuntersuchung (Fracture Union? Sekundäre Dislokation? Pseudarthrose?)

- die Ergebnisse der Befragung mittels Fragebögen (Spine Tango – COMI, NDI, SF-36 und Fragen zum Beruf)

4.3.3.1 KLINISCHE NACHUNTERSUCHUNG

Die Nachuntersuchung erfolgte durch einen unfallchirurgischen Oberarzt in Begleitung des Doktoranden. Im Rahmen dessen erfolgte eine unfallchirurgische Anamnese sowie die körperliche Untersuchung der HWS mit:

- Erfragen zervikaler Schmerzen
- Bewegungsmaß der passiven Extensions-/Flexions- und Lateralflexionsbewegung (ROM).
- Überprüfen des Hirnnervenstatus der unteren Hirnnerven.

4.3.3.2 BILDGEBENDE NACHUNTERSUCHUNG

Die Nachuntersuchung beinhaltet die Durchführung eines CTs von C0 auf C2. Koronare und sagittale Rekonstruktionen wurden angefertigt. Die Gerätespezifikationen waren dieselben wie bei der primären Bildgebung (2 auf 0,75mm Schichtdicke).

Die Auswertung erfolgte interdisziplinär durch die radiologische Abteilung der Universitätsklinik Regensburg in Rücksprache mit dem betreuenden unfallchirurgischen Studienleiter. Bilder der Nachuntersuchung wurden mit den Bildern der Primärdiagnostik verglichen und in einer Datenbank archiviert.

Bei der Auswertung wurden folgende Fragen beantwortet und dokumentiert:

- Kam es zu einer knöchernen Konsolidierung (fracture union) zwischen Fragment und okzipitaler Kondyle?
- Wenn nicht, kam es im Vergleich zu den Erstaufnahmen zu einer sekundären Dislokation?
- Gibt es Zeichen einer Pseudarthrose im C0-C1-Gelenk?

4.3.3.3 FRAGEBÖGEN

Zur Erfassung von Lebensqualität, Behinderungsgrad oder der allgemeinen Aktivitätseinschränkung bei Patienten stehen drei Arten von Messmethoden zur Wahl: Allgemeine (physische und mentale Ebene betreffend), konditionsspezifische (auf eine Ebene bzw. Körperregion beschränkt) und patientenspezifische.¹ Zur Erfassung von Behinderungsgrad und Lebensqualität der OKF-Patienten ein Jahr posttrauma wurden unter Anwesenheit und Anleitung des Autors folgende drei Fragebögen von den OKF-Patienten bearbeitet:

SPINE TANGO –COMI

Dieser, von EuroSpine – The Spine Society of Europe – zur Verfügung gestellte Fragebogen („Spine Tango COMI, Nacken 2005/2008 – Patienten Selbsteinschätzung“) ist ein spezieller, für Patienten mit zervikalen Wirbelsäulenläsionen bzw. Patienten mit Zustand nach zervikalem wirbelsäulenchirurgischem Eingriff erstellter Fragebogen zur Qualitätssicherung. Er gehört zu den konditionsspezifischen Messinstrumenten. In einer VAS für Nackenschmerzen und in vier Fragekategorien („Allgemeine Körperfunktion“, „Symptomspezifischer Gesundheitszustand“, „Lebensqualität“ und „Durchschnittlicher Behinderungsgrad“) wird die subjektive Zufriedenheit des Patienten hinsichtlich etwaiger Nackenbeschwerden erfasst. Die Ergebnisse wurden zur Auswertung an Euro-Spine in Basel geschickt. Hier wurde der Core Outcome Measure Index (=COMI) als gewichtetes Mittel der fünf Kategorien berechnet. Dieser nimmt Werte zwischen 0 (= bestes Ergebnis, keine Einschränkung) und 10 (= schlechtestes Ergebnis, max. Einschränkung) an (siehe Anhang).^{138,185}

Den beiden nicht nachuntersuchungsfähigen Patienten mit Tetraplegie wurde in der statistischen Auswertung je das schlechteste Ergebnis mit einem COMI-Wert von 10 Punkten zugewiesen. Somit wurden 24 Fragebögen verarbeitet.

NECK DISABILITY INDEX

Der Neck Disability Index (NDI) zählt ebenfalls zu den konditionsspezifischen Messinstrumenten. Mit seinem 10 Punkte umfassenden Fragenkatalog werden konkrete Einflüsse etwaiger nuchaler Beschwerden auf die Alltagstätigkeiten erfragt. Die englische Originalversion von Vernon et al. wurde vom MAPI-Institut ins Deutsche übersetzt und findet hier Anwendung^{134,161,162} (siehe Anhang). Pro Frage können zwischen 0 (=bestes Ergebnis) und 5 (=schlechtestes Ergebnis) Punkte erreicht werden. Die Summe der

Punkte ergibt den Behinderungsgrad in Punkten. Umrechnung auf eine 0-100-Skala liefert den Behinderungsgrad in %. Die Skala zur Auswertung des Gesamtergebnisses des NDI zeigt folgende Tabelle.

Disability [%]	Bedeutung	Disability [Punkte]	Bedeutung
0 - 20	minimal	0 - 4	no disability
21 - 40	moderate	5 - 14	mild disability
41 - 60	severe	15 - 24	moderate
61 - 80	crippled	25 - 34	severe
81 - 100	bed bound	> 34	complete

Tabelle 12: Auswertung des Neck Disability Fragebogens

Den beiden nicht nachuntersuchungsfähigen tetraplegischen Patienten wurde in der Auswertung je das schlechteste Ergebnis mit einem NDI-Wert von 100% zugewiesen, was dem Zustand der Bettlägerigkeit entspricht. Es wurden 24 Fragebögen ausgewertet.

MOS SF-36 FRAGEBOGEN

Der Medical Outcome Study Health Survey in der Short Form mit 36 Items (MOS-SF-36) (siehe Anhang) gehört zu den allgemeinen, multidimensionalen und krankheitsübergreifenden Messinstrumenten, die die subjektive Gesundheit verschiedener Populationen unabhängig von ihrem Gesundheitszustand aus der Sicht der Betroffenen erfassen. Er leitet sich vom ausführlicheren „Measure Outcome Survey Functional Status and Well-Being questionnaire“ ab. Er beinhaltet verschiedene Dimensionen der subjektiven Gesundheit, die als wesentliche Parameter für die psychischen, körperlichen und sozialen Aspekte der Lebensqualität und der Funktionsfähigkeit aus Sicht der Patienten gelten. Es werden acht Kategorien (Skalen, siehe Tab. 13) unterschieden die wiederum aus einer unterschiedlichen Anzahl Fragen (Items) zusammengesetzt sind. Jeder Antwortmöglichkeit ist ein endgültiger Itemwert zugeordnet. Die gewichtete Summe der Itemwerte bildet den Skalen-Score, der über eine mathematische Transformation wiederum in eine 0-100-Skala überführt wird.^{26,30}

Die Berechnung von Item- und Skalen-Werten sowie deren Transformation erfolgte nach der Handanweisung von Bullinger M.²⁷ Zur Berechnung wurde Microsoft-Office-Excel verwendet. Für die Zwecke dieser Studie (interindividueller Vergleich der Skalen-Werte) wurde für jeden Patienten die Summe aller Item-Werte gebildet. Dies lieferte eine

ordinale Skala von 35 Punkten (schlechtester Wert) bis 150 Punkten (bester Wert), die für die Auswertung herangezogen wurde.

Für die beiden nicht nachuntersuchungsfähigen tetraplegischen Patienten wurde in der Auswertung je das schlechteste Ergebnis (35 Punkte) des SF-36-Fragebogens angenommen, so dass insgesamt 24 Fragebögen ausgewertet wurden.

Nr.	Skala-Bezeichnung	Bedeutung
1	Körperliche Funktionsfähigkeit	Körperl. Aktivitäten wie Selbstversorgung, Gehen, Treppen steigen, bücken, heben & mittelschwere bis anstrengende Tätigkeiten
2	Körperliche Rollenfunktion	Arbeit & andere tägliche Aktivitäten, zB. weniger schaffen als gewöhnlich, Einschränkungen in der Art der Aktivitäten oder Schwierigkeiten bestimmte Aktivitäten auszuführen
3	Körperliche Schmerzen	Schmerzen & Einfluß auf die Arbeit
4	Allg. Gesundheitswahrnehmung	Persönliche Beurteilung der Gesundheit, einschl. künftige Erwartungen & Widerstandsfähigkeit gegenüber Erkrankungen
5	Vitalität	Sich energiegeladen & voller Schwung fühlen vs. müde und erschöpft
6	Soziale Funktionsfähigkeit	Ausmaß in dem die körperliche Gesundheit oder emotionale Probleme normale soziale Aktivitäten beeinträchtigen
7	Emotionale Rollenfunktion	Ausmaß in dem emotionale Probleme die Arbeit oder andere tägliche Aktivitäten beeinträchtigen
8	Psychisches Wohlbefinden	Allg. psychische Gesundheit einschließlich Depression, Angst, emotionale & verhaltensbezogene Kontrolle
*	Veränderung der Gesundheit*	Beurteilung des aktuellen Gesundheitszustandes im Vergleich zum vergangenen Jahr

Tabelle 13: Gesundheitsskalen; Itemanzahl und Bedeutung der acht SF-36 Skalen und des Items zur Veränderung des Gesundheitszustandes. *stellt keine eigene Skala dar. Nach ²⁷

FRAGEN ZUM BERUF

In Ergänzung zu den Fragebögen stellten wir den Patienten schriftlich Fragen zu etwaigen Schluckbeschwerden (HN IX und X) sowie zum weiteren beruflichen Werdegang („Return to work“) (siehe Anhang).

4.3.4 ZIELGRÖSSEN IM ÜBERBLICK

Abb. 7 gibt einen Überblick über die in dieser Studie verwendeten Zielgrößen sowie den ihnen zu Grunde liegenden Parametern, welche oben definiert wurden.

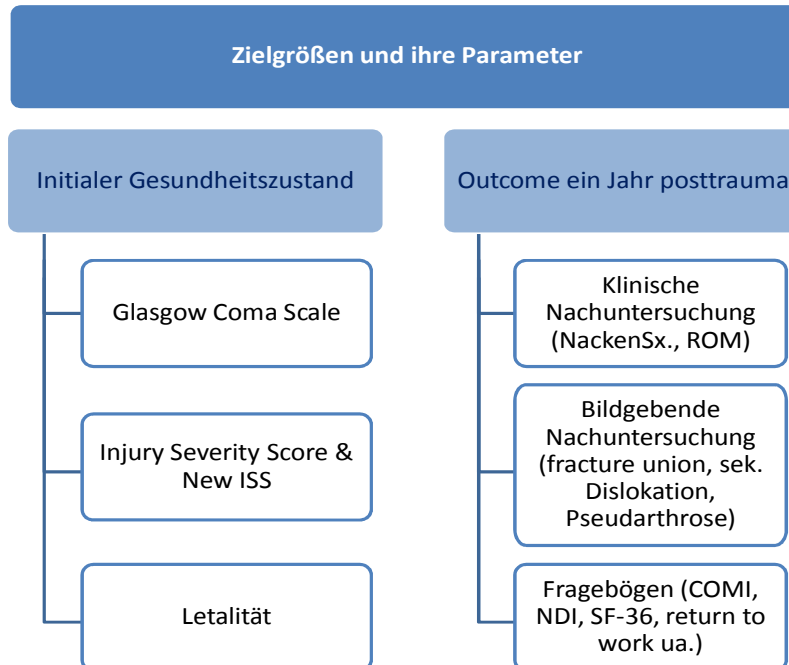


Abbildung 7: Zielgrößen der Studie und deren Parameter.

4.4 DATENVERARBEITUNG

- Kopien von CT-Bildern wurden mit Patientenummer, Seitenlokalisation und Frakturtyp sowie mit dem radiologischen bzw. unfallchirurgischen Röntgenbefund dokumentiert und mittels Microsoft-Office-Power-Point archiviert.
- Epidemiologische Daten, zur initialen Morbidität sowie die Ergebnisse der Nachuntersuchungen und der Fragebögen wurden in Microsoft-Office-Excel erfasst und archiviert.

4.5 STATISTISCHE AUSWERTUNG

Die Parameter zur initialen Morbidität (GCS, ISS, NISS, Letalität) wurden statistisch hinsichtlich möglicher Zusammenhänge mit folgenden Merkmalen getestet:

- Frakturtyp nach Anderson und Montesano (Typ 1 vs. Typ 2 bzw. Typ 3 und vice versa)

- Frakturtyp nach Tuli et al. (Typ 1 vs. Typ 2a bzw. Typ 2b und vice versa)
- Frakturfrequenz (ein- vs. beidseitig)
- Frakturverlauf im CT (vertikal vs. horizontal)
- Zervikale Begleitverletzungen (mit vs. ohne zervikale BV)
- Atlanto-okzipitale Dissoziation (mit vs. ohne AOD)
- Intrazerebrale Begleitverletzungen (mit vs. ohne intrazerebrale BV)

Die folgenden Outcome-Parameter

- „Fragebögen“
- „Klinisches Outcome“ (= „Nackenschmerzen“, „ROM“, „Return to work“ und „Arbeitsunfähigkeit“)
- „Radiologisches Outcome“ (= „Fracture Union“)

wurden wiederum statistisch hinsichtlich möglicher Zusammenhänge mit folgenden Merkmalen getestet:

- Frakturtyp nach Anderson und Montesano (Typ 1 vs. Typ 2 bzw. Typ 3 und vice versa)
- Frakturtyp nach Tuli et al. (Typ 1 vs. Typ 2a bzw. Typ 2b und vice versa)
- Frakturfrequenz (ein- vs. beidseitig)
- Frakturverlauf (vertikal vs. horizontal)
- Zervikale Begleitverletzungen (mit vs. ohne zervikale BV)
- Atlanto-okzipitale Dissoziation (mit vs. ohne AOD)
- Intrazerebrale Begleitverletzungen (mit vs. ohne intrazerebrale BV)
- Therapieform (ASPEN vs. Halofixateur vs. OP)

Das jeweils angewandte Testverfahren ist in den Ergebnissen genannt.

Für die statistische Auswertung der Ergebnisse wurde auf SPSS-Software in der Version PASW Statistics 17.0 für Windows zurückgegriffen.

Da keine Normalverteilung der erhobenen Daten und nur kleine Stichproben vorlagen, wurden mögliche Zusammenhänge zweier Merkmale mittels exaktem Fisher-Yates-Test für dichotome und mittels exaktem Chi-Quadrat-Test für mehrkategoriale Merkmale getestet.

Für Vergleiche der zentralen Tendenz zweier unabhängiger Stichproben wurde, der geringen Fallzahlen sowie der auf mindestens ordinalskaliertem Niveau erhobenen Daten wegen auf den nicht-parametrischen Mann-Whitney-U-Test zurückgegriffen. Der Nachweis möglicher Trendfolgen der Medianwerte wurde mittels des Trendtests von Jonckheere-Terpstra geführt. Hierfür wurden die Gruppenvariablen nach folgendem Muster gebildet:

GCS-Wert	GCS-Gruppenvar.	ISS-Wert	ISS-Gruppenvar.	NISS-Wert	NISS-Gruppenvar.
≤ 7	1	≤ 20	1	≤ 20	1
8 - 12	2	21 - 40	2	21 - 40	2
≥ 13	3	≥ 41	3	≥ 41	3

Bei allen Tests wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha \leq 0.05$ gewählt.

5 ERGEBNISSE

5.1 PRIMÄRDIAGNOSTIK

5.1.1 BILDGEBUNG

ÜBERSICHT

Im Traumazentrum der Universitätsklinik Regensburg wurden im Zeitraum vom 01.01.2005 bis 31.12.2009 (Stichtag) insgesamt 2616 Computertomographien mit Abbildung der okzipitalen Kondylenregion durchgeführt. Die Indikation hierfür war in allen Fällen eine traumatische Anamnese zum Nachweis oder Ausschluss einer zerebralen und/oder zervikalen Verletzung. Es erfolgte in allen Fällen zwischen C0 und C2 mindestens eine 2mm Schichtführung mit axialer und koronarer Rekonstruktion.

Von den 2616 CTs waren 1103 Polytrauma-Spiral-CTs und 1513 intrakranielle und/oder zervikale CTs. 20/31 OKF (64,5%) wurden in Trauma-Spiral-CTs diagnostiziert, 11/31 OKF (35,5%) in zervikalen bzw. kraniellen CTs. Abb. 8 und 9 zeigen den absoluten und relativen Anteil der so diagnostizierten OKF an den jeweiligen Gesamtfallzahlen.

Polytrauma-Spiral-CT

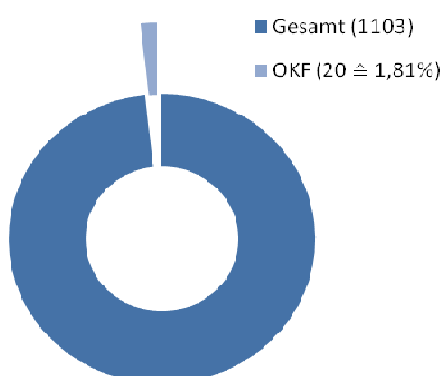


Abbildung 8: Anteil der OKF an Polytrauma-CTs

CCT und/oder CT-HWS

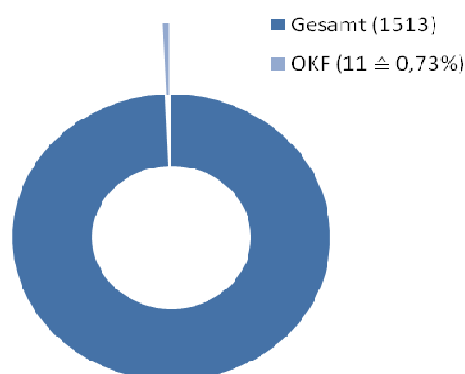


Abbildung 9: Anteil der OKF an CCT und/oder CT-HWS

Den ansteigenden Trend in der Entwicklung der CT-Diagnostik im Traumazentrum der Universitätsklinik Regensburg gibt Abb. 10 wider. Zwischen 2005 und 2009 nahm die Zahl durchgeführter CTs um ca. 40% oder 8% p.a. zu. Es wird deutlich, dass die Zunahme maßgeblich auf einer wachsenden Zahl an CCTs und zervikalen CTs beruht, wo-

hingegen die Zahl der Polytrauma-Scans relativ konstant blieb. In jedem Studienjahr wurden min. 5 und max. 8 Patienten mit OKF erfasst:

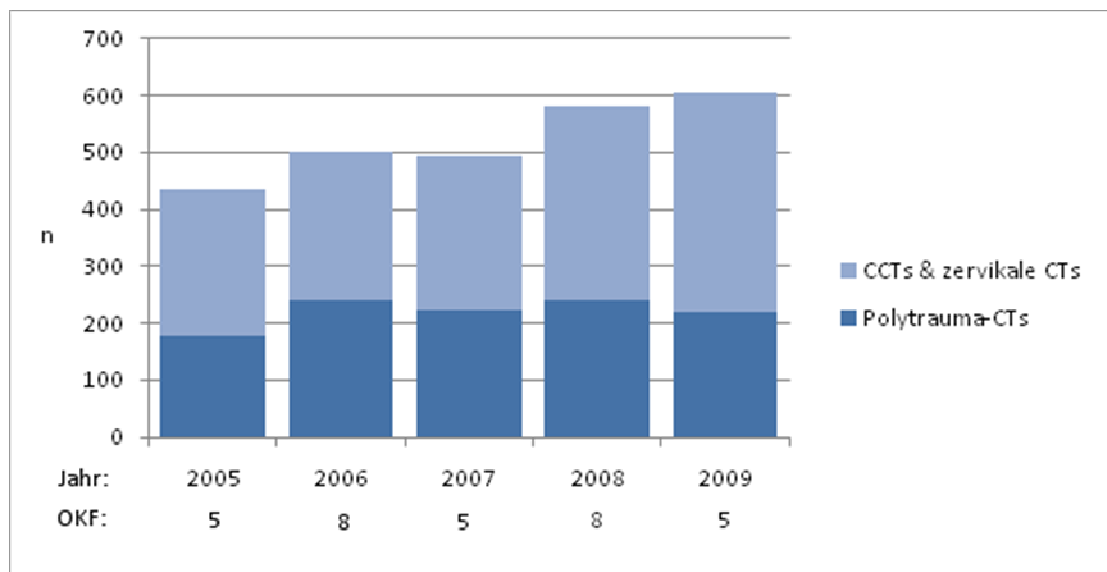


Abbildung 10: Entwicklung der CT-Diagnostik (n=Fälle) am Traumazentrum der Uniklinik Regensburg in den Jahren 2005 bis 2009 aufgeteilt nach Polytrauma-CTs und CCTs/zervikalen CTs. Unten die OKF-Fälle.

PRIMÄRE FRAGMENTDISLOKATION

In der Auswertung der primären Bildgebung zeigte sich lediglich in einem Fall (Pat. Nr. 9) eine primäre deutliche Fragmentdislokation von 4mm in der axialen Aufnahme (siehe Anhang Abb. 5). Diese erfolgte in Richtung Dens und blieb für den Patienten ohne klinische Folgen. Somit kam es in keinem der beobachteten 31 OKF-Fälle zu einer Einengung von mehr als 1/3 des Spinalkanaldurchmessers durch ein Knochenfragment.

Bei 31 OKF zeigte sich in einem Fall eine Fragmentdislokation > 2mm. In keinem Fall Einengung des Spinalkanaldurchmessers von > 1/3.

5.1.2 EPIDEMIOLOGISCHE DATEN

OKF-INZIDENZ

In den fünf Jahren des Beobachtungszeitraumes fanden sich 31 OKF-Fälle. Die Gesamtinzidenz der OKF bezogen auf 2616 Computertomographien lag bei 1,19%. Die Entwicklung der Inzidenz über den Beobachtungszeitraum gibt Tabelle 14 wieder.

Jahr:	2005	2006	2007	2008	2009
Gesamt-CTs:	434	502	493	580	607
Polytrauma-CTs:	179	239	223	241	221
CCTs & zervikale CTs:	255	263	270	339	386
OKF-Diagnosen:	5	8	5	8	5
Inzidenz:	1,15%	1,59%	1,01%	1,38%	0,82%

Tabelle 14: Entwicklung der durchgeführten CT-Diagnostik, der OKF-Fälle und der OKF-Inzidenz am Traumazentrum der Uniklinik Regensburg im Beobachtungszeitraum

GESCHLECHT UND ALTER

Das OKF-Gesamtkollektiv umfasste 11 weibliche (35,5%) und 20 männliche (64,5%) Patienten.

Das mediane Alter des OKF-Kollektivs lag bei 37 Jahren (Durchschnitt 38,3 Jahre; Range 15-88; SD 17,56). Abb. 11 zeigt die Altersverteilung der 31 Patienten zum Zeitpunkt des Unfalls.

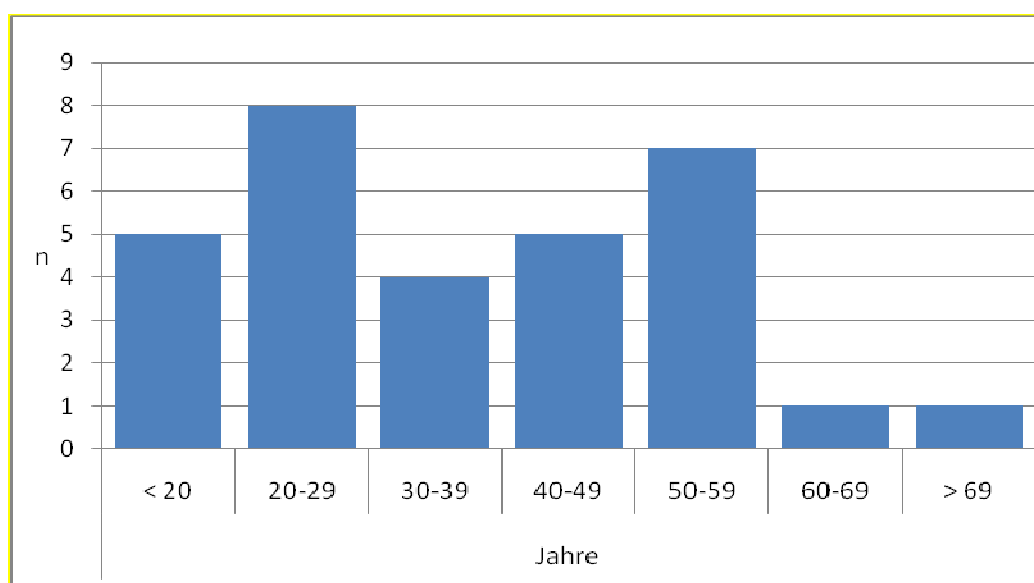


Abbildung 11: Altersverteilung im OKF-Kollektiv (n ges.=31)

Das mediane Alter der weiblichen OKF-Patienten lag bei 41 Jahren (Durchschnitt 42,5 Jahre; Range 18-88; SD 20,20), das der männlichen Patienten bei 32 Jahren (Durchschnitt 35,6 Jahre; Range 15-68; SD 16,351). Die Altersverteilung der 31 OKF-Patienten umfasste eine Spanne von 15 bis 88 Jahre.

UNFALLURSACHE UND -MECHANISMUS

Die Hauptursache für die OKF-Verletzung war in 21/31 (67,7%) Fällen ein Hochrasanztrauma durch Verkehrsunfall: 14x PKW-, 5x Motorrad-, 1x Zug- und 1x Bootsunfall.

In drei Fällen (9,7%) war die OKF durch einen Sturz aus > 2m Höhe bedingt. In zwei Fällen (6,5%) war die Ursache ein Sturz von einer Treppe, in zwei weiteren Fällen Sturz vom Fahrrad bzw. aus dem Rollstuhl sowie je einmal eine direkte Schädelverletzung durch Angriff eines Großtieres bzw. eine herabfallende Tiefladerampe (zwei weitere Patienten). Ein Patient stürzte ohne Fremdeinwirkung auf einer Eisfläche.

Abb. 12 gibt einen Überblick über die Unfallmechanismen innerhalb des OKF-Kollektives.

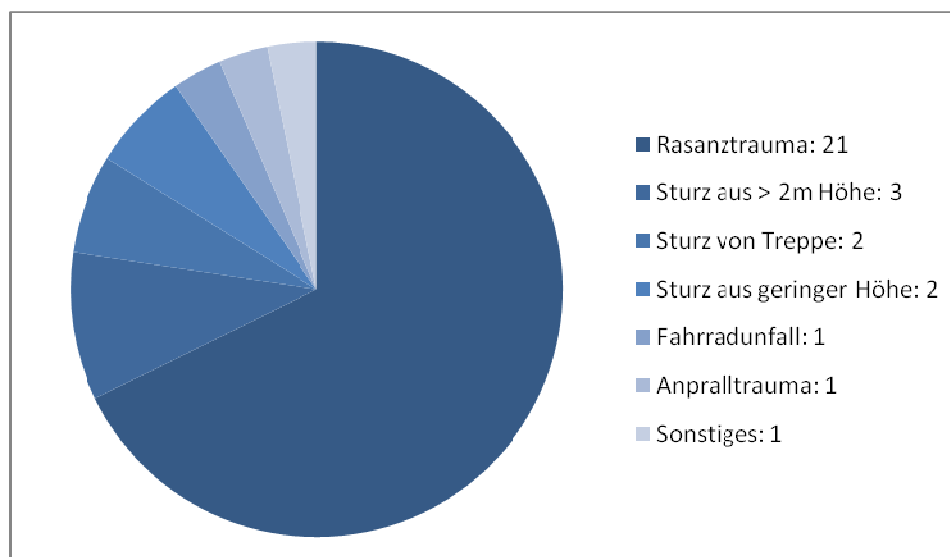


Abbildung 12: Verteilung der Unfallmechanismen im OKF-Kollektiv

5.1.3 FRAKTURFREQUENZ, -KLASSIFIKATION UND -VERLAUF

FRAKTURFREQUENZ

Bei 27/31 (87,1%) OKF-Patienten war nur eine okzipitale Kondyle frakturiert, bei 4/31 (12,9%) waren beide Kondylen betroffen. Somit lag die Gesamtzahl diagnostizierter okzipitaler Kondylenfrakturen bei 35. Beispiele für beidseitige OKF siehe Abb. 7a-c und 12a-c Anhang. Bei den einseitigen okzipitalen Kondylenfrakturen war in 15 Fällen (48,4%) die rechte Kondyle und in 12 Fällen (38,7%) die linke Kondyle betroffen:

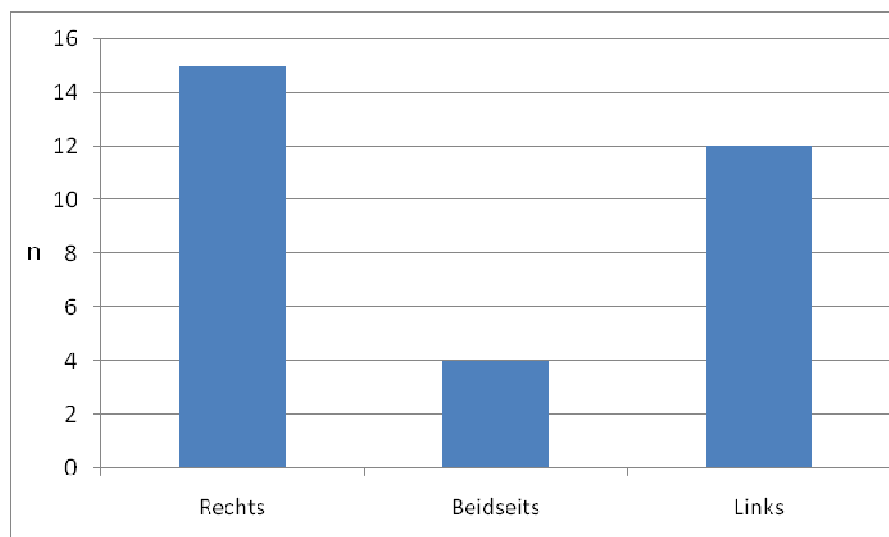


Abbildung 13: Seitenlokalisation der OKF im Gesamtkollektiv (n=31)

KLASSIFIKATION NACH ANDERSON UND MONTESANO

Bei insgesamt 35 okzipitalen Kondylenfrakturen handelte es sich 23x (65,7%) um Typ 1-, 5x (14,3%) um Typ 2- und 7x (20,0%) um Typ 3-Frakturen nach Anderson und Montesano¹⁰ (siehe Abb. 14). Beispiel für Typ 1: Abb. 6a-c Anhang; Beispiele für Typ 2: Abb. 7a-c und Abb. 8a-c Anhang; Beispiel für Typ 3: Abb. 5a-c Anhang.

Bei den vier beidseitigen OKF war der Frakturtyp je auf beiden Seiten der gleiche. In zwei Fällen handelte es sich beidseits um Typ 2-, in den anderen beiden Fällen beidseits um Typ 1-Frakturen nach Anderson und Montesano¹⁰.

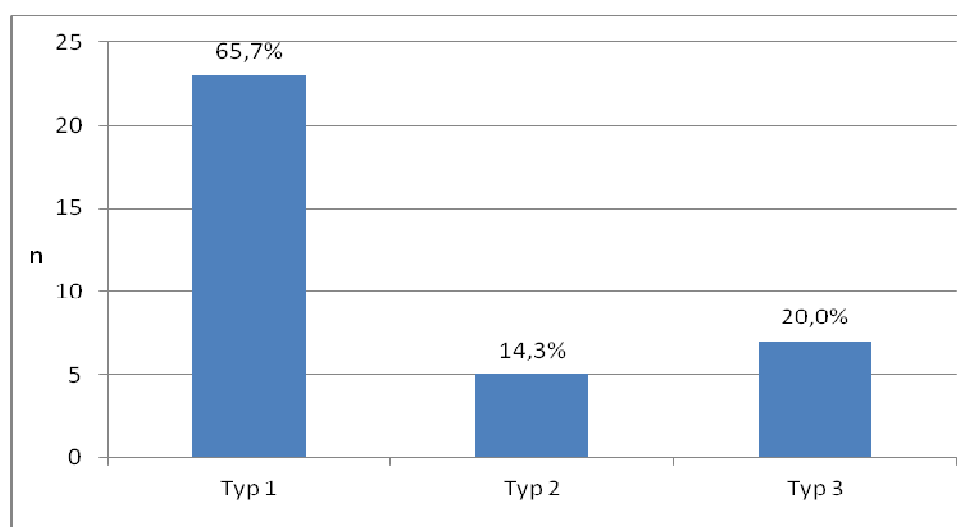


Abbildung 14: Häufigkeitsverteilung der OKF-Typen nach Anderson und Montesano im Gesamtkollektiv

KLASSIFIKATION NACH TULI ET AL.

Nach der Klassifikation von Tuli et al.¹⁵⁸ lagen bei 25/35 OKF (71,4%) Typ 1-, bei 6/35 (17,1%) Typ 2a- und bei 4/35 (11,4%) Typ 2b-Frakturen vor (siehe Abb. 15). Beispiel für Typ 1: Abb. 6a-c Anhang; Beispiel für Typ 2a: Abb. 5a-c Anhang; Beispiele für Typ 2b: Abb. 2a-c Anhang. Bei den vier beidseitigen OKF war der Frakturtyp je auf beiden Seiten der gleiche. In drei Fällen handelte es sich beidseits um Typ 1-, im vierten Fall beidseits um Typ 2b-Frakturen nach Tuli et al.¹⁵⁸

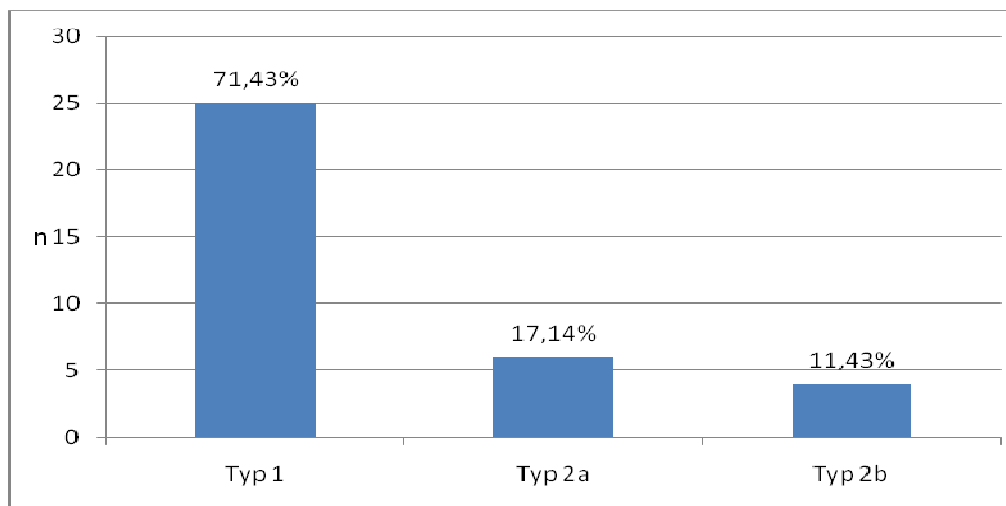


Abbildung 15: Häufigkeitsverteilung der OKF-Typen nach Tuli et al. im Gesamtkollektiv

FRAKTURVERLAUF

In 19/35 Fällen (54,3%) lag ein überwiegend vertikaler Frakturverlauf mit (siehe Abb. 8a-c Anhang) und in 16 Fällen (45,7%) ein überwiegend horizontaler Frakturverlauf ohne Beteiligung der Gelenkfläche vor (siehe Abb. 9, 10, 11a-c Anhang und Abb. 16).

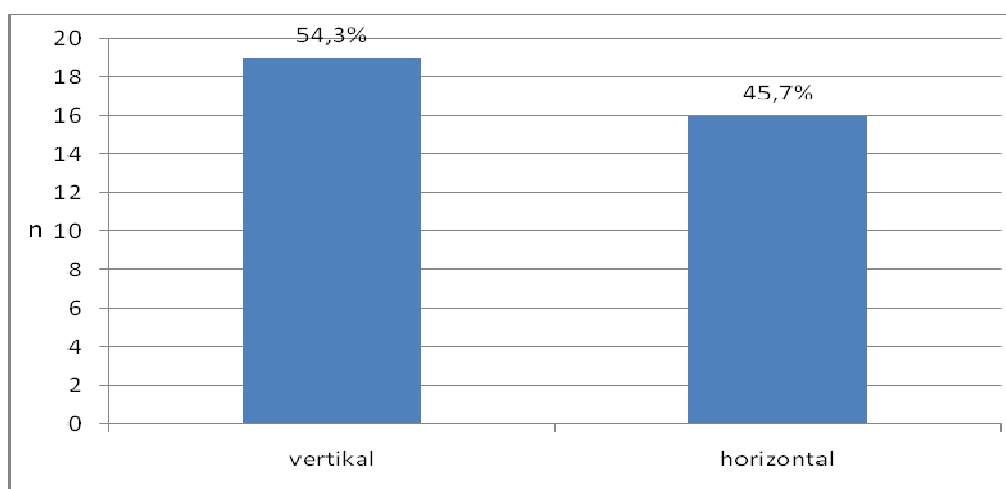


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der OKF nach Frakturverlauf im Gesamtkollektiv

5.1.4 INITIALE MORBIDITÄT

INTUBATIONSSTATUS UND GLASGOW COMA SCALE

18/31 (58,1%) Patienten erreichten das Traumazentrum der Uniklinik Regensburg primär nicht intubiert. 13/31 (41,9%) Patienten waren zum Zeitpunkt der Anlieferung intubiert und beatmet (siehe Abb. 17).

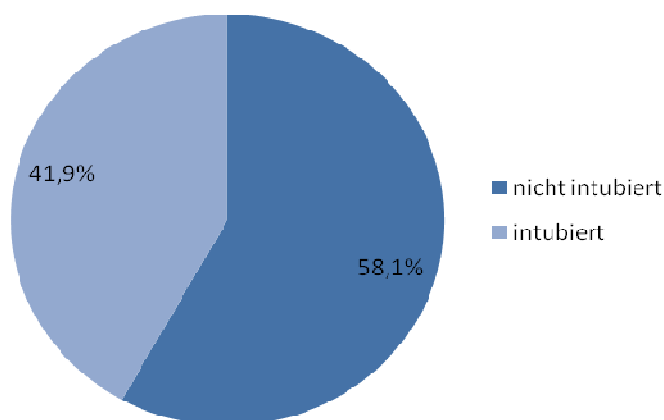


Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung der Patienten des OKF-Kollektivs nach Intubationsstatus zum Zeitpunkt der Aufnahme

Der mediane initiale GCS der 31 OKF-Patienten betrug 15 Punkte, der Durchschnitt betrug 11,8 Punkte (Range 3-15; SD 4,68). Abb. 18 und Tab. 15 zeigen die Verteilung des GCS über alle Patienten.

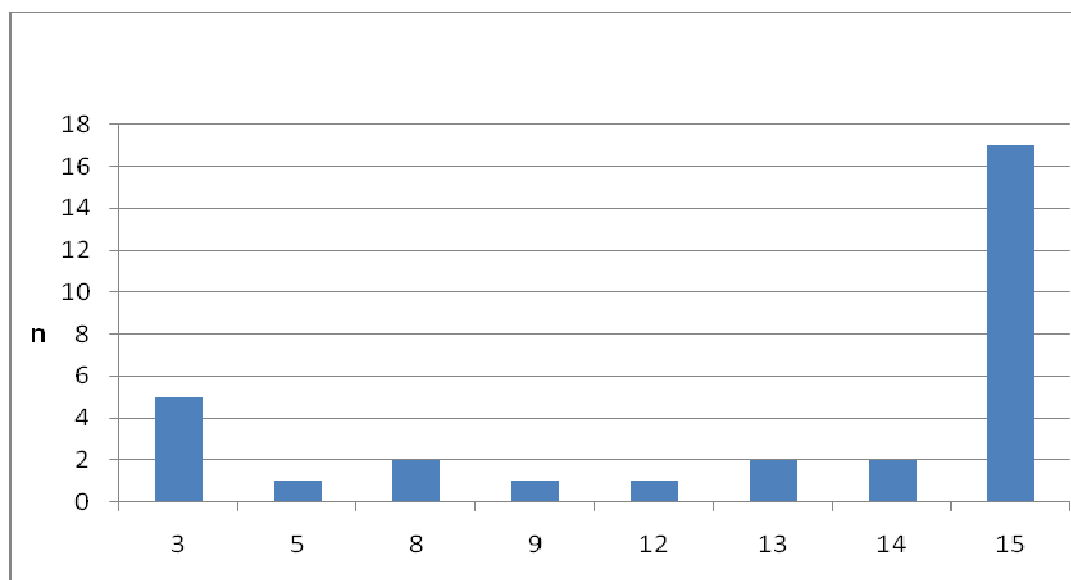


Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung des GCS im OKF-Kollektiv (n=31)

Wert (GCS)	Häufigkeit	Prozent
3-7	6	19,3
8-12	4	12,9
13-15	21	67,8

Tabelle 15: Häufigkeitsverteilung der GCS-Werte im OKF-Kollektiv (n=31)

17/31 (54,8%) aller OKF-Patienten wiesen einen GCS von 15 auf.

ISS UND NISS

Bei 31 OKF-Patienten lag der mediane Injury Severity Score (ISS) bei 19 Punkten (Range 9-64; SD 14,38).

Der mediane New Injury Severity Score (NISS) betrug ebenfalls 19 Punkte (Range 11-64; SD 15,3).

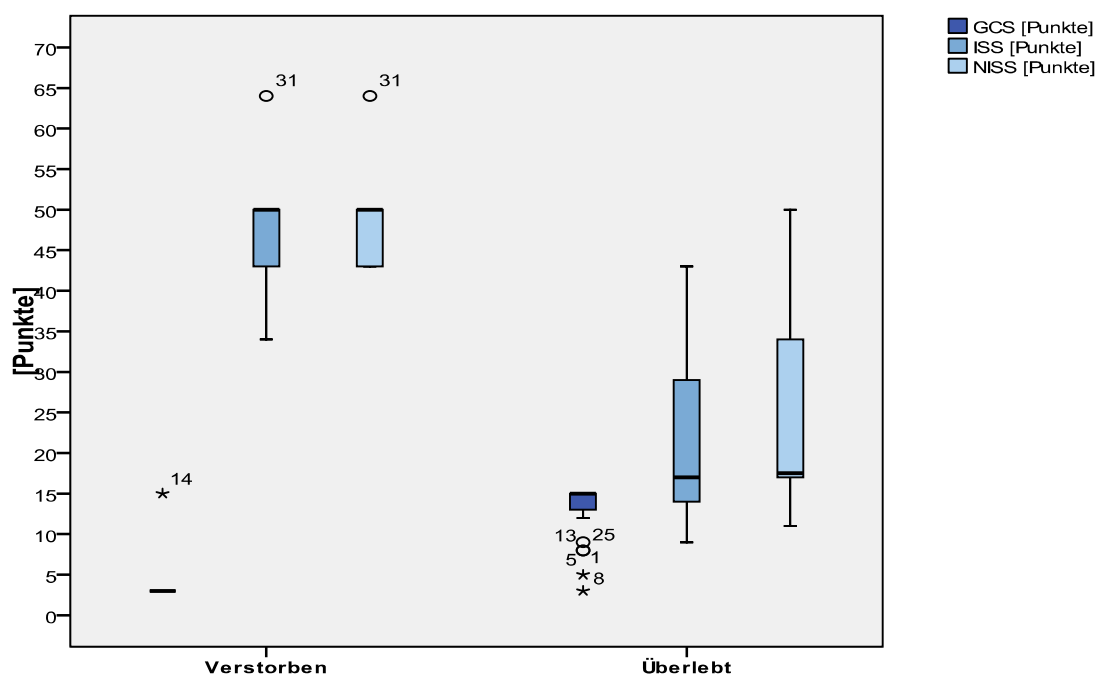


Abbildung 19: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven "Verstorben" und "Überlebt" (n1=5; n2=26)

LETALITÄTSRATE

5/31 (16,13%) OKF-Patienten sind aufgrund der Schwere ihrer intrazerebralen Begleitverletzungen im Median 4 Tage (Range 0-31; SD 11,692) posttrauma verstorben. In keinem Fall war die Mortalität dabei bedingt durch die Kondylenfraktur.

Folgende Tabelle gibt ua. Frakturfrequenz und Typenverteilung im Teilkollektiv der verstorbenen Patienten wider:

Pat. Nr.	Frequenz	Typ A&M	Typ Tuli et al.	AOD	intrazerebrale BV
6	1	1	1	nein	SAB, SDB, Ein
14	1	1	1	nein	ICB
17	1	3	2b	ja	SAB
29	1	1	2b	ja	SAB, SDB, Ein
31	2	2	2a	nein	SAB, SDB, Ein

Tabelle 16: Verteilung von OKF-Frequenz, -typ, dem Vorliegen einer AOD und einer intrazerebralen BV im Kollektiv der verstorbenen Patienten. Frequenz 1=einseitig, 2=beidseitig; SAB=Subarachnoidalblutung, SDB=Subduralblutung; ICB=intrakranielle Blutung; Ein=Einklemmung.

Alle verstorbenen Patienten zeigten schwere intrazerebrale Begleitverletzungen. Die OKF war in keinem Fall Ursache für die Mortalität.

GCS/ISS/NISS VS. LETALITÄT

- Bei den fünf verstorbenen Patienten betrug der GCS im Median 3 Punkte (Range 3-15; SD 5,367). Der mediane ISS betrug 50 Punkte (Range 34-64; SD 11,0), der mediane NISS 50 Punkte (43-64; SD 8,573).
- Bei den 26 überlebenden Patienten betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 3,45). Der mediane ISS betrug 17 Punkte (Range 9-43; SD 10,45), der mediane NISS 17,5 (Range 11-50; SD 12,63).

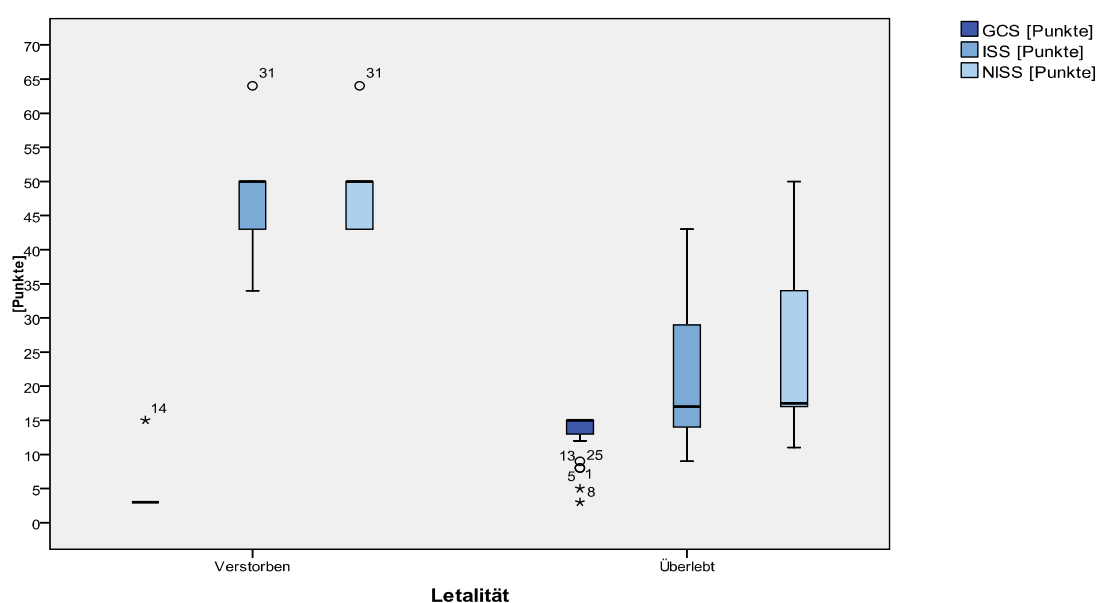


Abbildung 20: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „verstorben“ und „überlebt“

Der Mann-Whitney-U-Test zeigte erwartungsgemäß eine signifikante Korrelation zwischen GCS/ISS/NISS-Werten und der Letalität, sowohl mit als auch ohne Berücksichtigung der Patienten mit begleitender AOD:

Inkl. AOD-Patienten	ISS	NISS	GCS
Test:	U-Test	U-Test	U-Test
Testergebnis:	Unterschied	Unterschied	Unterschied
p-value:	0,0	0,001	0,005

Exkl. AOD-Patienten	ISS	NISS	GCS
Test:	U-Test	U-Test	U-Test
Testergebnis:	Unterschied	Unterschied	kein
p-value:	0,005	0,005	0,07

5.1.5 BEGLEITVERLETZUNGEN

HIRNNERVEN- UND GEFÄSSSTATUS

Neurologisch zeigte sich lediglich bei zwei Patienten eine initiale Trochlearisparese. Bei drei Patienten konnte keine Aussage getroffen werden, da sie während der gesamten medizinischen Betreuung bewusstlos waren und schließlich verstarben. Eine Parese des Nervus hypoglossus wurde bei keinem Patienten diagnostiziert. Bildgebend zeigten sich in keinem Fall Hinweise für eine Läsion der A. vertebralis.

ZERVIKALE BEGLEITVERLETZUNGEN

6/31 (19,35%) Patienten zeigten zusätzlich zur OKF eine zervikale Begleitverletzung. Dabei handelte es sich 2x um eine C2-Bogenfraktur (Pat. Nr. 16 und 17), je 1x um eine C3-Bogen- bzw. C3/4-Luxationsfraktur (Pat. Nr. 3 bzw. 10) sowie 2x um eine C5-Bogenfraktur (Pat. Nr. 5 und 14).

ATLANTO-OKZIPITALE DISSOZIATION

Aufgrund ihrer hohen Letalität nehmen AOD innerhalb der zervikalen Begleitverletzungen eine besondere Rolle ein (siehe 2.4). 3/31 (9,7%) Patienten (Nr. 17, 26 und 29) zeig-

ten zusätzlich zur OKF eine AOD. Abb. 2, 3, 4a-c im Anhang zeigen die Avulsionsfrakturen mit erweiterten atlantookzipitalen Gelenkenräumen.

INTRAZEREBRALE BEGLEITVERLETZUNGEN

14/31 (45,16%) OKF-Patienten wiesen eine klinisch und/oder radiologisch diagnostizierte intrazerebrale Begleitverletzung auf. 17/31 (54,84%) zeigten keine intrazerebralen Pathologien oder klinische Auffälligkeiten die auf ein Schädelhirntrauma (SHT) hindeuteten.

Ein einfaches SHT ohne weitere Pathologien lag bei 4/14 (28,6%) Patienten vor. Zerebrale Blutungen fanden sich bei 10/14 (71,43%) Patienten. Insgesamt lagen bei diesen 10 Patienten 16 solcher Blutungen vor. 4/16 (25,0%) hiervon waren Subduralblutungen (SDB), 8/16 (50,0%) Subarachnoidalblutungen (SAB), 4/16 (25,0%) intrazerebrale Blutungen (ICB) und in einem Fall (6,25%) lag eine Tentoriumblutung vor. Ein Pneumocephalus fand sich bei zwei Patienten (14,3%), eine obere oder untere Einklemmung bei drei Patienten (21,43%):

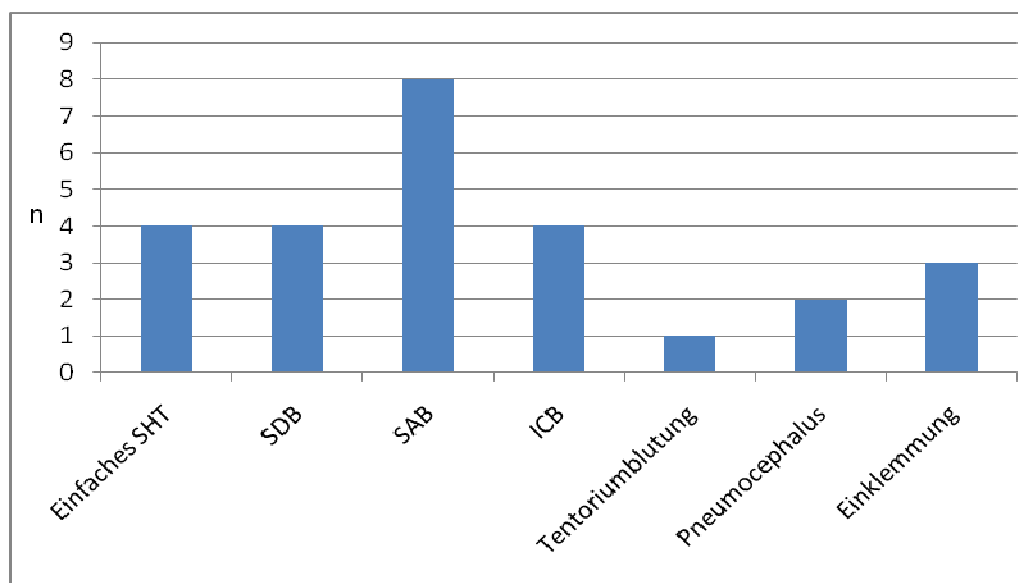


Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung der intrazerebralen Begleitverletzungen im OKF-Kollektiv

5.1.6 INITIALE MORBIDITÄT IM KONTEXT ZU OKF UND BEGLEITVERLETZUNGEN

5.1.6.1 INITIALE MORBIDITÄT VS. OKF-TYP NACH ANDERSON UND MONTESANO

Die Analyse von GCS, ISS und NISS nach Frakturtyp gemäß der Klassifikation von Anderson und Montesano¹⁰ zeigte folgendes Ergebnis (siehe Abb. 22):

- Typ 1: Bei 21 Patienten mit Typ 1-Frakturen betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 4,65). Der mediane ISS betrug 19 Punkte (Range 10-50; SD 12,78), der mediane NISS 26 Punkte (Range 11-50; SD 14,47). Bei Typ 1-Frakturen verstarben 3/21 Patienten entsprechend einer Letalität von 14,3%.
- Typ 2: Bei 3 Patienten mit Typ 2-Frakturen betrug der mediane GCS 12 Punkte (Range 3-15; SD 6,245). Der mediane ISS betrug 26 Punkte (Range 13-64; SD 26,5) der mediane NISS 43 Punkte (Range 17-64; SD 23,54). Bei Typ 2-Frakturen verstarben 1/3 Patienten entsprechend einer Letalität von 33,3%.
- Typ 3: Bei 7 Patienten mit Typ 3-Frakturen betrug der mediane GCS 12 Punkte (Range 3-15; SD 4,72). Der mediane ISS betrug 17 Punkte (Range 9-43; SD 14,35) der mediane NISS 17 Punkte (Range 11-43; SD 13,376). Bei Typ 3-Frakturen verstarben 1/7 Patienten entsprechend einer Letalität von 14,3%.

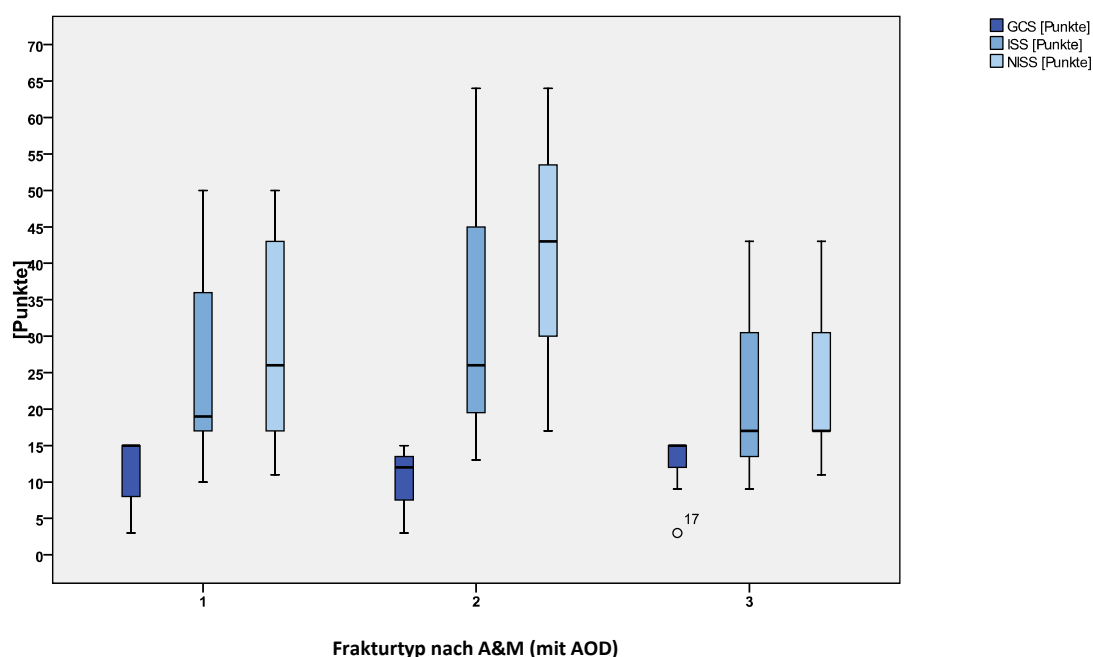


Abbildung 22: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „A&M Typ1“, „A&M Typ2“ und „A&M Typ3“

Entscheidende Frage der Studie war, ob zwischen den verschiedenen OKF-Typen innerhalb der Frakturklassifikationen nach Anderson und Montesano¹⁰ hinsichtlich der Parameter der initialen Morbidität ein signifikanter Unterschied besteht. Anhand eines solchen wäre eine Aussage über den Zusammenhang zwischen Frakturtyp und Schweregrad des Verletzungsmusters möglich.

Exemplarisch lautete die Fragestellung:

Fragestellung A1

H0: Der ISS ist bei Patienten mit Typ 1-Fraktur = dem ISS bei Patienten mit Typ 2-Fraktur.

H1: Der ISS ist bei Patienten mit Typ 1-Fraktur $\neq$ dem ISS bei Patienten mit Typ 2-Fraktur.

Parallel wurden die Typen 1 und 3 sowie 2 und 3 gegeneinander getestet. Die Ergebnisse inklusive p-Werten für die Typenvergleiche bei der Klassifikation nach Anderson und Montesano¹⁰ mit den Werten für ISS, NISS und GCS bzw. der Letalität sind in Tab. 17 zusammengestellt:

ISS			
OKF-Typ nach A&M:	Typ 1 vs. 2	Typ 1 vs. 3	Typ 2 vs. 3
p-value (U-Test):	0,725	0,488	0,6
NISS			
OKF-Typ nach A&M:	Typ 1 vs. 2	Typ 1 vs. 3	Typ 2 vs. 3
p-value (U-Test):	0,34	0,453	0,3
GCS			
OKF-Typ nach A&M:	Typ 1 vs. 2	Typ 1 vs. 3	Typ 2 vs. 3
p-value (U-Test):	0,475	0,535	0,45
Letalität			
p-value (Chi-Quadrat-Test):		1,0	

Tabelle 17: Testergebnisse und p-Werte für die Fragestellung A1 (siehe Text).

Die verschiedenen OKF-Typen gemäß der Klassifikation nach Anderson & Montesano weisen hinsichtlich der initialen Morbidität keine signifikanten Unterschiede untereinander auf.

5.1.6.2 INITIALE MORBIDITÄT VS. OKF-TYP NACH TULI

Die Analyse der Parameter des initialen Gesundheitszustandes nach Frakturtyp gemäß der Klassifikation von Tuli et al.¹⁵⁸ zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 23):

- Typ 1: Bei 22 Patienten mit Typ 1-Frakturen betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 4,125). Der mediane ISS betrug 19 Punkte (Range 10-50; SD 11,5), der mediane NISS 22,5 Punkte (Range 11-50; SD 13,88). Bei Typ 1-Frakturen verstarben 2/22 Patienten entsprechend einer Letalität von 9,1%.
- Typ 2a: Bei 6 Patienten mit Typ 2a-Frakturen betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 5,02). Der mediane ISS betrug 15,5 Punkte (Range 9-64; SD 20,58), der mediane NISS 17 Punkte (Range 11-64; SD 19,76). Bei Typ 2a-Frakturen verstarben 1/6 Patienten entsprechend einer Letalität von 16,7%.
- Typ 2b: Bei 3 Patienten mit Typ 2b-Frakturen betrug der mediane GCS 3 Punkte (Range 3-15; SD 6,93). Der mediane ISS betrug 43 Punkte (Range 43-50; SD 4,04), der mediane NISS 43 Punkte (Range 43-50; SD 4,04). Bei Typ 2b-Frakturen verstarben 2/3 Patienten entsprechend einer Letalität von 66,7%.

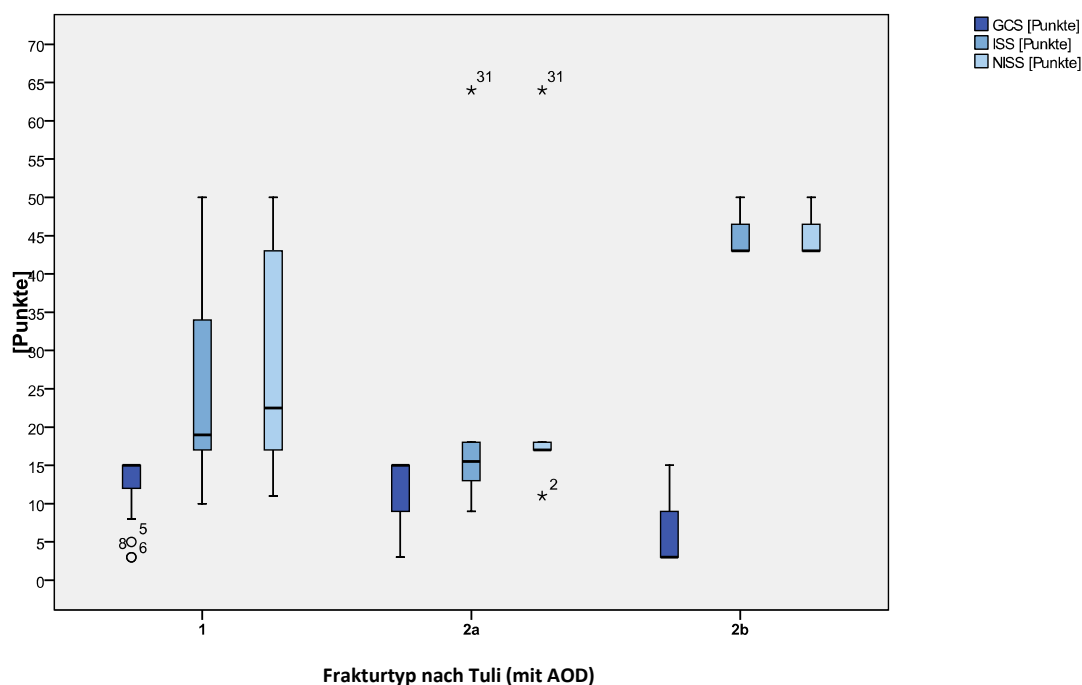


Abbildung 23: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „Tuli Typ1“, „Tuli Typ2a“ und „Tuli Typ2b“

In Anlehnung an Fragestellung A1 wurde die Frage nach einem möglichen Unterschied zwischen den verschiedenen OKF-Typen innerhalb der Frakturklassifikationen nach Tuli et al.¹⁵⁸ hinsichtlich der Parameter des initialen Gesundheitszustandes gestellt:

ISS			
OKF-Typ nach Tuli et al.:	Typ 1 vs. 2a	Typ 1 vs. 2b	Typ 2a vs. 2b
p-value (U-Test):	0,313	0,004	0,143
NISS			
OKF-Typ nach Tuli et al.:	Typ 1 vs. 2a	Typ 1 vs. 2b	Typ 2a vs. 2b
p-value (U-Test):	0,43	0,062	0,143
GCS			
OKF-Typ nach Tuli et al.:	Typ 1 vs. 2a	Typ 1 vs. 2b	Typ 2a vs. 2b
p-value (U-Test):	0,839	0,237	0,345
Letalität			
p-value (Chi-Quadrat-Test):		0,097	

Bei der Klassifikation nach Tuli et al. ist der ISS bei Typ 2b-Frakturen signifikant höher als der ISS bei Typ 1-Frakturen. In den übrigen Vergleichen zeigt sich kein signifikanter Unterschied. In der Tendenz sind die Unterschiede zwischen den Typ 1- und Typ 2a- bzw. zwischen den Typ 2a- und Typ 2b-Frakturen der Klassifikation von Tuli et al. deutlich größer als zwischen den Typ 1- und 3- bzw. zwischen den Typ 2- und 3-Frakturen in der Klassifikation nach Anderson & Montesano. Im Vergleich zur Klassifikation von Anderson & Montesano zeigt sich bei Tuli et al. ein deutlicher tendenzieller Zusammenhang zwischen Letalität und OKF-Typ ($p=0,097$ vs. $p=1,0$).

5.1.6.3 INITIALE MORBIDITÄT VS. FRAKTURFREQUENZ

Die Analyse von GCS, ISS und NISS nach Frakturfrequenz zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 24):

- Einseitige OKF: Bei 27 einseitigen Frakturen betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 4,605). Der mediane ISS betrug 17 Punkte (Range 9-50; SD 12,99), der mediane NISS 18 (Range 11-50; SD 13,806). Bei einseitiger OKF verstarben 2/27 Patienten entsprechend einer Letalität von 14,81%.

- Beidseitige OKF: Bei 4 beidseitigen Frakturen betrug der mediane GCS 10 Punkte (Range 3-15; SD 5,196). Der mediane ISS betrug 33,5 Punkte (Range 19-64; SD 19,908), der mediane NISS 45,5 (Range 19-64; SD 18,63). Bei beidseitiger OKF verstarb 1/4 Patienten entsprechend einer Letalität von 25,0%.

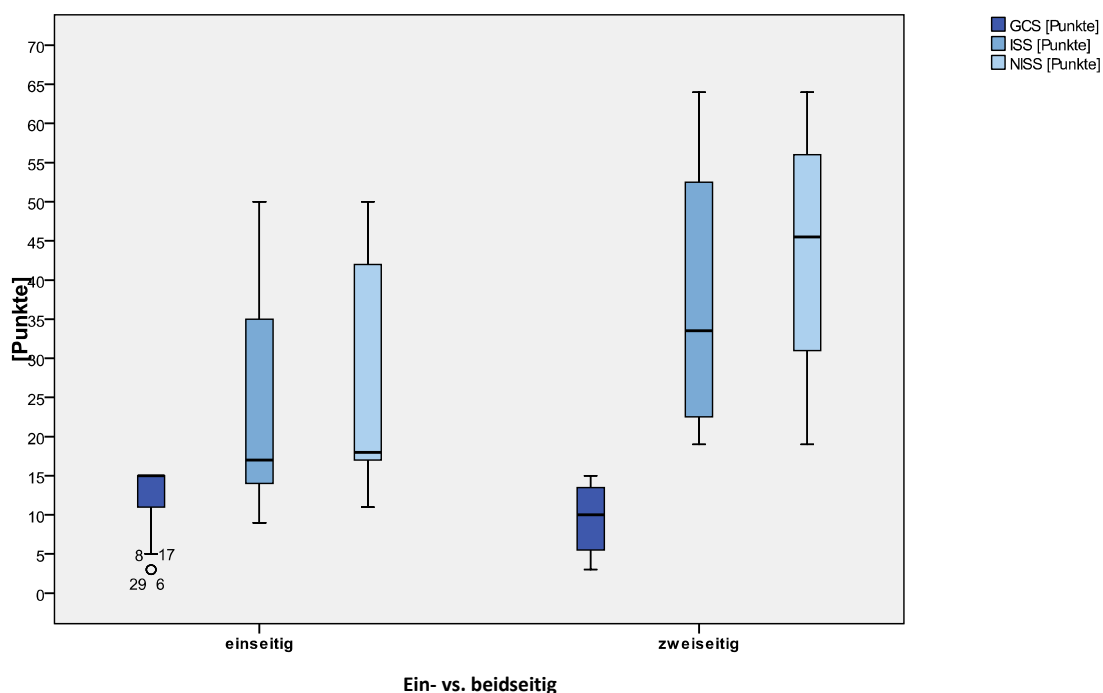


Abbildung 24: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „einseitig“ und „beidseitig“

Die Ergebnisse zur Frage nach einem möglichen Unterschied zw. ein- und beidseitiger OKF hinsichtlich den Parametern der initialen Morbidität zeigt folgende Tabelle:

	ISS	NISS	GCS	Letalität
Test:	U-Test	U-Test	U-Test	Chi-Quadrat-Test
p-value:	0,103	0,047	0,19	0,525

Patienten mit beidseitiger OKF haben einen signifikant höheren NISS als Patienten mit einseitiger OKF. Im ISS und GCS besteht ein deutlicher tendenzieller Unterschied hinsichtlich der Frakturfrequenz.

5.1.6.4 INITIALE MORBIDITÄT VS. FRAKTURVERLAUF

Die Analyse der Parameter der initialen Morbidität nach dem Frakturverlauf zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 25):

- **Horizontaler Verlauf:** Bei 14 horizontal verlaufenden Frakturen betrug der mediane GCS 8,5 Punkte (Range 3-15; SD 5,45). Der mediane ISS betrug 31,5 Punkte (Range 9-64; SD 16,786), der mediane NISS 41 (Range 11-64; SD 16,12). Bei horizontalem Verlauf verstarben 5/14 Patienten entsprechend einer Letalität von 35,7%.
- **Vertikaler Verlauf:** Bei 17 vertikal verlaufenden Frakturen betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 8-15; SD 1,75). Der mediane ISS betrug 17 Punkte (Range 10-41; SD 9,953), der mediane NISS 17 (Range 11-48; SD 11,5). Bei vertikalem Verlauf verstarben 0/17 Patienten entsprechend einer Letalität von 0%.

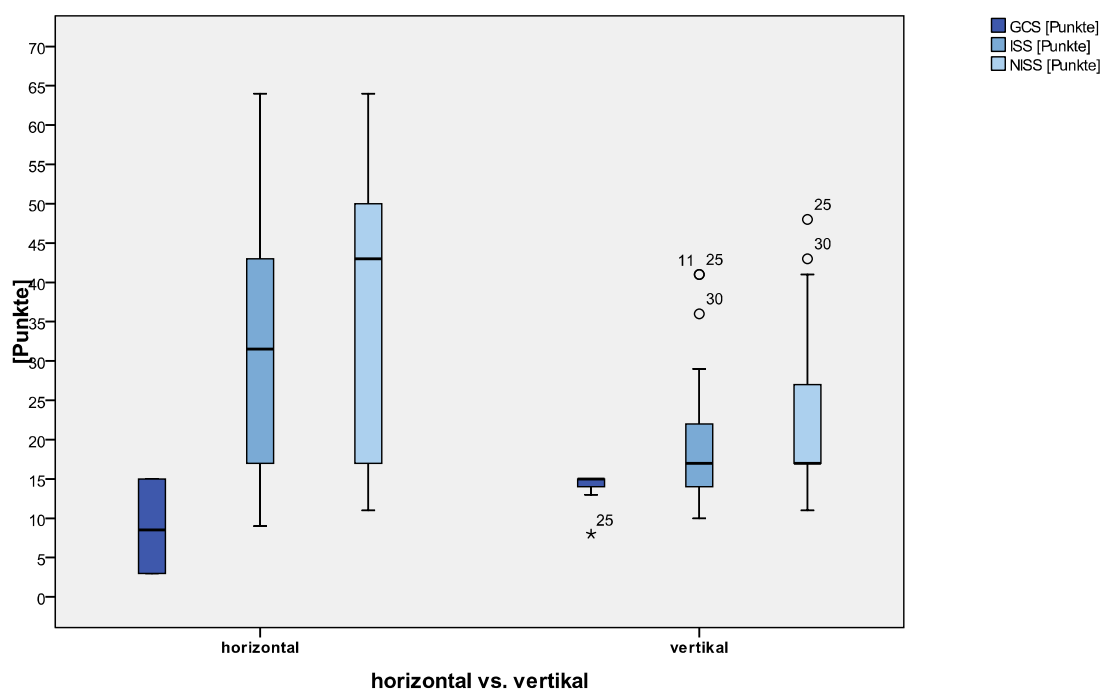


Abbildung 25: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „horizontaler“ und „vertikaler“ Frakturverlauf.

Die Ergebnisse zur Frage nach einem möglichen Unterschied zwischen vertikalem und horizontalem Frakturverlauf bei OKF hinsichtlich der Parameter der initialen Morbidität zeigt folgende Tabelle:

	ISS	NISS	GCS	Letalität
Test:	U-Test	U-Test	U-Test	Chi-Quadrat-Test
p-value:	0,085	0,02	0,07	0,012

Patienten mit horizontalem Frakturverlauf haben einen signifikant höheren NISS als Patienten mit vertikalem Frakturverlauf. Im ISS und GCS besteht ein deutlicher tendenzieller Unterschied zwischen horizontalem und vertikalem Verlauf.

Die Letalität ist bei horizontalem Verlauf signifikant höher als bei vertikalem Verlauf.

5.1.6.5 INITIALE MORBIDITÄT VS. ZERVIKALE BV.

Die Analyse der Parameter des initialen Gesundheitszustandes nach dem Vorhandensein oder der Abwesenheit einer zervikalen Begleitverletzung (BV) zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 26):

- Mit zervikaler BV: Bei den sechs Patienten mit zervikaler BV betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 5,715). Der mediane ISS betrug 33,5 Punkte (Range 13-50; SD 15,30), der mediane NISS 36 (Range 17-50; SD 15,46). Von sechs Patienten mit zervikaler Begleitverletzung verstarben zwei (Letalität=33,3%). Ein Patient überlebte mit schwerer Tetraparese.
- Ohne zervikaler BV: Bei den 25 Patienten ohne zervikale BV betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 4,53). Der mediane ISS betrug 18 Punkte (Range 9-64; SD 14,17), der mediane NISS 19 (Range 11-64; SD 15,25). Von 25 Patienten ohne zervikale Begleitverletzung verstarben drei (Letalität=12,0%)

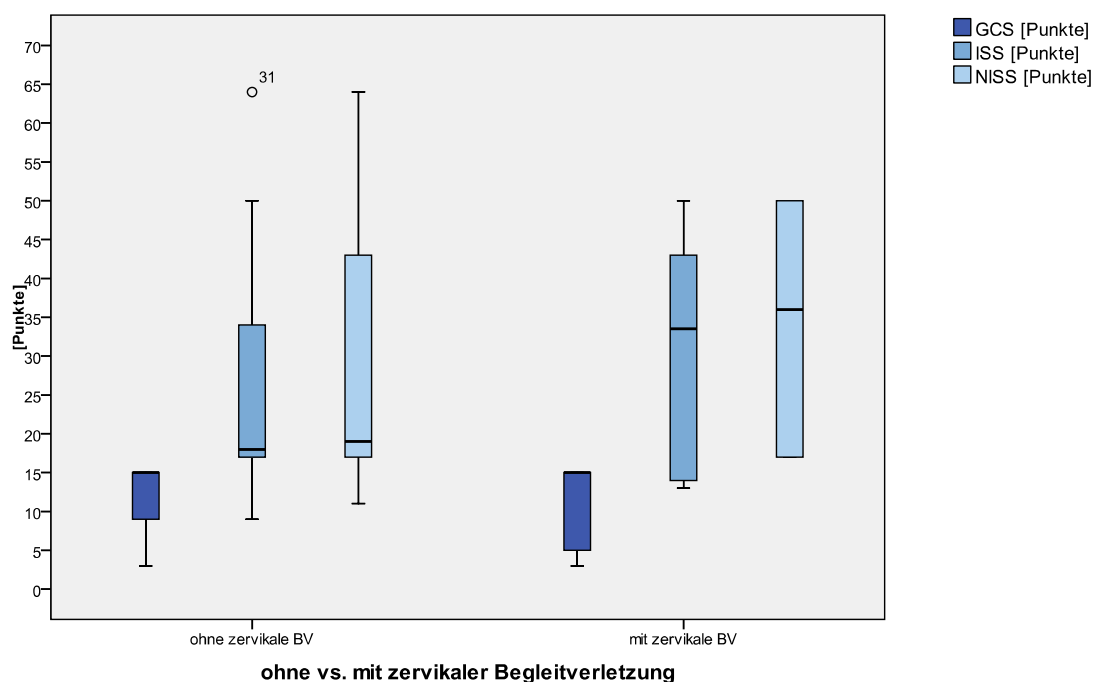


Abbildung 26: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „mit zervikaler BV“ und „ohne zervikaler BV“

Die Ergebnisse zur Frage nach einem möglichen Unterschied in den Parametern des initialen Gesundheitszustandes zwischen den beiden Kollektiven mit bzw. ohne zervikale BV sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	ISS	NISS	GCS	Letalität
Test:	U-Test	U-Test	U-Test	Chi-Quadrat-Test
p-value:	0,369	0,237	0,823	0,241

Zwischen den Parametern des initialen Gesundheitszustandes und dem Vorliegen einer zervikalen Begleitverletzung besteht kein signifikanter Zusammenhang.

5.1.6.6 INITIALE MORBIDITÄT VS. AOD

Die Analyse der Parameter des initialen Gesundheitszustandes nach dem Vorhandensein oder der Abwesenheit einer AOD zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 27):

- Mit AOD: Bei den drei Patienten mit AOD betrug der mediane GCS 3 Punkte (Range 3-15; SD 6,93). Der mediane ISS betrug 43 Punkte (Range 43-50; SD 4,04), der mediane NISS 43 (Range 43-50; SD 4,04). Von den drei Patienten mit

AOD verstarben zwei binnen einer Woche posttrauma an ihren schweren hirnor-
ganischen Verletzungen (Letalität=66,7%). Die OKF hatte keinen Einfluss auf
die Krankheitsverläufe.

- Ohne AOD: Bei den 28 Patienten ohne zervikale BV betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 4,234). Der mediane ISS betrug 17,5 Punkte (Range 9-64; SD 13,48), der mediane NISS 18,5 (Range 11-64; SD 14,976). Im Teilkol-
lektiv ohne AOD verstarben 3/28 entsprechend einer Letalität von 10,71%.

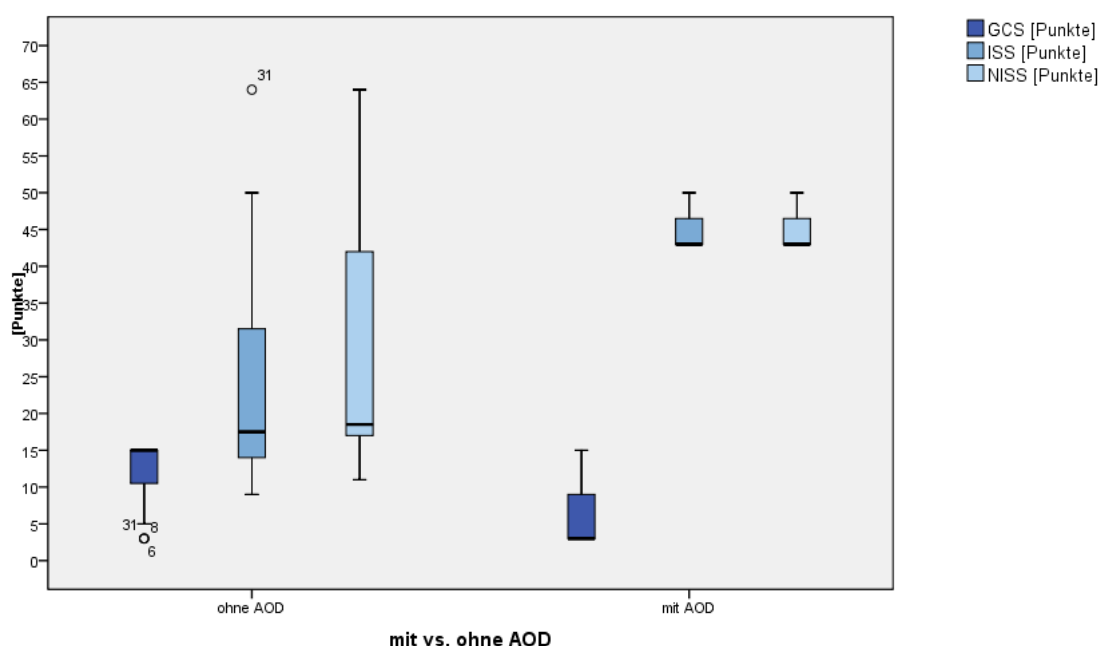


Abbildung 27: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „mit AOD“ und „ohne AOD“

Die Ergebnisse zur Frage nach einem Unterschied in den Parametern des initialen Gesundheitszustandes zwischen den beiden Kollektiven zeigt folgende Tabelle:

	ISS	NISS	GCS	Letalität
Test:	U-Test	U-Test	U-Test	Chi-Quadrat-Test
p-value:	0,008	0,047	0,259	0,012

Patienten mit AOD haben einen signifikant höheren ISS und NISS sowie eine signifi-
kant höhere Letalität als Patienten ohne AOD.

5.1.6.7 INITIALE MORBIDITÄT VS. INTRAZEREBRALE BV

Die Analyse der Parameter des initialen Gesundheitszustandes nach dem Vorhandensein oder der Abwesenheit einer intrazerebralen Begleitverletzung zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 28):

- Mit intrazerebraler BV: Bei den 14 Patienten mit intrazerebraler BV betrug der mediane GCS 8,5 Punkte (Range 3-15; SD 5,28). Der mediane ISS betrug 39,5 Punkte (Range 17-64; SD 13,56), der mediane NISS 43 (Range 17-64; SD 13,106). Alle fünf verstorbenen OKF-Patienten zeigten teils schwere intrazerebrale Verletzungen auf, so dass diese dem Kollektiv mit intrazerebraler BV zuzurechnen sind. Die Letalität betrug damit 35,71%.
- Ohne intrazerebraler BV: Bei den 17 Patienten ohne intrazerebraler BV betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 8-15; SD 1,77). Der mediane ISS betrug 17 Punkte (Range 9-36; SD 6,79), der mediane NISS 17 (Range 11-43; SD 7,954). Von den OKF-Patienten ohne intrazerebrale Begleitverletzung überlebten alle.

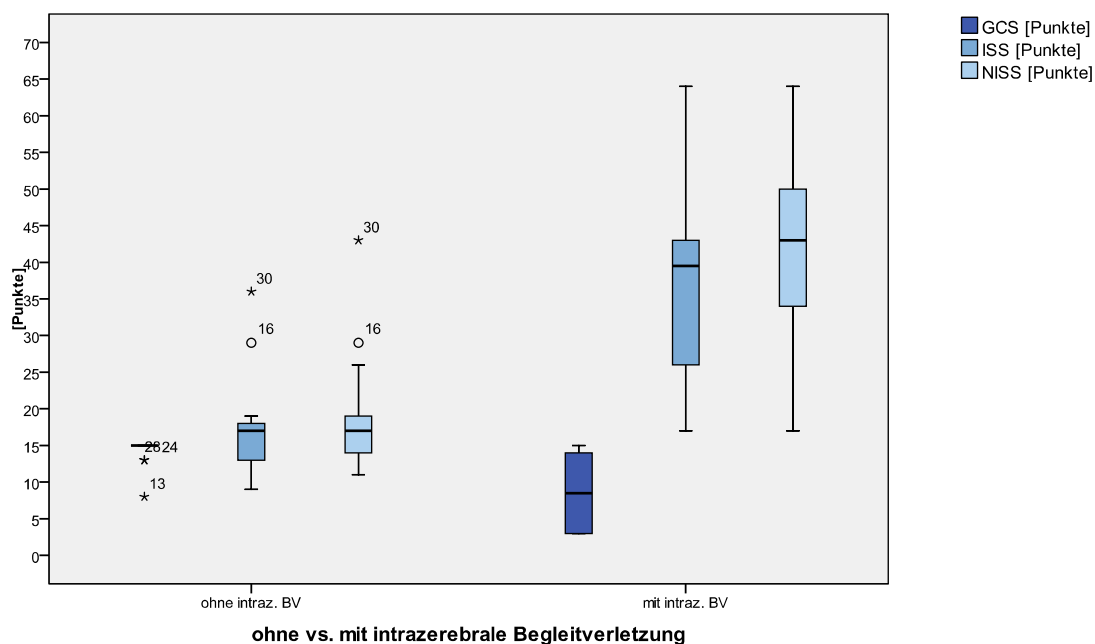


Abbildung 28: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Kollektiven „mit“ und „ohne intrazerebrale Begleitverletzung“

Die Ergebnisse zur Frage nach einem Unterschied in den Parametern des initialen Gesundheitszustandes zwischen den beiden Kollektiven zeigt folgende Tabelle:

	ISS	NISS	GCS	Letalität
Test:	U-Test	U-Test	U-Test	Chi-Quadrat-Test
p-value:	0	0	0	0,012

Patienten mit intrazerebraler Begleitverletzung haben einen signifikant schlechteren initialen Gesundheitszustand sowie höhere Letalität als Patienten ohne.

5.2 THERAPIEVERFAHREN IM OKF-KOLLEKTIV

Die Indikationen der Therapieverfahren sind unter 4.3.2 beschrieben. Die Häufigkeitsverteilung der gewählten Therapieverfahren im OKF-Kollektiv zeigt folgende Tabelle:

Therapie	Häufigkeit	Prozent
ASPEN-Kragen (6 Wochen)	26	83,87%
Halofixateur*(6 Wochen)	3	9,68%
Fusion	1	3,23%
Tod**	1	3,23%
gesamt	31	100,00%

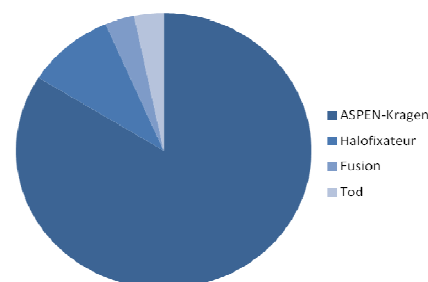


Tabelle 18: Häufigkeitsverteilung der gewählten Therapieform innerhalb des OKF-Kollektivs. *Individuelle Indikationen für Halofixateur siehe Text. **Tot trat während Schockraumbehandlung ein.

Bezogen auf den Frakturtyp nach Anderson und Montesano¹⁰ wurden folgende Therapien angewandt:

- Bis auf 1/21 Patienten mit Typ 1-Fraktur nach Anderson und Montesano wurden alle (90,5%) mittels ASPEN-Kragen therapiert (davon zwei mit beidseitiger Fraktur). Ein Patient (Nr.6) verstarb vor Therapieeinleitung.
- Auch jene drei Patienten mit Typ 2-Frakturen nach Anderson und Montesano (davon zwei mit beidseitiger Fraktur) erhielten einen ASPEN-Kragen.
- Bei den sieben Typ 3-Frakturen wurden drei Patienten mit ASPEN-Kragen, drei mit Halofixateur (Pat. Nr. 3, 9 und 17) und ein Patient (Nr. 26) mit einer okzipito-zervikalen Arthrodesen versorgt.

Gemäß der Klassifikation nach Tuli et al.¹⁵⁸ war die Therapiewahl wie folgt:

- Bei 22 Patienten mit Typ 1-Fraktur nach Tuli et al. wurden ebenfalls bis auf den verstorbenen Patienten (Nr. 6) alle (95,5%) mittels ASPEN-Kragen versorgt (davon drei mit beidseitiger Fraktur).
- Von den sechs Patienten mit Typ 2a-Fraktur nach Tuli et al. wurden vier mit einem ASPEN-Kragen (davon einer mit beidseitiger OKF) und zwei mit einem Halofixateur versorgt (Pat. Nr. 3 und 9).
- Bei den Typ 2b-Frakturen nach Tuli et al. wurde ein Patient (Nr. 29) mit ASPEN-Kragen, ein Patient (Nr. 17) mit Halofixateur versorgt. Ein Patient (Nr. 26) wurde einer operativen okzipito-zervikalen Fusion unterzogen.

HALOFIXATEUR

Im Rahmen der Studie fand der Halofixateur bei isolierter OKF keine Anwendung. Lediglich bei Vorliegen entsprechender Begleitverletzungen wurde ein Halofixateur für sechs Wochen angelegt. In drei Fällen war dies der Fall:

1. Bei einem 32 jährigen Patienten (Nr. 3) nach Involvierung in einen PKW-Unfall bestand die Indikation für den Halofixateur in einer begleitenden C3-Fraktur. Es lag eine einseitige Typ 3-Fraktur nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. 2a-Fraktur nach Tuli et al.¹⁵⁸ vor.
2. Ein 56 jähriger Patient (Nr. 9, siehe Abb. 5a-c Anhang) mit einseitiger Typ 3-Fraktur nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. 2a-Fraktur nach Tuli et al.¹⁵⁸ wurde initial mit einem ASPEN-Kragen therapiert. Sekundär entwickelte der Patient jedoch ein schmerzhaftes nuchales Ulkus, was zum Wechsel auf einen Halofixateur führte.
3. Bei einem 52 jährigen Patienten (Nr. 17) war die einseitige Typ 3-Fraktur nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. Typ 2b nach Tuli et al.¹⁵⁸ nach einem Sturz aus 5m Höhe begleitet von einer AOD, einer C2-Fraktur sowie einer schweren SAB. Aufgrund eines konsekutiven hypoxischen Hirnschadens mit infauster Prognose lag eine Kontraindikation zur operativen okzipito-zervikalen Fusion vor.

OKZIPITO-ZERVIKALE FUSION

Ein 32 jähriger polytraumatisierter Patient (Nr. 26; siehe Abb. 4a-c Anhang) zog sich bei einem Motorrad-Verkehrsunfall eine linksseitige Typ 3-Fraktur nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. Typ 2b nach Tuli et al.¹⁵⁸ zu. Ferner wurden eine okzipito-zervikale Instabilität bei AOD, eine Tentoriumblutung, diverse Mittelgesichtsfrakturen sowie eine hohe Querschnittssymptomatik diagnostiziert.

Unmittelbar nach Behandlung im Schockraum wurde bei dem Patienten eine okzipito-zervikale Fusion von C0 auf C2 durchgeführt.

Bei sich, va. linksseitig leicht erholender Tetraparese konnte der Patient postoperativ im Rollstuhl mobilisiert werden. Die Ergebnisse der Nachuntersuchung finden sich unter 5.3.1.

5.3 NACHUNTERSUCHUNG

5.3.1 KÖRPERLICHE NACHUNTERSUCHUNG UND ANAMNESE

Im Median ein Jahr posttrauma konnten 22/31 (71%) Patienten körperlich, bildgebend sowie anhand der Fragebögen nachuntersucht werden. Davon waren zwei Patienten mit beidseitiger OKF enthalten, so dass 24 OKF nachuntersucht wurden. Tab. 19 gibt einen Überblick über das Nachuntersuchungskollektiv mit Frakturtyp und Therapie:

Pat. Nr.	OKF-Typ A&M	OKF-Typ Tuli	Therapie
1	3	2a	ASPEN
7	2	1	ASPEN
8	1	1	ASPEN
10	3	2a	ASPEN
11	1	1	ASPEN
13	1	1	ASPEN
15	1	1	ASPEN
16	1	1	ASPEN
19	1	1	ASPEN
20	1	1	ASPEN
21	1	1	ASPEN
22	1	1	ASPEN
23	1	1	ASPEN
24	1	1	ASPEN
25	1	1	ASPEN
27	1	1	ASPEN
28	1	1	ASPEN
30	1	1	ASPEN
26	3	2b	Dorsale Arthrodesse
3	3	2a	Halofixateur
9	3	2a	Halofixateur
4	1	1	keine

Tabelle 19: Frakturtyp nach Anderson und Montesano bzw. Tuli et al. nach durchgeführter Therapie im Nachuntersuchungskollektiv

Im Nachuntersuchungskollektiv waren 16 von ursprünglich 21 (76%) Patienten mit Typ 1-OKF nach Anderson und Montesano (zwei davon beidseitig). Von den drei Patienten mit Typ 2-OKF nach Anderson und Montesano war nur ein Patient (33%) im Nachuntersuchungskollektiv (ein Patient verstarb (Nr. 31), ein Patient erlitt eine Tetraparese (Nr. 12). Von den ursprünglich sieben Patienten mit Typ 3-OKF nach Anderson und Montesano konnten fünf (71%) nachuntersucht werden. Bei einem Patienten (Nr. 2) konnte kein Kontakt mehr hergestellt werden, ein Patient (Nr. 17) verstarb.

Im Nachuntersuchungskollektiv waren 17 von ursprünglich 22 (77,3%) Patienten mit Typ 1-OKF nach Tuli et al. (zwei davon beidseitig). Von den initial sechs Patienten mit Typ 2a-OKF nach Tuli et al. konnten vier (67%) nachuntersucht werden. Bei den Typ 2b-OKF stand lediglich ein Patient (33%) für die Nachuntersuchung zur Verfügung. Die Patienten Nr. 17 und 29 verstarben.

Nicht nachuntersucht wurden somit 9/31 (29%) Patienten: 5/31 (16,13%) Patienten sind unmittelbar posttrauma verstorben, 2/31 (6,45%) Patienten (Nr. 5 und 12) waren wegen einer traumabedingten immobilisierenden Tetraparese nicht transportfähig. Bei 2/31 (6,45%) Patienten (Nr. 2 und 18) konnte wegen Umzugs kein Kontakt mehr hergestellt werden.

Bedingt durch das initiale Trauma waren 3/31 (9,68%) Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung tetraplegisch. Davon waren zwei Patienten bettlägerig, ein Patient war im Rollstuhl mobilisiert und stand zur Nachuntersuchung zur Verfügung:

Pat. Nr.	Frequenz	Typ A&M	Typ Tuli et al.	AOD	intrazerebrale BV
5	1	1	1	nein	SHT, ICB
12	2	2 / 2	1 / 1	nein	ICB, SDB, SAB
26	1	3	2b	ja	Tentoriumblutung

Tabelle 20: Verteilung von OKF-Frequenz, -typ, dem Vorliegen einer AOD und einer intrazerebralen BV im Kollektiv der verstorbenen Patienten. Frequenz 1=einseitig, 2=beidseitig; SAB=Subarachnoidalblutung, SDB=Subduralblutung; ICB=intrakranielle Blutung.

Die HWS zeigte sich in der Nachuntersuchung bei 16/22 (72,7%) der Patienten in allen Ebenen frei beweglich. In 2/22 (9,1%) war die Beweglichkeit mindestens einer Ebene um weniger als 1/3 eingeschränkt. Bei 4/22 (18,2%) war die Beweglichkeit in mindestens einer Ebene um mehr als 1/3 eingeschränkt (siehe Abb. 27).

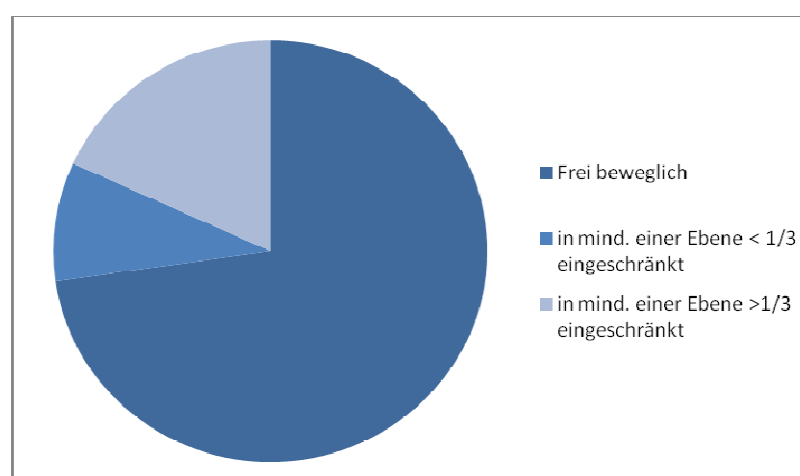


Abbildung 29: Verteilung der Bewegungsmaße im nachuntersuchten Kollektiv

Nackenschmerzen waren bei keinem der Patienten präexistent. In der Nachuntersuchung wurde die Frage nach diesen von 12/22 (54,5%) Patienten bejaht. Dabei handelte es sich in fast allen Fällen um Ruheschmerzen von sehr geringer Intensität. Bei körperlicher Belastung nahmen diese i.d.R. an Intensität zu.

2/22 (9,1%) Patienten wirkten in der Nachuntersuchung psychomotorisch mäßig bzw. stark verlangsamt. Sie bejahten das Vorliegen von Merkfähigkeitsstörungen und Gedächtnislücken. Dabei handelte es sich in einem Fall um einen Patienten mit bds. OKF-Typ 1 (Pat. Nr. 25) sowie um einen Fall mit Typ 3-Fraktur, begleitender AOD und Tetraplegie, welcher nach okzipito-zervikaler Fusion im Rollstuhl mobilisiert war (Pat. Nr. 26).

Bei keinem der Patienten kam es binnen eines Jahres posttrauma zu einer sich verzögert entwickelnden Hirnnervenparese. Auch andere sekundäre Verschlechterungen des Gesundheitszustandes blieben aus.

Bei dem Patient (Nr. 9) mit der primären Dislokation um 4mm zur Densspitze (HWK 2) war die Nachuntersuchung blande. Der Patient gab an, regelmäßig Fitness-Sport zu betreiben.

Bei Pat. Nr. 26 mit Z.n. C0-C2-Fusion zeigte sich die HWS in der Rotation sowie Lateralflexion nach rechts stark eingeschränkt (Rotation rechts 20, links 30 Grad, Lateralflexion rechts 5, links 40 Grad, Flexion-Extension normal). Es bestehen Myogelose bedingte nuchale Schmerzen, die zu einem repetitiven nach vorne Fallen des Kopfes führen.

Im Hinblick auf die OKF kann das klinische Nachuntersuchungsergebnis der 22/31 (71%) nachuntersuchten OKF-Patienten als gut bezeichnet werden.

5.3.2 BILDGEBENDE NACHUNTERSUCHUNG

FRACTURE UNION UND SEKUNDÄRE DISLOKATION

Bei der Auswertung der bildgebenden Nachuntersuchung von 22/31 (71%) Patienten zeigte sich in 21/22 (95,5%) Fällen eine vollständige knöcherne Konsolidierung der okzipitalen Kondylenfraktur. Bei einem Patienten (Nr. 9) zeigte sich das primär um 4mm dislozierte Knochenfragment in der Position unverändert in absklerosiertem Zustand,

ohne Anzeichen einer Konsolidierung oder einer osteolytischen Defragmentierung (siehe Abb. 5d-f Anhang).

In allen 21/22 (95,5%) Fällen zeigte sich ein sog. Remodelling der knöchernen Strukturen. Eine sekundäre Dislokation war in 0/ 22 (0%) OKF zu sehen.

Beim einzigen Patienten (Nr. 26) mit durchgeführter dorsaler okzipito-zervikaler Spondylodese zeigte sich erwartungsgemäß eine langstreckige knöcherne Durchbauung der hinteren Wirbelbögen von C0 auf C2 (siehe Abb. 4d-f Anhang).

PSEUDARTHROSEZEICHEN

Pseudarthrosezeichen in den okzipito-zervikal-Gelenken zeigten sich in keinem (0%) der nachuntersuchten Fälle.

5.3.3 FRAGEBÖGEN

Insgesamt lagen aus den Nachuntersuchungen 22 unmittelbar von Patienten ausgefüllte Fragebogenreihen vor (neun Patienten nicht nachuntersucht). Mit den extrapolierten Ergebnissen für die beiden tetraplegischen Patienten gingen somit 24 Ergebnisse in die statistische Auswertung ein. Darin enthalten waren 10/24 (42%) Fragebögen von Frauen und 14/24 (58%) Fragebögen von Männern. Das mediane Alter dieser Gruppe lag bei 34,5 Jahren (Durchschnitt 35,8; Range 17-59; SD 13,902).

SPINE TANGO - COMI

In den fünf Fragekategorien sowie im COMI-Wert ergaben sich folgende Ergebnisse:

Kategorie	Median	Range	Standardabweichung
Visuelle Analogskala*	4,0	0-10	3,559
Allg. Körperfunktion	3,75	0-10	3,735
Symptom-spezif. Gesundheitszustand	5	0-10	4,214
Lebensqualität	3,75	0-10	2,993
Durchschnittlicher Behinderungsgrad	2,5	0-10	3,621
COMI	4,25	0-10	3,358

Tabelle 21: Ergebnisse des Spine Tango Nacken Fragebogens inkl. COMI-Werte für die 24 Nachuntersuchungen. *VAS von 0=kein Schmerz bis 10=stärkster Schmerz.

Der mediane COMI im Nachuntersuchungskollektiv belief sich auf 4,25 Punkte.

NECK DISABILITY INDEX

In den zehn Abschnitten sowie im daraus berechneten NDI-Wert ergaben sich die folgenden Ergebnisse:

Abschnitt	Median	Range	Standardabweichung
Aktuelle Schmerz-Intensität	2	0-5	1,465
Selbstversorgung	0	0-5	1,601
Heben	1	0-5	1,659
Lesen	2	0-5	1,579
Kopfschmerzen	1	0-5	1,601
Konzentration	0,5	0-5	1,579
Arbeit	2	0-5	1,654
Autofahren	1	0-5	1,744
Schlafen	1	0-5	1,551
Freizeitaktivitäten	1	0-5	1,756
NDI [Punkte]	12	0-50	13,85
NDI [%]	24	0-100	27,69

Tabelle 22: Ergebnisse des Neck Disability Index-Fragebogens inkl. NDI-Werte für die 24 Nachuntersuchungen

Der mediane Neck Disability Index im Nachuntersuchungskollektiv beläuft sich auf 12 Punkte bzw. 24%, was einem moderaten Behinderungsgrad entspricht.

MOS SF-36

Zur Auswertung lagen die Ergebnisse von 24 Fragebögen vor.

In den zehn Abschnitten sowie im daraus berechneten NDI-Wert ergaben sich die folgenden Ergebnisse:

Skala	Median	Range	Standardabweichung
Skala 1 [Punkte]	23	10-30	6,663
Transformation Skala 1 [%]	65	0-100	33,313
Skala 2 [Punkte]	6	4-8	1,801
Transformation Skala 2 [%]	50	0-100	45,032
Skala 3 [Punkte]	5,65	2-12	3,092
Transformation Skala 3 [%]	36,5	0-100	30,917
Skala 4 [Punkte]	15,5	5-23	5,664
Transformation Skala 4 [%]	52,5	0-90	28,321
Skala 5 [Punkte]	14	4-23	5,116
Transformation Skala 5 [%]	50	0-95	25,579
Skala 6 [Punkte]	8	2-10	2,808

Transformation Skala 6 [%]	75	0-100	35,098
Skala 7 [Punkte]	6	3-6	1,398
Transformation Skala 7 [%]	100	0-100	46,604
Skala 8 [Punkte]	21	5-29	7,053
Transformation Skala 8 [%]	64	0-96	28,21
Skalensumme [Punkte]	101,65	36-144	31,997

Tabelle 23: Ergebnisse des SF-36-Fragebogens inkl. Skalensummen-Werte für die 24 Nachuntersuchungen

Die mediane Skalensumme des SF-36 im Nachuntersuchungskollektiv beläuft sich auf 101,65 Punkte, was einer eingeschränkten Lebensqualität entspricht.

FRAGEN ZUM BERUF

1. *Leiden Sie seit ihrem Unfall unter Schluckbeschwerden und wenn ja, wie stark waren diese in der vergangenen Woche auf folgender VAS (Skalierung 0-10)?*

Der Median betrug 0,73 (Range 0-8; SD 1,907). Bei 22 Antworten wurde 18x0 (82%), 2x2 (9%), 1x4 (4,5%) und 1x8 (4,5%) gewählt.

2. *Sind Sie zum jetzigen Zeitpunkt wieder in Ihrem alten Beruf tätig?*

In 15/22 Fällen (68,2%) waren die Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wieder in ihrem alten Beruf tätig. Bei 7/22 (31,8%) Patienten war dies nicht der Fall. 4/7 mussten eine Umschulung vornehmen, einer davon aufgrund der Arbeitsmarktsituation, drei davon wegen des Gesundheitszustands. 2/7 waren zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vorübergehend noch arbeitsunfähig, 1/7 war bei Tetraparese erwerbsunfähig. In sechs Fällen (27,3%) war die Berufsunfähigkeit bedingt durch Krankheitsfolgen des Unfalls. Eine genauere Differenzierung der Ursachen nach Organsystemen erfolgte nicht.

3. *In welchem Zeitraum nach dem Unfall wurden Sie wieder arbeitsfähig geschrieben?*

Die Zeitspannen der Arbeitsunfähigkeit wurden fünffach kategorisiert und das Merkmal Arbeitsunfähigkeit damit ordinal skaliert: 0 = keine AU; 1 = 1-3 Monate AU; 2 = 3-6 Monate AU; 3 = 6-12 Monate AU und 4 = > 12 Monate AU. Arbeitsfähigkeit war im OKF-Kollektiv im Median nach 3-6 Monaten möglich. Bei 2/22 (9,1%) Patienten war die Aufnahmen des Berufs unmittelbar posttrauma wieder möglich. Bei 6/22 (27,3%) Patienten war dies innert eines Zeitraumes von 1-3 Monaten wieder möglich. Bei jeweils

4/22 (18,2%) gelang die Rückkehr in den Beruf in einem Zeitraum von 3-6 bzw. 6-12 Monaten nach dem Trauma und bei wiederum 6/22 (27,3%) Patienten war eine berufliche Betätigung auch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch nicht möglich.

Die 16/22 (73%) OKF-Patienten, die bei der Nachuntersuchung wieder arbeiteten, waren im Median 3-6 Monate posttrauma wieder arbeitsfähig.

5/22 (23%) OKF-Patienten konnten aufgrund der Unfallfolgen ein Jahr posttrauma ihren alten Beruf nicht ausüben, wobei 4/5 eine Umschulung machten.

1/22 (4%) OKF-Patienten ist wegen Unfallfolgen dauerhaft erwerbsunfähig.

5.3.4 OUTCOME IM KONTEXT ZU OKF, THERAPIE UND BEGLEITVERLETZUNGEN

Vorgenannte Ergebnisse der Outcome-Parameter „Fragebögen“, „klinisches Outcome (= „Nackenschmerzen“, „ROM“, „Return to work“ und „Arbeitsunfähigkeit“) sowie „radiologisches Outcome“ (= „Fracture Union“) wurden statistisch hinsichtlich möglicher Zusammenhänge mit folgenden Merkmalen analysiert:

- Frakturtyp nach Anderson und Montesano¹⁰ (Typ 1 vs. Typ 2 bzw. Typ 3 und vice versa)
- Frakturtyp nach Tuli et al.¹⁵⁸ (Typ 1 vs. Typ 2a bzw. Typ 2b und vice versa)
- Frakturfrequenz (ein- vs. beidseitig)
- Frakturverlauf im CT (vertikal vs. horizontal)
- Zervikale Begleitverletzungen (mit vs. ohne zervikale BV)
- Atlanto-okzipitale Dissoziation (mit vs. ohne AOD)
- Intrazerebrale Begleitverletzungen (mit vs. ohne intrazerebrale BV)
- Therapieform (ASPEN vs. Halofixateur vs. OP)

5.3.4.1 OUTCOME VS. OKF-TYP NACH ANDERSON UND MONTESANO

Die Auswertung der Fragebogenergebnisse, hinsichtlich der Frakturtypen gemäß der Klassifikation von Anderson und Montesano¹⁰ zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 30):

- Typ 1: Bei 17 ausgewerteten Patientenfragebögen mit Typ 1-Frakturen betrug der mediane COMI-Wert aus dem Spine Tango-Fragebogen 3,95 Punkte (Range 0-10; SD 3,116). Der mediane NDI betrug 20% (Range 0-100; SD 24,197), entsprechend der oberen Grenze der minimalen Behinderung, die mediane Summe im SF36 betrug 106,6 Punkte (Range 36-141; SD 29,052).
- Typ 2: Bei beiden ausgewerteten Patienten mit Typ 2-Fraktur betrug der mediane COMI-Wert 5,35 Punkte (Range 0,7-10; SD 6,576). Der mediane NDI betrug 51% (Range 2-100; SD 69,296) (entspricht „severe“ Behinderungsgrad) die mediane Summe im SF36 betrug 63,6 Punkte (Range 36-91,2; SD 39,032).
- Typ 3: Bei fünf ausgewerteten Patienten mit Typ 3-Fraktur betrug der mediane COMI-Wert 5,4 Punkte (Range 0,7-10; SD 3,402). Der mediane NDI betrug 38% (Range 10-70; SD 22,935), entsprechend einem moderaten Behinderungsgrad, die mediane Summe im SF36 betrug 88,2 Punkte (Range 51,2-144; SD 36,638).

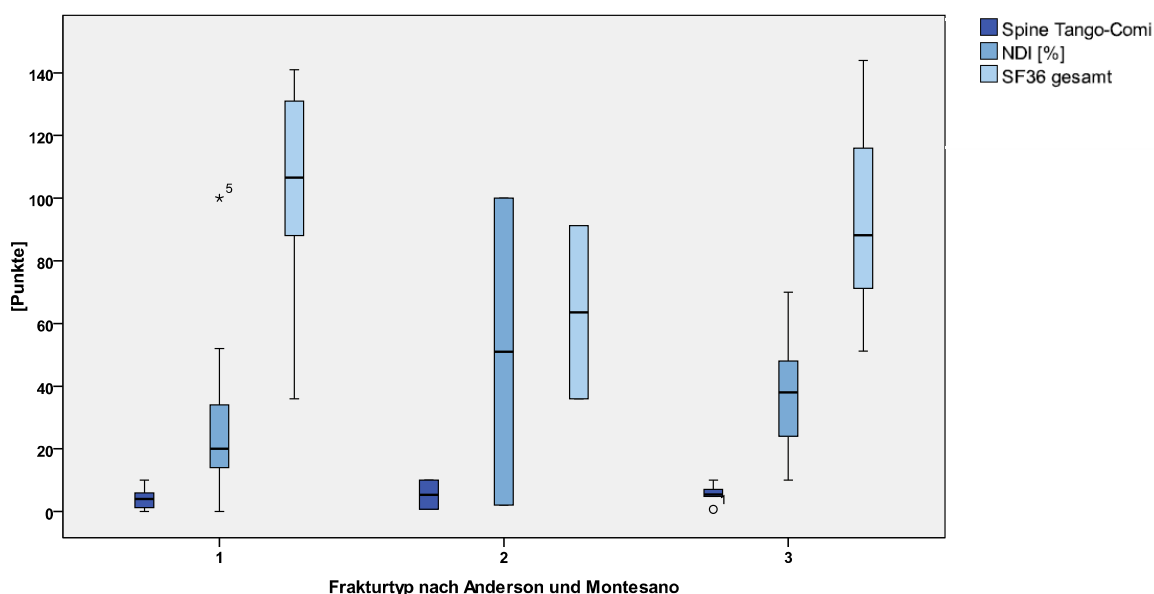


Abbildung 30: Vergleich von COMI, NDI und SF36-Summe zwischen den Kollektiven „Typ 1-“, „Typ 2-“ und „Typ 3-OKF nach Anderson und Montesano“. Es wird darauf hingewiesen, dass die Werte für Typ 2 lediglich auf zwei Patienten beruhen und somit nur beschränkte Aussagekraft besitzen.

Für die Frage, ob zwischen den verschiedenen OKF-Typen nach Anderson und Montesano¹⁰ hinsichtlich der Outcome-Parameter signifikante Unterschiede bestehen, lautete exemplarisch die Fragestellung im Falle des Mann-Whitney-U-Tests:

Fragestellung B1

H0: Das Outcome ist bei Patienten mit Typ 1-Fraktur = dem Outcome bei Patienten mit Typ 2-Fraktur.

H1: Das Outcome ist bei Patienten mit Typ 1-Fraktur $\neq$ dem Outcome bei Patienten mit Typ 2-Fraktur.

Parallel wurden die Ergebnisse der Typen 1 und 3 sowie 2 und 3 gegeneinander getestet. Die Ergebnisse mitsamt p-Werten für die Typenvergleiche bei der Klassifikation nach Anderson und Montesano¹⁰ sind in Tab. 24 zusammengestellt.

Beim Range of Movement (ROM) erfolgte eine dichotome Kategorisierung in die Ausprägungen 0 = Bewegungsumfang normal und bzw. weniger als 1/3 Einschränkung; 1 = Bewegungseinschränkung mehr als 1/3. Anschließend wurde mittels 2x3-Felder-Chi-Quadrat-Test geprüft inwiefern die Frakturtypen nach Anderson und Montesano¹⁰ hinsichtlich des ROM unabhängig voneinander sind.

Bei „Return to work“ wurde die Frage nach einem Zusammenhang zwischen den Merkmalen „Erfolgte Rückkehr in den alten Beruf bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung“ (ja/nein) und dem Frakturtyp nach Anderson und Montesano¹⁰ ebenfalls mittels 2x3-Felder-Chi-Quadrat-Test beantwortet.

Ebenso wurde bei der Frage nach einem Zusammenhang zwischen „Fracture Union“ (ja/nein) und dem Frakturtyp nach Anderson und Montesano¹⁰ getestet.

Bei „Arbeitsunfähigkeit“ wurde ein möglicher Zusammenhang zwischen der „Zeitspanne nach der der Patient wieder arbeitsfähig war“ (0=sofort, 1=nach 1-3 Monaten, 2=nach 3-6 Monaten, 3=nach 6-12 Monaten, 4=noch nicht) gegen den Frakturtyp nach Anderson und Montesano¹⁰ mittels Mann-Whitney-U-Test getestet.

Die Ergebnisse zeigt Tabelle 24.

Outcome vs. Anderson & Montesano	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: Anderson & Montesano		
			1 vs. 2	1 vs. 3	2 vs. 3
	U-Test	COMI	0,667	0,258	1
	U-Test	NDI	0,86	0,257	1
	U-Test	SF-36	0,152	0,585	0,571
	Chi-Qu.	NackenSx.		0,448	
	Chi-Qu.	RetoJob		0,707	
	U-Test	AU	0,81	0,35	1
	Chi-Qu.	ROM		0,368	
	Chi-Qu.	Rad. Outcome		0,481	

Tabelle 24: Testergebnisse anhand der p-Werte für die Fragestellung B1 (siehe Text).

Die verschiedenen OKF-Typen gemäß der Klassifikation nach Anderson & Montesano weisen hinsichtlich des Outcomes keine signifikanten Unterschiede untereinander auf.

5.3.4.2 OUTCOME VS. OKF-TYP NACH TULI

Die Analyse von COMI, NDI und SF36-Ergebnissen nach Frakturtyp gemäß der Klassifikation von Tuli et al.¹⁵⁸ zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 31):

- Typ 1: Bei 19 ausgewerteten Patienten mit Typ 1-Frakturen nach Tuli betrug der mediane COMI 3,95 Punkte (Range 0-10; SD 3,356). Der mediane NDI betrug 20% (Range 0-100; SD 29,084), was an der oberen Grenze der minimalen Behinderung liegt, die mediane SF36-Summe betrug 102,1 Punkte (Range 36-141; SD 31,649).
- Typ 2a: Bei den 4 Patienten mit Typ 2a-Frakturen nach Tuli betrug der mediane COMI 5,1 Punkte (Range 0,7-7,1; SD 2,714). Der mediane NDI betrug 31% (Range 10-48; SD 16,573), was einem moderaten Behinderungsgrad entspricht, die mediane SF36-Summe betrug 102,1 Punkte (Range 71,2-144; SD 31,972).
- Typ 2b: Bei dem einzigen nachuntersuchten Patienten mit Typ 2b-Fraktur nach Tuli betrug der COMI 10 Punkte. Der NDI betrug 70%, was „crippled“ entspricht. Die SF36-Summe betrug 51,2 Punkte.

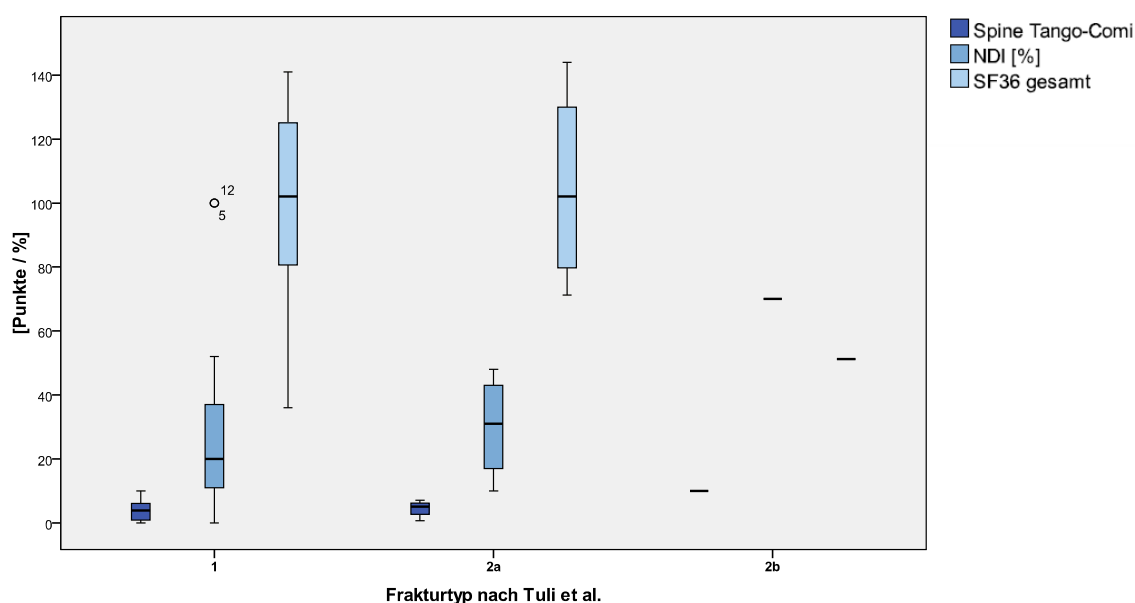


Abbildung 31: Vergleich von COMI, NDI und SF36-Summe zwischen den Kollektiven „Typ 1-“, „Typ 2a-“, und „Typ 2b-OKF nach Tuli et al.“

Die p-Werte zur Frage nach statistisch signifikanten Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Fragebögen, dem klinischen und radiologischen Outcome sowie den OKF-Typen nach Tuli et al.¹⁰ sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: Tuli et al.		
			1 vs. 2a	1 vs. 2b	2a vs. 2b
Outcome vs. Tuli et al.	U-Test	COMI	0,625	0,25	0,4
	U-Test	NDI	0,568	0,3	0,4
	U-Test	SF36	0,895	0,3	0,4
	Chi-Qu.	NackenSx.		0,765	
	Chi-Qu.	Rtj		0,311	
	U-Test	AU	0,343	0,389	0,8
	Chi-Qu.	ROM		0,191	
	Chi-Qu.	Rad. Outcome		0,411	

Tabelle 25: : Testergebnisse anhand der p-Werte für die Fragestellung ob sich die Outcome-Parameter zwischen den Frakturtypen nach Tuli et al. unterscheiden.

Die verschiedenen OKF-Typen gemäß der Klassifikation nach Tuli et al. weisen hinsichtlich des Outcomes keine signifikanten Unterschiede untereinander auf.

5.3.4.3 OUTCOME VS. FRAKTURFREQUENZ

Von den 24 ausgewerteten Fragebögen waren drei Patienten mit beidseitiger OKF enthalten. Von diesen war einer (Pat. Nr. 12) tetraplegisch. Der vierte Patient (Pat. Nr. 31) mit beidseitiger OKF verstarb.

Die Analyse von COMI, NDI und SF36-Ergebnissen nach der Frakturfrequenz zeigt folgendes Ergebnis (Abb. 32):

- Einseitige OKF: Bei den 21 ausgewerteten Patienten mit einseitigen Frakturen betrug der mediane COMI 4,2 Punkte (Range 0-10; SD 3,352). Der mediane NDI betrug 24% (Range 0-100; SD 24,968), was einer moderaten Behinderung entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 102,1 Punkte (Range 36-144; SD 30,346).
- Beidseitige OKF: Bei den drei Fällen mit beidseitiger Fraktur betrug der mediane COMI 4,3 Punkte (Range 3,1-10; SD 3,686). Der mediane NDI betrug 40% (Range 20-100; SD 41,633) was (noch) einem „moderate“ entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 71,1 Punkte (Range 36-106,6; SD 35,300).

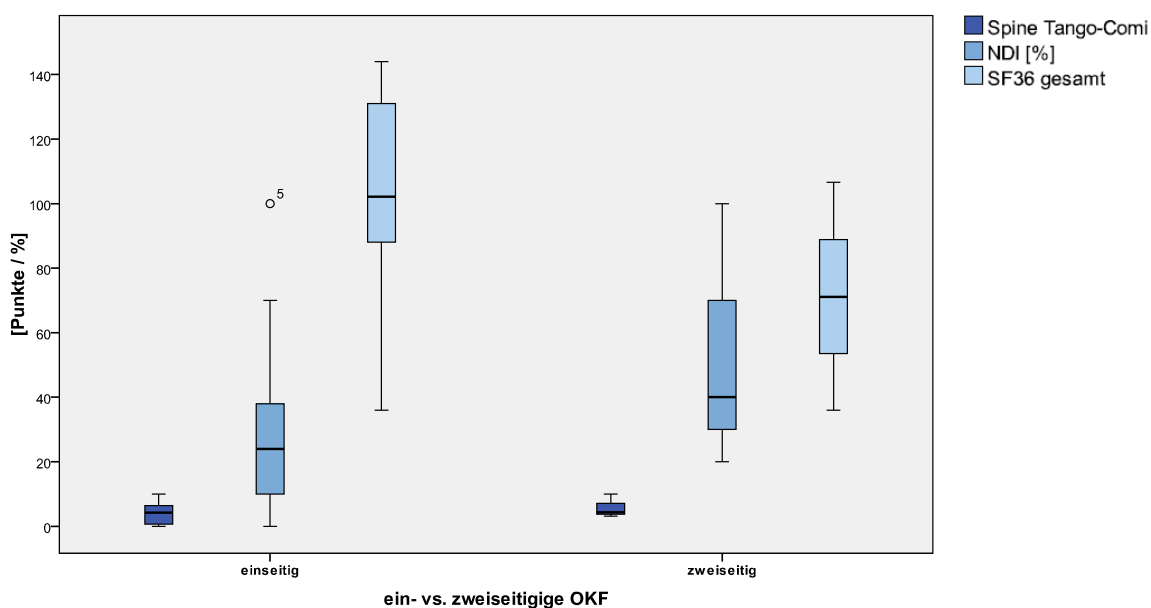


Abbildung 32: Vergleich von COMI, NDI und SF36-Summe zwischen den Kollektiven „einseitige-“ und „beidseitige OKF“

Die p-Werte zur Frage nach statistisch signifikanten Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Fragebögen, dem klinischen und radiologischen Outcome sowie der OKF-Frequenz sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Outcome vs. Frakturfrequenz	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: Frakturfrequenz
	U-Test	COMI	0,493
	U-Test	NDI	0,212
	U-Test	SF-36	0,127
	Fischer ex.	NackenSx.	0,156
	Fischer ex.	Rtj	1
	Chi-Qu.	AU	1
	Fischer ex.	ROM	1
	Fischer ex.	Rad. Outcome	1

Tabelle 26: Testergebnisse anhand von p-Werten für die Fragestellung ob sich das Outcome zwischen den ein- und beidseitigen Frakturen unterscheidet.

Einseitige OKF unterscheiden sich hinsichtlich des Outcomes nicht signifikant von den beidseitigen OKF. Im NDI, SF-36 und bei den Nackenschmerzen weisen beidseitige Frakturen aber tendenziell ein schlechteres Outcome als einseitige Frakturen auf.

Die Frakturfrequenz lässt eher auf das Outcome schließen als die Klassifikationen nach Anderson & Montesano bzw. Tuli et al.

5.3.4.4 OUTCOME VS. FRAKTURVERLAUF

Von den 24 ausgewerteten Fragebögen waren acht (33%) Patienten mit horizontalem und 16 (67%) Patienten mit vertikalem Frakturverlauf enthalten. Dabei zeigten alle drei tetraplegischen Patienten einen horizontalen Verlauf der OKF.

Die Analyse von COMI, NDI und SF36-Ergebnissen nach dem Frakturverlauf zeigt folgendes Ergebnis (Abb. 33):

- Horizontaler Verlauf: Bei den acht ausgewerteten Patienten mit horizontalem Frakturverlauf betrug der mediane COMI 7,45 Punkte (Range 0,7-10; SD 3,376). Der mediane NDI betrug 45% (Range 10-100; SD 33,295), was einer ernsten Behinderung entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 71,65 Punkte (Range 36-144; SD 36,148).
- Vertikaler Verlauf: Bei den 16 Fällen mit vertikalem Frakturverlauf betrug der mediane COMI 2,85 Punkte (Range 0-8,4; SD 2,639). Der mediane NDI betrug 17% (Range 0-52; SD 15,427) was einem minimalem Behinderungsgrad ent-

spricht. Die mediane SF36-Summe betrug 114,55 Punkte (Range 71,1-141; SD 22,131).

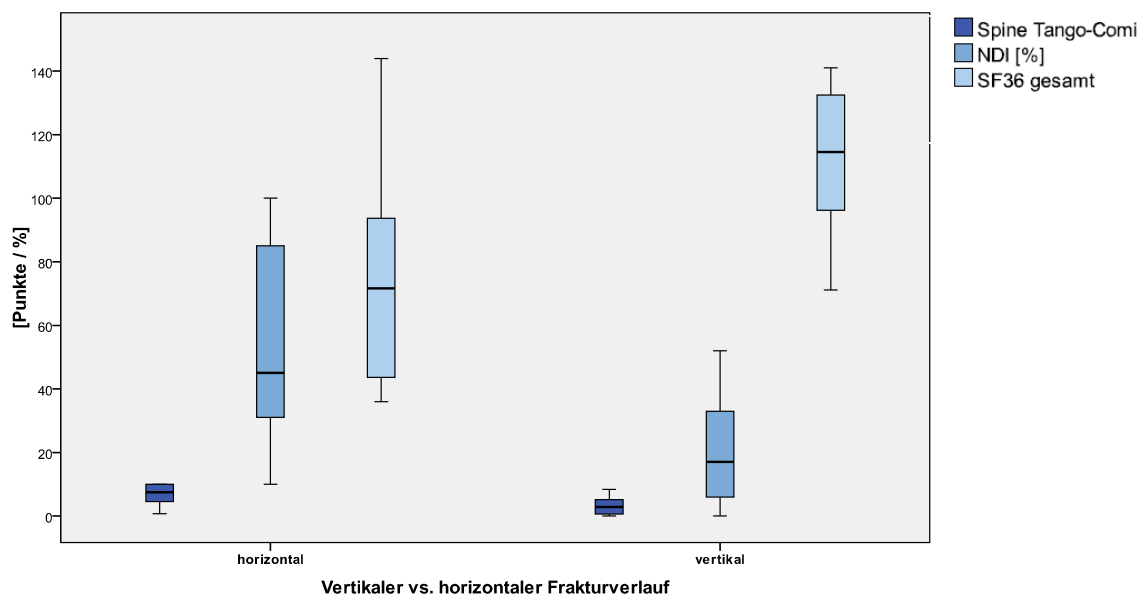


Abbildung 33: Vergleich von COMI, NDI und SF36-Summe zwischen den Kollektiven „vertikaler-“ und „horizontaler Frakturverlauf“

Die p-Werte zur Frage nach statistisch signifikanten Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Fragebögen, dem klinischen und radiologischen Outcome sowie dem Frakturverlauf der OKF sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Outcome vs. Frakturverlauf	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: Vertikal vs. Horizontal
	U-Test	COMI	0,014
	U-Test	NDI	0,006
	U-Test	SF36	0,015
	Fischer ex.	NackenSx.	0,333
	Fischer ex.	Rtj	1
	Chi-Qu.	AU	0,473
	Fischer ex.	ROM	0,292
	Fischer ex.	Rad. Outcome	1

Tabelle 27: Testergebnisse anhand von p-Werten für die Fragestellung ob sich das Outcome zwischen den OKF mit horizontalem bzw. vertikalem Verlauf unterscheidet.

OKF mit horizontalem Frakturverlauf haben in den Fragebögen ein signifikant schlechteres Outcome als die OKF mit vertikalem Frakturverlauf.

5.3.4.5 OUTCOME VS. ZERVIKALE BEGLEITVERLETZUNG

Von den 24 ausgewerteten Fragebögen waren vier Patienten (17%) mit zervikaler Begleitverletzung und 20 Patienten (83%) ohne zervikale Begleitverletzung enthalten. Die Analyse der Fragebogenergebnisse nach dem Vorliegen einer zervikalen BV zeigt folgendes Ergebnis (Abb. 34):

- Mit zervikaler BV: Bei den vier ausgewerteten Patienten mit zervikaler BV betrug der mediane COMI 5,95 Punkte (Range 2,6-10; SD 3,170). Der mediane NDI betrug 43% (Range 16-100; SD 35,604), was einer ernsten Behinderung entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 79,7 Punkte (Range 36-135,8; SD 41,485).
- Ohne zervikale BV: Bei den 20 Fällen ohne zervikale BV betrug der mediane COMI 4,075 Punkte (Range 0-10; SD 3,353). Der mediane NDI betrug 22% (Range 0-100; SD 25,151) was einem „moderate“ entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 104,35 Punkte (Range 36-144; SD 30,026).

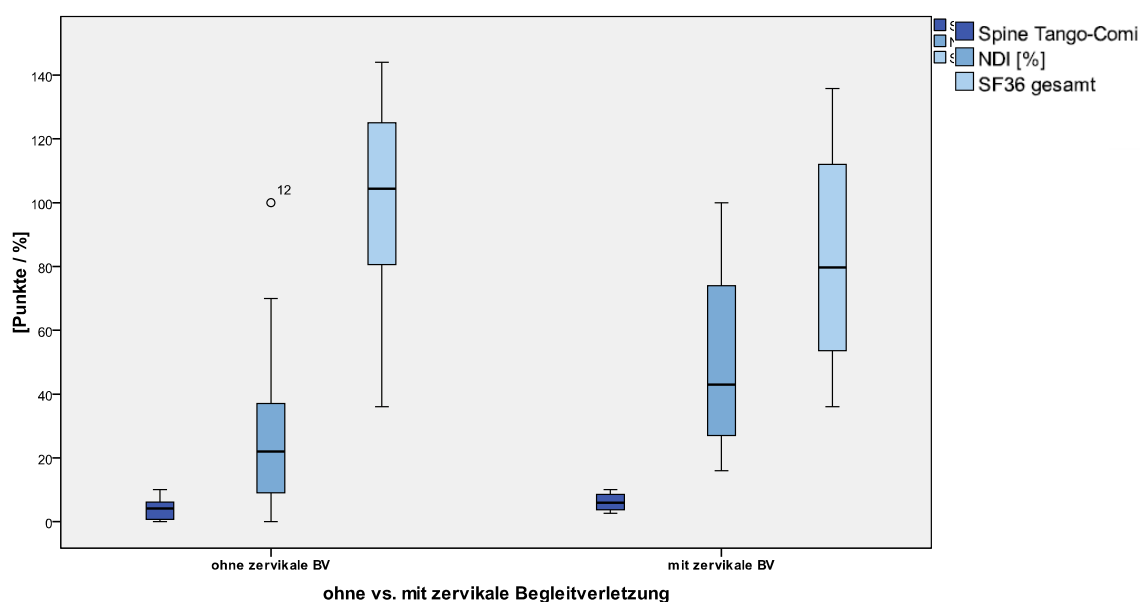


Abbildung 34: Vergleich von COMI, NDI und SF36-Summe zwischen den Kollektiven „ohne-“ und „mit zervikaler Begleitverletzung“

Die p-Werte zur Frage nach Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Fragebögen, dem klinischen und radiologischen Outcome sowie dem Vorliegen einer zervikalen Begleitverletzung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Outcome vs. Zervikale Begleitverletzung	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: Zervikale BV
	U-Test	COMI	0,266
	U-Test	NDI	0,151
	U-Test	SF-36	0,338
	Fischer ex.	NackenSx.	0,24
	Fischer ex.	Rtj	0,284
	Chi-Qu.	AU	0,01
	Fischer ex.	ROM	0,47
	Fischer ex.	Rad. Outcome	1

Tabelle 28: Testergebnisse anhand von p-Werten für die Fragestellung ob sich das Outcome zwischen den OKF-Kollektiven mit bzw. ohne zervikale Begleitverletzung unterscheidet.

Patienten mit zervikaler Begleitverletzung (BV) haben kein signifikant schlechteres Outcome im Vergleich zu solchen ohne zervikale Begleitverletzung. Lediglich in der Tendenz zeigt sich sowohl in den Fragebögen als auch bei den Nackenschmerzen ein schlechteres Outcome bei Patienten mit zervikaler BV im Vergleich zu solchen ohne. OKF-Patienten mit zervikaler BV treten signifikant später in das Berufsleben ein als solche ohne zervikale BV.

5.3.4.6 OUTCOME VS. AOD

Bei den 24 ausgewerteten Fragebögen war ein Patient mit zusätzlicher AOD enthalten. Die beiden anderen Patienten mit AOD verstarben an intrazerebralen Begleitverletzungen. Die Analyse der Fragebogenergebnisse nach dem Vorliegen einer AOD zeigt folgendes Ergebnis:

- Ohne AOD: Bei den 23 ausgewerteten Patienten ohne AOD betrug der mediane COMI 4,2 Punkte (Range 0-10; SD 3,203). Der mediane NDI betrug 24% (Range 0-100; SD 27,011), was einer moderaten Behinderung entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 102,1 Punkte (Range 36-144; SD 31,018).
- Mit AOD: Bei dem Fall mit AOD betrug der COMI 10 Punkte. Der NDI betrug 70%, was einem „severed“ entspricht. Die SF36-Summe betrug 51,2 Punkte.

Die Frage nach einem statistisch signifikanten Unterschied im Outcome kann bei einem einzigen Fall im Kollektiv mit AOD nicht beantwortet werden.

5.3.4.7 OUTCOME VS. INTRAZEREBRALE BV

In den 24 ausgewerteten Fragebögen waren neun Patienten (37,5%) mit intrazerebraler Begleitverletzung und 15 Patienten (62,5%) ohne eine solche enthalten. Die fünf nicht nachuntersuchten Patienten mit intrazerebraler BV (Pat. Nr. 6, 14, 17, 29 und 31) verstarben an diesen.

Die Analyse von COMI, NDI und SF36-Ergebnissen nach dem Vorliegen einer intrazerebralen BV zeigt folgendes Ergebnis (Abb. 35):

- Mit intrazerebraler BV: Bei den neun ausgewerteten Patienten mit intrazerebraler BV betrug der mediane COMI 6,4 Punkte (Range 0,2-10; SD 3,805). Der mediane NDI betrug 42% (Range 10-100; SD 32,707), was einer ernsten Behinderung entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 72,1 Punkte (Range 36-144; SD 35,372).
- Ohne intrazerebraler BV: Bei den 15 Fällen ohne intrazerebrale BV betrug der mediane COMI 3,1 Punkte (Range 0-8,4; SD 2,615). Der mediane NDI betrug 18% (Range 0-48; SD 14,732) was einem minimalen Behinderungsgrad entspricht. Die mediane SF36-Summe betrug 116 Punkte (Range 71,2-141; SD 20,687).

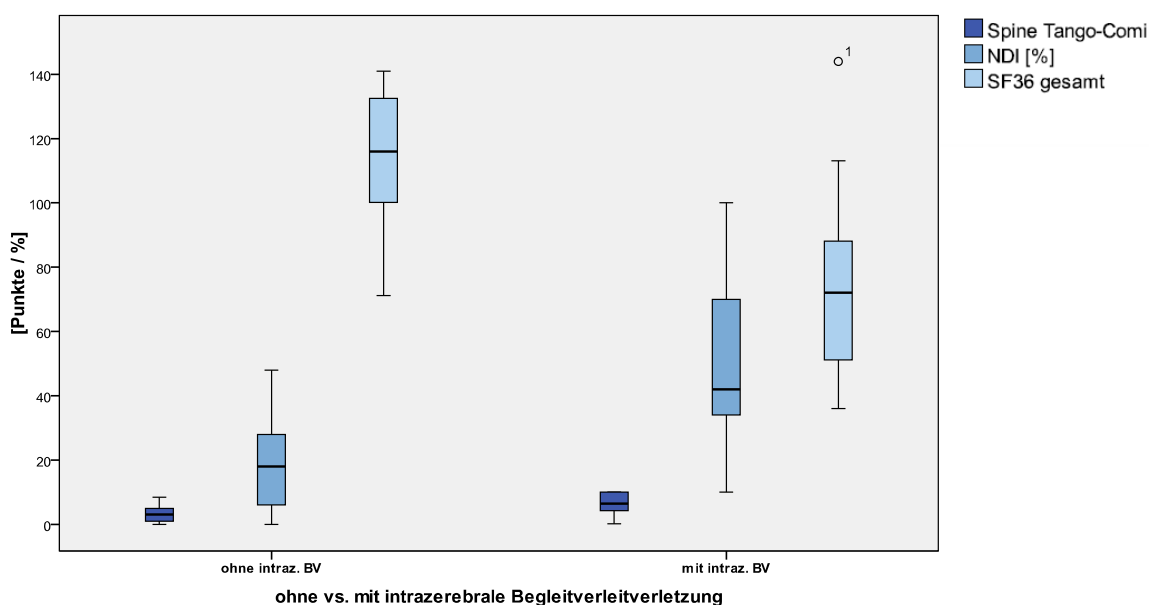


Abbildung 35: Vergleich von COMI, NDI und SF36-Summe zwischen den Kollektiven „ohne-“ und „mit intrazerebraler Begleitverletzung“

Die p-Werte zur Frage nach Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Fragebögen, dem klinischen und radiologischen Outcome sowie dem Vorliegen einer intrazerebralen Begleitverletzung sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Outcome vs. Intrazerebrale Begleitverletzung	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: i.c. BV
	U-Test	COMI	0,049
	U-Test	NDI	0,006
	U-Test	SF-36	0,01
	Fischer ex.	Nackensx.	1
	Fischer ex.	Rtj	0,334
	Chi-Qu.	AU	0,012
	Fischer ex.	ROM	0,04
	Fischer ex.	Rad. Outcome	1

Tabelle 29: Testergebnisse anhand von p-Werten für die Fragestellung ob sich das Outcome zwischen den OKF-Kollektiven mit bzw. ohne intrazerebrale Begleitverletzung unterscheidet.

Patienten mit intrazerebraler Begleitverletzung haben ein signifikant schlechteres Outcome im Vergleich zu Patienten ohne intrazerebrale Begleitverletzung und treten im Vergleich zu diesen signifikant später in das Berufsleben ein. Ebenso zeigt sich die Beweglichkeit der HWS signifikant verringert beim Vorliegen einer intrazerebralen Begleitverletzung.

5.3.4.8 OUTCOME VS. THERAPIE

Ein Ziel der Studie war der Nachweis, dass alle OKF unabhängig vom Typus bei primärer Stabilität mittels ASPEN-Kragen therapiert werden können und damit ein gutes Outcome erzielen.

Von 24 nachuntersuchten Patienten (inkl. zweier tetraplegischer Patienten) wurde der ASPEN-Kragen 21x (87,5%) angewandt. 2x (8,3%) erfolgte Anlage eines Halofixateurs und einmal (4,2%) operative Spondylodese.

Die Analyse von COMI, NDI und SF-36-Ergebnissen nach der gewählten Therapieform zeigt folgendes Ergebnis (Abb. 36):

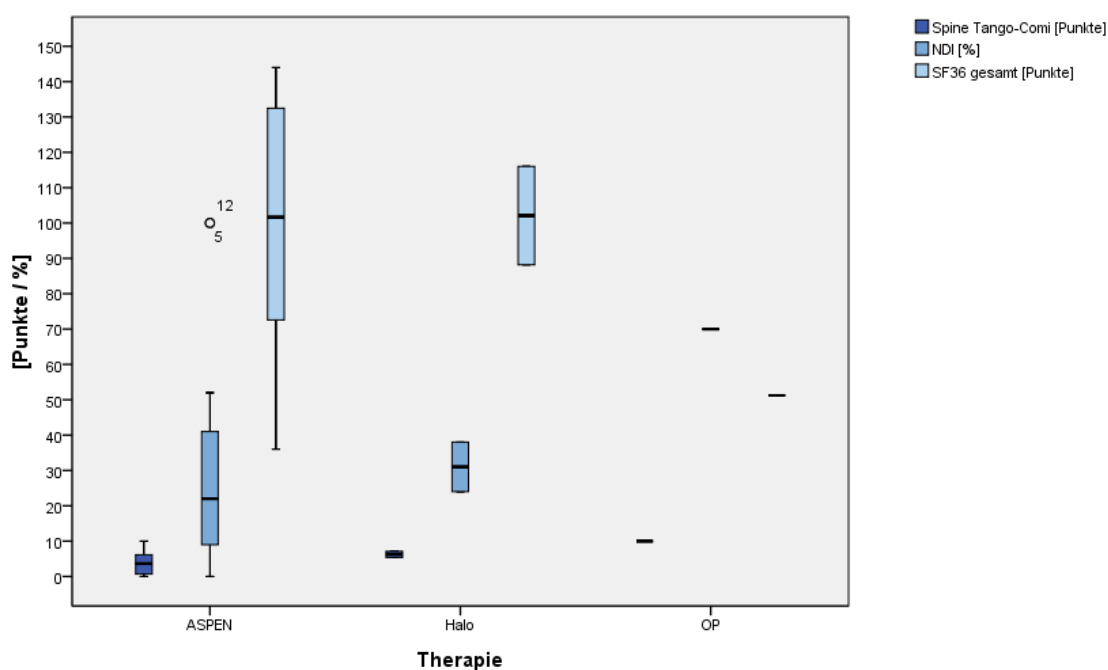


Abbildung 36: Ergebnisse der Fragebögen nach Therapiestrategie. Einzelwert für OP.

Die p-Werte zur Frage nach Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Fragebögen, dem klinischen und radiologischen Outcome sowie der gewählten Therapie sind in folgender Tabelle zusammengestellt. Eine statistische Analyse der OP-Gruppe (AS vs. OP und HA vs. OP) ist aufgrund der Vorselektion (nur Patient mit Instabilität) nicht sinnvoll, weshalb er bei NackenSx., Rtj, AU, ROM und Rad. Outcome nicht berücksichtigt ist (Werte für U-Tests in Klammern):

Outcome vs. Therapie	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: Therapieform		
			AS vs. HA	AS vs. OP	HA vs. OP
	U-Test	COMI	0,299	(0,238)	(0,667)
	U-Test	NDI	0,645	(0,286)	(0,667)
	U-Test	SF-36	1	(0,238)	(0,667)
	Chi-Qu.	NackenSx.	1		
	Chi-Qu.	Rtj	1		
	Chi-Qu.	AU	0,44		
	Chi-Qu.	ROM	1		
	Chi-Qu.	Rad. Outcome	1		

Tabelle 30: Testergebnisse anhand von p-Werten für die Fragestellung ob sich das Outcome zwischen den verschiedenen Therapieformen unterscheidet. AS=ASPEN, HA= Halofixateur, OP=Spondylodese.

Es zeigten sich keine Zusammenhänge zwischen Outcome und gewählter Therapie zwischen ASPEN- und Halofixateur-Gruppe. Die Aussagen diesbezüglich haben bei drei Fällen in der Halofixateur-Gruppe nur geringe statistische Power.

5.3.4.9 FRAKTURVERLAUF VS. INTRAZEREbraLE BV

Nachdem sowohl Patienten mit horizontalem Frakturverlauf als auch solche mit intrazerebraler Begleitverletzung ein signifikant schlechteres Outcome aufwiesen, stellt sich die Frage nach einem möglichen Zusammenhang zwischen Frakturverlauf und intrazerebraler Begleitverletzung. Ursächlich für diesen Zusammenhang könnte der allgemein höhere Schweregrad von Verletzungen sein, die zu horizontalen Scherkräften und damit zu horizontalen Frakturverläufen und begleitend zu entsprechend schwereren intrazerebralen Verletzungen führen. Der exakte Fisher-Test erbrachte dabei einen p-Wert von 0,012 und bestätigt damit die Vermutung eines signifikanten Zusammenhangs zwischen den Merkmalen Frakturverlauf und intrazerebraler Begleitverletzung.

Horizontale Frakturverläufe im CT korrelieren signifikant mit schweren intrazerebralen Begleitverletzungen.

5.3.5 OUTCOME VS. INITIALER GESUNDHEITSZUSTAND

Die Frage ob zwischen initialer Morbidität und Outcome ein Zusammenhang besteht wurde mit Hilfe des Rangtests von Jonckheere-Terpstra beantwortet. Als „schlechtes Ergebnis wurden beim GCS Werte < 7 sowie bei ISS und NISS Werte > 41 definiert (siehe Abschnitt 4.5). Die Ergebnisse zeigt folgende Tabelle:

Jonckheere-Terpstra-Test	p-value
COMI vs. GCS-Gruppen 1-3	0,119
COMI vs. ISS-Gruppen 1-3	0,161
COMI vs. NISS-Gruppen 1-3	0,118
NDI vs. GCS-Gruppen 1-3	0,047
NDI vs. ISS-Gruppen 1-3	0,022
NDI vs. NISS-Gruppen 1-3	0,01
SF36 vs. GCS-Gruppen 1-3	0,062
SF36 vs. ISS-Gruppen 1-3	0,019
SF36 vs. NISS-Gruppen 1-3	0,006

Tabelle 31: Jonckheere-Terpstra-Test für COMI, NDI und SF36. Zur Bildung der Gruppenvariablen siehe 4.5.

Patienten mit schlechtem initialem Gesundheitszustand haben im Neck Disability Index sowie im SF-36 ein signifikant schlechteres Outcome als Patienten mit gutem initialem Gesundheitszustand. Im Spine Tango – COMI zeigt sich zumindest eine deutliche Tendenz.

5.4 NEUE KLASSIFIKATION

Basierend auf den erarbeiteten Erkenntnissen aus unserer Studie sowie aus der Literatur haben wir ein neues Klassifikationssystem aufgestellt, welches im Folgenden dargestellt ist:

Okzipitale Kondylenfraktur	Klassifikation	Behandlung/Begründung
Einseitige OKF ohne AOD (Typ 1, 2 und 3 nach Anderson & Montesano)	Typ 1 , stabil	konservativ, 6 Woche Halskra- watte
		niedrigste Letalität, bestes Outcome
Beidseitige OKF ohne AOD	Typ 2 , stabil	konservativ,
		höhere Komorbidität und Letali- tät, signifikant
Ein- oder beidseitige OKF mit AOD	Typ 3 , instabil	operativ, dorsale Stabilisierung,
		höchste Morbidität, höchste Letalität, signifikant

Tabelle 32: Neue Klassifikation der OKF

Gemäß dieser Klassifizierung zeigte sich bei 24/31 (77,4%) eine Typ 1-Fraktur, bei 4/24 (16,7%) eine Typ 2-Fraktur und bei 3/24 (12,5%) eine Typ 3-Fraktur.

Basierend auf dieser Klassifikation wurden selbige Tests wie unter 5.1.6 und 5.3.4 durchgeführt, deren Ergebnisse im Folgenden dargestellt sind.

INITIALE MORBIDITÄT VS. NEUE KLASSIFIKATION

Die Analyse von GCS, ISS und NISS nach Frakturtyp gemäß neuer Klassifikation zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 37):

- Typ 1: Bei den initial 24 Patienten mit Typ 1-Frakturen betrug der mediane GCS 15 Punkte (Range 3-15; SD 3,989). Der mediane ISS betrug 17 Punkte (Range 9-50; SD 11,092), der mediane NISS 17 Punkte (Range 11-50; SD 12,692). Bei Typ 1 verstarben 2/24 Patienten entsprechend einer Letalität von 8,33%.
- Typ 2: Bei 4 Patienten mit Typ 2-Frakturen betrug der mediane GCS 10 Punkte (Range 3-15; SD 5,196). Der mediane ISS betrug 33,5 Punkte (Range 19-64; SD

19,908), der mediane NISS 45,5 Punkte (Range 19-64; SD 18,628). Bei Typ 2 verstarben 1/4 Patienten entsprechend einer Letalität von 25%.

- Typ 3: Bei den 3 Patienten mit Typ 3-Frakturen betrug der mediane GCS 3 Punkte (Range 3-15; SD 6,928). Der mediane ISS betrug 43 Punkte (Range 43-50; SD 4,041), der mediane NISS 43 Punkte (Range 43-50; SD 4,041). Bei Typ 3 verstarben 2/3 Patienten entsprechend einer Letalität von 67%.

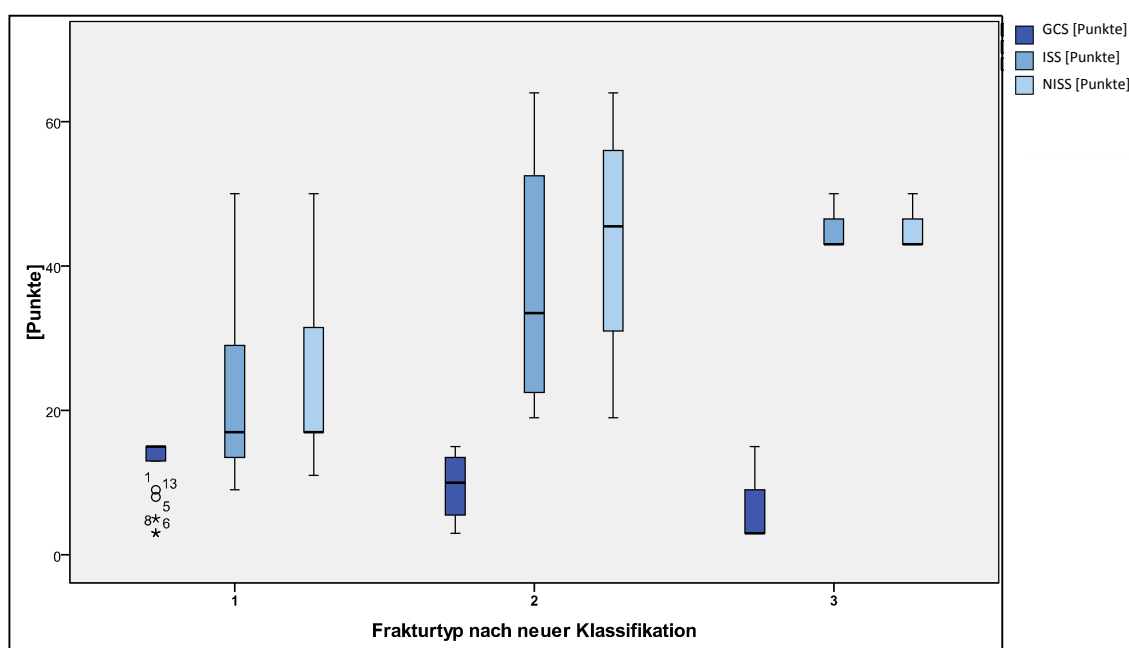


Abbildung 37: Vergleich von GCS, ISS und NISS zwischen den Frakturtypen gemäß der neuen Klassifikation

Die p-Werte zur Frage nach Unterschieden zwischen dem initialen Gesundheitszustand und dem OKF-Typ nach neuer Klassifikation sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

ISS			
OKF-Typ nach A&M:	Typ 1 vs. 2	Typ 1 vs. 3	Typ 2 vs. 3
p-value (U-Test):	0,039	0,003	0,343
NISS			
OKF-Typ nach A&M:	Typ 1 vs. 2	Typ 1 vs. 3	Typ 2 vs. 3
p-value (U-Test):	0,022	0,016	1
GCS			
OKF-Typ nach A&M:	Typ 1 vs. 2	Typ 1 vs. 3	Typ 2 vs. 3
p-value (U-Test):	0,161	0,084	0,743
Letalität			
p-value (Chi-Quadrat-Test):		0,033	

Tabelle 33: Testergebnisse anhand der p-Werte für die Frage ob sich der initiale Gesundheitszustand zwischen den OKF-Typen gemäß der neuen Klassifikation unterscheiden.

Im ISS und NISS sind die Unterschiede zwischen den OKF-Typen gemäß der neuen Klassifikation signifikant. Im GCS sind sie nicht signifikant verschieden, jedoch sind die p-Werte deutlich kleiner als in den Klassifikationen nach Anderson & Montesano bzw. nach Tuli et al. Im Gegensatz zu den Klassifikationen nach Anderson & Montesano bzw. Tuli et al. zeigt die neue Klassifikation auch einen signifikanten Zusammenhang zwischen Frakturtyp und Letalität.

OUTCOME VS. NEUE KLASSIFIKATION

Hinsichtlich der Nachuntersuchung waren bei 24 in die Auswertung eingegangenen Fragebögen 20x (83,3%) Typ 1-OKF, 3x (12,5%) Typ 2 sowie 1x (4,2%) Typ 3 enthalten. Die Analyse von COMI, NDI und SF36-Ergebnissen nach Frakturtyp gemäß der neuen Klassifikation zeigte folgendes Ergebnis (Abb. 38):

- Typ 1: Bei 19 ausgewerteten Patienten mit Typ 1-Frakturen gemäß der neuen Klassifikation betrug der mediane COMI 4,075 Punkte (Range 0-10; SD 3,148). Der mediane NDI betrug 21 Punkte (Range 0-100; SD 23,628), was an der oberen Grenze der minimalen Behinderung liegt, die mediane SF36-Summe betrug 107,6 Punkte (Range 36-144; SD 28,661).
- Typ 2: Bei den 3 Patienten mit Typ 2-Frakturen betrug der mediane COMI 4,3 Punkte (Range 3,1-10; SD 3,686). Der mediane NDI betrug 40 Punkte (Range 20-100; SD 35,300), was einem „moderaten“ Behinderungsgrad entspricht, die mediane SF36-Summe betrug 71,1 Punkte (Range 36-106,6; SD 35,300).
- Typ 3: Bei dem einzigen nachuntersuchten Patienten mit Typ 3-Fraktur betrug der COMI 10 Punkte. Der NDI betrug 70 Punkte, was einem „crippled“ entspricht. Die SF36-Summe betrug 51,2 Punkte.

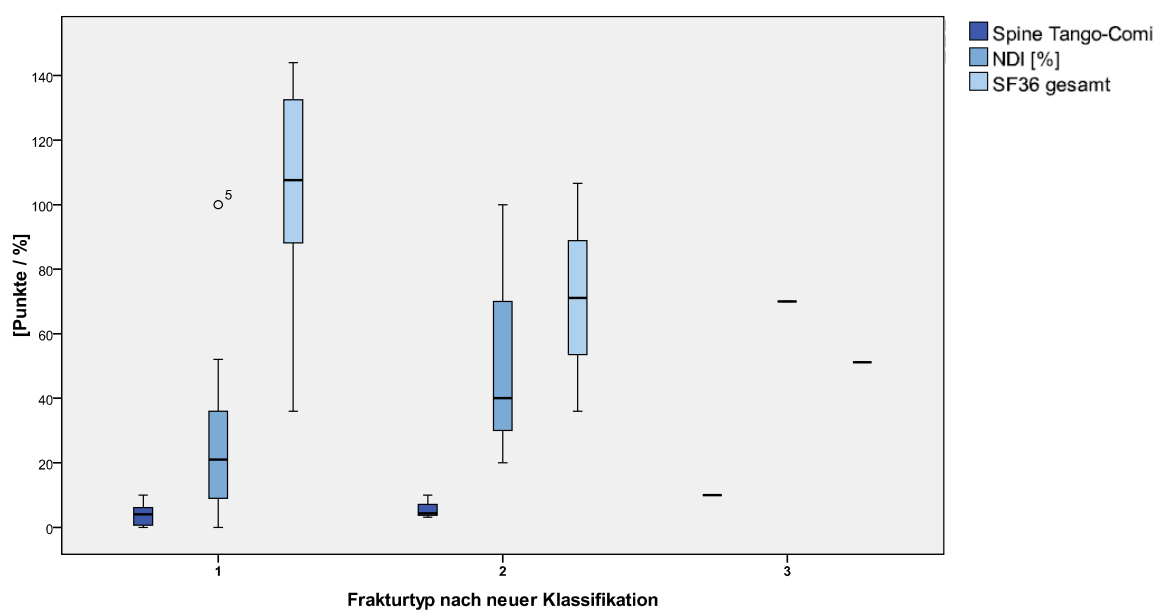


Abbildung 38: Vergleich von COMI, NDI und SF36-Summe zwischen den Frakturtypen nach neuer Klassifikation

Die p-Werte zur Frage nach Unterschieden zwischen den Ergebnissen der Fragebögen, dem klinischen und radiologischen Outcome sowie dem OKF-Typ gemäß neuer Klassifikation sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

	Test	Merkmal 1	Merkmal 2: Neue Klassifikation		
			1 vs. 2	1 vs. 3	2 vs. 3
Outcome vs. Neue Klassifikation	U-Test	COMI	0,415	0,19	0,75
	U-Test	NDI	0,171	0,19	1
	U-Test	SF-36	0,099	0,19	1
	Chi-Qu.	NackenSx.		0,156	
	Chi-Qu.	Rtj		0,169	
	U-Test	AU	0,118	0,231	0,167
	Chi-Qu.	ROM		0,205	
	Chi-Qu.	Rad. Outcome		1	

Tabelle 34: Testergebnisse anhand von p-Werten für die Fragestellung ob sich die Outcome-Parameter zwischen den Frakturtypen nach Tuli et al. unterscheiden.

Die drei OKF-Typen gemäß der neuen Klassifikation weisen hinsichtlich des Outcomes keine signifikanten Unterschiede untereinander auf. Die p-Werte sind jedoch deutlich kleiner als bei den Klassifikationen nach Anderson & Montesano bzw. Tuli et al. In der Tendenz gibt die neue Klassifikation das Outcome deutlich besser wieder als die Klassifikationen nach Anderson & Montesano bzw. Tuli et al.

6 DISKUSSION

6.1 STUDIENDESIGN UND ZIELGRÖSSEN

Outcome im medizinischen Sinne wird von der Agency for healthcare research and Quality (AHRQ) als wissenschaftliche Fragestellung nach dem endgültigen Behandlungserfolg einer bestimmten therapeutischen Intervention und nach den Wirkungen derselben auf die Erfahrungen und Bedürfnisse von Patienten verstanden. Es wird dabei angenommen, dass jede therapeutische Intervention eine Änderung im Gesundheitszustand des Patienten verursacht und dass diese Änderung gemessen werden kann.^{38,124}

Im Rahmen klinischer Vergleichsstudien in der Orthopädie/Unfallchirurgie sind die wesentlichen Zielgrößen zur Erfassung des therapiebezogenen Outcomes die Frakturheilung („fracture union“), die Funktion einer Körperregion (bei Gelenkregionen der ROM), die Häufigkeit von Re-Eingriffen, die Infektionsrate, das mittlere Überleben sowie patientenbezogene Zielgrößen wie Schmerz, individuelle Gewichtung von Symptomen („symptom specific wellbeing“), der Rückkehr an den Arbeitsplatz („return to work“) oder Erhebungsformen der allgemeinen Lebensqualität.⁶⁶

Neben Einzelfallbeschreibungen gibt es bisher nur drei Studien mit > 10 OKF-Fällen, welche die Frage nach dem Outcome stellen.^{66,101,105} In zwei Fällen wurde das Outcome nur retrospektiv anhand der klinischen Nachuntersuchung gemessen.^{66,105} Lediglich Malham et al.¹⁰¹ führten bei retrospektiv ermittelten OKF eine prospektive Nachuntersuchung mittels Fragebogen zur Lebensqualität (Neck Pain Disability Scale, VAS und Disability Rating Scale) durch. Hohe Dropout-Raten sowie eine hohe Varianz in den Nachuntersuchungsintervallen machen valide Aussagen zur Lebensqualität der nachuntersuchten Patienten schwierig.^{66,101,105} Prospektive Studien zum mittel- bis langfristigen Outcome der OKF fehlen bisher (Stichtag 31.12.2010). Gleichwohl werden solche in der Literatur zunehmend gefordert. Va. die Frage nach Möglichkeiten der konservativen Therapie bei klinisch-radiologisch stabilen OKF ist dabei von Interesse.^{19,105}

Aufgrund des prospektiven Ansatzes konnten wir auf verschiedene Größen zur Outcome-Messung zurückgreifen. Für die klinische Evaluation wurde die Frakturheilung, sowie der ROM bestimmt. Patientenbezogen wurde auf die Zielgrößen Schmerz, return to work, symptom specific wellbeing sowie die aktuelle Lebensqualität zurückgegriffen. Nackenschmerzen wurden auf der VAS im Rahmen des Spine Tango-Nacken-Fragebogens, das Symptom-spezifische Befinden anhand des Spine Tango-Nacken- und

des Neck disability Index-Fragebogens und die Lebensqualität anhand des SF36-Fragebogens erfasst.

Es bleibt festzuhalten, dass mit dem vorliegenden Studiendesign erstmals das OKF-Kollektiv eines Level 1-Traumazentrums über einen Zeitraum von fünf Jahren prospektiv zielgerichtet erfasst und 12 Monate posttrauma hinsichtlich radiologischer Frakturheilung, funktionellem und subjektivem Outcome nachuntersucht wurde und damit ua. Fragen nach der Lebensqualität und dem statistischen Zusammenhang zwischen dieser und dem posttraumatischen Gesundheitszustand sowie verschiedenen anderen Faktoren beantwortet werden konnten.

6.2 EPIDEMIOLOGISCHE DATEN

INZIDENZ

Angaben der Autoren zur Inzidenz der OKF variieren stark. Im klinischen Patientengut erbrachte die Entwicklung der CT-Technologie eine Zunahme der OKF-Inzidenz.^{6,10,14,16,25,53,85,114,146,158}

Wegen unterschiedlicher Einschlusskriterien schwanken die Zahlen auch heute noch beträchtlich: Hanson et al.⁶⁶ analysierten retrospektiv über eine Zeitspanne von sieben Jahren 107 OKF anhand von Patientakten. Die in diesem Zeitraum über das Traumazentrum aufgenommene Patientenzahl konnte nicht exakt ermittelt werden. Sie schätzten die Inzidenz deshalb auf 0,1-0,2% bei allen schwer verletzt eingelieferten Patienten.⁶⁶ Mit 0,17% ähnlich niedrig wurde die OKF-Inzidenz von Malham et al. (2008) eingeschätzt.¹⁰¹ Die höchste Inzidenz ermittelten Bloom et al.¹⁹ mit 16,36%. Ihre Einschlusskriterien waren relativ eng gefasst: Sie schlossen nur Patienten mit erlittenem Hochrasanztrauma gegen die Kopf-Hals-Region ein.¹⁹ Bei der Beschränkung auf zervikale Traumen sahen Capuano et al.⁴⁴ zehn OKF-Patienten innerhalb von 110 Patienten mit entsprechendem zervikalem Trauma, was ebenfalls eine relativ hohe Inzidenz von 9,1% ergab.⁴⁴ Die aktuellsten Zahlen stammen von Maserati et al.¹⁰⁵: Sie geben eine OKF-Inzidenz von 0,4% bei allen Level 1-Trauma-Patienten ohne Einschränkung bzgl. Schwere der Verletzung oder angewandter Diagnostik an.¹⁰⁵

In unserer Studie beschränkten wir uns als Bezugsgröße zur Berechnung der Inzidenz auf das Patientenkollektiv, bei dem die Voraussetzungen zur Detektion einer OKF gege-

ben waren, dh. auf die Patienten die einer CT-Bildgebung mit Abbildung der okzipitalen Kondylenregion unterzogen wurden. Auf Basis dieser Bezugsgröße lag die Inzidenz der OKF bei 1,19%. Diese Zahl dürfte eher die untere prozentuale Nachweisgrenze nach Unfällen darstellen, denn Patienten mit leichterem zervikalem oder kranialem Verletzungsmuster, bei denen lediglich ein konventionelles Röntgen durchgeführt wurde, entzogen sich so der Diagnose einer potentiellen Kondylenfraktur.

Bei entsprechender Berücksichtigung der – im Vergleich zu unseren – weiter gefassten Einschlusskriterien von Maserati et al.¹⁰⁵ und Hanson et al.⁶⁶ bzw. den wesentlich enger gefassten Einschlusskriterien von Bloom et al.¹⁹, fügen sich unsere Zahlen kohärent in die bisherigen Studienergebnisse ein. Bei ähnlichen Einschlusskriterien fanden sich bei Blacksin et al.¹⁷ drei OKF-Fälle unter 100 Patienten mit erlittenem HWS-Trauma und durchgeführter kraniozervikaler CT-Diagnostik.¹⁷

Es ist also davon auszugehen, dass bei mindestens einem von 100 Patienten (1%) mit erlittenem Hochrasanztrauma und/oder Trauma gegen die Kopf-Hals-Region mit einer OKF gerechnet werden muss, wenn im Rahmen der primären Diagnostik ein kraniozervikales CT angefertigt wird.

GESCHLECHT UND ALTER

Vor einer Verallgemeinerung unserer Ergebnisse, ist zu klären inwiefern unser OKF-Kollektiv hinsichtlich epidemiologischer Daten und initialem Gesundheitszustand, Letalität und Begleitverletzungen mit anderen OKF-Kollektiven verglichen werden kann und damit repräsentativ für das Gesamtkollektiv ist (externe Validität):

Die Geschlechterverteilung der 31 OKF-Patienten war mit elf weiblichen (35,5%) und 20 männlichen (64,5%) Patienten gemäß einem Verhältnis M:W von ca. 2:1 deutlich männerlastig. Dies deckt sich mit anderen Publikationen mit ausreichend großer Fallzahl und Reviews: Bloom et al.¹⁹ und Maserati et al.¹⁰⁵ publizierten je einen Männeranteil von 69%, Aulino et al.¹², Capuano et al.⁴⁴ und Noble et al.¹²¹ 70% und Caroli et al.³² fanden in ihren Reviews ein Verhältnis von 2,3:1 (m:w).

Das mediane Alter unseres OKF-Kollektivs beträgt 37 Jahre (Durchschnitt 38 Jahre). Auch dies deckt sich mit den Ergebnissen in der Literatur: Die Zahlen schwanken zwischen einem Median von 23 Jahren und einem Durchschnitt von 44 Jahren.^{5,10,12,19,32,44,81,97,105}

Alters- und Geschlechterverteilung korrelieren gut mit denjenigen, die sich bei Traumaopfern generell finden.¹⁵⁸ Gestützt wird dies durch den höheren Anteil männlicher Patienten bei autopsisch festgestellten okzipitalen Kondylenfrakturen nach tödlichen Verkehrsunfällen.²⁵

UNFALLURSACHEN

Gemäß unserer Daten ist die Ursache der OKF in 3/4 Fällen ein Hochrasanztrauma oder ein Sturz aus einer Höhe von > 2m. Bei den Rasanztraumen stehen die PKW-Unfälle mit einem Anteil von 68% mit Abstand an erster Stelle.

Die Ergebnisse decken sich sehr gut mit denen anderer Publikationen (siehe Tab. 3). Untermauert wird dies erneut durch den höheren OKF-Anteil bei Autopsien von Verkehrstoten sowie durch Beobachtungen im Rahmen biomechanischer Untersuchungen von Panjabi et al., wonach hohe Rotationskräfte, Hyperflexionskräfte und Kombinationen verschiedener Bewegungen für die Verursachung einer OKF nötig sind.^{82,94,128,129}

Verantwortlich für die OKF nach Bagatellunfällen scheinen große Beschleunigungsdifferenzen zwischen Kopf und Rumpf zu sein. Wir sahen zwei solcher Verletzungen (Pat. Nr. 7 und 18). Ähnliche Fälle sind in der Literatur beschrieben.^{12,70,80,82,93} Trotz Symptomfreiheit kann daher auch bei vermeintlich geringfügigen Kopf-Hals-Traumen eine OKF rein klinisch-anamnestisch nicht ausgeschlossen werden.

6.3 INITIALE MORBIDITÄT

GCS/ISS/NISS

Der durchschnittliche GCS in unserem OKF-Kollektiv betrug 11,8 Punkte, der Median 15 Punkte. 68% aller OKF-Patienten wiesen einen GCS zwischen 13 und 15 auf.

Auch dies entspricht den GCS-Werten von anderen OKF-Patientenkollektiven: Maserati et al.¹⁰⁵ fanden in einer retrospektiven Untersuchung unter 99 OKF-Patienten ebenfalls einen durchschnittlichen GCS von 11,8 Punkten bzw. einen medianen Wert von 15 Punkten. Hier lagen 58% aller GCS-Werte zwischen 13 und 15 Punkten. Malham et al.¹⁰¹ fanden unter 65 retrospektiv ermittelten OKF-Patienten einen medianen GCS von 13 Punkten am Unfallort sowie von 14 Punkten bei Einlieferung.¹⁰¹ Alcelik et al.⁵ fanden unter 209 retrospektiv ermittelten OKF-Patienten 83 dokumentierte GCS-Werte: 47/83

(56,6%) davon betrugen 14 oder 15 Punkte. 13/83 (15,6%) hatten einen GCS zwischen 9 und 13 und 23/83 (27,8%) einen GCS unter 9. Bei Aulino et al.¹² war der durchschnittliche GCS unter 71 retrospektiv ermittelten OKF-Patienten mit durchschnittlich 10 Punkten relativ niedrig. Auch bei Capuano et al.⁴⁴ war der durchschnittliche GCS mit 9,4 Punkten (Median 8,5) niedrig. 1997 fanden Bloom et al. unter 55 Patienten mit schwerem Kopf-Hals-Trauma 9 OKF, deren durchschnittlicher GCS bei 11,1 und deren medianer GCS ebenfalls bei 15 Punkten lag.¹⁹

In unserem OKF-Kollektiv betrug der mediane ISS ebenso wie der mediane NISS 19 Punkte.

Es ist davon auszugehen, dass aufgrund des Rechenaufwandes bzw. der Notwendigkeit entsprechender Software bisher wenige Daten zu ISS- oder NISS-Werten in OKF-Kollektiven vorliegen. In nennenswertem Umfang publizierten nur Malham et al. (2008) entsprechende Daten: Sie fanden bei 65 retrospektiv ermittelten OKF-Patienten einen medianen ISS von 29 sowie einen medianen NISS von 34 Punkten, was mit dem niedrigeren GCS von 13 bzw. 14 Punkten in ihrem OKF-Kollektiv korreliert und insgesamt ein schwerer verletztes Kollektiv bedeutet.¹⁰¹

13/31 (42%) aller OKF-Patienten waren zum Zeitpunkt der Aufnahme in unserem Traumazentrum intubiert und beatmet.

Als einzige Studien mit größerem Umfang geben Alcelik et al.⁵ und Caroli et al.³² Auskunft über den Bewusstseinszustand der eingelieferten OKF-Patienten: Von 209 OKF-Patienten waren bei Alcelik et al. 24 (11,5%) zum Zeitpunkt der Einlieferung bewusstlos.⁵ Caroli fanden in ihrer Medline-Suche 46/101 OKF-Patienten (46%) zum Zeitpunkt der Einlieferung bewusstlos.³² Capuano et al. gaben lediglich an, dass bei mehr als der Hälfte ihrer 10 beobachteten OKF-Fälle das Bewusstsein reduziert war.⁴⁴ Bei Anderson und Montesano waren laut Publikation sogar 4/6 Patienten initial bewusstlos. Der Status der anderen beiden Patienten wurde nicht angegeben.¹⁰

Unsere und die Ergebnisse anderer Publikationen zur initialen Morbidität zeigen, dass diese bei OKF-Patienten sehr uneinheitlich ist. In Übereinstimmung mit den vielschichtigen Unfallmechanismen (Hochrasanz- vs. Bagateltraumen) die zu einer OKF führen können, stehen einerseits die Hochrasanztraumen im Vordergrund. Sie führen i.d.R. zu teils schweren (v.a. zerebralen) Begleitverletzungen mit entsprechend reduzierter Bewusstseinslage und reduziertem GCS bzw. erhöhtem ISS. Andererseits sind viele Fälle

auf ein Bagateltrauma gegen die Kopf-Hals-Region zurückzuführen, was mit einem normalem Bewusstseinszustand und normalem GCS/ISS einhergeht.

LETALITÄTSRATEN

In unserem OKF-Kollektiv sind 5/31 Patienten (16%) posttrauma verstorben. Die Todesursache war dabei in allen Fällen eine hämorrhagisch bedingte intrazerebrale Ischämie. Die mediane Überlebenszeit dieser Patienten betrug 4 Tage. 3/5 (60%) hatten Typ 1-Frakturen nach Anderson und Montesano¹⁰, je ein Patient hatte eine Typ 2- bzw. Typ 3-Fraktur. Bezogen auf die Klassifikation nach Tuli et al.¹⁵⁸ fanden sich 2/5 (40%) Todesfälle mit einer Typ 1-Fraktur, 2/5 (40%) mit einer Typ 2b- und 1/5 (20%) mit einer Typ 2a-Fraktur nach Tuli et al.¹⁵⁸

Fälle in denen der Tod durch ein disloziertes Fragment einer OKF verursacht wird, sind extrem selten: Bei Anderson und Montesano verstarb 1/6 Patienten an einer Hirnstammkompression auf Ponshöhe bedingt durch das dislozierte Fragment einer Typ 3-OKF.¹⁰ Bei Hanson et al. verstarben 10/95 (10,5%) OKF-Patienten intrahospital, davon aber keiner aufgrund der OKF. Angaben zur Verteilung nach Frakturtyp fehlen.⁶⁶ Bei Maserati et al. verstarben 12/100 (12%) OKF-Patienten prähospital. Auffällig war hier ein deutlicher Überhang der Typ 2-Frakturen: 8/12 (66,7%) hatten eine Typ 2-Fraktur, nur je 2/12 (16,7%) eine Typ 1- bzw. 3-Fraktur. Nach der Tuli-Klassifikation wiesen 10/12 (83,3%) verstorbenen Patienten eine Typ 1-Fraktur auf, 2/12 (16,7%) eine Typ 2a- aber keiner eine Typ 2b-Fraktur auf.¹⁰⁵ Ähnlich hoch wie in unserem Kollektiv war die Letalität bei Aulino et al.: 13/76 (17,1%) OKF-Patienten verstarben; auch hier alle an ihren intrazerebralen Verletzungen.¹²

Es muss demnach davon ausgegangen werden, dass mind. 1/10 OKF-Patienten entweder unmittelbar posttrauma oder während der Krankenhauseinlieferung bzw. intrahospital verstirbt, die Letalität im OKF-Kollektiv mithin mind. 10% beträgt. Todesursache ist regelmäßig eine intrazerebrale Verletzung. Basierend auf einer OKF kommen prinzipiell folgende Letalitätsmechanismen in Frage: 1.) Die Fragmentdislokation in Richtung Hirnstamm bzw. medulla oblongata mit Kompression und Ausfall lebenswichtiger Hirnstammzentren. 2.) Die Dislokation und Kompression einer Vertebralarterie mit konsekutiver zerebraler Ischämie. Beides stellen relative OP-Indikationen dar, werden jedoch klinisch äußerst selten gesehen: Nach eigener Literaturrecherche sind beide von Ch. Bell und Anderson und Montesano beschriebenen Patienten bisher die einzigen, welche unmittelbar an den Folgen einer dislozierten OKF verstorben sind.^{10,14} Bei dem von Charles

Bell¹⁴ beschriebenen Fall muss allerdings in Erwägung gezogen werden, dass nicht ein zu einer Myelonkompression geführtes OKF-Fragment für den Tod verantwortlich war, sondern, dass aufgrund des fehlenden Ausschlusses zervikaler und/oder intrazerebraler Verletzungen eine möglicherweise begleitende AOD oder intrazerebrale Blutung letztlich zum Tode des Patienten geführt haben könnte.

Hinsichtlich GCS, ISS und Letalität ist unser OKF-Kollektiv gut mit anderen OKF-Kollektiven vergleichbar.

6.4 BEGLEITVERLETZUNGEN

HIRNNERVENPARESEN

Tuli et al.¹⁵⁸ recherchierten unter 51 OKF-Patienten 16 Fälle (31%) mit unterer Hirnnervenparese. Dabei traten Symptome der Hirnnervenparese in 62,5% der Fälle unmittelbar posttrauma auf. 37,5% der Fälle traten um Tage bis Monate verzögert ein.¹⁵⁸ Verzögerte Hirnnervenparenese treten v.a. bei Typ 3-OKF und okzipito-zervikaler Instabilität, zwischen einigen Stunden und mehreren Wochen posttrauma auf.^{24,33,39,48,93,118,122,159} Grund für die Verzögerung sind knöcherne und fibröse Proliferationen (Kallusbildung) im Rahmen der Reparaturvorgänge bzw. eine unzureichende Stabilisierung der Fragmente mit sekundärer Dislokation.¹²²

Hirnnervenläsionen fanden sich in unserem OKF-Kollektiv lediglich in Form zweier Fälle mit Trochlearisparese nach Polytrauma. Eine, bei OKF zu erwartende Parese der unteren Hirnnerven fand sich bei unseren Patienten zu keinem Zeitpunkt.

Ähnlich sind die Ergebnisse von Maserati et al.¹⁰⁵: Von 100 OKF-Patienten fand sich bei keinem eine untere Hirnnervenparese. Ebenso fand sich bei den 65 von Malham et al. analysierten OKF-Fällen weder zum Zeitpunkt der Einlieferung noch zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ein Patient mit Hirnnervenparese.¹⁰¹ Bei 9/76 aus ihrer Trauma-Datenbank ermittelten OKF-Patienten wurde von Aulino et al. ein Hirnnervenstatus erhoben. Hiervon zeigten zwei (22%) eine Hypoglossusparese.¹² Lediglich bei 1/9 (11%) OKF-Patienten fanden Bloom et al. eine begleitende Hirnnervenparese.¹⁹ In ihrem Review über 121 OKF-Patienten fanden Caroli et al. dagegen eine Inzidenz i.H.v. 40%. Am häufigsten betroffen war der N. hypoglossus.³² Alcelik et al. fanden bei 55/119 (46,2%) OKF-Patienten eine Hirnnervenparese. In 12/55 (21,8%) Fällen wurde die Diagnose

verspätet gestellt. Bei 15/55 (27,3%) heilte die Parese folgenlos aus, 20/55 (36,4%) Patienten erreichten eine partielle Genesung und bei 14/55 (25,5%) Patienten zeigte sich keine Verbesserung zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Die Nachuntersuchungsintervalle schwankten stark. Auch hier war mit 34/55 (62%) Fällen am häufigsten der N. hypoglossus betroffen.⁵

Es bleibt festzuhalten, dass die Inzidenz von Hirnnervenläsionen bei OKF-Patienten zwischen 0 und 46% variiert. Va. eine Hypoglossusparesie nach Kopf-Hals-Trauma ist verdächtig auf eine OKF.^{5,12,32,37,122}

ZERVIKALE BEGLEITVERLETZUNGEN

In unserem Kollektiv zeigten 6/31 (19,35%) Patienten neben einer OKF eine zervikale Begleitverletzung. Dabei handelte es sich 2x um eine C2-Bogenfraktur, je 1x um eine C3-Bogen- bzw. C3/4-Luxationsfraktur sowie 2x um eine C5-Bogenfraktur. Die Inzidenz betrug damit 19,35%. Der mediane ISS im Kollektiv mit zervikaler Begleitverletzung betrug 33,5 Punkte im Vergleich zu 18 Punkten im Kollektiv ohne eine solche. Dennoch konnte – bei Ausschluss der AOD – statistisch kein Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer zervikalen Begleitverletzung und der initialen Morbidität bzw. dem Outcome nachgewiesen werden. Auch die Letalität war hier nicht signifikant höher als im Kollektiv ohne zervikale Begleitverletzung. Bei Einschluss der AOD, ist dagegen sowohl die initiale Morbidität der Patienten mit AOD signifikant schlechter, als auch die Letalität signifikant höher als beim Kollektiv ohne AOD. Aussagen bzgl. des Outcomes waren bei einem einzigen überlebten Fall mit AOD nicht möglich.

Grundsätzlich divergieren auch die bisher ermittelten Inzidenzen zervikaler Begleitverletzungen bei OKF-Patienten stark: Ging man noch im Jahr 1982 davon aus, dass Kombinationen okzipitaler Kondylenfrakturen mit Frakturen der distalen HWS extrem selten sind, liegen die Inzidenzen für derartige Frakturkombinationen heute zwischen 19% und 48%.⁶² Die entsprechenden Koinzidenzen zervikaler Begleitverletzungen bei OKF-Patienten waren bei anderen Autoren wie folgt: Aulino et al.¹²: 19,7%, Capuano et al.⁴⁴: 20%, Tuli et al.¹⁵⁸: 20%, Alcelik et al.⁵: 22%, Maserati et al.¹⁰⁵: 28%, Hanson et al.⁶⁶: 29%. Bei Malham et al. zeigten sogar 27/56 (48,2%) OKF-Patienten eine zervikale Begleitverletzung, wobei hiervon 80% unterhalb von C6 lokalisiert waren. Ferner wurde sowohl bei Hanson et al. als auch bei Malham et al. häufig zusätzlich zur CT- auch eine MRT-Diagnostik der HWS mit der Fragestellung einer ligamentären Pathologie durchgeführt, welche die relativ höheren Inzidenzen erklären dürften.^{66,101}

Prinzipiell sind die Ursachen und Unfallmechanismen die zu AOD führen die gleichen wie jene die zu OKF Typ 2/3 führen, wobei Hyperextension und Distraction überwiegen.^{4,79,102,120,175} Bei Autopsien von Verkehrstoten liegt die Inzidenz der AOD bei 6-8%. Bei Beschränkung auf die tödlich verlaufenden Kopf-Hals-Verletzungen, nehmen die AOD mit 20-30% einen noch wesentlich größeren Anteil ein.^{2,6,25,46,157} Fälle überlebender AOD-Patienten nehmen bedingt durch das bessere präklinische und klinische Notfallmanagement mit entsprechender HWS-Immobilisation zu: 1983 waren es noch 15 publizierte Fälle überlebter AOD, 2005 bereits 135.^{21,58,63,183} Dennoch sind die Letalitätsraten entsprechend hoch und viele Patienten überleben bedingt durch die Myelonschäden die durch Traktion bei vertikaler AOD oder Scherkräfte bei anteriorer oder posteriorer AOD auftreten nur mit großenteils schweren neurologischen Ausfällen bis hin zur Pentaplegie mit Langzeitbeatmung.^{57,63} Holsalker et al. fanden in ihrer retrospektiven Auswertung von Krankenakten 16 AOD-Patienten von denen 11 (69%) verstarben. Nur ein Patient überlebte ohne neurologische Residuen.⁷³

Die Studie konnte die höhere Morbidität und Mortalität bei AOD bestätigen: Von 31 OKF-Patienten zeigten 3 eine AOD (10%). Diese hatten einen signifikant höheren ISS/NISS als die Vergleichsgruppe ohne AOD. Die Letalität war mit 67% ebenfalls signifikant höher. Unfallursache war in allen Fällen ein Rasanztrauma. 2/3 Patienten verstarben binnen 7 Tagen an den Folgen einer SAB. Der Dritte (Pat. Nr. 26) überlebte mit inkomplettem hohem Querschnitt. Sein neurologischer Status war ein Jahr posttrauma an der oberen Extremität leicht verbessert. So kam es zu einer Zunahme des Bewegungsmaßes an linkem Unterarm, linker Hand und Fingern. Sensibel fand sich eine Restfunktion der protopathischen, jedoch eine unverändert aufgehobene epikritische Sensibilität an Rumpf und Extremitäten. Der Hirnnervenstatus war bei der Nachuntersuchung unverändert unauffällig.

Eine Literaturrecherche von Gregg et al.⁶³ im Jahr 2005 erbrachte 39 publizierte Fälle mit Tetraplegie nach traumatischer AOD. Knapp die Hälfte davon (47%) zeigte keinerlei neurologische Besserungen im Verlauf. Weitere 38% verstarben innerhalb von 30 Tagen posttrauma. Keiner der Patienten erreichte eine vollständige neurologische Rekonvaleszenz. 15% erreichten – wie unser Patient – eine geringgradige Besserung ihrer motorischen Fähigkeiten. Insgesamt konnte der Review 135 dokumentierte Fälle primär überlebter AOD ermitteln. Die 30-Tage-Mortalitätsrate unter den Patienten die lebend einem Krankenhaus zugeführt wurden, lag bei 35%.⁶³ Auch bei 33 lebend eingelieferten AOD-Fällen von Horn et al., von denen 22 (67%) langfristig überlebten, kam es bei einigen

Patienten zwar zu neurologischen Besserungen, eine vollständige Rekonvaleszenz von der Tetraplegie fand sich jedoch auch hier nicht.⁷² Nimmt man zu den von Gregg et al. und Horn et al. ermittelten 35% bzw. 33% intrahospital verstorbenen noch die bereits prähospital verstorbenen Patienten hinzu, so muss davon ausgegangen werden, dass nur etwa 1/3 AOD-Patienten mit überwiegend schwerem neurologischem Behinderungsgrad mittel- bis langfristig überlebt.

Fälle überlebter Kombinationsverletzungen aus AOD und OKF sind sehr selten. Eine eigene Literaturrecherche zeigte weitere acht solcher Fälle: Horn et al.⁷² fanden 2/33 (6,1%) AOD-Patienten mit begleitender OKF, Ahuja et al.⁴ fanden sogar 3/6 (50%) AOD-Patienten mit begleitender OKF die mittelfristig überlebten. Über das Outcome wurde nicht berichtet.^{4,72} Jones et al.⁷⁹ beschrieben einen Fall mit beidseitiger OKF Typ 3 und AOD mit Tetraparese. Nach dorsaler Fusion kam es zu einer neurologischen Besserung. Die Tetraparese blieb bestehen.⁷⁹ Von Ide et al. wurde von einem Patienten mit einseitiger OKF, Clivusfraktur und einer leichten unilateralen bzw. anterioren AOD berichtet, der nach Therapie mit rigider Halskrawatte ein gutes, neurologisch unauffälliges Outcome erreichte.⁷⁵ Es muss allerdings kritisch hinterfragt werden, inwieweit in den beiden letztgenannten Fällen tatsächlich eine AOD vorlag. Ein weiterer Fall überlebter Kombination aus AOD und OKF wurde von John-Puthenveetil et al. publiziert, bei dem das Outcome ohne neurologische Residuen ausgesprochen gut war.⁷⁸

Aus den Beispielen mittelfristig überlebender Fälle muss der Schluss gezogen werden, dass die Kombination von OKF und AOD zwar sehr selten und mit neurologischen Defiziten verbunden, prinzipiell aber mit dem Leben vereinbar ist.

INTRAZEREBRALE BEGLEITVERLETZUNGEN

In unserem OKF-Kollektiv wiesen 14/31 (45,16%) Patienten eine klinisch und/oder radiologisch diagnostizierte intrazerebrale Begleitverletzung auf. 17/31 (54,84%) zeigten keine intrazerebralen Pathologien oder klinische Auffälligkeiten die auf ein Schädelhirntrauma (SHT) hinwiesen. Es zeigte sich ferner ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer intrazerebralen Begleitverletzung und dem initialen Gesundheitszustand bzw. dem klinischen Outcome der Patienten, was auf den maßgeblichen Einfluss intrazerebraler Verletzungen hinweist.

Link et al. fanden bei 202 prospektiv ermittelten Patienten mit Z.n. substantiellem Kopftrauma (neun davon mit OKF) insgesamt 80 Patienten (40%) mit Zeichen einer intrakra-

niellen Blutung (43x SAB, 57x ICB, 10x EDB, 15x SDB, 16x IVB).⁹⁷ Ähnliche Zahlen wie in unserem Kollektiv finden sich bei Malham et al., Alcelik et al. und Bloom et: Malham et al.¹⁰¹ fanden bei 30/65 (46%) OKF-Patienten mit einem medianen GCS von 13 CT-morphologisch intrakranielle Hämorrhagien. Darüber hinaus stellten sie eine positive Korrelation zwischen dem klinischen Outcome und dem Vorliegen intrazerebraler Begleitverletzungen fest.¹⁰¹ Bei Alcelik et al.⁵ waren es 46%, bei Bloom et al.¹⁹ 44,4% mit intrakranieller Pathologie. Hanson et al. fanden bei 60/95 (63%) OKF-Patienten Zeichen einer diffusen ZNS-Läsion oder einer fokalen intrakraniellen Blutung.⁶⁶ Auch bei Maserati et al.¹⁰⁵ waren es mit 56/100 (56%) OKF-Patienten mehr als die Hälfte der OKF-Patienten die eine intrazerebrale Begleitverletzung aufwiesen. Der GCS im Teilkollektiv mit intrazerebraler Begleitverletzung betrug 10,1 Punkte im Vergleich zu einem durchschnittlichen GCS von 11,8 im Gesamtkollektiv.¹⁰⁵ Auch Aulino et al. ermittelten in ihrer retrospektiven Auswertung mit 46/76 (60,5%) OKF-Patienten einen relativ hohen Anteil intrazerebraler Verletzungen, was gut mit dem niedrigen durchschnittlichen GCS von 10 im Gesamtkollektiv korreliert.¹²

Auch hinsichtlich der Begleitverletzungen ist das in unserer Studie ermittelte OKF-Patientengut mit anderen OKF-Kollektiven vergleichbar. Unsere Ergebnisse ermöglichen damit erstmals statistisch verifizierte Aussagen zum Einfluss der OKF auf den Gesundheitszustand und das Outcome der Patienten im Vergleich zu dem von Begleitverletzungen.

6.5 NACHUNTERSUCHUNG UND OUTCOME

KLINISCHES OUTCOME

In unserem Kollektiv wurden 22/31 (71%) OKF-Patienten im Median 12 Monate posttrauma klinisch nachuntersucht. 19/22 (86,4%) Patienten wurden mittels ASPEN-Kragen therapiert. Von 22 Patienten wurden zwei (9,1%) mit einem Halofixateur versorgt. Der Grund dafür lag in beiden Fällen außerhalb der OKF. Ein Patient wurde bei begleitender AOD von C0 auf C2 fusioniert. Bei $\frac{3}{4}$ (75%) Patienten zeigte sich die HWS ein Jahr posttrauma in allen Ebenen frei beweglich. Eine Überprüfung der Rotationsbewegung fand nicht statt, da das obere Kopfgelenk nur rudimentäre Beteiligung daran hat (siehe 2.2) und OKF-Patienten bei Rotation geringe bis keine Einschränkungen haben.¹⁵²

Leichte intermittierende Nackenschmerzen wurden von jedem zweiten Patienten bejaht, wobei *ca.* Patienten mit weiteren zervikalen Frakturen betroffen waren. Diese waren im Zeitverlauf regredient. Sekundäre Verschlechterungen des allgemeinen Gesundheitszustandes, insbesondere Hirnnervenparesen blieben aus. Von den 22 nachuntersuchten Patienten waren 15 (68,2%) zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung in ihrem ursprünglichen Beruf wieder arbeitsfähig. 6/22 (27,3%) Patienten waren aufgrund der Unfallfolgen noch nicht arbeitsfähig, ein Patient aufgrund der momentanen Arbeitsmarktsituation. Von den 6 Patienten wiederum lag die Ursache nur in einem Fall (Pat. Nr. 26) an den unmittelbaren Folgen der HWS-Verletzungen. Korrelationen zwischen Klinik, ROM oder der Arbeitsfähigkeit und den OKF-Typen nach Anderson und Montesano bzw. Tuli et al. waren statistisch nicht feststellbar. Bei der Anderson und Montesano-Klassifikation war hier allerdings – bei nur einem nachuntersuchten Typ 2 – nur der Vergleich zwischen Typ 1 und 3 möglich. Dennoch ist dieses Ergebnis bezeichnend, wäre gerade zwischen den als stabil geltenden Typ 1- und den als instabil geltenden Typ 3-Frakturen zumindest ein tendenzieller Zusammenhang zu erwarten gewesen.

Auch von der Therapieform zeigte sich das klinische Outcome unabhängig, wobei die Aussagekraft wegen der geringen Fallzahlen in Halofixateur- und OP-Gruppe nur gering ist. Hinsichtlich des klinischen Outcomes zeigten unsere Ergebnisse, dass die typübergreifende Therapie mit ASPEN-Kragen für sechs Wochen sehr gute Ergebnisse liefert.

Ergebnisse zum langfristigen klinischen Outcome der OKF wurden bisher – mit Ausnahme von Einzelfallbeschreibungen – ausschließlich in retrospektiven Datenanalysen gewonnen. Nach einer Literaturrecherche machen lediglich zwei Arbeiten mit einem OKF-Kollektiv von mehr als 10 eigenen Patienten Aussagen zum klinisch-funktionellen Outcome.^{44,67} In einer weiteren Publikation erfolgte eine Literaturrecherche mit mehr als 100 OKF-Patienten welche die Frage nach deren klinischem Outcome stellten.⁵ Daten zum Outcome bei OKF-Patienten ermangeln in allen Studien der Typ- und Therapiedifferenzierung: Hanson et al. sahen einen Monat posttrauma bei 65% aller OKF-Patienten ein gutes funktionelles Outcome: 55/85 Patienten waren selbstständig mobil und konnten sich selbst versorgen. 35% der Patienten waren zu diesem Zeitpunkt noch angewiesen auf pflegerische Unterstützung, künstliche Ernährung oder Beatmung. Eine getrennte Betrachtung des Outcomes nach OKF-Typen bzw. Therapieform erfolgte nicht. Im Teilkollektiv der Patienten ohne Kopfverletzungen zeigten 91% ein gutes Outcome im o.g. Sinne, was für den maßgeblichen Einfluss intrazerebraler Verletzungen auf das Outcome spricht.⁶⁷ Von zehn eigenen Patienten bei Capuano et al. berichteten die Autoren in sie-

ben Fällen (70%) von einem guten Outcome ohne neurologische Symptome im Median zwei Jahre posttrauma.⁴⁴

Einzelne Fälle sind bekannt in denen es nach verzögerter Therapieeinleitung zur Ausbildung von Spätkomplikationen kam: Verzögert auftretende Hypoglossusparesie, Tortikollis, Schwindel oder Schluck- und Nackenbeschwerden werden dabei als Folgen einer sekundär dislozierten OKF bei unzureichender Immobilisation oder einer Kallusbildung im Heilungsverlauf gesehen.^{16,22,36,37,122,158} In einer Literaturrecherche von Hadley et al. fanden sich 23 OKF-Patienten die keiner Therapie zugeführt wurden. 9/23 (39%) entwickelten Tage bis Wochen posttrauma verspätete Hirnnervenparesen, 6/23 (26,1%) entwickelten andere von o.g. Symptomen. Insgesamt entwickelten 15/23 (65,2%) aller nicht therapierten OKF-Patienten eine verspätete Klinik. Von diesen wurden drei (20%) nachträglich immobilisiert wodurch in allen drei Fällen eine Besserung der Klinik eintrat was bei den auch nachträglich nicht immobilisierten Patienten nur bei jedem dritten der Fall war.⁶⁵

Der Review von Alcelik et al. mit Angaben zu Therapie und Outcome zeigte folgendes: 21 Fälle wurden primär nicht immobilisiert. Im Follow-up zeigten 9/21 (43%) eine persistierende Hirnnervenläsion, drei erreichten ein symptomfreies Outcome und in neun Fällen wurden keine Angaben zum Outcome gemacht. Ein Halofixateur fand bei 20 Patienten Verwendung: 9/20 (45%) Patienten litten auch hier bei der Nachuntersuchung an einer persistierenden Hirnnervenläsion, einer litt an einer Hemiparese und vier zeigten ein symptomfreies Outcome. In sechs Fällen fehlten Angaben zum Outcome. Die häufigste Therapieform bei OKF-Patienten waren Halskrägen (Philadelphia-Kragen, weiche oder harte Halskrawatte): 58/108 (53,7%) Patienten wurden so behandelt. 37/58 (63,8%) Patienten erreichten damit vollständige Symptommfreiheit, 12/58 (20,7%) zeigten eine residuelle Hirnnervenparese.⁵ Keine Angaben machten die Autoren über die medianen Nachuntersuchungsintervalle.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine frühzeitige Diagnostik und zervikale Immobilisation die Voraussetzung für ein gutes klinisches Outcome der OKF ist. In primär mobilisierten Fällen muss unabhängig vom OKF-Typ in bis zu 2/3 der Fälle mit latent auftretenden und/oder persistierenden Komplikationen gerechnet werden. Auch bei verzögerter Immobilisation sind neurologische Symptome noch reversibel.

Die statistische Analyse zeigte in unserem OKF-Kollektiv eine signifikante Korrelation zwischen dem klinischen Outcome und dem Vorliegen einer intrazerebralen

Begleitverletzung. Umgekehrt bestanden keine signifikanten Unterschiede im Outcome zwischen den verschiedenen Frakturtypen nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. Tuli et al.¹⁵⁸ Dies zeigt, dass der OKF-Typ keine maßgebliche Bedeutung für das Outcome hat, wohingegen die intrazerebralen Verletzungen hierfür maßgeblich sind. Auf die überlegene Bedeutung intrazerebraler Verletzungen gegenüber den Folgen der OKF für das funktionelle Outcome bei OKF-Patienten wiesen auch die Ergebnisse von Malham et al.¹⁰¹, Hanson et al.⁶⁷ und Horn et al.⁷² hin. Auch Miltner et al. äußerten in ihrer Autopsiestudie von 1990, dass die bei Unfallopfern festgestellten intrazerebralen Verletzungen so schwerwiegend waren, dass der OKF und der aus ihnen resultierenden Symptomatik wohl keine Bedeutung zugeschrieben werden darf.¹¹³

Die hier nachgewiesene Unabhängigkeit vom OKF-Typ muss kritisch hinterfragt werden: So weist die Typ 3-OKF nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. die Typ 2b-OKF nach Tuli et al.¹⁵⁸ als Avulsionsfraktur einen fließenden Übergang zur AOD auf. Aufgrund der – auch in unserer Studie nachgewiesenen – signifikant höheren Letalität der AOD, liegt die Vermutung nahe, dass auch Patienten mit einer Typ 3- bzw. 2b-OKF eine – in unserer Studie nicht nachweisbare – höhere Letalität aufweisen. Möglicherweise wird diese dadurch überzeichnet, dass jene Patienten bereits prähospital versterben und in entsprechenden Untersuchungen nicht erfasst werden. Hierzu müssten Autopsiestudien durchgeführt werden, welche den höheren Anteil von solchen Avulsionsfrakturen nachweisen. In den uns bekannten Autopsiestudien fehlt eine Differenzierung der OKF nach bekannten Typen.^{6,25,114}

FRAGEBÖGEN

Damit die mit der Hilfe von Messmethoden ermittelten Ergebnisse begründeten Einfluss auf den klinischen Entscheidungsprozess nehmen können, müssen diese hinsichtlich der Hauptgütekriterien Validität, Reliabilität und Objektivität und, je nach o.g. Zweck, auch hinsichtlich Responsibilität psychometrisch getestet werden.⁸⁴ Validität misst die Belastbarkeit der Operationalisierung. Zu unterscheiden sind inhaltliche, Konstrukt- und kriterienbezogene Validität.⁹⁶ Ermittelt wird die Testvalidität durch Berechnung der Korrelation zwischen der zu untersuchenden Testmethode und einem bekannten Vergleichstest (VAS, SF-36 o.ä.).^{30,172} Bei ausreichender Korrelation ist Validität gegeben. Reliabilität (=Zuverlässigkeit) misst die Genauigkeit einer Testmethode. Sie ist derjenige Anteil an der Varianz, der durch tatsächliche Unterschiede und nicht durch Messfehler oder die Fluktuation des gemessenen Merkmals erklärt werden kann. Zur Bestimmung der Relia-

bilität werden ua. der Paralleltest, der Test-Retest (Intra-Klassen Korrelation (ICC)) sowie die Berechnung der inneren Konsistenz (Cronbach's Alpha) herangezogen.¹⁴⁴ Reliabilität wird für Cronbach's Alpha allgemein bei Werten $> 0,8$ bzw. $0,9$ angenommen.^{18,23,151} Objektivität stellt die Unabhängigkeit der Ergebnisse von Rahmenbedingungen (Untersucher, Situation etc.) dar. Es ist zwischen Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität zu unterscheiden. Ein Maß dafür ist der durchschnittliche Korrelationskoeffizient zwischen den durch verschiedene Untersucher an einer Stichprobe von Probanden erhobenen Testbefunden. Responsibilität ist das Maß für die Empfindlichkeit einer Testmethode. Gemessen werden kann sie ua. mittels der Änderungssensitivität („minimal detectable change“ (MDC)). Die Responsibilität kann u.a. mittels der Area under the curve (AUC) ermittelt werden.⁴⁰

Standardisierte und in o.g. Sinn evaluierte Fragebögen zur Erhebung des klinischen Outcomes nach OKF wurden bisher lediglich von Malham et al. eingesetzt. Verwendet wurden neben der VAS, der Neck Pain and Disability Scale (NPDS) und die Disability Rating Scale. Das Follow-up fand im Median 27 Monate posttrauma statt, schwankte jedoch zwischen 10 und 48 Monaten stark. Die Klassifikation erfolgte anhand jener von Anderson und Montesano¹⁰. Die von 65 OKF-Patienten erhobenen Daten wurden lediglich deskriptiv-statistisch bearbeitet. Eine induktiv-statistische Analyse der Daten fand mit Ausnahme einer positiv ausgefallenen Korrelationsrechnung für den Zusammenhang zwischen Outcome und dem Vorliegen intrazerebraler Läsionen, zervikaler, fazialer oder anderer Schädelfrakturen nicht statt. Im NPDS erreichte der mediane Score 23,1 Punkte (Range 0-67,5; SD 24). Gemäß der Disability Rating Scale wurden 11/24 (45,8%) als unbehindert, 7/24 (29,2%) mit milder, 5/24 (20,8%) mit partieller und 1/24 (4,2%) mit moderater Behinderung beurteilt. Eine ernste („severe“) Behinderung wurde bei keinem der Patienten festgestellt.¹⁰¹

In unserer Studie kamen folgende drei Fragebögen zur Ermittlung des klinischen Outcomes zur Anwendung:

Der Spine Tango-COMI Nacken 2005/2008 – Patienten Selbsteinschätzung in der 3. Version von EuroSpine (Basel) (siehe Anhang) erbrachte einen Median von 4,25 Punkten, auf der VAS war der Median 4,0. Vergleichende Erhebungen dieses Scores bei OKF-Patienten wurden bisher nicht durchgeführt oder publiziert. Auf Anfrage war EuroSpine bereit, uns die Ergebnisse von 41 Patienten mit Z.n. zervikaler Fraktur und konsekutiver operativer Versorgung, darunter aber nur einer mit C0-Fraktur, zukommen zu lassen. Bei 18 Patienten wurden die COMI-Werte wie bei uns ein Jahr post-OP

erfasst: Der mediane COMI betrug 5,1 (Range 0-9,8; SD 3,2). Der VAS-Nacken ein Jahr post-OP lag bei 4,5 (Range 0-9; SD 3,2). Angaben zum medianen Alter und der Geschlechtsverteilung fehlten. Über alle o.g. 41 Patienten (unbekannter medianer Nachuntersuchungszeitraum) betrug der postoperative COMI 5,2 Punkte (Range 0-8,7; SD 2,9) und der VAS-Nacken im Median 3 (Range 0-9; SD 2,7). Der Vergleich dieser Werte ist nur bedingt möglich, zeigt aber, dass die bis auf einen Fall ausschließlich konservativ behandelten OKF-Patienten ein Jahr posttrauma ein deutlich besseres klinisches Outcome aufweisen als Patienten mit zervikalen Frakturen ein Jahr postoperativ.

Spine Tango stellt ein länderübergreifendes Dokumentationssystem zur Qualitätssicherung in der Wirbelsäulenchirurgie dar. In Kooperation mit dem M.E. Müller Institut für Evaluationsforschung in der orthopädischen Chirurgie der Universität Bern brachte die Spine Society of Europe (SSE) 2002 die erste online-Registrierung für Wirbelsäulenchirurgie in Europa ans Netz. Anhand von drei Fragebögen (ua. COMI) ermittelt EuroSpine Epidemiologie und Outcome. Ursprüngliches Ziel ist die Identifizierung potentieller Prädiktoren für das Auftreten von Dura-Läsionen bei posterioren Fusionen sowie die Identifizierung von Variablen mit Einfluss auf die Hospitalisationsdauer.¹³⁷ Der COMI stellt eine um eine Frage zur Lebensqualität erweiterte Version des „Core Outcome Measures“ von Deyo et al. dar.⁵⁰

Kritisch zu sehen ist die Evaluationssituation des von uns verwendeten Spine Tango COMI – Fragebogens: Wir fanden einzig von Mannion et al. eine psychometrische Evaluation des COMI bei chirurgisch und konservativ behandelten Patienten mit HWS-Schmerzen. Diese weist ihn als vergleichbar mit anderen rücken-spezifischen Fragebögen aus und empfiehlt ihn für die klinische Forschung: Die Test-Retest-Reliabilität wurde als gut, mit ICC-Werten von 0,67-0,95 für die Einzelfragen sowie von 0,91 über alle Fragen bewertet. Diese stuften die Autoren ebenso wie die MDC (minimal detectable change) als vergleichbar mit anderen Outcome-Fragebögen zu Nacken- und Rückenschmerzen ein. Für die innere Konsistenz wurde Cronbach's Alpha zwischen 0,41 („function“) und 0,78 („pain symptoms“) ermittelt. Lediglich die Rubrik „Symptomspezifisches Wohlergehen“ erreichte nur Werte zwischen 0,07 und 0,26. Ebenso wurde die konstruktive Validität insgesamt als gut bezeichnet ($r = 0,60-0,79$), mit Ausnahme der Frage zum „Symptomspezifischen Wohlergehen“ ($r = 0,31$). Die Änderungssensitivität betrug 0,95 was als sehr gut zu bezeichnen ist.¹⁰³

Wir entschlossen uns zur Verwendung des COMI aufgrund folgender Überlegungen: Hauptgrund war die Nützlichkeit der enthaltenen VAS, welche sehr gute Vergleichbarkeit mit den Ergebnissen anderer Patientenpopulationen ermöglicht. Darüber hinaus beinhaltet der Fragebogen unter ökonomischen Gesichtspunkten sehr verständliche, auf die Nackenregion begrenzte Fragen, ist schnell zu bearbeiten und konnte fachgerecht ausgewertet werden. Validität und Reliabilität konnten von Mannion et al. nachgewiesen werden.¹⁰³ Mangelnde Validität und Reliabilität der Frage „Symptomspezifisches Wohlergehen“ wurde durch die Verwendung des SF-36-Fragebogens ausgeglichen.

Der mediane Neck Disability Index (NDI) unseres OKF-Kollektives betrug 12 Punkte bzw. 24%, was einem moderaten Behinderungsgrad entspricht. Die größten Einschränkungen fanden sich bei der aktuellen Schmerz-Intensität, dem Lesen sowie der Arbeit, die geringsten bei der Selbstversorgung und der Konzentration. Die schlechteren Werte im Vergleich zu den sehr guten Ergebnissen von Malham et al.¹⁰¹ könnten mit dem späteren medianen Nachuntersuchungszeitpunkt von 27 Monaten im Vergleich zu unserem 12-monatigen Nachuntersuchungsintervall erklärt werden und eine weitere Besserung der klinischen Symptome auch nach einem Jahr posttrauma erwarten lassen.

Die englische Originalversion des NDI stammt von Vernon H.¹⁶¹ Wir nutzten die deutsche Übersetzung des MAPI-Instituts (Proqolid)¹³⁴, welche uns von Vernon zur Verfügung gestellt wurde (siehe Anhang).

Kritisch anzumerken ist auch hier die Validitätssituation: So existiert zwar eine fundierte Validitätsprüfung des englischen Originals, nicht aber der deutschen Version. Im englischsprachigen Raum ist der NDI das am meisten verbreitete und am besten validierte Instrument zur Selbsterhebung des Behinderungsgrades bei Patienten mit Nackenschmerzen.¹⁶² In acht Studien wurde bisher seine Test-Retest-Reliabilität getestet und erreichte, mit einer Ausnahme sehr gute ICC-Werte für die Test-Retest-Reliabilität zwischen 0,89 und 0,93. Zwölf Studien befassten sich mit der Responsibilität des NDI. Alle konnten diese bestätigen ($r > 0,83$).^{20,35,41,77,92,108,136,150,161,164,177,181,182}

Die von uns verwendete deutsche Version des NDI wurde vom MAPI-Institut aus dem Englischen in das Deutsche übersetzt. Eine eigene Literaturrecherche brachte zwei psychometrische Analysen zur deutschen Version: Scherer et al. berechneten für die Reliabilität der deutschen NDI-Version ein Cronbach's Alpha von 0,94. Signifikante Korrelationen wurden für die konstruktive Validität errechnet.¹⁴¹ Auch Bremerich et al.

bestätigten die Validität und Reliabilität der deutschen NDI-Version, welche z.T. sogar höher ausfielen als in den Tests des englischen Originals.²³ Beide Autoren geben jedoch zu bedenken, dass weitere Studien in Bezug auf die deutsche NDI-Version nötig sind bevor er standarmäßig im klinischen Alltag eingesetzt werden kann.^{23,141} Aufgrund der guten Resultate von Scherer und Bremerich, der überragenden Validitätslage der englischen Originalversion sowie der hohen Regionsspezifität haben wir uns für die Verwendung des NDI in dieser Studie entschieden.

Der MOS SF-36-Fragebogen (siehe Anhang) zeigte bei den 24 ausgewerteten Patienten einen medianen Wert von 101,65 Punkten. Publikationen zum SF-36 bei OKF-Patienten sind uns nicht bekannt. Als Vergleich beziehen wir uns an dieser Stelle auf die Erhebungen von Bullinger und Kirchberger²⁶ aus dem Jahre 1995. Aufgrund des medianen Alters von 37 Jahren in unserem OKF-Kollektiv nutzen wir als Vergleich die Werte welche von den Autoren im beschwerdefreien Kollektiv der 31-40-jährigen in Gesamtdeutschland im Jahre 1995 ermittelt wurden. Am deutlichsten waren dabei die Unterschiede in den Skalen 1, 2, 3 und 6 (siehe Abb. 39): In unserem OKF-Kollektiv ergab sich bei der Auswertung der Skala 1 („körperliche Funktionsfähigkeit“) ein Median von 65%. Der Vergleichswert von Bullinger/Kirchberger beträgt hier 93,6%. Die „körperliche Rollenfunktion“ (Skala 2) brachte bei unseren OKF-Patienten einen Median von 50% bei einem Vergleichswert von 90,16% für das entsprechende Teilkollektiv aus Gesamtdeutschland. In der Kategorie „körperliche Schmerzen“ (Skala 3) ergab sich bei uns ein Median von 36,5% im Vergleich zu 86,84% für 31-40-jährige in Gesamtdeutschland. Auffällig war ferner die Abweichung der Werte für die „soziale Funktionsfähigkeit“ (Skala 6): 75% im Vergleich zu 89,54% im gesamtdeutschen Teilkollektiv.

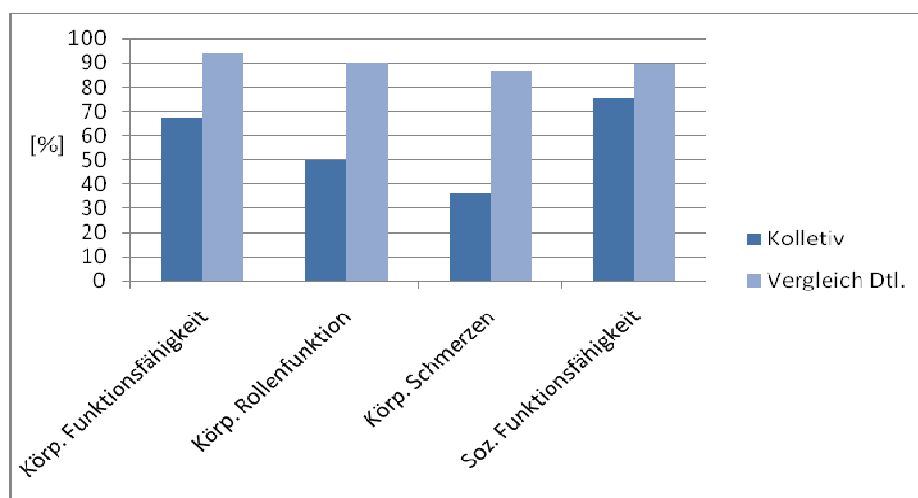


Abbildung 39: Vergleich der Skalenwerte der physischen Skalen 1, 2, 3 und der sozialen Skala 6 des SF-36 zwischen dem OKF- und dem gesunden 31-40-jährigen gesamtdeutschen Kollektiv

Beim Vergleich der medianen Ergebnisse von SF-36 und NDI fällt das merklich schlechtere Ergebnis im SF-36 auf. Dies könnte darauf hinweisen, dass Patienten beim Ausfüllen des SF-36 eher dazu neigen körperliche Einschränkungen anderer als der zervikalen Region in die Beantwortung der Fragen einfließen zu lassen. Zwar wurden Patienten vor dem Ausfüllen der Fragebogen instruiert, dass sich alle Fragen zur körperlichen Leistungsfähigkeit auf die Pathologie der HWS beziehen. Dennoch ist die Gefahr, dass Patienten zB. bei der Beantwortung der Frage „Wie sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt?“ auch andere Leiden mit einbeziehen beim SF-36 ungleich größer als bei der Bearbeitung des NDI der sich konkret als Fragebogen für Nackenbeschwerden ausgibt. Darüber hinaus nimmt der SF-36 aufgrund seines multidimensionalen Ansatzes auch den allgemeinen und mentalen Gesundheitszustand auf: Da es sich in über 70% der Fälle um polytraumatisierte Patienten handelt, ist es nicht überraschend wenn ein multidimensionaler Fragebogen ein schlechteres Bild des Gesundheitszustandes zeichnet als ein regionenspezifischer Fragebogen, zumal der klinisch-pathologischen Bedeutung der OKF lediglich eine untergeordnete Rolle zukommt wohingegen andere Verletzungen, allen voran intrazerebrale, den Gesundheitszustand und damit den SF-36 stärker beeinflussen.

Der Medical Outcome Study Health Survey in der Short Form mit 36 Items (MOS-SF-36) leitet sich aus dem „Medical Outcome Study (MOS) Functional Status and Well-Being questionnaire“ ab und wurde erstmals 1988 öffentlich zugänglich gemacht.^{30,169,171} 1996 erfolgte eine Überarbeitung zur zweiten Version.¹⁶⁸ Der SF-36 wurde für diese Studie gewählt, da er im amerikanischen Original einerseits in einzelnen Kategorien sehr gut mit dem NDI korreliert^{108,136}, zugleich aber deutlich über diesen hinausgeht und ein besseres Bild vom allgemeinen Gesundheitszustand und der Lebensqualität des Patienten liefert, was insbesondere für die Outcome-Abschätzung bei Patienten mit muskuloskelettalen Beschwerden wichtig erachtet wird.¹⁶⁷

Die psychometrische Evaluation des SF-36 im angloamerikanischen Raum ist weit fortgeschritten: Die wesentlichen Arbeiten hierzu lieferten Ware^{170,172}, McDowell/Newell¹⁰⁹ sowie McHorney^{110,111}. Der SF-36 wird hier allgemein als valides Instrument zur Erfassung von Gesundheitszustand und Lebensqualität in epidemiologischen und klinischen Studien angewandt.²⁷ Im Rahmen des International Quality of Life Assessment (IQOLA) Projekts wurde der SF-36 in verschiedene Sprachen übersetzt und hinsichtlich translatorischer und psychometrischer Gütekriterien ausführlich getestet.²⁷ Die psychometrische Evaluierung der deutschen Version erfolgte neben Bullinger et

al.^{26,28,29} auch durch Kohlmann⁸⁶, Kruschke et al.⁸⁹, Weidenhammer/Melchart¹⁷⁴, Stoll et al.¹⁴⁹, Zwingmann et al.¹⁸⁷ sowie Walach und Güthlin¹⁶⁵. Bullinger kommt zu dem Schluss, dass die deutsche Version des SF-36 sehr gut für den Einsatz in der Rehabilitationsforschung zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität geeignet ist, der Nachweis der Änderungssensitivität jedoch noch ausstehe.^{26,28,29} Zwingmann et al. untersuchten den SF-36 speziell auf die ausstehende Änderungssensitivität hin. Die Berechnung der sog. GRI (Guyatt's Responsiveness Index)-Kennwerte in fast allen Skalen und Scores lagen in einem überwiegend mittleren bis hohen Bereich. Dennoch stellte Zwingmann fest, dass die Änderungssensitivität nach wie vor einen Schwachpunkt in der bisherigen psychometrischen Testung des deutschen SF-36 darstellt, woran sich auch in der zweiten deutschen Version nichts geändert hat.¹⁸⁶ Insgesamt ist dieser der ersten Version hinsichtlich psychometrischer Qualität und Diskrimination nicht überlegen, so dass sich keine Präferenz der neuen Version gegenüber der alten begründen lässt.¹¹⁷ Im Rahmen der Studie wurde daher der fundierteren Studienlage wegen auf die erste Version zurück gegriffen.

Bei allen drei von uns durchgeführten Fragebögen zeigten sich positive signifikante Korrelationen zwischen den jeweiligen Ergebnissen und dem Vorliegen einer intrazerebralen Verletzung. Dies lässt den Schluss zu, dass intrazerebrale Verletzungen einen maßgeblichen Einfluss sowohl auf initiale Morbidität als auch auf das mediane klinische Outcome bei OKF-Patienten haben, während der Einfluss der OKF selbst vernachlässigbar erscheint (keine Korrelationen mit Frakturtypen), was die Vermutung von Malham et al. und anderen Autoren bestätigt.^{67,72,101,114}

RADIOLOGISCHES OUTCOME

Von Interesse war der Grad der Frakturheilung („fracture union“) einerseits und der Ausschluss von Pseudarthrosen andererseits. Bei 21/22 (95,5%) der OKF-Patienten zeigte sich die Fraktur ein Jahr posttrauma vollständig konsolidiert. Lediglich in einem Fall blieb eine solche Konsolidierung bei primärer Dislokation in den Spinalkanal aus. Sekundäre Dislokationen waren nicht zu sehen. Auch Pseudarthrosezeichen im okzipitozervikalen Gelenk waren bei keinem der Patienten ein Jahr posttrauma zu diagnostizieren. Bemerkenswert war, dass sich das primär dislozierte Fragment bei Patient Nr. 9 nach einem Jahr absklerosiert und hinsichtlich Dichte und Lage in keiner Weise verändert zeigte. Bei derartigen Dislokationen hätten wir mit einer zumindest partiellen Fragmentosteolyse gerechnet. Die Tatsache, dass dieser Patient keine neurologischen

Residuen davontrug, wird von einer ähnlichen Beobachtung von Chou et al.³⁶ bestätigt. Dies zeigt, dass der Spinalkanal unmittelbar distal des foramen magnum noch relativ weit ist und das Myelon vor knöchernen Dislokationen aufgrund ligamentärer Strukturen relativ gut geschützt ist.^{25,36,180}

Es zeigten sich auch bei der radiologischen Nachuntersuchung keine Zusammenhänge zwischen dem OKF-Typus bzw. der gewählten Therapie und dem radiologischen Outcome.

In der Literatur finden sich drei Publikationen mit mehr als 10 OKF-Patienten die das radiologische Outcome untersuchten:^{44,101,105} Bei der ausschließlich retrospektiven Analyse von Maserati et al.¹⁰⁵ wurde die Frage nach möglichen sich sekundär entwickelnden Instabilitäten gestellt. Von 55 OKF-Fällen waren in keinem Fall sekundäre Instabilitäten in der Nachuntersuchung festzustellen. Das mediane Nachuntersuchungsintervall wurde nicht genannt.¹⁰⁵ Malham et al.¹⁰¹ untersuchten 24 OKF-Patienten prospektiv mittels CT (inklusive 3D-Rekonstruktion) hinsichtlich fracture union, Alignment, der Existenz freier Fragmente und einer Beeinträchtigung des foramen jugulare bzw. des canalis n. hypoglossi. Die Nachuntersuchung fand im Median 27 Monate posttrauma statt. Alle Patienten wurden mit Halskragen oder Halofixateur bei primärer Instabilität oder Misalignment versorgt. In keinem Fall erfolgte eine operative Versorgung. 21/24 (88%) zeigten eine vollständige Frakturheilung mit korrektem Alignment. 3/24 (12%) zeigten eine inkomplette knöcherne Heilung mit sichtbaren Frakturlinien und degenerativen atlanto-okzipitalen Veränderungen in einzelnen Segmenten. Ein weiterer Patient mit einseitiger Typ 3-OKF nach Anderson und Montesano¹⁰ zeigte nach Behandlung in einem Halskragen eine Fusion einer okzipitalen Kondyle mit der Massa lateralis atlantis. Von sieben Typ 3-Frakturen wurden vier mittels Halskragen und drei mittels Halofixateur versorgt. Die beiden Gruppen zeigten vergleichbar gute radiologische Ergebnisse. Zwischen radiologischem und klinischem Outcome gab es keinen Zusammenhang. Dies sahen sie als Bestätigung ihrer Hypothese, dass das klinische Outcome maßgeblich von den intrazerebralen Begleitverletzungen abhängt.¹⁰¹ Massaro und Lanotte¹⁰⁶ beschrieben ebenfalls einen Fall mit primär disloziertem Typ 3-Fragment das sie mit einem Minervacast versorgten. In der Nachuntersuchung zwei Jahre posttrauma zeigte sich das Fragment im CT in der Lage unverändert mit Pseudarthrosezeichen zwischen C0 und Atlas.¹⁰⁶

Capuano et al.⁴⁴ publizierten ihre Erfahrungen mit zehn OKF-Fällen. Acht Fälle wurden mittels Philadelphia-Kragen, zwei mit Halofixateur therapiert: Zwei Jahre posttrauma

zeigten sich alle Frakturen knöchern konsolidiert, darunter fünf Fälle mit Typ 3 nach Anderson und Montesano.⁴⁴

In weiteren Einzelfallbeschreibungen zeigte sich, dass auch dislozierte Typ 3-Frakturen gemäß Anderson und Montesano nach Ruhigstellung in der harten Halskrawatte oder im Halofixateur knöchern gut ausheilen.^{36,184}

Die dargestellten Ergebnisse stimmen mit unseren Erfahrungen überein: Bei primär nicht oder geringgradig dislozierter ein- oder beidseitiger OKF ist unabhängig vom Frakturtyp mittels frühzeitiger Ruhigstellung innerhalb von 12 Monaten posttrauma in ca. 90% der Fälle mit einer knöchernen Durchbauung zu rechnen. Residuelle Frakturlinien, Pseudarthrosezeichen und überschießende Kallusbildung mit knöchernen Fusionen von C0 und C1 oder verzögert auftretende neurologische Symptome sind selten und erscheinen unabhängig vom Frakturtyp. Eine verzögerte Immobilisation erhöht das Risiko einer sekundären Dislokation, einer Pseudarthrose oder einer überschießenden Kallusbildung.^{36,39,122,158}

In Zusammenschau des Patienten-Outcomes können wir festhalten, dass die sechswöchige Therapie mittels ASPEN-Kragen für alle OKF-Typen nach Ausschluss einer okzipito-zervikalen Instabilität ein Jahr posttrauma ein gutes bis sehr gutes radiologisches sowie klinisch-funktionelles Outcome liefert. Die Immobilisierung sollte zur Vermeidung neurologischer Spätfolgen frühestmöglich erfolgen.

Allerdings ergibt sich hieraus die Hypothese, dass in diesem Fall eine Ruhigstellung in der harten Halskrawatte für ein gutes Outcome überhaupt nicht notwendig ist, sondern dass eine unmittelbare Mobilisierung zu gleichem radiologisch-klinischem Ergebnis führt. Zur Klärung wäre eine weitere prospektive Studie nötig.

Beim Nachweis einer okzipito-zervikalen Instabilität (ggf. in Form einer AOD) macht die hohe Letalität eine vorübergehende Stabilisierung der HWS in der harten Halskrawatte bzw. Halofixateur mit frühestmöglicher okzipito-zervikaler Fusion notwendig.^{10,158,184} In unserem Kollektiv fand sich lediglich ein Patient, bei dem dieses Prozedere durchgeführt wurde und der langfristig überlebte.

6.6 STELLENWERT BESTEHENDER KLASSIFIKATIONEN

6.6.1 ANDERSON UND MONTESANO

DISKRIMINATION ZWISCHEN TYP 1 UND 3:

In unserem Kollektiv waren bei insgesamt 35 OKF 2/3 aller Fälle Typ 1-Kompressionsfrakturen (66%), 14,3% aller Fälle Typ 2-Schädelbasis- und 20% Typ 3-Avulsionsfrakturen nach Anderson und Montesano¹⁰.

Die Angaben zur Typenverteilung sind in der Literatur sehr uneinheitlich. Unsere Zahlen stehen jenen von Bloom et al.¹⁹ am nächsten: Auch hier waren die Typ 1-Frakturen (54,5%) am häufigsten vertreten, gefolgt von Typ 3-Frakturen (27,3%).¹⁹ Wie Tabelle 35 zeigt, weichen andere Publikationen zT. deutlich von dieser Typ-1-Dominanz ab:

Autor	Jahr	Typ 1	Typ 2	Typ 3
Noble ¹²¹	1996	13,00%	54,00%	33,00%
Bloom ¹⁹	1997	54,50%	18,20%	27,30%
Hanson ⁶⁶	2002	2,80%	22,40%	74,80%
Capuano ⁴⁴	2004	20,00%	30,00%	50,00%
Aulino ¹²	2005	24,40%	32,60%	43,00%
Alcelik ⁵	2006	11,70%	24,20%	64,10%
Maserati ¹⁰⁵	2009	32,00%	41,00%	27,00%

Tabelle 35: Relative Häufigkeiten der OKF-Typen nach der Klassifikation von Anderson und Montesano

Als Ursache muss die Schwierigkeiten bereitende Unterscheidung zwischen Typ 1-Kompressions- und Typ 3-Avulsionsfrakturen gesehen werden, die sich nicht nur im Rahmen vorliegender Studie in einigen Fällen bemerkbar machte.^{12,66} Dies ist auch der kritische Punkt wenn es um die Rechtfertigung der Klassifikation für OKF nach Anderson und Montesano¹⁰ geht, da davon auszugehen ist, dass die Zuordnung zu den Typen 1 und 3 im klinischen Alltag in nicht unerheblichem Maße falsch erfolgt, was weder eine zuverlässige Aussage zum wahrscheinlichen Outcome noch eine valide, aus dem Frakturtyp abgeleitete Therapieempfehlung zulässt. Auch Maserati et al. weisen auf das bisherige Fehlen einer multizentrischen Untersuchung hin, die die Kalkulation der intra- und interobserver-Varianz zum Ziel hat.¹⁰³

BEDEUTUNG DER KLASSIFIKATION FÜR DIE THERAPIEWahl:

Ein weiterer Kritikpunkt ist, dass die Klassifikation lediglich auf sechs eigenen Patienten basiert. Insbesondere die Einstufung der Typ 3-OKF als potentiell instabile Frakturen – wobei Anderson und Montesano¹⁰ selbst eine Definition der Instabilität schuldig bleiben – mit der Notwendigkeit einer okzipito-zervikalen Fusion oder der Anlage eines Halofixateurs scheint nicht ausreichend gerechtfertigt. Einerseits setzen einige Autoren die Typ 3-Frakturen mit einer einseitigen AOD gleich.^{25,79,102} Andererseits führte die konservative Therapie einiger Patienten mit gutem Outcome zu der Vermutung, dass auch Typ 3-Frakturen konservativ therapiert werden können.¹²¹ Bloom et al.¹⁹ und Maserati et al.¹⁰⁵ schlussfolgerten, dass die Typ 3-OKF per se keiner Intervention bedarf. Unabhängig vom OKF-Typ sollte jedoch bei Instabilität oder symptomatischen Fragmentdislokationen eine invasive Fixierung bzw. eine Fragmentextirpation erfolgen.^{19,105} Bestätigt wird dies von Capuano et al.⁴⁴ und Malham et al.¹⁰¹: Die Autoren schlussfolgerten, dass einseitige Typ 3-Frakturen durch das intakte kontralaterale Lig. Alaria bzw. die Tektorialmembran ausreichend stabilisiert werden und nicht zwingend einer operativen Versorgung oder Halo-Immobilisation bedürfen.^{44,101}

Anderson und Montesano selbst behandelten 2/4 ihrer Typ 3-Frakturen mittels rigider Halskrawatte, wobei die Patienten in der Nachuntersuchung schmerzfrei waren und einen normalen ROM aufwiesen.¹⁰ In weiteren Einzelfallbeschreibungen wurde ebenfalls von erfolgreich konservativ behandelten Typ 3-Frakturen berichtet. In einzelnen Fällen war sogar ohne Immobilisation ein gutes Outcome bei Typ 3-Frakturen erreicht worden.^{74,121,173} Diese mangelhafte Trennschärfe zwischen Typ 1 und 3 nach Anderson und Montesano¹⁰ kommt wegen unterschiedlicher therapeutischer Konsequenzen (keine Therapie vs. Halofixateur/OP) erhebliche Bedeutung zu.

Eine Übersicht über weitere im Rahmen dieser Studie ermittelte Einzelfallbeschreibungen mit konservativ oder Halofixateur therapierten Typ 3-Frakturen und deren Outcome zeigt folgende Tabelle:

Autor (Jahr)	Befund	Klinik	Therapie	Outcome
Tuli (1997) ¹⁵⁸	Typ 3	keine Neurologie	Harter Kragen	N
Noble (1996) ¹²¹	Typ 3	GCS 7, keine Neurologie	Keine	N
Noble (1996) ¹²¹	Typ 3	GCS 11, keine Neurologie	Weicher Kragen	N
Leventhal (1992) ⁹⁵	Typ 3	keine Neurologie	Philadelphia Kragen	N
Bozboga (1992) ²²	Typ 3	keine Neurologie	Philadelphia Kragen	N
Bloom (1997) ¹⁹	Typ 3	keine Neurologie	Harter Kragen	N
Bloom (1997) ¹⁹	Typ 3	keine Neurologie	Harter Kragen	N
Huang (2009) ⁷⁴	Typ 3	keine Neurologie	Keine	N
Wasserberg (1995) ¹⁷³	Typ 3	HN 12-Parese	Keine	Pers. HN 12-Parese

Tabelle 36: Einzelfallbeschreibungen konservativ therapierter Typ 3-Frakturen nach Anderson und Montesano; N=normales, klinisch unauffälliges Outcome

Nach Anderson und Montesano bedarf es bei Typ 1-OKF nicht zwingend einer Therapie. Fakultativ ist die Anlage einer rigiden Halskrawatte. Bei Typ 2 wird eine rigide Halskrawatte empfohlen. Demgemäß bringt die Unterscheidung zwischen den Typen 1 und 2 keinen Informationsgewinn hinsichtlich der zu wählenden Therapie, was auch Tuli et al. kritisierten.¹⁵⁸

BEDEUTUNG DER KLASSIFIKATION FÜR DAS OUTCOME:

Wie wir zeigen konnten, lässt die OKF-Klassifikation nach Anderson und Montesano keine statistischen Rückschlüsse auf das zu erwartende klinische oder radiologische Outcome zu. Hier konnten zwar für Typ 2-OKF keine validen Aussagen getroffen werden, der fehlende Zusammenhang zwischen Typ 1- und 3 ist jedoch ausreichend. Auch die initiale Morbidität korreliert nicht mit der Frakturklassifikation sondern v.a. mit intrazerebralen Begleitverletzungen, die auch das klinische Outcome maßgeblich beeinflussen. Die o.g. konservativ behandelten Typ 3-Frakturen mit guter, teils vollständiger neuronaler Rekonvaleszenz bestätigen unsere Beobachtungen dahingehend. Der prädiktive Wert dieser Klassifikation für das Outcome ist somit gering. Um letztlich noch validere Daten, unter Einschluss der Typ 2-Frakturen zu erhalten, sind größere, ggf. multi-zentrische Studien notwendig.

DEFINITION DER KRANIOZERVIKALEN INSTABILITÄT:

Mit den Typ 3-Frakturen nimmt die Systematik von Anderson und Montesano das Kriterium der Instabilität zwar indirekt auf. Es mangelt jedoch an einer Definition der Instabilität, durch die sich Typ 3-OKF auszeichnen. Diese wird demnach durch den

Avulsionsmechanismus bei entsprechenden Traktionsverletzungen sowie durch den hieraus resultierenden Dislokationsgrad des Kondylenfragments begründet. Bedenkt man jedoch die herausragende Bedeutung der Bandstabilisierung im oberen Kopfgelenk durch die am inferomedialen Aspekt der Okzipitalkondylen ansetzenden Ligg. Alariae, stellt sich die Frage ob Instabilität im C0-Gelenk auf Avulsionsfrakturen mit entsprechender Dislokation begrenzt sein muss oder ob vielmehr die Lage bzw. der Verlauf der Frakturlinie durch die Kondyle (mehr medial vs. lateral bzw. vertikaler vs. horizontaler Verlauf) Einfluss auf die Stabilität nehmen. Ferner besteht die Möglichkeit, dass zum Zeitpunkt der Diagnostik die Stellung im C0-Gelenk unauffällig ist, ligamentäre Strukturen aber geschädigt sind und die Instabilität dadurch zunächst übersehen wird. Fälle mit verzögert auftretender Symptomatik bei initial nicht diagnostizierten Typ 3-Frakturen sprechen für sekundäre Dislokationen.^{16,36,158}

Einziger Unterschied zwischen dislozierter, instabiler OKF und einer AOD ist die zusätzliche knöcherne Beteiligung der Okzipitalkondylen in Form eines össären Bandausrisses der sehr stabilen Alarbänder im Falle der OKF.^{2,25,79,102,107,121} Es besteht daher ein fließender Übergang zwischen diesen Traumaentitäten, was Rückschlüsse auf die Therapie zulässt: Eine OKF mit Nachweis einer kranio-zervikalen Instabilität bedarf – ohne Rücksicht auf Frakturmechanismus, -verlauf oder -typ – ebenso wie die AOD, der operativen Stabilisierung. Dem Ausschluss bzw. Nachweis einer okzipito-zervikalen Instabilität – ob mit oder ohne AOD – kommt daher herausragende Bedeutung zu, weshalb den Kriterien der C0-C1-C2-Instabilität maßgebliche Bedeutung zukommt.¹⁵

Die aufgeführten Argumente lassen Zweifel an der Sinnhaftigkeit der, für das biomechanische Verständnis des Zustandekommens der OKF zweifelsfrei wichtigen Klassifikation von Anderson und Montesano für klinische Zwecke aufkommen. Darin kann auch der Grund gesehen werden, weshalb diese Frakturklassifikation zwar die in der Literatur am weitesten verbreitete für die OKF ist, gleichwohl aber im klinischen Alltag keine routinemäßige Anwendung findet.¹⁰⁵

6.6.2 TULI ET AL.

DEFINITION DER KRANIOZERVIKALEN INSTABILITÄT:

Aufgrund o.g. fehlender Definition der Instabilität bei Anderson und Montesano¹⁰ führten Tuli et al.¹⁵⁸ eine neue Klassifikation ein, welche einerseits auf dem ligamentären Schaden – ausgedrückt durch den Dislokationsgrad – und andererseits auf dem Grad der Instabilität in der gesamten C0-C1-C2-Gelenkregion basiert. Instabilität wird dabei anhand konventionellem zervikalem Röntgen, CT und/oder MRT geprüft, wobei im Gegensatz zu Anderson und Montesano¹⁰ auch die atlanto-axiale Gelenkregion in die Prüfung einbezogen wird. Tuli et al. lieferten einen detaillierten Algorithmus für diagnostisches und therapeutisches Procedere bei OKF inkl. Definition der Instabilität. Dabei sind acht Kriterien zu prüfen. Bei Vorliegen einer oder mehrerer dieser Instabilitätskriterien liegt ein instabiler Typ 2b vor (siehe Abb. 4).¹⁵⁸

Aufgrund des technisch und zeitlich umfangreichen Algorithmus zum Ausschluss einer okzipito-zervikalen Instabilität erscheint die Klassifikation nach Tuli et al. für die Verwendung in der unfallchirurgischen Klinik jedoch nicht praktikabel zu sein: Polytraumatisierte Patienten bedürfen einer schnellstmöglichen ganzheitlichen Diagnostik, die heute mittels Trauma-Spiral-CT erfolgt.¹⁰¹ Hier ist eine einfache und klare Definition der C0-C1-C2-Instabilität gefragt, welche durch die Klassifikation von Tuli et al. nicht gegeben ist. Va. die Durchführung eines MRT zum Ausschluss von Bandläsionen ist allenfalls im Verlauf oder bei sonst unverletzten Patienten mit V.a. okzipito-zervikale Instabilität im CT möglich. Problematisch ist ferner die Durchführung von Funktionsaufnahmen beim polytraumatisierten, ggf. bewusstlosen Patienten, dessen HWS-Stabilisierung in der harten Halskrawatte eindeutig Priorität hat. Gemäß Maserati et al. scheinen die mannigfaltigen Instabilitätskriterien auch die Ursache dafür zu sein, dass die Tuli-Klassifikation klinisch nicht routinemäßig zum Einsatz kommt.¹⁰⁵

DISKRIMINATION ZWISCHEN TYP 1 UND 2A:

Die Autoren geben kein Kriterium zur Unterscheidung zwischen den nicht dislozierten Typ 1- und den dislozierten Typ 2a-Frakturen zur Hand.¹² Hanson et al. setzen die Grenze zwischen dislozierten und nicht dislozierten Frakturen beispielsweise bei 2mm.⁶⁶ Studien zur intra- und interobserver Varianz stehen auch hier noch aus. Allerdings scheinen die Probleme dahingehend geringer als bei der Anderson und Montesano-Klassifikation:

In unserem Kollektiv handelte es sich bei 25/35 OKF (71,4%) um nicht dislozierte Typ 1-, bei 6/35 (17,1%) um dislozierte aber stabile Typ 2a- und bei 4/35 (11,4%) um dislozierte und instabile Typ 2b-Frakturen (beidseitige doppelt gezählt). Folgende Tabelle zeigt, dass die Typenverteilungen in anderen Publikationen mit größerer OKF-Fallzahl mit einer Dominanz der Typ 1-Frakturen ähnlich sind.

Autor	Jahr	Typ 1	Typ 2a	Typ 2b
Hanson	2002	55%	22%	18%
Aulino	2005	55,8%	33,7%	10,5%
Maserati	2009	71%	27%	2%

Tabelle 37: Relative Häufigkeiten der OKF-Typen nach der Klassifikation von Tuli et al.

BEDEUTUNG DER KLASSIFIKATION FÜR DIE THERAPIEWAHL:

Aufgrund der eindeutigen kriterienbasierten Abgrenzung der instabilen OKF in Form der Typ 2b-Frakturen von den stabilen Typ 1 und 2a-Frakturen ist die Tuli-Klassifikation der Anderson und Montesano-Klassifikation bereits konzeptionell deutlich überlegen. Bestätigt wird dies durch die in unserer Studie nachgewiesene höhere Korrelation der Tuli-Typen mit der Letalität und anderen initialen Gesundheitsparametern im Vergleich zu den Anderson und Montesano-Typen, auch wenn in keinem Punkt eine signifikante Korrelation erreicht wurde.

Kritisch zu beurteilen an der Tuli-Klassifikation ist jedoch die Therapieempfehlung für Typ 1 („Keine Immobilisation“). Diese gründet lediglich auf der Erfahrung bei drei Patienten. Prospektive Studien mit Erfassung des Outcomes hierzu wären durchzuführen bevor dies als allgemeine Empfehlung anerkannt werden kann. Gegen Tulis Empfehlung sprechen Fälle, bei denen es nach initialer Diagnose einer nicht dislozierten Typ 1-, oder einer dislozierten aber stabilen Typ 2a-OKF zu sekundären Fragmentdislokationen mit der Entwicklung neurologischer Symptome kam.^{32,122}

Auch der von Bell beschriebene Tod einer initial stabilen OKF wurde mit einer sekundären Dislokation mit Myelonkompression erklärt.¹⁴ In der Literatur finden sich wohl aus diesem Grund wenige Fälle nicht immobilisierter OKF.¹⁵⁸ Da also meist auch bei nicht dislozierten, primär stabilen OKF eine Immobilisation in der Halskrawatte erfolgt, muss festgehalten werden, dass eine Unterscheidung zwischen Typ 1- und 2a-Frakturen keinen Informationsgewinn bringt, solange nicht nachgewiesen ist, dass Typ 1-Frakturen nach

Tuli et al. ohne Immobilisation ein gutes radiologisches und klinisches Outcome erzielen.

BEDEUTUNG DER KLASSIFIKATION FÜR DAS OUTCOME:

In unserem OKF-Kollektiv fand sich ein signifikanter Unterschied zwischen dem ISS bei Typ 1 und 2b-Frakturen. In der Tendenz sind die Unterschiede bzgl. des initialen Gesundheitszustandes zwischen den Typ 1- und Typ 2a- bzw. zwischen den Typ 2a- und Typ 2b-Frakturen der Klassifikation von Tuli et al. deutlich größer als zwischen den Typ 1- und 3- bzw. zwischen den Typ 2- und 3-Frakturen in der Klassifikation nach Anderson und Montesano. Im Vergleich zur Klassifikation von Anderson und Montesano zeigt sich bei Tuli et al. auch ein deutlicher tendenzieller Zusammenhang zwischen Letalität und OKF-Typ ($p=0,097$ vs. $p=1,0$).

Bzgl. des Outcomes zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Frakturtypen nach Tuli et al. Die p-Werte waren vergleichbar mit jenen, die bei der Anderson und Montesano-Klassifikation ermittelt wurden.

Im direkten Vergleich erscheint die Systematik von Tuli et al. jener von Anderson und Montesano konzeptionell überlegen. Auch gibt sie den initialen Gesundheitszustand besser wieder. Sie erscheint daher für die klinische Verwendung eher geeignet zu sein, was auch Aulino et al. bereits subjektiv feststellten.¹² Mit der inpraktikablen Definition der kranio-zervikalen Instabilität, wird sich diese Klassifikation in der Klinik aber wohl nicht durchsetzen können. Es wäre hierzu eine vereinfachte Definition der kranio-zervikalen Instabilität nötig. Dabei sollte die Instabilität idealerweise anhand eines einfachen zervikalen CTs mit entsprechenden Rekonstruktionen gestellt werden können.

6.6.3 FRAKTUFREQUENZ

Bei 87% aller Patienten fand sich eine einseitige, bei 13% eine beidseitige OKF. Dies deckt sich mit den Zahlen in anderen klinischen OKF-Kollektiven:

Autor	Jahr	Ein- vs. beidseitige OKF
Hanson ⁶⁶	2002	77% - 23%
Aulino ⁵	2005	86,8% - 13,2%
Alcelik ¹²	2006	96,3% - 3,7%
Maserati ¹⁰⁵	2009	94% - 6%

Tabelle 38: Relative Häufigkeiten ein- vs. beidseitiger OKF in größeren OKF-Kollektiven.

Anders ist die Situation bei autoptischen OKF-Studien: Hier fanden sich beidseitige OKF häufiger als einseitige (64% vs. 36%), was auf eine höhere Letalitätsrate beidseitiger OKF bei schwererer Traumatisierung hinweist.¹¹⁴ Wir konnten dies bestätigen: In unserem Kollektiv hatten die beidseitigen OKF einen signifikant höheren NISS als einseitige ($p=0,047$) und die p -Werte für die Unterschiede im ISS bzw. GCS lagen bei 0,1 bzw. 0,19. Angesichts der geringen Fallzahl zeigt dies eine relativ starke Tendenz auf, die bestätigt, dass die initiale Morbidität bei beidseitigen OKF schlechter ist als bei einseitigen. Die Letalität war bei unseren beidseitigen OKF-Patienten nahezu signifikant höher ($p=0,0525$), womit die Ergebnisse von Aulino et al. bestätigt werden.¹²

Im klinischen Outcome unterschieden sich in unserem Kollektiv die beidseitigen nicht signifikant von den einseitigen OKF. Es sind aber Tendenzen erkennbar. Die Diskrepanz zwischen signifikanten Unterschieden im initialen Gesundheitszustand und nur geringen Unterschieden im Outcome lässt wiederum den Schluss zu, dass hinsichtlich der Therapie nicht zwischen ein- und beidseitigen OKF unterschieden werden muss, solange keine AOD oder instabile OKF vorliegt.

Einschränkend muss deutlich gemacht werden, dass die statistische Aussagekraft bei initial vier sowie in der Nachuntersuchung drei beidseitigen OKF-Patienten eingeschränkt ist.

In den Systematiken von Anderson und Montesano¹⁰ bzw. Tuli et al.¹⁵⁸ finden beidseitige OKF keine Berücksichtigung. Entsprechend bestehen noch keine Empfehlungen für die therapeutische Handhabung dieser Fälle. In bisher publizierten Fällen wird der Stellenwert beidseitiger OKF hinsichtlich Stabilität, Therapie und Outcome kontrovers diskutiert: Maserati et al.¹⁰⁵ berichten von sechs beidseitigen OKF von denen fünf konservativ mit Halskrawatte, einer mit Halofixateur behandelt wurden. Das Outcome war gut. Die Autoren machen daher bei der Behandlungsstrategie keinen Unterschied zwischen ein- und beidseitigen OKF.¹⁰⁵ Auch Aulino et al. attestieren beidseitigen OKF grundsätzliche Stabilität, solange die Bandstrukturen – allen voran die Alarbänder – intakt sind.¹² Hanson et al.⁶⁶ sehen dagegen beidseitige OKF als ein Instabilitätskriterium an und messen ihr den gleichen Stellenwert wie einer einseitigen OKF mit kontralateraler atlantookzipitaler oder –axialer Dissoziation bei. Demgemäß immobilisierten sie alle Patienten mit beidseiter OKF mittels Halofixateur oder operativer Spondylodese.⁶⁶

Die bisher publizierten Fälle beidseitiger OKF sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Autor (Jahr)	Befund	Klinik	Therapie	Outcome
Tanabe (1999) ¹⁵⁴	Bds. Typ 3 & Clivus-# mit Myelonkompression	Paresen oE. & Hypästhesien	Halofix.	NM; resid. H
Fuentes (2001) ⁵⁶	Bds. Typ 1+3 mit Myelonkompression	Tetraparese	Fragmentresektion ohne Fusion	resid. Hemi
Payer (2004) ¹³¹	Bds. Typ 2	unbekannt	SOMI Brace	N
Clayman (1994) ³⁹	Bds. Typ 1	unbekannt	unbekannt	U
Bettini (1993) ¹⁶	Bds. Typ 3, versp. Di.	unbekannt	unbekannt	U
Bloom (1997) ¹⁹	Bds. Typ 1	Tetraparese	Harter Kragen	N
Bloom (1997) ¹⁹	Typ 1+3	HN 12-Parese	Harter Kragen	Nacken-Sx, Lim. ROM
Jones (1990) ⁷⁹	Bds. Typ 3 & Clivus-# & AOD	Tetraplegie	Post. Fusion	Tetra
Wyngaert (2006) ⁴⁷	Bds. Typ 3 & ant. Atlas-#	keine Neurologie	3 Mo.e Halo, harter /weicher Kragen	N
Schrödel (2002)	Bds. Typ 2	Nacken-Sx, keine Neurologie	Harter Kragen 3 Monate	N
Schrödel (2002) ¹⁴²	Bds. Typ 2	Nacken-Sx, HN 7-Parese	Harter Kragen 3 Monate	Resid. HN 7-Parese
Dashti (2007) ¹⁴²	Bds. Typ 2 & Clivus-# & Bandruptur	unbekannt	Halofixateur	N
Maughan (2005) ¹⁰⁷	Bds. Typ 3 mit funkt. AOD	keine Neurologie	C0-C1-Fusion	N
Freeman (2005) ⁵⁵	Bds. Typ 1	keine Neurologie	Harter Kragen	HN 12-Parese

Tabelle 39: Im Englischen publizierte Fälle beidseitiger OKF mit Befund, Klinik, Therapie und Outcome. N=unauffälliges Outcome; U=unbekannt; NM=normale Motorik; resid.=residuelle; H=Hypästhesie; Hemi=Hemiparese; Tetra=Tetraparese;

Payer et al.¹³¹ richten Ihre Therapieempfehlung an jener von Anderson und Montesano bei einseitiger OKF aus: Für beidseitige OKF erachten sie die konservative Therapie im SOMI Brace oder in der rigiden Halskrawatte – wie Fuentes et al.⁵⁶ – als ausreichend, sofern es sich in wenigstens einem Fall um eine Typ 1- oder 2-Fraktur nach Anderson und Montesano handelt. Bds. Typ 3-Frakturen bedürfen dagegen einer konsequenten Immobilisierung im Halofixateur oder durch Spondylodese. Dabei sehen sie letztere als ebenso instabil wie die AOD an.¹³¹

Die Therapie bei beidseitigen OKF sollte sich in Zusammenschau unserer Ergebnisse und der Studienlage an den Empfehlungen zur einseitigen OKF orientieren: Unabhängig vom Frakturtyp ist ein konservatives Procedere mit ASPEN-Kragen für mind. 6 Wochen vertretbar, sofern keine kranio-zervikale Instabilität oder symptomatische Fragmentdislokationen nachweisbar sind.

Eine Sonderstellung könnten beidseitige OKF mit Clivusfraktur einnehmen: Vier solcher Fälle (ohne AOD) sind in der Literatur beschrieben. In einem Fall erfolgte eine kranio-zervikale Fusion¹⁰⁷, in einem weiteren eine Laminektomie ohne Fusion⁵⁶ und in zwei Fällen eine Immobilisation im Halofixateur für 12 bzw. 16 Wochen^{45,154}. Mit der beidseitigen OKF besteht das Risiko, dass die Alarbänder insuffizient sind. Mit der Clivusfraktur entfällt auch der Ansatz der Tektorialmembran. Es besteht so die Möglichkeit einer erhöhten Instabilität in Form einer funktionellen AOD. Wir sahen während der Studiendauer keinen derartigen Fall. Inwiefern diese Patienten ebenfalls mit rigider Halskrawatte behandelt werden können, muss sich zeigen.

6.6.4 FRAKTURVERLAUF

Die relativ einfache Unterscheidung zwischen OKF mit horizontalem bzw. vertikalem Verlauf zeigte eine signifikante Korrelation mit Parametern der initialen Morbidität. Auch bei den Outcome-Parametern zeigten sich signifikant schlechtere Fragebogenergebnisse bei den horizontalen Verläufen oder zumindest Tendenzen hinsichtlich ROM und Nackenschmerzen. Fishers exakter Test zeigte mit $p=0,012$ allerdings auch einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Vorliegen einer intrazerebralen Begleitverletzung und dem Frakturverlauf an.

Aufgrund dieser Beobachtung kann die Hypothese aufgestellt werden, dass bei horizontalen Frakturen der Okzipitalkondylen vornehmlich horizontale Scherkräfte, wie etwa bei einer Hyperrotation wirken, wogegen vertikale Frakturverläufe eher durch Kompressionskräfte, wie sie etwa bei Hyperextensions-/flexionsbewegungen oder axialer Stauung auftreten, verursacht werden.

Basierend auf dem Frakturverlauf als Klassifikationskriterium wäre ebenfalls die Implementierung einer neuen OKF-Systematik denkbar. Der Frakturverlauf wurde allerdings bisher in keiner Publikation zur OKF erwähnt. Es bedarf deshalb vorher weiterer Beobachtungen um valide Aussagen zu ermöglichen.

6.6.5 NEUE KLASSIFIKATION UND THERAPIESTRATEGIE

Wegen o.g. Mängel der beiden bestehenden Klassifikationssysteme erstellten wir, basierend auf den gewonnenen Ergebnissen und bisherigen Erkenntnissen aus der Literatur, eine neue Systematik zur OKF-Klassifikation mit therapeutischen Implikationen welche sich am Outcome orientieren:

Okzipitale Kondylenfraktur	Klassifikation	Biomechanik	Behandlung/Begründung
Einseitige OKF ohne Instabilität (Typ 1, 2 und 3 nach Anderson & Montesano)	Typ 1	stabil	konservativ, 6 Wochen rigide Halskrawatte; niedrigste Letalität, bestes Outcome
Beidseitige OKF ohne Instabilität	Typ 2	stabil	konservativ, 6 Wochen rigide Halskrawatte; höhere Komorbidität und Letalität
Ein- oder beidseitige OKF mit Instabilität	Typ 3	instabil	operativ, dorsale Stabilisierung; höchste Morbidität, höchste Letalität

Tabelle 40: Neue Klassifikation der OKF

Beidseitigen OKF sollte dabei eine eigene Klasse zugeteilt werden wegen:

1. signifikant höherer Letalität und Komorbidität sowie höherer initialer Morbidität beidseitiger gegenüber einseitiger OKF.
2. tendenziell schlechterem klinischem Outcome.
3. erhöhtem Risiko einer kranio-zervikalen Instabilität mit der Gefahr einer sekundären Dislokation.
4. kontroverse Diskussion bzgl. der Therapie beidseitiger OKF aufgrund der geringen Fallzahlen (siehe 5.6.3)

In unserem OKF-Kollektiv korrelierten die drei Klassen unserer neuen Systematik wesentlich besser mit den Parametern der initialen Morbidität als jene nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. Tuli et al.¹⁵⁸ (siehe 5.4). Auffällig sind einerseits die signifikanten Unterschiede zwischen den Typen 1 und 2, da besonders hier bei den beiden bekannten Klassifikationen keine Unterschiede zu finden waren. Andererseits fällt auf, dass zwischen den stabilen Typ 2- und den instabilen Typ 3-Frakturen keine signifikanten Unterschiede gefunden wurden und die p-Werte höher als in den beiden andere Klassifikationen sind. Eine Interpretation dahingehend ist der geringen Fallzahl wegen (4x Typ 2 vs. 3x Typ 3) schwierig.

Bei der Analyse der Unterschiede zwischen den neuen OKF-Klassen hinsichtlich des Outcomes zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Die p-Werte waren jedoch – mit Ausnahme des radiologischen Outcomes – kleiner als bei den bekannten Klassifikationen. Tendenziell lässt die neue Systematik daher validere Rückschlüsse auf das klinische Outcome zu als die Klassifikationen von Anderson und Montesano¹⁰ oder Tuli et al.¹⁵⁸ Die Zahlen zum Outcome haben jedoch über alle Tests hinweg wegen der geringen Fallzahlen (es konnte nur eine Typ 3-Fraktur nachuntersucht werden) eine geringe statistische Teststärke. Eine Überprüfung der hier gefundenen Ergebnisse in einer Studie mit entsprechend größeren Fallzahlen wäre erforderlich.

Einseitige stabile Typ 1-Frakturen sind demnach konservativ mit einer harten Zervikalstütze für sechs Wochen zu behandeln. Beidseitige stabile Typ 2-OKF sind ebenfalls mit einer harten Zervikalstütze für sechs Wochen ausreichend therapiert, unterliegen jedoch einem höheren Risiko für Residuen. Instabile Typ 3-OKF mit oder ohne AOD sollten mittels okzipito-zervikaler Fusion von C0 auf C2- alternativ auf C1 stabilisiert werden. Die strikte Trennung zwischen AOD und instabiler OKF (Typ 2b nach Tuli et al.) ist nicht zielführend.^{4,79,102,120,175} Wie Noble et al. sind wir der Ansicht, dass ein Halofixateur lediglich bei stabiler OKF mit begleitenden HWS-Verletzungen notwendig ist.¹²¹ In Bezug auf OKF scheint er uns, aufgrund der Patienten-Incompliance sowie der relativ hohen Komplikationsrate, nicht empfehlenswert. Ferner besteht die Gefahr der ungenügenden Immobilisation im Halofixateur.^{130,147,160}

Therapieentscheidungen bei Fällen mit neurovaskulärer Kompression durch ein Kondylenfragment sind patientenspezifisch zu treffen. Einfache Paresen der unteren Hirnnerven zeigten bei operativem und konservativem Vorgehen ähnliche Ergebnisse.^{4,22,32,34,56,64,93,115,145,173}

Kritisch an unserer Klassifikation bleibt anzumerken, dass auch hier jene Fälle unberücksichtigt bleiben, bei denen aufgrund einer Dislokation mit Myelon- oder Gefäßkompression ein operatives Vorgehen relativ indiziert ist. Ferner bedarf es Untersuchungen zur intra- und interobserver Varianz. Am ehesten könnten diese bei der niedrigen Inzidenz im Rahmen einer multizentrischen Studie erarbeitet werden.

6.6.6 KRITERIEN DER KRANIO-ZERVIKALEN INSTABILITÄT

Die Diagnostik bzw. der Ausschluss der AOD ist bisher wegen fehlender ausreichend reliabler radiologischer Kriterien problematisch.¹²⁶ Zu unterscheiden sind „nichtstandardisierte“ Verfahren wie die subjektive Beurteilung der Bandintegrität im MRT von „standardisierten“ Verfahren mit konkreten anatomischen Bezugspunkten.^{7,126} Die meisten Methoden zum Ausschluss einer AOD basieren auf konventioneller Röntgentechnik und müssten hinsichtlich ihrer Übertragbarkeit auf das CT erst noch geprüft werden. Die wichtigsten Prüfkriterien sind: Wholey's BDI, Harris' BAI, Powers Ratio, Sun's Ratio, X-line-Methode, Dublin's Methode und die Pang-Regel.^{7,11,68,69,91,125,126,133,153,180} Gemeinsam ist den konventionell-radiologischen Methoden eine ungenügende diagnostische Sensitivität (0,57) und Spezifität (<0,76).⁷

Als singuläre Methode für den Ausschluss einer AOD im CT scheint einzig die Pang-Regel ausreichend sensitiv, muss jedoch weiter auf Validität geprüft werden.^{125,126} Für den Ausschluss einer AOD wird daher eine Kombination verschiedener Techniken empfohlen⁷: Zeigen sich im konventionellen seitlichen Röntgen indirekte Hinweise wie ein prävertebraler Weichteilschatten auf Höhe des verlängerten Marks oder positiv getestete AOD-Kriterien (siehe oben), so wird ein CT des kraniozervikalen Übergangs empfohlen.^{7,126} Finden sich keine eindeutigen Indizien einer AOD, ist die Pang-Regel im CT zu prüfen.^{125,126} Eine SAB am kraniovertebralen Übergang im CT ist wiederum Hinweis für eine mögliche AOD und sollte bei sonst unauffälligem Befund die Durchführung eines MRT zur Beurteilung der Bandintegrität nach sich ziehen.⁷ Fehlen im konventionellen Röntgen Hinweise für eine AOD, besteht aber klinisch der Verdacht (Unfallmechanismus/neurologische Ausfälle) wird ebenfalls die CT-/MRT-Diagnostik zum Ausschluss empfohlen.⁷

Zur Beantwortung der Frage, ob eine kranio-zervikale Instabilität bei OKF vorliegt, ohne dass hierbei auch die Kriterien einer AOD erfüllt sind, gibt es bisher keine spezifische Methode. Noble und Smoker¹²¹ sowie Mann und Cohen¹⁰² schlossen eine Instabilität bei ihren OKF-Patienten mittels Funktionsaufnahmen unter Durchleuchtung aus. C0-C1-C2-Instabilität definierten Mann und Cohen als eine Erweiterung des BDI (basion-dentales Intervall) von > 2mm zwischen Flexion und Extension.¹⁰² Zur Evaluierung der HWS bei symptomatischen Traumapatienten erreicht die Kombination von konventionellem Röntgen (drei Ebenen) und Funktionsaufnahmen unter Durchleuchtung einen negativen prädiktiven Wert von > 99% für zervikale Läsionen, weshalb sie bei wachen symptomatischen HWS-Patienten bei unauffälligem Röntgenbefund empfohlen wird.⁹

Ahuja et al. sahen Funktionsaufnahmen dagegen aufgrund möglicher sekundärer Dislokationen kritisch, solange eine OKF nicht ausgeschlossen ist.⁴ Hanson et al.⁶⁶ beurteilten die kranio-zervikale Stabilität vornehmlich anhand der Harris-Regel^{68,69}. Maserati et al.¹⁰⁵ verwendeten zum Nachweis eines kranio-zervikalen Misalignments die Pang-Regel^{125,126}. Wenn möglich, wurde die Stabilität mittels dynamischer Flexions-Extensions-Aufnahmen unter Durchleuchtung geprüft.¹⁰⁵

Die alleinige Verwendung der Pang-Regel^{125,126} für die Instabilität bei OKF ist wegen ihrer Beschränkung auf den C0-C1-Gelenkraum kritisch zu sehen. Studien zur Berechnung ihrer Sensitivität und Spezifität sowie deren Vergleich mit den Werten anderer radiologischer Messinstrumente bei alleiniger OKF sind erforderlich.

White und Panjabi¹⁷⁸ erstellten – von Tuli et al.¹⁵⁸ aufgegriffene – Instabilitätskriterien. Bellabarbara et al.¹⁵ sowie Horn et al.⁷² führten neue Klassifizierungssysteme für die kranio-zervikale Dissoziation ein, die ebenfalls auf Kombinationen bekannter Verfahren zur AOD-Diagnostik – zum Teil aber mit neuen Grenzwerten – aufbauen:

Typ:	1	2	3
Stabilität:	stabil	instabil	instabil
Röntgen/CT:	Nicht dislozierter kranio-Zervikaler Übergang: BAI+BDI normal <i>u./o.</i>	minimale CCD: BAI+BDI max. 2mm über Norm <i>u./o.</i>	max. CCD: BAI+BDI > 2mm über Norm
MRT:	Unilaterale (partielle) Alarbandläsion	Vollständige, beidseitige Alarbandruptur	-
Funktionsaufn.:	Keine vermehrte Aufklappbarkeit	Positiver Traktionstest	-
Folgerung:	Ausreichende ligamentäre Integrität	Fehlende ligamentäre Integrität	Hochgradige Instabilität
Therapie:	Harter Kragen	Interne Fixierung	Interne Fixierung

Tabelle 41: Injury Severity-Klassifikation der kranio-zervikalen Dissoziation nach Bellabarbara et al. (2006)¹⁵

Typ:	1	2
Stabilität:	stabil	instabil
CT:	Powers ratio, BDI, BAI & X-line normal	Mindestens ein Kriterium pathologisch <i>und/oder</i>
MRT:	Geringgradige Pathologien ohne Bandruptur	Nachweis einer Patho. an Gelenken, Tektorialmembran, Alarbändern o. Kreuzband
Therapie:	Konservativ	Interne Fixierung

Tabelle 42: Klassifikation der kranio-zervikalen Instabilität nach Horn et al. (2007)⁷²

Weitere Studien zur Validierung genannter Algorithmen zur Diagnose der C0-C1-C2-Instabilität, insbesondere im Hinblick auf die instabile OKF ohne begleitende AOD sind nötig.

7 ZUSAMMENFASSUNG

- Die Inzidenz der OKF im Beobachtungszeitraum betrug 31 Patienten (1,19%) bei 2616 durchgeführten CTs.
- Die Letalität im OKF-Kollektiv betrug 16,13%. Alle verstorbenen Patienten zeigten schwere intrazerebrale Begleitverletzungen. Die OKF war in keinem Fall Ursache der Mortalität.
- Einseitige OKF haben – unabhängig vom Typ nach Anderson und Montesano¹⁰ bzw. Tuli et al.¹⁵⁸ – für sich weder einen messbaren Einfluss auf die Morbidität, noch auf das klinische Outcome ein Jahr posttrauma.
- Bei einem guten initialen Gesundheitszustand zeigt sich bei isoliertem Nachweis einer OKF trotz der OKF ein gutes Outcome.
- Beidseitige OKF zeigten eine signifikant höhere initiale Morbidität, aber nur ein tendenziell schlechteres klinisches Outcome als einseitige OKF.
- Patienten mit beidseitiger OKF leiden ein Jahr posttrauma tendenziell häufiger an nuchalen Schmerzen als solche mit einseitiger OKF.
- Intrazerebrale Begleitverletzungen haben einen signifikanten Einfluss sowohl auf initiale Morbidität als auch auf klinisches Outcome.
- Bei isolierter Betrachtung der OKF zeigt sich bei sechswöchiger Immobilisation in der harten Halskrawatte, unabhängig vom Frakturtyp nach Anderson und Montesano¹⁰ oder Tuli et al.¹⁵⁸, ein Jahr posttrauma ein sehr gutes klinisches Outcome. Häufigstes Symptom sind geringgradige nuchale Schmerzen.
- Patienten mit weiteren zervikalen Frakturen haben ein größeres Risiko ein Jahr posttrauma an Nackenschmerzen zu leiden als Patienten mit intrazerebralen Begleitverletzungen.
- Begleitende AOD nehmen hoch signifikanten Einfluss auf Mortalität, Morbidität und Outcome.

- OKF mit horizontalem Frakturverlauf korrelieren signifikant mit einem schlechteren Morbiditätsstatus, einer höheren Letalität und einem schlechteren Outcome als OKF mit vertikalem Frakturverlauf.
- Radiologisch kam es bis auf einen Fall immer zu einer knöchernen Konsolidierung der OKF nach Immobilisation in der rigiden Halskrawatte. In keinem Fall kam es zu einer sekundären Dislokation oder Pseudarthrosebildung.
- Die bestehenden Klassifikationen liefern weder hinsichtlich der initialen Morbidität noch hinsichtlich des klinischen oder radiologischen Outcomes statistisch verifizierte Zusatzinformationen.
- Für die Ableitung von Therapieempfehlungen ist die Anderson und Montesano-Systematik¹⁰ ungeeignet. Die Tuli-Klassifikation¹⁵⁸ ist vorzuziehen. Eine, im Vergleich zur Tuli-Klassifikation¹⁵⁸ vereinfachte klinisch praktikablere Methode zum Ausschluss der kranio-zervikalen Instabilität wäre wünschenswert.
- Gegenüber der Klassifikation von Tuli et al.¹⁵⁸ hat die in dieser Studie erarbeitete neue Klassifikation den Vorteil einer signifikant höheren Korrelation mit der initialen Morbidität und einer tendenziell höheren Korrelation mit dem klinischen Outcome. Eine Typunterscheidung anhand Unfallmechanismus, Frakturverlauf oder Dislokationsgrad ist nicht nötig. Sie gibt einfach nachvollziehbare Therapieempfehlungen.
- Bei Diagnose einer OKF muss auch die kranio-zervikale Stabilität überprüft werden. Eine AOD ist auszuschließen. Für den Ausschluss einer kranio-zervikalen Instabilität ist eine Kombination von radiologisch-funktionellen Techniken nötig. Validierte Empfehlungen zur Eignung einzelner oder kombinierter Verfahren – insb. hinsichtlich OKF-Patienten – gibt es bisher nicht.
- Der Grad der primären Fragmentdislokation ist nicht therapieentscheidend. Die Notwendigkeit eines operativen Vorgehens ist absolut von der kranio-zervikalen Stabilität und relativ von neurovaskulären Schäden abhängig.
- Nach der neuen Klassifikation ergeben sich folgende Therapieempfehlungen:
 - o Typ 1-OKF sind alle Arten einseitiger stabiler OKF ohne AOD. Sie können sechs Wochen in einer harten Zervikalstütze behandelt werden.

- o Typ 2-OKF sind beidseitige stabile OKF ohne AOD. Sie werden sechs Wochen in einer harten Zervikalstütze therapiert.
 - o Typ 3-OKF sind alle OKF- Arten mit Nachweis einer kranio-zervikalen Instabilität im Sinne einer AOD. Sie bedürfen der okzipito-zervikalen Spondylodese (grundsätzlich absolute Indikation).
- Für die Fälle mit Symptomatik bei neurovaskulärer Schädigung durch ein Kondylenfragment sind bei geringer Fallzahl keine allgemeinen Empfehlungen bisher möglich (relative Indikation zu Fragmentresektion).
- Um die statistische Power der gewonnenen Erkenntnisse zu erhöhen sind weitere Studien mit größeren Fallzahlen (insb. nachuntersuchte Typ 2-Frakturen nach Anderson und Montesano¹⁰), unter Umständen in Form multizentrischer Studien notwendig. Ein Schwerpunkt sollte dabei auf der Evaluierung der intra- und interobserver Varianz der Klassifikationen – insb. der Anderson und Montesano-Klassifikation¹⁰ – liegen, da hier die größte Unsicherheit hinsichtlich der Klassenzuweisung besteht.

8 LITERATURVERZEICHNIS

1. Ackelman BH, Lindgren U: Validity and reliability of a modified version of the neck disability index. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 2002, 34: 284-287
2. Adams VI: Neck injuries: I. Occipitoatlantal dislocation – a pathologic study of twelve traffic fatalities. *Journal of forensic science*, 1992, 37 (2): 556-564
3. Ahlgren P, Dahlerup JV: Fractura condylus occipitalis. *Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlung und Nuklearmedizin*, 1964, 101: 202-204
4. Ahuja A, Glasauer FE, Alker GJ, Klein DM: Radiology in survivors of traumatic atlanto-occipital dislocation. *Surgical Neurology*, 1994, 41: 112-118
5. Alcelik I, Manik KS, Sian PS, Khoshneviszadeh SE: Occipital condylar fractures: Review of the literature and case report. *The Journal of bone and joint surgery*, 2006, 88-B (5): 665-669
6. Alker GJ, OH, Leslie: High cervical spine and craniocervical junction injuries in fatal traffic accidents: A radiological study. *Orthopedic Clinincs of North America*, 1978, 9 (4): 1003-1010
7. American Association of Neurological Surgeons: Diagnosis and treatment of traumatic atlanto-occipital dislocation injuries. *Neurosurgery*, 2002, 50 (3 Suppl.): 105-113
8. American Association of Neurological Surgeons: Occipital condyle fractures. *Neurosurgery*, 2002, 50: 114-119
9. American Association of Neurological Surgeons: Radiographic assessment of the cervical spine in symptomatic trauma patients. *Neurosurgery*, 2002, 50 (3 Suppl.): 36-42
10. Anderson P.A., Montesano P.X. Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine* 1988, 13: 731-736.
11. Arthur BD, Marks WM, Weinstock D, Newton TH: Traumatic dislocation of the atlanto-occipital articulation (AOA) with short-term survival – With a radiographic method of measuring the AOA. *Journal of Neurosurgery*, 1980, 52: 541-546
12. Aulino JM, Tutt LK, Kaye JJ, Smith PW, Morris Jr. JA: Occipital condyle fractures: Clinical presentation and imaging findings in 76 patients. *Emergency Radiology*, 2005, 11: 342-347
13. Baker SP, O'Neill B, Haddon Jr. W, Long WB: The Injury Severity Score: A method for describing patients with multiple injuries and evaluating emergency care. *Journal of Trauma*, 1974, 14 (3): 187-196
14. Bell C: Surgical observations. *Middlesex Hospital Journal*, 1817, 4: 469-470
15. Bellabarba C, Mirza SK, West GA, Mann FA, Dailey AT, Newell DW, Chapman JR: Diagnosis and treatment of craniocervical dislocation in a series of 17 consecutive survivors during an 8-year period. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 2006, 4: 429-440
16. Bettini N, Malaguti MC, Sintini M, Monti C: Fractures of the occipital condyles: Report of four cases and review of the literature. *Skeletal Radiology*, 1993, 22: 187-190

17. Blacksin MF, Lee HJ: Frequency and significance of fractures of the upper cervical spine detected by CT in patients with severe neck trauma. *American Journal of Roentgenology*, 1995; 165: 1201-1204
18. Bland JM, Altman DG: Cronbach's Alpha. *British Medical Journal*, 1997, 314: 572
19. Bloom: Fracture of the occipital condyles and associated craniocervical ligament injury: Incidence, CT imaging and Implacations. *Clinical Radiology*, 1997, 52: 198-202
20. Bolton JE: Sensitivity and specificity of outcome measures in patients with neck pain: Detecting clinically significant improvement. *Spine*, 2004, 29: 2410-2417
21. Bools JC, Rose BS: Traumatic atlanto-occipital dislocation: two cases with survival. *American Journal of Radiology*, 1986, 7 (5), 901-904
22. Bozboga M, Unal F, Hepgul K, Izgi N, Turantan I, Toker K: Fracture of the occipital condyle. *Spine*, 1992, 17 (9): 1119-1121
23. Bremerich FH, Grob D, Dvorak Jiri, Mannion AF: The Neck Pain and Disability Scale. *Spine*, 2008, 33 (9): 1018-1027
24. Bridgman SA, McNab W: Traumatic occipital condyle fracture, multiple cranial nerve palsies, and torticollis: A case report and review of the literature, *Surgical Neurology*, 1992, 38: 152-156
25. Bucholz RW, Burkhead WZ, Graham W. Occult cervical spine injuries in fatal traffic accidents. *Journal of Trauma*, 1979, 19: 731-736
26. Bullinger M, Kirchberger I, Ware JE: The German SF-36 health survey translation and psychometric testing of a generic instrument for the assessment of health-related quality of life. *Journal of Public Health*, 1995, 3: 21-36
27. Bullinger M, Kirchberger I: SF-36 Fragebogen zum Gesundheitszustand – Handanweisung, Hogrefe-Verlag GmbH, Göttingen, 1998.
28. Bullinger M, Morfeld M, Kohlmann T et al.: Der SF-36 in der rehabilitationswissenschaftlichen Forschung – Ergebnisse aus dem Norddeutschen Verbund für Rehabilitationsforschung (NVRF) im Förderschwerpunkt Rehabilitationswissenschaften. *Rehabilitation*, 2003, 42 (4): 218-225
29. Bullinger M: Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey. *Rehabilitation*, 1996, 35 (3): XVII-XXVII
30. Bullinger M: German translation and psychometric testing of the SF-36 health survey: Preliminary results from the IQOLA Project. *Social Science and Medicine*, 1995, 41 (10): 1359-1366
31. Bundschuh CV, Alley JB, Ross M, Porter IS, Gudeman SK: Magnetic Resonance Imaging of suspected atlanto-occipital dislocation. *Spine*, 1992, 17 (2): 245-248
32. Caroli E, Rocchi G., Epimenio RO, Delfini R: Occipital condyle fractures: Report of five cases and literature review. *European Spine Journal*, 2005, 14: 487-492
33. Castling B, Hicks K: Traumatic isolated unilateral hypoglossal nerve palsy: case report and review of the literature. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 1995, 33: 171-173

34. Chan RC, Schweigel JF, Thompson GB: Halo-thoracic brace immobilization in 188 patients with acute cervical spine injuries. *Journal of Neurosurgery*, 1983, 58: 508-515
35. Chok B, Gomez E: The reliability and application of the Neck Disability Index in physiotherapy. *Physiotherapy Singapore*, 2000, 3 (1): 16-19
36. Chou Ch-W, Huang W-Ch, Shih Y-H : Occult occipital condyle fracture with normal neurological function and torticollis, *Journal of Clinical Neuroscience*, 2008, 15: 920-922
37. Cirak B, Akpınar G, Palaoglu S: Traumatic occipital condyle fractures. *Neurosurgical Review*, 2000, 23: 161-164
38. Clancy CM, Eisenberg JM: Outcomes research: Measuring the end results of health care. *Science*, 1998, 282: 245-246
39. Clayman DA, Dykes CH, Vines FS: Occipital condyle fractures: Clinical presentation and radiologic detection. *American Journal of Neuro Radiology*, 1994, 15: 1309-1315
40. Cleland JA, Childs JD, Whitman JM: Psychometric properties of the Neck Disability Index and Numeric Pain Rating Scale in patients with mechanical neck pain. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 2008, 89: 69-74
41. Cook C, Richardson JK, Braga L: Crosscultural adaptation and validation of the Brazilian Portuguese version of the neck disability index and neck pain and disability scale. *Spine*, 2006, 31: 1621-1627
42. Copes et al.: The Injury Severity Score revisited. *The Journal of Trauma*, 1988, 28 (1): 69-77
43. Cottalorda J, Allard D, Dutour N: Fracture of the occipital condyle. *Journal of pediatric orthopedics*, 1996, 5(1): 61-63
44. Capuano C, Dostagliola C, Shamsaldin M, Maleci A, Di Lorenzo N: Occipital condyle fractures: A hidden nosological entity. An experience with 10 cases. *Acta Neurochirurgica*, 2004, 146: 779-784
45. Dashti R, Ulu MO, Albayram S, Aydin S, Ulusoy L, Hanci M: Concomitant fracture of bilateral occipital condyle and inferior clivus: What is the mechanism of injury? *European Spine Journal*, 2007, 16 (3): 261-264
46. Davis D, Bohlman H, Walker A, Fisher R, Robinson R: The pathological findings in fatal craniocervical injuries. *Journal of Neurosurgery*, 1971, 34: 603-613
47. De Wyngaert R, Mulkens T, Baeyaert M, Bellinck P, Salgado R, Ghijsen D, Van Dijck X, Termote JL: Bilateral occipital condylar fracture with associated haematomas. *Emergency Radiology*, 2006, 13: 79-82
48. Demisch S, Lindner A, Beck R, Zierz S: The forgotten condyle: Delayed hypoglossal nerve palsy caused by fracture of the occipital condyle. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 1998, 100 (1): 44-45
49. Desai SS, Coumas JM, Danylevich A, Hayes E, Dunn EJ: Fracture of the occipital condyle: Case report and review of the literature. *The Journal of Trauma*, 1990, 30 (2): 240-241
50. Deyo RA, Battie M, Beurskens AJHM, Bombardier C, Croft P, Koes B, Malmivaara A, Rolang M, Von Korff M, Waddell G: Outcome measures for low back pain research. A proposal for standardized use. *Spine*, 1998, 23: 2003-2013

51. Dvorak J, Panjabi MM: Functional anatomy of the alar ligaments. *Spine*, 1987, 12 (2): 183-189
52. Dvorak J, Schneider E, Saldinger P, Rahn B: Biomechanics of the craniocervical region: The alar and transverse ligaments. *Journal of orthopedic research*, 1988, 6 (3): 452-461
53. Emery E, Saillant G, Ismail M, Fohanno D, Roy-Camille R: Fracture of the occipital condyle: Case report and review of the literature. *European Spine Journal*, 1995, 4: 191-193
54. Fielding JW, Cochran GB, Lawsing JF III, Hohl M: Tears of the transverse ligament of the atlas. A clinical and biomechanical study. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 1974, 56 (8): 1683-1691
55. Freeman BJC, Behensky H: Bilateral occipital condyle fractures leading to retropharyngeal haematoma and acute respiratory distress. *International Journal of Care of the Injured*, 2005, 36: 207-212
56. Fuentes S, Bouillot P, Dufour H, Grisoli F: Occipital condyle fractures and clivus epidural hematoma. Case report. *Neurochirurgie*, 2000, 46 (6): 563-567
57. Garrett M, Consiglieri G, Kakarla UK, Chang SW, Dickman CA: Occipitoatlantal Dislocation. *Neurosurgery*, 2010, 66 (3): A48-A55
58. Gerlock AJ Jr., Mirfakhraee M, Benzel EC: Computed Tomography of Traumatic Atlantooccipital Dislocation. *Neurosurgery*, 1983, 13: 316-319
59. Ghanayem AJ, Zdeblick TA, Dvorak J: Functional anatomy of joints, ligaments and discs. In: Clark CR, ed. *The Cervical Spine*. 3rd Ed. Philadelphia, Lippincott-Raven, 1998: 45-52
60. Goel A, Caciola F: *The craniovertebral junction – Diagnosis, Pathology, Surgical Techniques*. Thieme, 2011, Stuttgart, New York
61. Goel VK, Clark CR, Gallaes K, Liu YK: Moment-rotation relationships of the ligamentous occipito-atlanto-axial complex. *Journal of Biomechanics*, 1988, 21 (8): 673-680
62. Goldstein SJ, Woodring JH, Young AB: Occipital condyle fracture associated with cervical spine injury. *Surgical Neurology*, 1982, 17: 350-352
63. Gregg S, Kortbeek JB, Du Plessis S: Atlanto-occipital dislocation: A case study of survival with partial recovery and review of the literature. *The Journal of Trauma, Injury, Infection and Critical Care*, 2005, 58: 168-171
64. Gusmao SS, Silveira RL, Arantes A: Surgical treatment of the occipital condyle fracture: Case report. *Arquivos de neuropsiquiatria*, 2001, 59 (1): 134-137
65. Hadley MN, Walters BC, Grabb PA, Oyesiku NM, Przybylski GJ, Resnick DK, Ryken TC: Occipital condyle fractures. *Neurosurgery*, 2002, 50: 114-119
66. Hanson BP, Kopjar B: Klinische Studien, Outcome-Parameter: Ein Paradigma-Wechsel? *Der Chirurg*, 2003, 74: 1034-1039
67. Hanson JA, Deliganis AV, Baxter AB et al: Radiologic and clinical spectrum of occipital condyle fractures: retrospective review of 107 consecutive fractures in 95 patients. *American Journal of Roentgenology* 2002; 178: 1261-1268
68. Harris JH Jr, Carson GC, Wagner LK, Kerr N: Radiologic diagnosis of traumatic occipitovertebral dissociation: 2. Comparison of three methods of detecting occipitovertebral

- relationships on lateral radiographs of supine subjects. *Journal of radiology*, 1994, 162: 887-892
69. Harris JH Jr, Carson GC, Wagner LK: Radiologic diagnosis of traumatic occipitovertebral dissociation: 1. Normal occipitovertebral relationships on lateral radiographs of supine subjects. *American Journal of radiology*, 1994, 162: 881-886
 70. Hashimoto T, Watanabe O, Takase M, Koniya J, Kobota M: Collet-Sicard syndrome after minor head trauma. *Neurosurgery*, 1988, 23: 367-370
 71. Heinze J: Cranial nerve avulsion and other neural injuries in road accidents. *Medical Journal of Australia*, 1969, 2: 1246-1249
 72. Horn EM, Feiz-Erfan I, Lekovic GP, Dickman CA, Sonntag VKH, Theodore N: Survivors of occipitoatlantal dislocation injuries: imaging and clinical correlates. *Journal of Neurosurgery: Spine*, 2007, 6: 113-120
 73. Hosalkar HS, Cain EL, Hron D, Chin KR, Dormans JP, Drummond DS: Traumatic Atlanto-occipital Dislocation in Children. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 2005, 87: 2480-2488
 74. Huang D-W, Tai S-H, Hung Y-Ch, Fang V-K, Lee M-Y, Lee E-J: A rare occipital condyle fracture in a patient with a minor head injury. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 2009, 25: 342-346
 75. Ide Ch, Nisolle J-F, Misson N, Trigaux J-P, Gustin T, De Coene B, Gilliard G: Unusual occipitoatlantal fracture dissociation with no neurological impairment. *Journal of Neurosurgery*, 1998, 88: 773-776
 76. Jeanneret B: Obere Halswirbelsäule. In: Witt AN, Retting H, Schlegel KF (Hrsg.) *Spezielle Orthopädie Wirbelsäule – Thorax – Becken*. Thieme, 1994, Stuttgart, New York, 3.1-3.37
 77. Jette DU, Jette AM: Physical therapy and health outcomes in patients with spinal impairments. *Physical Therapy*, 1996, 76: 930-941
 78. John-Puthenveetil BS, Neff A, Kröber M: Offene Reposition und dorsal Spondylodese C0-C2 bei atlantookzipitaler Dislokation. *Unfallchirurg*, 2009, 1632-z, 1-6
 79. Jones DN, Knox AM, Sage MR: Traumatic avulsion fracture of the occipital condyles and clivus with associated unilateral atlantooccipital distraction. *American Journal of Neuroradiology*, 1990, 11: 1181-1183
 80. Kapapa T, Tschan CA, König K, Schlesinger A, Haubitz B, Becker H, Zumkeller M, Rickels E: Fraktur des Condylus occipitalis beim Kind. *Der Notarzt*, 2006, 22: 154-156
 81. Karam YR, Traynelis VC: Occipital Condyle Fractures. *Neurosurgery*, 2010, 66: A56-A59
 82. Kaushik V, Kelly G, Richards SD, Saeed SR: Isolated unilateral hypoglossal nerve palsy after minor head trauma. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 2002, 105: 42-47
 83. 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: 183-198.
 84. Kirshner B, Guyatt G: A methodological framework for assessing health indices. *Journal of Chronic Diseases*, 1985, 38: 27-36

85. Kissinger P: Luxationsfraktur im atlantooccipitalen Gelenk. *Zentralblatt für Chirurgie*, 1990, 37: 388-391
86. Kohlmann T, Bullinger M, Kirchberger-Blumstein I: Die deutsche Version des Nottingham Health Profile (NHP): Übersetzungsmethodik und psychometrische Validierung. *Sozial- und Präventivmedizin*, 1997, 42: 175-185
87. Kortmann HR, Eggers Ch, Schofer M, Hax P-M: Diagnostik und Therapie der Verletzungen der oberen Halswirbelsäule. *Trauma und Berufskrankheit*, 2000, 3: 134-138
88. Krämer J.: *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie-Wirbelsäule, Thorax*, Thieme, 2004, S.8
89. Kruschke NR, Nibrügge S, Petermann F, Schuler O: Prädiktoren für den Erfolg stationärer medizinischer onkologischer Rehabilitation. *Prävention und Rehabilitation*, 1996, 8: 109-117
90. Lai H, Moriya H, Goto S, Takahashi K, Yamagata M, Tamaki T: Three-dimensional motion analysis of the upper cervical spine during axial rotation. *Spine*, 1993, 18 (16): 2388-2392
91. Lee C, Woodring JH, Goldstein SJ, Daniel TL, Young AB, Tibbs PA: Evaluation of traumatic atlantooccipital dislocations. *American Journal of Neuroradiology*, 1987, 8 (1): 19-26
92. Lee H, Nicholson LL, Adams RD, Maher CG, Halaki M, Bae SS: Development and psychometric testing of Korean language versions of 4 neck pain and disability questionnaires. *Spine*, 2006, 31: 1841-1845
93. Legros B, Fournier P, Chiaroni P, Ritz O, Fusciardi J: Basal fracture of the skull and lower cranial nerves palsy: Four case reports including two fractures of the occipital condyle-A literature review. *The Journal of Trauma: Injury, Infection and Critical Care*, 2000, 48 (2): 342-348
94. Leone A. et al.: Occipital Condylar Fractures: A Review, *Radiology*, 2000, 216: 635-644
95. Leventhal MR, Boydston WR, Sebes JI, Pinstein ML, Watridge CB, Lowrey R: The diagnosis and treatment of fractures of the occipital condyle. *Orthopedics*, 1992, 15 (8): 944-947
96. Lienert GA, Raatz U: *Testaufbau und Testanalyse*. 6. Auflage, 1998, Psychologie Verlags Union: Weinheim
97. Link TM: Substantial head trauma: Value of routine CT examination of the cervicocranium. *Radiology*, 1995, 196: 741-745
98. Lippert: *Lehrbuch Anatomie*, Urban und Fischer, -6. Auflage, München, 2003, S.132
99. Liu JK, Decker D, Tenner MS, Couldwell WT, Chiles BW 3rd: Traumatic arteriovenous fistula of the posterior inferior cerebellar artery treated with endovascular coil embolization: Case report. *Surgical Neurology*, 2004, 61 (3): 255-261
100. Lustrin ES, Robertson RL, Tilak S.: Normal anatomy of the skull base. *Neuroimaging Clinics of North America*, 1994, 4: 465-478
101. Malham GM, Ackland HM, Jones R. Occipital condyle fractures: incidence and clinical follow-up at a level 1 trauma centre. *Emergency Radiology*, 2009, 16 (4): 291-297
102. Mann FA, Cohen W: Occipital condyle fracture: Significance in the assessment of occipitoatlantal stability. *American Journal of Roentgenology*, 1994, 163: 193-194

103. Mannion AF, Elfering A, Saerkle R, Junge A, Grob D, Semmer NK, Jacobshagen N, Dvorak J, Boos N: Outcome assessment in low back pain: How low can you go? *European Spine Journal*, 2005, 14: 1014-1026
104. Martin MD, Bruner HJ, Maiman DJ: Anatomic and biomechanical considerations of the craniovertebral junction. *Neurosurgery*, 2010, 66 (3): A2-A6
105. Maserati MB et al.: Occipital condyle fractures: Clinical decision rule and surgical management. *Journal of Neurosurgery*, 2009, 11: 388-395
106. Massaro F, Lanotte M: Fracture of the occipital condyle. *Injury*, 1993, 24 (6): 419-420
107. Maughan PH, Horn EM, Theodore N, Feiz-Erfan I, Sonntag VKH: Avulsion fracture of the foramen magnum treated with occiput-to-c1 fusion: Technical case report. *Neurosurgery*, 2005, 57: E600
108. McCarthy MJH, Grevitt MP, Sillocks 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*, 2007, 16: 2111-2117
109. McDowell I: *Measuring Health: a Guide to Rating Scales and Questionnaires*. 3th. Edition, Oxford University Press, New York, 2006
110. McHorney CA, Ware JE Jr, 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
111. McHorney CA, Ware JE Jr, 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
112. Menezes AH, Traynelis VC: Anatomy and biomechanics of normal craniovertebral junction (a) and biomechanics of stabilization (b). *Child's Nervous System*, 2008, 24: 1091-1100
113. Miyazaki C, Katsume M, Yamazaki T, Aoki K, Kuoki T, Tasu N: Unusual occipital condyle fracture with multiple nerve palsies and Wallenberg Syndrome. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 2000, 102 (4): 255-258
114. Miltner E, Kallieris D, Schmidt G, et al. Injuries of the occipital condyles in fatal traffic accidents. *Journal of Legal Medicine*, 1990, 103: 423-528
115. Momjian S, Dehdashti AR, Kehrli P, May D, Rilliet B: Occipital condyle fractures in children. *Pediatric Neurosurgery*, 2003, 38: 265-270
116. Moore AJ, Newell DW: *Neurosurgery – Principles and Practice*. Springer, 2005, London, S. 569
117. 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
118. Muthukumar N: Delayed hypoglossal palsy following occipital condyle fracture – Case report. *Journal of Clinical Neuroscience*, 2002, 9 (5): 580-582
119. Nast-Kolb: Verletzungen der oberen Halswirbelsäule – Teil 2: Knöcherne Verletzungen. *Der Unfallchirurg*, 2010, 113: 1023-1041

120. Nischal K, Chumas P, Sparrow O: Prolonged survival after atlanto-occipital dislocation: two case reports and review. *British Journal of Neurosurgery*, 1993, 7: 677-682
121. Noble ER, Smoker WRK: The forgotten condyle: The appearance, morphology, and classification of occipital condyle fractures. *American Journal of Neuroradiology*, 1996, 17: 507-513
122. Orbay T, Aykol S, Seckin Z, Ergun R: Late hypoglossal nerve palsy following fracture of the occipital condyle. *Surgical Neurology*, 1989, 31: 402-404
123. Osler T, Baker SP, Long W: A modification of the Injury Severity Score that both improves accuracy and simplifies scoring. *The Journal of Trauma*, 1997, 43 (6): 922-926
124. Outcomes Research. Fact Sheet. AHRQ Publication No. 00-P011, March 2000. Agency for Healthcare Research and Quality, Rockville, MD. <http://www.ahrq.gov/clinic/outfact.htm> (15.06.2011)
125. Pang D, Nemzek WR, Zovickian J: Atlanto-occipital dislocation: Part 1 – Normal occipital condyle-C1 Interval in 89 children. *Neurosurgery*, 2007, 61 (3): 514-521
126. Pang D, Nemzek WR, Zovickian J: Atlanto-occipital dislocation-part 2: The clinical use of (occipital) condyle-C1 interval, comparison with other diagnostic methods, and the manifestation, management, and outcome of atlanto-occipital dislocation in children. *Neurosurgery*, 2007, 61 (5): 995-1015
127. Pang D, Thompson DNP: Embryology and bony malformations of the craniovertebral junction. *Child's Nervous System*, 2011, 27: 523-564
128. Panjabi M, Dvorak J, Crisco J 3rd, Oda T, Hilibrand A, Grob D: Flexion, extension and lateral bending of the upper cervical spine in response to alar ligament transections. *Journal of spinal disorders and techniques*, 1991, 4(2): 157-167
129. Panjabi MM, Dvorak J, Duranceau J: Three dimensional movements of the upper cervical spine. *Spine*, 1988, 13 (7): 726-730
130. Papadopoulos SM, Dickman CA, Sonntag VK, Rekate HL, Spetzler RF: Traumatic atlantooccipital dislocation with survival. *Neurosurgery*, 1991, 28: 574-579
131. Payer M, Delavelle J: Bilateral occipital condylar fracture. Case report about successful treatment with SOMI brace. *Journal of Clinical Neuroscience*, 2004, 11 (2): 211-214
132. Porto de Melo PM, do Seixo Kadri PA, de Oliveira JG, Suriano IC, Cavalheiro S, Braga FM: Cervical epidural haematoma with clivus fracture. *Arquivos de Neuro-Psiquiatria*, 2003, 61: 499-502
133. Powers B, Miller MD, Kramer RS, Martinez S, Gehweiler JA: Traumatic anterior atlanto-occipital dislocation. *Neurosurgery*, 1979, 4 (1): 12-17
134. ProQolid: Patient-Reported Outcome and Quality of Life Instruments Database. Instruments. Neck Disability Index (NDI). Juli 2009. Mapi Research Institute, Lyon. http://www.proqolid.org/instruments/neck_disability_index_ndi (15.06.2011)
135. Raila FA, Aitken AT, Vickers GN: Computed tomography and tree-dimensional reconstruction in the evaluation of occipital condyle fracture. *Skeletal Radiology*, 1993, 22: 269-271
136. Riddle D, Stratford P: Use of generic versus region-specific functional status measures on patients with cervical spine disorders. *Physiological Therapy*, 1998, 78: 951-963

137. Röder C, El-Kerdi A, Grob D, Aebi M: A European spine registry. *Euro Spine Journal*, 2002, 11 (4): 303-307
138. Röder C, Neukamp M, Zweig T, Perler G, Melloh M, Munting E, Aebi M: SpineTango Bericht Deutschland 2009. *EuroSpine*, 2009
139. Saldinger P., Dvorak J., Rahn BA: Histology of the alar and transverse ligaments. *Spine*, 1990, 15, 257-261
140. Scharf HP., Rüter A.: Orthopädie und Unfallchirurgie – Facharztwissen nach der neuen Weiterbildungsordnung, 2009, Elsevier, S.612
141. Scherer M, Blozik E, Himmel W., Laptinskaya D, Kochen MM, Herrmann-Lingen Ch: Psychometric properties of a german version of the neck pain and disability scale. *European Spine Journal*, 2008, 17: 922-929
142. Schrödel MH, Kestlmeier R, Trappe AE: Bilateral occipital condyle fracture: Report of two cases. *Skull Base*, 2002, 12 (2): 93-96
143. Seiler H, Hackstein W, Graf L.P. Frakturen der oberen Halswirbelsäule – Hinweise zur Behandlung. *Unfallchirurg*, 1993; 96: 410-415.
144. Seite "Reliabilität". In: Wikipedia, Die freie Enzyklopädie. Bearbeitungsstand: 24. Juni 2011. URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/Reliabilit%C3%A4t> (27.06.2011)
145. Sharma BS, Mahajan RK, Bhatia S, Khosla VK: Collet-Sicard syndrome after closed head injury. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 1994, 96: 197-198
146. Spencer JA, Yeakley JW, Kaufmann HH: Fracture of the occipital condyle. *Neurosurgery*, 1984, 15 (1): 101-103
147. Steinmetz MP, Lechner RM, Anderson JS: Atlantooccipital dislocation in children: Presentation, diagnosis, and management. *Neurosurgery Focus*, 2003, 14 (2): ecp1
148. Steinmetz MP, Mroz TE, Benzel EC: Craniovertebral Junction: Biomechanical Considerations. *Neurosurgery*, 2010, 66: A7-A12
149. Stoll T, Gordon C, Seifert B, Richardson K, Malik J, Bacon PA, Isenberg DA: Consistency and Validity of Patient Administered Assessment of Quality of Life by the MOS SF-36; Its Association with Disease Activity and Damage in Patients with Systemic Lupus Erythematosus. *Journal of Rheumatology*, 1997, 24: 1608-1614
150. Stratford PW, Riddle DL, Binkley JM, Spadoni G, Westaway MD, Padfield B: Using the Neck disability index to make decisions concerning individual patients. *Physiotherapy Canada*, 1999, 51: 107-112
151. Streiner DL, Norman GR: Health Measurement Scales: A practical guide to their development and use. Oxford, UK: Oxford University Press, 1995, 4th Edition
152. Stroobants J, Fidlers L, Storms JL, Klaes R, Dua G, Van Hoyer M: High cervical pain and impairment of skull mobility as the only symptoms of an occipital condyle fracture: case report. *Journal of Neurology*, 1994, 81: 137-138
153. Sun PP, Poffenbarger GJ, Durham S, Zimmerman RA: Spectrum of occipitoatlantoaxial injury in young children. *Journal of Neurosurgery*, 2000, 93 (1 Suppl.): 28-39

154. Tanabe M, Watanabe T, Matsumoto S, Okamoto H, Shirakashi K: Avulsion fracture of the anterior half of the foramen magnum involving the bilateral occipital condyles and the inferior clivus. *Neurologia Medico-Chirurgia*, 1999, 39: 358-361
155. Teasdale G, Lennett B: Assessment of coma and impaired consciousness. *The Lancet*, 1974, July-13: 81-84
156. Traynelis V, Marano GD, Dunker RO, Kaufman HH: Traumatic atlanto-occipital dislocation. *Journal of Neurosurgery*, 1986, 65: 863-870
157. Traynelis VC: Current treatment of upper cervical spine fractures and dislocations. In: Salzman M: "Current techniques in Neurosurgery". Springer, Philadelphia, 1998, 3rd Edition, S.85-96
158. Tuli S, Tator C.H, Fehlings M.G. et al. Occipital condyle fractures. *Neurosurgery*, 1997, 41: 368-376.
159. Urculo E, Arrazola M, Arrazola M Jr., Riu I, Moyua A: Delayed glossopharyngeal and vagus nerve paralysis following occipital condyle fracture. *Journal of Neurosurgery*, 1996, 84: 522-525
160. Van de Pol GJ, Hanlo PW, Oner FC, Castelein RM: Redislocation in a halo vest of an atlanto-occipital dislocation in a child: Recommendations for treatment. *Spine*, 2005, 30: E424-E428
161. Vernon H, Mior S: The Neck Disability Index: A study of reliability and validity. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 1991, 7: 409-415
162. Vernon H: The Neck Disability Index: State of the Art. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 2008, 31 (7): 491-502
163. Vishteh AG, Crawford NR, Melton MS, Spetzler RF, Sonntag VK, Dickman CA: Stability of the craniovertebral junction after unilateral occipital condyle resection: A biomechanical study. *Journal of Neurosurgery*, 1999, 90 (1 Suppl.): 91-98
164. Vos CJ, Verhagen AP, Koes BW: Reliability and responsiveness of the Dutch version of the Neck Disability Index in patients with acute neck pain in general practice. *European Spine Journal*, 2006, 15: 1729-1736
165. Walach H, Güthlin C: Die psychometrischen Eigenschaften des deutschen MOS-SF-36-Health-Surveys. Eine Analyse anhand von Akupunkturpatienten. *Zeitschrift für Gesundheitswissenschaften*, 2001, 3: 242-260
166. Wani MA, Tandon PN, Banerji AK, Bhatia R: Collet-Sicard syndrome resulting from closed head injury: case report. *Journal of Traumatology*, 1991, 31: 1437-1439
167. Ward MM: Outcome measurement: Health status and quality of life. *Current opinion in Rheumatology*, 2004, 16: 96-101
168. Ware JE, Kosinski M: The SF-36 Health Survey (Version 2.0) – Technical Note. Boston, Health Assessment Lab, September 20, 1996
169. Ware JE, Sherbourne CD: The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): I. Conceptual framework and item selection. *Medical Care*, 1992, 30: 473-483

170. Ware JE, Snow KK, Kosinski M, Gandek B: SF-36 Health Survey. Manual and Interpretation Guide. Nisural Press, Boston, 1993
171. Ware JE: How to Score the Revised MOS Short-Form Health Scale (SF-36). The Health Institute, New Englang Medical Center Hospitals, Boston, 1988
172. Ware JE: SF-36 Health Survey Update. Spine, 2000, 25 (24): 3130-3139
173. Wasserberg J, Bartlett RJV: Occipital condyle fractures diagnosed by high-definition CT and coronal reconstructions. Neuroradiology, 1995, 37: 370-373
174. Weidenhammer W, Melchart D: Global assessment of main complaints: What do we measure? Forschende Komplementärmedizin, 1997, 4: 120
175. Werne S: Studies in spontaneous atlas dislocation. Acta Orthopaedica Scandinavica - Suppl, 1957, 23: 1-150
176. Werne S: The possibilities of movements in the craniovertebral joints. Acta Orthopaedica Scandinavica, 1957, 28: 165
177. Westaway MD, Stratford PW, Binkley JM: The patient-specific functional scale: Validation of its use in persons with neck dysfunction. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 1998, 27: 331-338
178. White A.A III, Panjabi MM.: Clinical biomechanics of the spine. 2nd ed. Philadelphia, Lippincott, 1990
179. White AA III, Panjabi MM: The clinical biomechanics of the occipitoatlantoaxial complex. Orthopedic Clinics of North America, 1978, 9 (4): 867-878
180. Wholey MH, Bruwer AJ, Baker HL Jr: The lateral roentgenogram of the neck; with comments on the atlanto-odontoid-basion relationship. Radiology, 1958, 71 (3): 350-356
181. Wlodyka-Demaille S, Poiraudau S, Catanzariti JF, Rannou F, Fermanian J, Revel M: The ability to change of three questionnaires for neck pain. Joint Bone Spine, 2004, 71: 317-326
182. Wlodyka-Demaille S, Poiraudau S, Catanzariti JF, Rannou F, Fermanian J, Revel M: French translation and validation of 4 functional disability scales for neck pain. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 2002, 83: 376-382
183. Woodring JH, Selke AC Jr, Duff DE: Traumatic atlantooccipital dislocation with survival. American Journal of Reontgenology, 1981, 137 (1), 21-24
184. Young W.F, Rosenwasser R.H, Getch C, et al.: Diagnosis and management of occipital condyle fractures. Neurosurgery, 1994; 34: 257-261.
185. Zweig T, Mannion AF, Grob D, Melloh M, Munting E, Tuschel A, Aebi M, Röder C: How to Tango: A manual for implementing Spine Tango. European Spine Journal, 2009, 18 (3): 312-320
186. Zwingmann C, Faller H: Änderungssensitivität von Fragebogen zur Erfassung der subjektiven Gesundheit – Ergebnisse einer prospektiven vergleichenden Studie. Rehabilitation, 2006, 45 (4): 232-242
187. Zwingmann C, Metzger D, Jäckel WH: Short Form-36 Health Survey (SF-36): Psychometrische Analysen der deutschen Version bei Rehabilitanden mit chronischen Rückenschmerzen. Diagnostica, 1998, 44: 209-219

9 ANHANG

9.1 ABBILDUNGEN



Abb. 1: Mecron Zervikalstütze Typ ASPEN der Firma Biomet mit welcher alle OKF-Patienten bei Ausschluss einer okzipito-zervikalen Instabilität für 6 Wochen behandelt wurden.

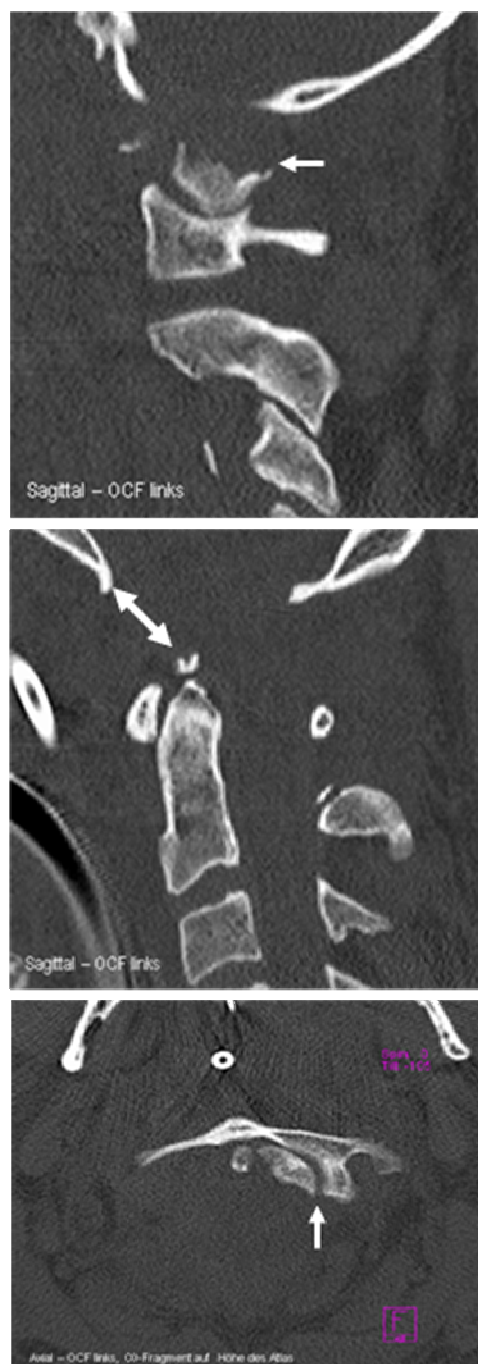


Abb. 2a-c: Posttrauma

Pat. Nr. 17: Einer von drei Patienten mit beidseitiger AOD bei linksseitiger OKF vom Typ 3 (A&M), Typ 2b (Tuli) bzw. Typ 3 (neue Klassifikation). Deutlich zu erkennen ist der erweiterte vertebrobasiläre Abstand (Abb. 2b) mit Fraktur der linken Okzipitalkondyle nach Avulsionsverletzung (Abb. 2a). Unfallmechanismus: Sturz vom Baum aus ca. 5m Höhe. Der Patient wurde mit Halofixateur versorgt, verstarb jedoch an schweren intrazerebralen Verletzungen.



Abb. 3a-c: Posttrauma

Pat. Nr. 29: Einer von drei Patienten mit beidseitiger AOD bei rechtsseitiger OKF vom Typ 1 (A&M), Typ 2b (Tuli) bzw. Typ 3 (neue Klassifikation). Deutlich zu erkennen ist der erweiterte vertebrobasiläre Abstand mit intraartikärem Lufteinschluss und Fraktur der rechten Okzipitalkondyle nach Avulsionsverletzung (Abb. 3a). Unfallmechanismus: PKW-Verkehrsunfall. Der Patient wurde bei infauster Prognose mit ASPEN-Kragen versorgt und verstarb nach Einlieferung an intrazerebralen Verletzungen.

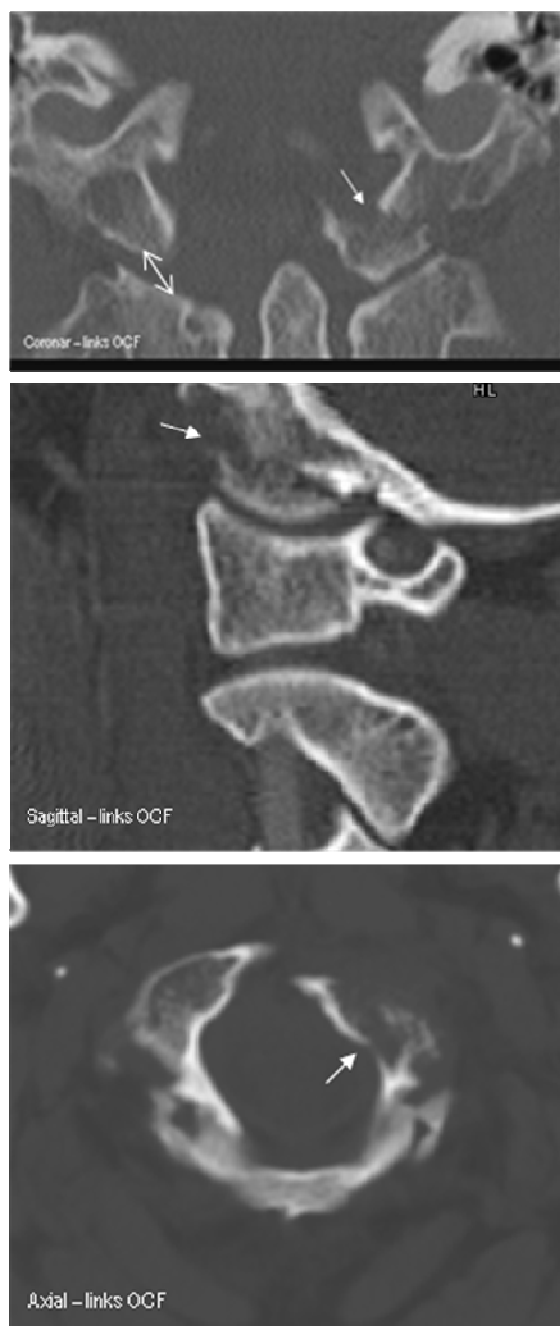


Abb. 4 a-c: Posttrauma

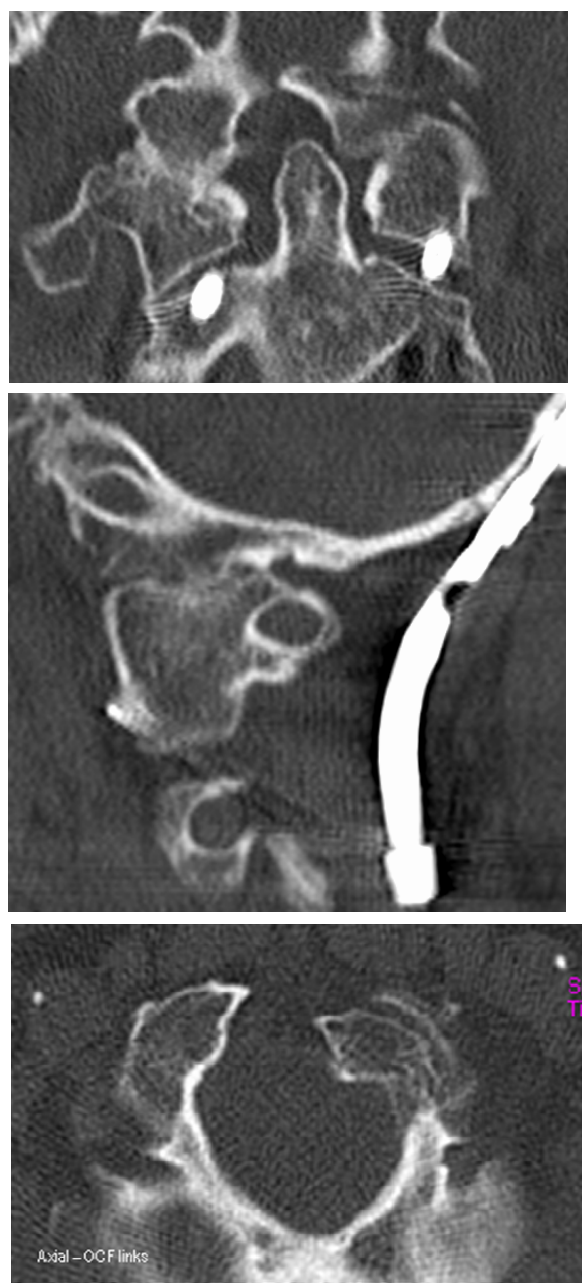


Abb. 4 d-f: Nachuntersuchung

Pat.nr. 26: Einer von drei Patienten mit beidseitiger AOD bei linksseitiger OKF vom Typ 3 (A&M), Typ 2b (Tuli) bzw. Typ 3 (neue Klassifikation) – posttrauma. Unfallmechanismus: Motorrad-Verkehrsunfall. Unmittelbare Fusion von C0 auf C2 mittels Pedikelschrauben und Stabsystem sowie autologer Knochenmarkentnahme aus dem Beckenkamm.

Abb. 4 d-f zeigen die knöchern durchbaute Kondyle links. Ankylose C0-C1-rechts (Abb. 4d). Stabsystem in Abb. 4e. Zusätzlich Pedikelschrauben zwischen C2 und C3.

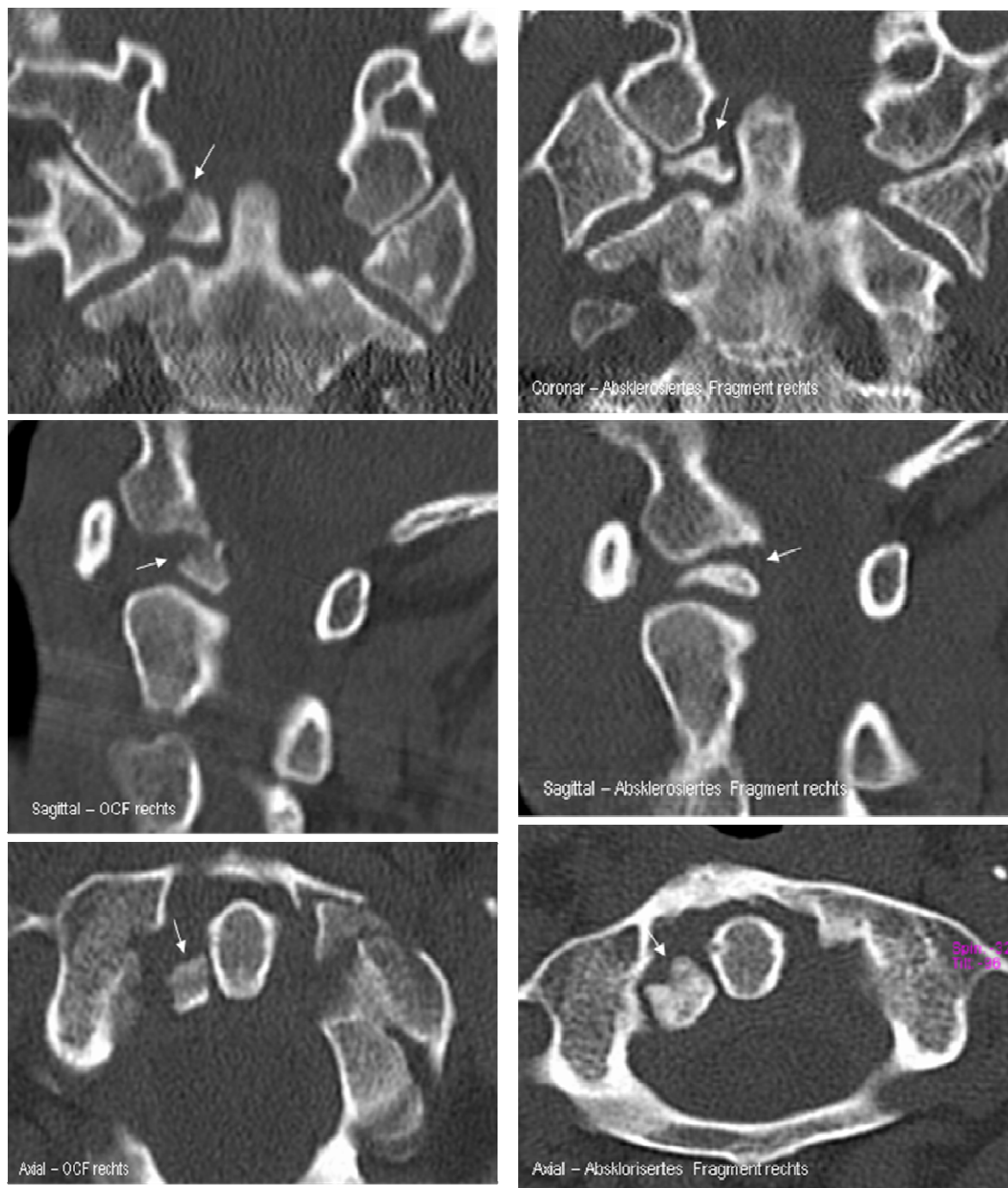


Abb. 5 a-c: Posttrauma

Abb. 5 d-f: Nachuntersuchung

Pat.nr. 9: Beispiel für eine rechtsseitige OKF-Typ 3 (A&M), 2a (Tuli) bzw. Typ 1 (neue Klassifikation) mit Dislokation des Fragments um 4mm Richtung Densspitze. Unfallmechanismus: Bei Gleitfahrt aus Boot gestürzt. Der Patient wurde zunächst mit ASPEN-Kragen versorgt. Nach Entwicklung eines nuchalen Ulcus Umstellung auf Halofixateur. In der Nachuntersuchung zeigt sich das Fragment in absklerisiertem Zustand. Keine sekundäre Dislokation. Keine neurologischen Residuen in der Nachuntersuchung.

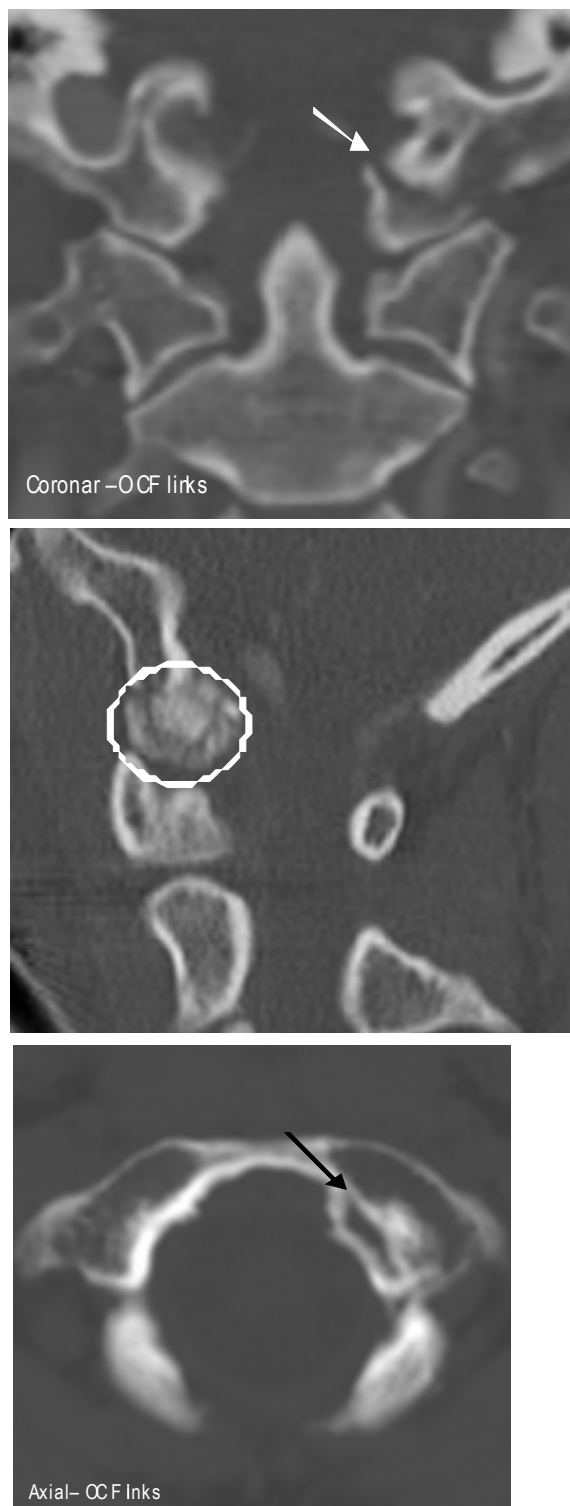


Abb. 6 a-c: Posttrauma

Pat.nr. 5: Beispiel für eine OKF-Typ 1 (A&M), 1 (Tuli) rechts bzw. Typ 1 (neue Klassifikation) mit Impaktionsfraktur der linken Okzipitalkondyle. Horizontaler Frakturverlauf. Unfallmechanismus: Sturz von Pferd.

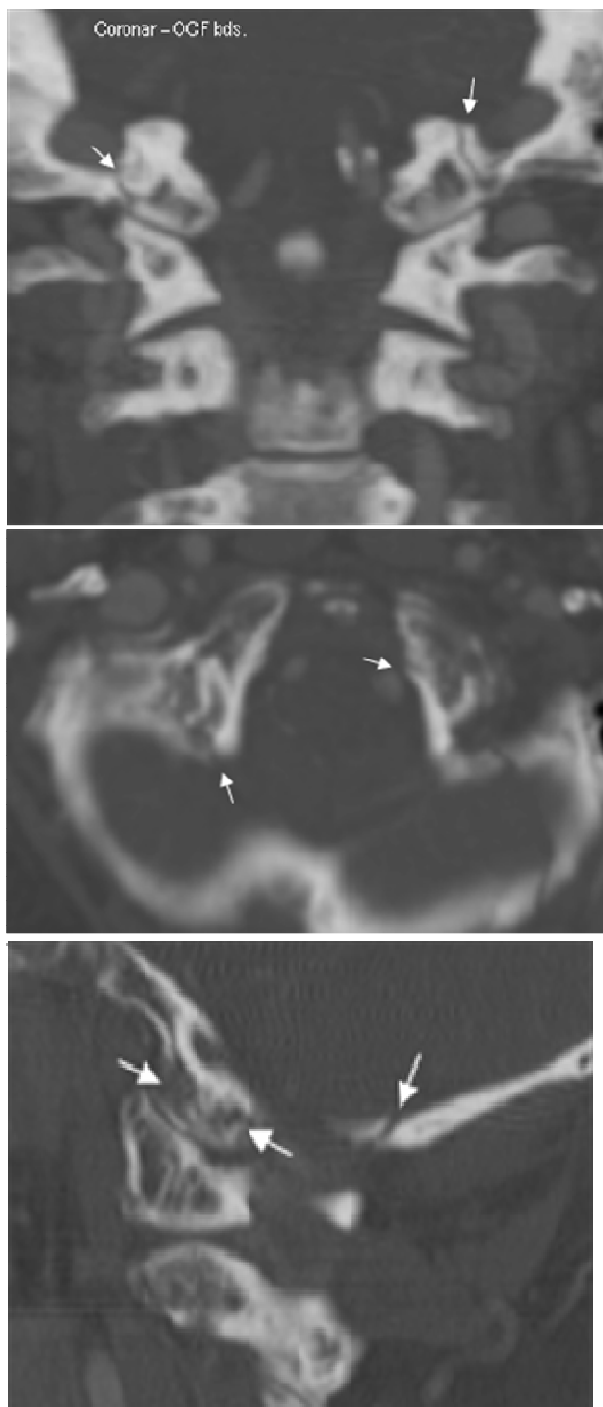


Abb. 7 a-c: Posttrauma

Pat.nr. 12: Beispiel für eine beidseitige OKF-Typ 2 (A&M), 1 (Tuli) bzw. Typ 2 (neue Klassifikation) nach Sturz von der Treppe. ASPEN 6 Wochen.

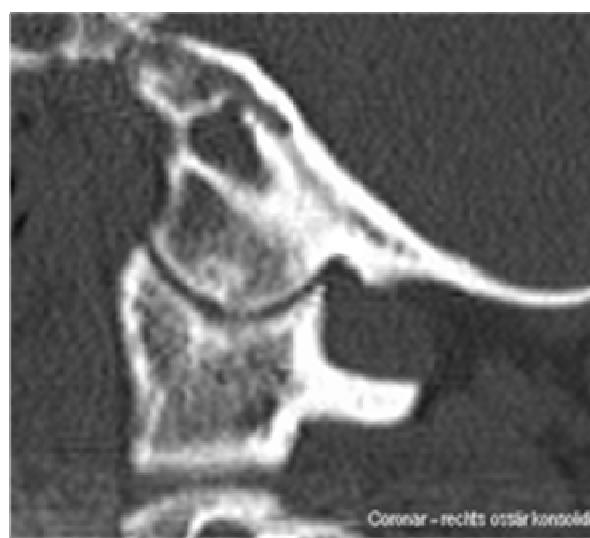
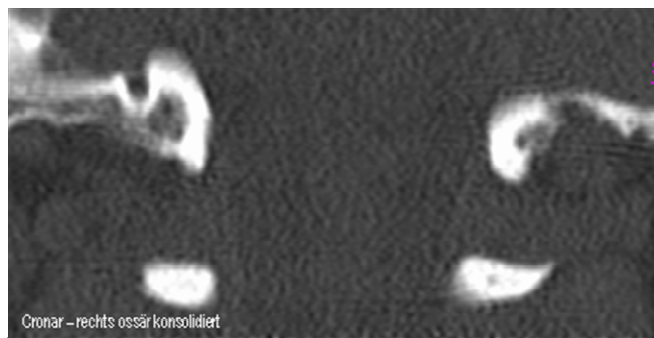
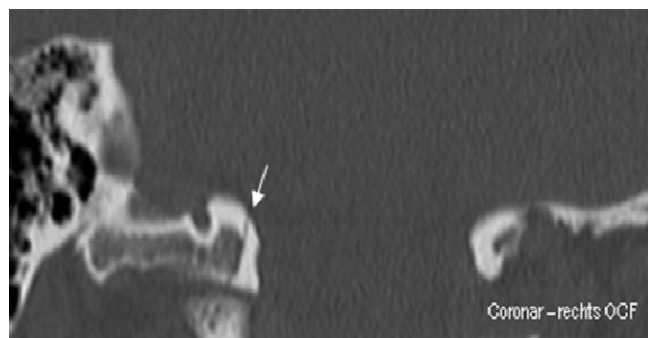


Abb. 8 a-c: Posttrauma

Abb. 8 d-f: Nachuntersuchung

Pat.nr. 7: Beispiel für OKF mit vertikalem Frakturverlauf nach Bagatelltrauma: Typ 2 (A&M), 1 (Tuli) bzw. Typ 1 (neue Klassifikation) nach Sturz auf den Hinterkopf auf einer Eisplatte. In der Nachuntersuchung zeigt sich die Fraktur knöchern vollständig durchbaut.

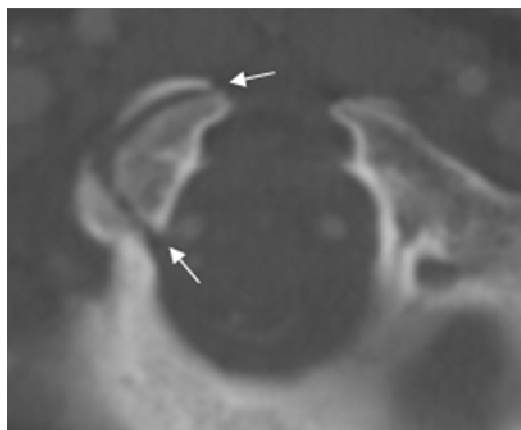
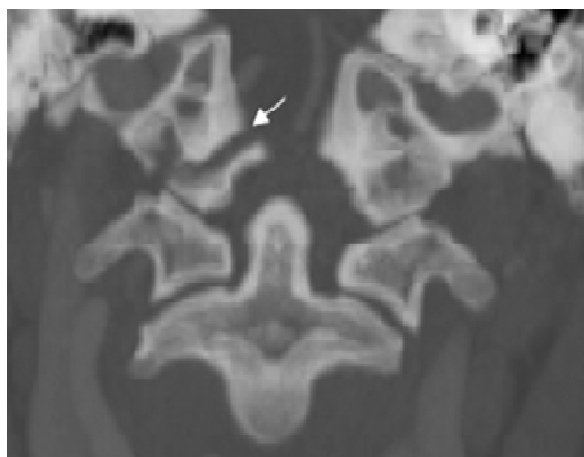


Abb. 9 a-c: Posttrauma

Abb. 9 d-f: Nachuntersuchung

Pat.nr. 1: Beispiel für horizontalen Frakturverlauf. Patient mit rechtsseitiger OKF-Typ 3 (A&M), 2a (Tuli) bzw. Typ 1 (neue Klassifikation). Unfallmechanismus: PKW-Verkehrsunfall. Die rechtsseitige OKF ist in der Nachuntersuchung knöchern konsolidiert.



Abb. 10 a-c: Posttrauma

Abb. 10 d-f: Nachuntersuchung

Pat.nr. 3: Beispiel für einen horizontalen Frakturverlauf. Patient mit linksseitiger OKF-Typ 3 (A&M), 2a (Tuli) bzw. Typ 1 (neue Klassifikation). Unfallmechanismus: PKW-Verkehrsunfall. Halofixateur 6 Wochen bei begleitender C3-Bogenfraktur. In der Nachuntersuchung ist die Fraktur nicht mehr abgrenzbar.

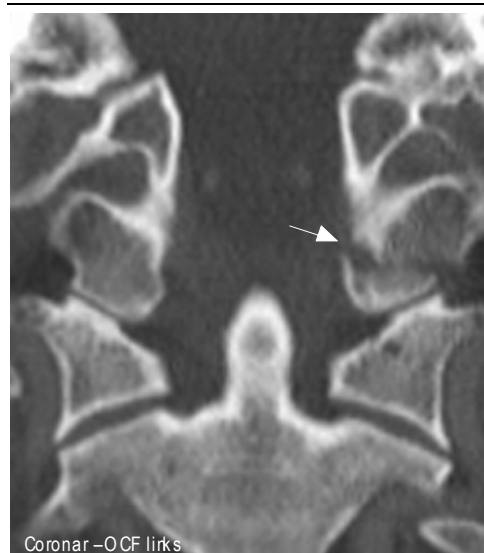


Abb. 11 a-c: Posttrauma

Abb. 11 d-f: Nachuntersuchung

Pat.nr. 10: Weiteres Beispiel für einen horizontalen Frakturverlauf. Patient mit linksseitiger OKF-Typ 3 (A&M), 2a (Tuli) bzw. Typ 1 (neue Klassifikation). PKW-Verkehrsunfall. ASPEN 6 Wochen. In der Nachuntersuchung zeigt sich die OKF knöchern durchbaut.

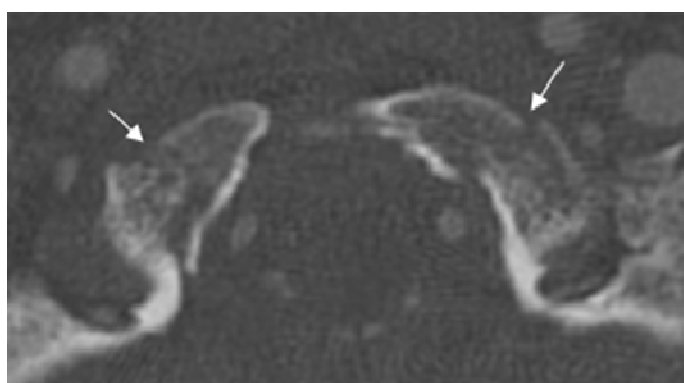
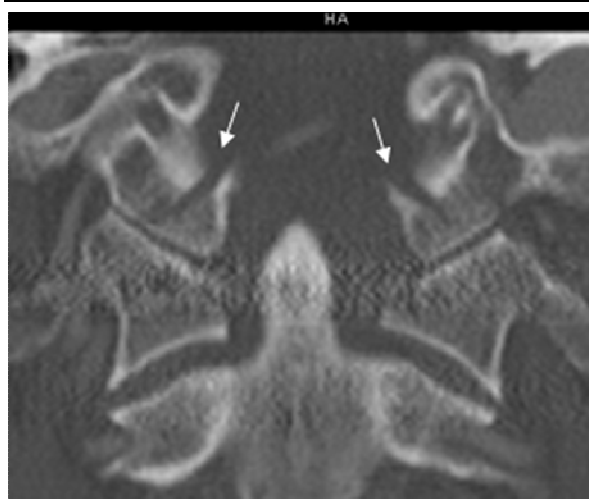


Abb. 12 a-c: Posttrauma

Abb. 12 d-f: Nachuntersuchung

Pat.nr. 25: Beispiel für einen beidseitigen vertikalen Frakturverlauf. Patient mit beidseitiger OKF-Typ 1 (A&M), 1 (Tuli) bzw. Typ 2 (neue Klassifikation). Zusätzlich Clivusfraktur. PKW-Verkehrsunfall. ASPEN 6 Wochen. In der Nachuntersuchung zeigen sich OKF und Clivusfraktur knöchern durchbaut.

9.2 DEMOGRAPHISCHE TABELLE

Pat.-Nr.	Alter	Sex	Seite	AOD	Tetra	Letalität	A&M	Tuli	Neue Kl.	#-Verlauf	Unfall	Intubiert	GCS	Neurologie	HN-Parese	Intrakran. BV	zervikale BV	Σ ISS	Σ NISS	Therapie	NU
1	18	w	rechts	0	0	0	3	2a	1	horizontal	VU PKW	ja	9	nein	nein	SAB	-	17	17	ASPEN 6 Wo.	1
2	26	m	links	0	0	0	3	2a	1	vertikal	Fahrradsturz	nein	15	nein	nein	-	-	9	11	ASPEN 6 Wo.	0
3	32	m	links	0	0	0	3	2a	1	horizontal	VU PKW	nein	15	nein	nein	-	C3-Bogenfraktur	14	17	Halo 6 Wo.	1
4	21	m	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	VU Motorrad	nein	15	nein	nein	-	-	17	17	keine	1
5	42	w	links	0	1	0	1	1	1	horizontal	Sturz v. Pferd	ja	5	ja	Trochlearisparese bds.	SHT / ICB	C5-Bogenfraktur	38	50	ASPEN 6 Wo.	0
6	24	m	links	0	x	1	1	1	1	horizontal	VU PKW	ja	3	unbekannt da stets bewusstlos	unbekannt da stets bewusstlos	SAB / SDB / Einklemmung	-	34	43	Ex. letalis	0
7	47	w	rechts	0	0	0	2	1	1	vertikal	Sturz Hinterkopf auf Eisplatte	nein	15	nein	nein	-	Keilbeinhöhlen-#	13	17	ASPEN 6 Wo.	1
8	19	m	rechts	0	0	0	1	1	1	horizontal	VU PKW	ja	3	nein	nein	SHT III	Felsenbein-#	29	34	ASPEN 6 Wo.	1
9	56	m	rechts	0	0	0	3	2a	1	vertikal	Unfall mit Boot	nein	15	ja	Gefühllosigkeit re. Gesichtshälfte	Com. Cerebri	-	18	18	Halo 4 Wo.	1
10	26	m	links	0	0	0	3	2a	1	horizontal	VU PKW	nein	15	nein	nein	-	HWK 3/4 Luxationsfraktur	13	17	ASPEN 6 Wo.	1
11	41	w	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	VU PKW	ja	15	ja	Trochlearisparese re	SAB	-	41	41	ASPEN 6 Wo.	1
12	59	w	bds.	0	1	0	2/2	1	2	horizontal	Sturz v. Treppe	nein	12	ja	nein	ICB / SDB / SAB	Kalottenimpression occipital	16	34	ASPEN 6 Wo.	0
13	18	m	rechts	0	0	0	1	1	1	horizontal	VU PKW	ja	8	nein	nein	-	-	17	26	ASPEN 6 Wo.	1
14	68	m	links	0	1	1	1	1	1	vertikal	Sturz vom Kirschbaum 3m	nein	15	ja, unterer prim. Querschnitt ab TH 5	nein	ICB	C5-Bogenfraktur	50	50	ASPEN 6 Wo.	0
15	37	m	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	Einklemmung LKW	nein	15	nein	nein	-	Mittelgesichts-#	19	19	ASPEN 6 Wo.	1
16	54	m	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	Verkehrsunfall Motorrad	ja	15	nein	nein	-	C2-Bogenfraktur	29	29	ASPEN 6 Wo.	1
17	52	m	links	1	1	1	3	2b	3	horizontal	Sturz v. Baum (5m)	ja	3	ja, Plegie der UE	nein	SAB	C2-Bogenfraktur	43	43	Halo 6 Wo.	0
18	88	w	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	Sturz aus Rollstuhl	nein	15	nein	nein	Com. Cerebri	-	11	11	ASPEN 6 Wo.	0
19	27	m	rechts	0	0	0	1	1	1	horizontal	VU PKW	nein	15	nein	nein	-	Mittelgesichts-# / Massa lat.-#	14	14	ASPEN 6 Wo.	1
20	17	m	bds.	0	0	0	1/1	1	2	vertikal	Verkehrsunfall Roller	nein	15	nein	nein	Com. Cerebri	-	19	19	ASPEN 6 Wo.	1
21	27	w	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	VU PKW	nein	14	nein	nein	SHT I	-	17	17	ASPEN 6 Wo.	1
22	39	w	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	VU PKW	nein	14	nein	nein	SAB / ICB	Schädel-#	22	27	ASPEN 6 Wo.	1
23	44	m	links	0	0	0	1	1	1	vertikal	VU Motorrad	nein	15	nein	nein	-	-	10	11	ASPEN 6 Wo.	1
24	26	w	links	0	0	0	1	1	1	vertikal	VU PKW	ja	13	nein	nein	-	Schädel-#	17	17	ASPEN 6 Wo.	1
25	55	m	bds.	0	0	0	1/1	1	2	vertikal	VU PKW	ja	8	ja (Hypästhesien untere Extr.)	nein	SHT	-	41	48	ASPEN 6 Wo.	1
26	32	m	links	1	1	0	3	2b	3	horizontal	VU Motorrad	ja	15	ja	nein	Tentoriumblutung	Mittelgesichts-#	34	34	Dorsale Arthrodese & Resektion hinterer Wirbelbogen HWK1	1
27	57	w	links	0	0	0	1	1	1	vertikal	Treppensturz	nein	15	nein	nein	-	Jochebogen-#	17	17	ASPEN 6 Wo.	1
28	23	w	links	0	0	0	1	1	1	vertikal	v. Zug erfasst	nein	13	nein	nein	-	Jochebogen-#	12	12	ASPEN 6 Wo.	1
29	15	m	rechts	1	x	1	1	2b	3	horizontal	VU PKW	ja	3	unbekannt da stets bewusstlos	unbekannt da stets bewusstlos	SAB / SDB / Einklemmung / Pneumocephalus	Mittelgesichts-#	50	50	ASPEN 6 Wo.	0
30	43	m	rechts	0	0	0	1	1	1	vertikal	Überrolltrauma	nein	15	nein	nein	-	Schädelbasis-#	36	43	ASPEN 6 Wo.	1
31	53	m	bds.	0	x	1	2/2	2a	2	horizontal	Tiefladerrampe	ja	3	unbekannt da stets bewusstlos	unbekannt da stets bewusstlos	SAB / SDB / Einklemmung / Pneumocephalus	Schädel-#	64	64	ASPEN 6 Wo.	0

9.3 FRAGEBÖGEN

Spine Tango COMI

Patienten - Selbsteinschätzung



Nacken

2008

Anweisungen

- Benutzen Sie einen weichen #2 Bleistift zur Markierung.
- Pro Frage ist nur eine Antwort erlaubt.
- Felder sind komplett auszufüllen.
- ☐ Pflichtangaben

Nur zum internen Gebrauch:
Nicht vom Scanner gehen.

Nachname	Vorname	Geschlecht
Strasse		Post-Nr.
Postleitzahl	Wohnort	
Beruf	Geburtsdatum (TT.MM.JJJJ)	Telefon

Untersuchungsintervall

- | | | | |
|--|-----------------------------------|--|---|
| ☐ vor Operation | ☐ 3 Monate | ☐ 2 Jahre | z.B. 4 Monate
= 4Mon/12Mon
= 0.33 Jahre |
| ☐ 4 Wochen | ☐ 6 Monate | ☐ 3 Jahre | |
| ☐ 6 Wochen | ☐ 9 Monate | ☐ 4 Jahre | |
| ☐ 2 Monate | ☐ 1 Jahr | ☐ 5 Jahre | |
| | | ☐ anderes Jahre | |

Nackenbeschwerden können zu Nackenschmerzen und/oder Schmerzen im Arm-/Schulterbereich sowie zu Kribbeln, Taubheit oder anderen Missempfindungen in diesen Bereichen führen.

1 Welche Beschwerden belasten Sie am stärksten? Bitte nur ein Kästchen ausfüllen.

- ☐ Schmerzen im Nacken
☐ Schmerzen im Arm/Schulter
☐ Kribbeln, Taubheit oder andere Missempfindungen im Nacken-/Arm-/Schulterbereich
☐ Keine der aufgeführten Beschwerden

2 Bitte markieren Sie in Frage 2a und 2b das Kästchen, das der Intensität Ihrer Schmerzen entspricht, wobei "0" keine Schmerzen und "10" stärkste vorstellbare Schmerzen bedeutet. Wir bitten Sie, zwischen Nacken- und Armschmerzen zu unterscheiden.

2a Wie stark waren Ihre Nackenschmerzen in der letzten Woche?

keine Schmerzen 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 stärkste Schmerzen, die ich mir vorstellen kann

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

2b Wie stark waren Ihre Arm-/Schulerschmerzen in der letzten Woche?

keine Schmerzen 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 stärkste Schmerzen, die ich mir vorstellen kann

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

3 Wie stark haben Ihre Nackenbeschwerden Ihre normalen Aufgaben (Arbeit und zu Hause) in der letzten Woche beeinträchtigt?

- ☐ gar nicht
☐ ein wenig
☐ mässig
☐ erheblich
☐ sehr stark

4 Wie würden Sie sich fühlen, wenn Sie den Rest Ihres Lebens mit Ihren derzeitigen Nackenbeschwerden leben müssten?

- ☐ sehr zufrieden
☐ etwas zufrieden
☐ weder zufrieden noch unzufrieden
☐ etwas unzufrieden
☐ sehr unzufrieden

5 Bitte blicken Sie auf die letzte Woche zurück. Wie würden Sie Ihre Lebensqualität beurteilen?

- ☐ sehr gut
☐ gut
☐ mittelmässig
☐ schlecht
☐ sehr schlecht

Bitte wenden...

Nacken-Behinderungs-Index (Neck disability index, NDI)

Sehr geehrter Patient, sehr geehrte Patientin: Dieser Fragebogen hilft uns, besser zu verstehen, wie Ihre Nackenschmerzen Ihre Fähigkeit, Ihre alltäglichen Tätigkeiten zu meistern, beeinflussen. Bitte markieren Sie in jedem Abschnitt das **eine Kästchen**, das auf Sie zutrifft. Selbst wenn Sie der Meinung sind, dass zwei Aussagen in einem Abschnitt auf Sie zutreffen, markieren Sie bitte das Kästchen, das Ihre derzeitige Situation **am besten** beschreibt.

Abschnitt 1 - Schmerzstärke

- ☐ Zur Zeit habe ich keine Schmerzen.
- ☐ Zur Zeit sind die Schmerzen sehr schwach.
- ☐ Zur Zeit sind die Schmerzen mäßig stark.
- ☐ Zur Zeit sind die Schmerzen ziemlich stark.
- ☐ Zur Zeit sind die Schmerzen sehr stark.
- ☐ Zur Zeit sind die Schmerzen so stark, wie sie nur sein können.

Abschnitt 2 – Persönliche Pflege (Waschen, Anziehen usw.)

- ☐ Ich kann mich normal selbst herrichten, ohne zusätzliche Schmerzen zu verursachen.
- ☐ Ich kann mich normal selbst herrichten, aber dies verursacht zusätzliche Schmerzen.
- ☐ Es ist schmerzhaft, mich selbst herzurichten, und ich bin langsam und vorsichtig.
- ☐ Ich benötige etwas Hilfe, kann aber meine persönliche Pflege überwiegend selbst bewältigen.
- ☐ Ich benötige jeden Tag Hilfe für den Großteil meiner persönlichen Pflege.
- ☐ Ich ziehe mich nicht an. Ich wasche mich, doch dies ist schwierig, und ich bleibe im Bett.

Abschnitt 3 - Heben

- ☐ Ich kann schwere Gewichte ohne zusätzliche Schmerzen heben.
- ☐ Ich kann schwere Gewichte heben, aber dies verursacht zusätzliche Schmerzen.
- ☐ Wegen der Schmerzen kann ich schwere Gewichte nicht vom Boden aufheben, aber ich komme zurecht, wenn Gegenstände leicht zu erreichen sind, z.B. auf einem Tisch stehen.
- ☐ Wegen der Schmerzen kann ich schwere Gewichte nicht heben, aber ich kann leichte Gewichte bewältigen, wenn sie leicht zu erreichen sind.
- ☐ Ich kann nur sehr leichte Gewichte heben.
- ☐ Ich kann nichts heben oder tragen.

Abschnitt 4 - Lesen

- ☐ Ich kann soviel lesen, wie ich will, ohne Nackenschmerzen zu bekommen.
- ☐ Ich kann soviel lesen, wie ich will, mit leichten Nackenschmerzen.
- ☐ Ich kann soviel lesen, wie ich will, mit mäßigen Nackenschmerzen.
- ☐ Wegen mäßiger Nackenschmerzen kann ich nicht soviel lesen, wie ich will.
- ☐ Wegen starker Nackenschmerzen kann ich nicht soviel lesen, wie ich will.
- ☐ Ich kann überhaupt nicht lesen.

Abschnitt 5 - Kopfschmerzen

- ☐ Ich habe überhaupt keine Kopfschmerzen.
- ☐ Ich habe leichte Kopfschmerzen, die selten auftraten.
- ☐ Ich habe mäßig starke Kopfschmerzen, die selten auftraten.
- ☐ Ich habe mäßig starke Kopfschmerzen, die häufig auftraten.
- ☐ Ich habe starke Kopfschmerzen, die häufig auftraten.
- ☐ Ich habe fast immer Kopfschmerzen.

Abschnitt 6 - Konzentration

- ☐ Ich kann mich ohne Schwierigkeiten voll konzentrieren, wenn ich will.
- ☐ Ich kann mich mit leichten Schwierigkeiten voll konzentrieren, wenn ich will.
- ☐ Ich habe ziemliche Schwierigkeiten, mich zu konzentrieren, wenn ich will.
- ☐ Ich habe viele Schwierigkeiten, mich zu konzentrieren, wenn ich will.
- ☐ Ich habe große Schwierigkeiten, mich zu konzentrieren, wenn ich will.
- ☐ Ich kann mich überhaupt nicht konzentrieren.

Abschnitt 7 - Arbeiten

- ☐ Ich kann soviel arbeiten, wie ich will.
- ☐ Ich kann nur meine normale Arbeit leisten, aber nicht mehr.
- ☐ Ich kann den Großteil meiner normalen Arbeit leisten, aber nicht mehr.
- ☐ Ich kann meine normale Arbeit nicht leisten.
- ☐ Ich kann fast gar keine Arbeit leisten.
- ☐ Ich kann überhaupt nicht arbeiten.

Abschnitt 8 - Autofahren

- ☐ Ich kann meinen Wagen ohne jegliche Arm-/Nackenschmerzen fahren.
- ☐ Ich kann meinen Wagen mit leichten Schmerzen im Arm/Nacken solange fahren, wie ich will.
- ☐ Ich kann meinen Wagen mit mäßig starken Schmerzen im Arm/Nacken solange fahren, wie ich will.
- ☐ Wegen mäßig starker Schmerzen im Arm/Nacken kann ich meinen Wagen nicht solange fahren, wie ich will.
- ☐ Wegen starker Schmerzen im Nacken/Arm kann ich meinen Wagen kaum fahren.
- ☐ Wegen der Schmerzen im Nacken/Arm kann ich meinen Wagen überhaupt nicht fahren.

Abschnitt 9 - Schlafen

- ☐ Ich habe keine Schlafprobleme.
- ☐ Mein Schlaf ist leicht gestört (weniger als 1 Stunde Schlaflosigkeit).
- ☐ Mein Schlaf ist etwas gestört (1-2 Stunden Schlaflosigkeit).
- ☐ Mein Schlaf ist mäßig gestört (2-3 Stunden Schlaflosigkeit).
- ☐ Mein Schlaf ist stark gestört (3-5 Stunden Schlaflosigkeit).
- ☐ Mein Schlaf ist völlig gestört (5-7 Stunden Schlaflosigkeit).

Abschnitt 10 - Freizeit

- ☐ Ich kann all meinen Freizeitaktivitäten ohne Nacken-/Arm-Schmerzen nachgehen.
- ☐ Ich kann all meinen Freizeitaktivitäten mit leichten Nacken-/Arm-Schmerzen nachgehen.
- ☐ Wegen der Schmerzen im Nacken/Arm kann ich den meisten meiner normalen Freizeitaktivitäten nachgehen, aber nicht allen.
- ☐ Wegen der Schmerzen im Nacken/Arm kann ich nur einigen meiner normalen Freizeitaktivitäten nachgehen.
- ☐ Wegen der Schmerzen im Nacken/Arm kann ich kaum Freizeitaktivitäten nachgehen.
- ☐ Wegen der Schmerzen im Nacken/Arm kann ich überhaupt keinen Freizeitaktivitäten nachgehen.

Initialen des Teilnehmers: ____ Datum: ____/____/____ (TT/MM/JJJJ)

Fragebogen zum allgemeinen Gesundheitszustand SF 36

In diesem Fragebogen geht es um die Beurteilung Ihres Gesundheitszustandes, wie Sie sich fühlen und wie Sie im Alltag zurechtkommen.

Bitte beantworten Sie jede der Fragen, indem Sie bei den Antwortmöglichkeiten das grau unterlegte Feld ankreuzen, das am besten auf Sie zutrifft.

Name: Vorname: Datum:

	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	Weniger gut	Schlecht
1.) Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beschreiben?					

	Derzeit viel besser	Derzeit etwas besser	Etwa wie vor einem Jahr	Derzeit etwas schlechter	Derzeit viel schlechter
2.) Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?					

Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.			
3.) Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
3a) anstrengende Tätigkeiten, z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben			
3b) mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, Kegeln, Golf spielen			
3c) Einkaufstaschen heben oder tragen			
3d) mehrere Treppenabsätze steigen			
3e) einen Treppenabsatz steigen			
3f) sich beugen, knien, bücken			
3g) mehr als 1km zu Fuß gehen			
3h) mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen			
3i) eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen			
3j) sich baden oder anziehen			

4.) Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja	Nein
4a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein		
4b) Ich habe weniger geschafft als ich wollte		
4c) Ich konnte nur bestimmte Dinge tun		
4d) Ich hatte Schwierigkeiten bei der Durchführung		

5.) Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer seelischen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlen)?	Ja	Nein
5a) Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein		
5b) Ich habe weniger geschafft als ich wollte		
5c) Ich konnte nicht so sorgfältig wie üblich arbeiten		

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

	Keine Schmerzen	Sehr leicht	Leicht	Mäßig	Stark	Sehr stark
7.) Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?						

	Überhaupt nicht	Ein bisschen	Mäßig	Ziemlich	Sehr
8.) Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagstätigkeiten zu Hause und im Beruf behindert?					

In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile das Kästchen an, das am ehesten Ihrem Befinden entspricht)	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
9.) Wie oft waren Sie in den vergangenen 4 Wochen...						
9a) ...voller Schwung?						
9b) ...sehr nervös?						
9c) ...so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheutern konnte?						
9d) ...ruhig und gelassen?						
9e) ...voller Energie?						
9f) ...entmutigt und traurig?						
9g) ...erschöpft?						
9h) ...glücklich?						
9i) ...müde?						

	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?					

11.) Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?	Trifft ganz zu	Trifft weitgehend zu	Weiß nicht	Trifft weitgehend nicht zu	Trifft überhaupt nicht zu
11a) Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden					
11b) Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne					
11c) Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt					
11d) Ich erfreue mich ausgezeichneten Gesundheit					

Im Folgenden finden Sie drei abschließende Fragen zu Schluckbeschwerden sowie zu Ihrer Arbeitsfähigkeit. Frage 1), die Fragen 2) und 3) durch Ankreuzen der jeweils zutreffenden Antwort beantworten.

- 1. Leiden Sie seit ihrem Unfall unter Schluckbeschwerden und wenn ja, wie stark waren diese in der vergangenen Woche auf folgender Skala (0=keine Beschwerden; 10=stärkste Einschränkung, kein Schlucken möglich)? Bitte zutreffenden Punktwert markieren.**



- 2. Sind Sie zum jetzigen Zeitpunkt wieder in Ihrem alten Beruf tätig? Zutreffendes ankreuzen.**

- ☐ ja
- ☐ nein

- 3. In welchem Zeitraum nach dem Unfall wurden Sie wieder arbeitsfähig geschrieben? Zutreffendes ankreuzen.**

- ☐ Unmittelbar nach dem Unfall
- ☐ 0-4 Wochen nach dem Unfall
- ☐ 1-3 Monate nach dem Unfall
- ☐ 3-6 Monate nach dem Unfall
- ☐ 6-12 Monate nach dem Unfall
- ☐ bis heute arbeitsunfähig

10 DANKSAGUNG

Herrn Professor Dr. med. M. Nerlich danke ich herzlich für die Möglichkeit der Durchführung vorliegender Studie an der von ihm geleiteten Abteilung für Unfallchirurgie der Universitätsklinik Regensburg.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. F.-J. Müller für die Betreuung (auch an manchem Wochenende), den guten Kontakt und für die aufgebrachte Geduld. Er wusste mich in den richtigen Momenten zu motivieren.

Herrn Priv.-Doz. Dr. med. J. Marienhagen und Frau L. Cojocaru danke ich für die statistische Beratung.

Herrn Walter Ohla danke ich für die Hilfestellung bei der Softwareorganisation zur statistischen Bearbeitung.

Schließlich danke ich meinen Eltern, die mich in jeder Hinsicht unterstützten.