



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Fakultät für Medizin

Neurochirurgische Klinik und Poliklinik

(Direktor: Prof. Dr. Bernhard Meyer)

**Prognostische Abschätzung der Mortalität bei der neurochirurgischen
Behandlung von über 90-jährigen Patienten mit traumatischen
Kopf- und/oder Wirbelsäulenverletzungen**

Paulina Maria Rothlauf

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen
Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktors der Zahnheilkunde

genehmigten Dissertation.

Vorsitzende(r): Prof. Dr. Jürgen Schlegel

Prüfende/-r der Dissertation: 1. apl. Prof. Dr. Jens Lehmborg
2. Prof. Dr. Peter Biberthaler

Die Dissertation wurde am 16.05.2019 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 08.10.2019 angenommen.

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	V
1 Einleitung	8
1.1 Epidemiologische Überlegungen	8
1.1.1 Bevölkerungsalterung.....	8
1.1.2 Definition Alter.....	8
1.1.3 Alterung im Gesundheitssystem.....	8
1.2 Multimorbidität und Komorbidität	10
1.2.1 Definition Multimorbidität.....	10
1.2.2 Definition Komorbidität.....	11
1.2.3 Komorbiditätsindices:.....	11
1.3 Neurochirurgische Trauma-Patienten	12
1.3.1 Traumatische Kopfverletzungen.....	12
1.3.2 Traumatische Wirbelsäulenverletzungen.....	19
1.3.3 Besonderheiten neurochirurgischer Intensivmedizin.....	25
2 Fragestellung	26
3 Material und Methoden	28
3.1 Patientenkollektiv	28
3.2 Datenerhebung	28
3.3 Aufbereitung der Patientendaten	29
3.4 Statistische Methoden	35
4 Ergebnisse	37
4.1 Deskriptive Statistik	37
4.1.1 Demographische Patientencharakteristika.....	37
4.1.2 Untersuchungsparameter.....	38
4.2 Gesamtmortalität	43
4.2.1 Cox-Regressionsanalyse für die Gesamtmortalität.....	43

4.2.2	Kaplan-Meier Analyse für das Gesamtüberleben	46
4.3	30-Tages-Mortalität	49
4.3.1	Cox-Regressionsanalyse für die 30-Tages-Mortalität	49
4.3.2	Kaplan-Meier-Analyse für das Überleben der 30-Tages-Frist	52
4.4	Nebenaspekt: Ort der Entlassung	53
5	Interpretation und Diskussion	56
5.1	Diskussion der Ergebnisse	57
5.1.1	Deskriptive Analysen	57
5.1.2	Einflussfaktoren auf die Mortalität	58
5.2	Limitationen	65
5.3	Fazit und Ausblick	66
6	Zusammenfassung	67
7	Literaturverzeichnis	68
8	Anhang/Anlagen:	68
8.1	Indices:	84
8.1.1	Barthel-Index und die in ihm enthaltenen Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL)	84
8.1.2	Charlson Comorbidity Index	85
8.1.3	Geriatric Index of Comorbidity	86
8.2	Multivariates Modell der Cox-Regression unter Berücksichtigung der ADL-Anzahl	89
8.2.1	Gesamtmortalität	89
8.2.2	30-Tages-Mortalität	90
9	Veröffentlichung von Teilergebnissen dieser Arbeit	91
10	Danksagung	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: cCT-Befund eines aSDHs, rechts parieto-okzipital, neurochirurgische Klinik des Klinikums rechts der Isar	14
Abbildung 2: cCT-Befund eines cSDHs, bihemisphärisch rechtsbetont über doppelte Kalottenbreite mit Mittellinienverlagerung, neurochirurgische Klinik des Klinikums rechts der Isar	14
Abbildung 3: CT-Befund einer Dens-Fraktur (C2), Anderson und D´Alonzo Typ II, neurochirurgische Klinik des Klinikums rechts der Isar	21
Abbildung 4: Fallzahl des Patientenguts pro Jahr im Zeitraum von 2006-2016	37
Abbildung 5: Dominierende Symptomatik der traumatischen Verletzung (Angabe der Fallzahl)	38
Abbildung 6: Aufschlüsselung der Diagnosen innerhalb der traumatischen Wirbelsäulenverletzungen	38
Abbildung 7: Aufschlüsselung der Diagnosen innerhalb der traumatischen Kopfverletzungen	38
Abbildung 8: Therapieart in Bezug auf die Traumakategorie	39
Abbildung 9: Kaplan-Meier Kurve der Überlebenszeit bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv	46
Abbildung 10: Kaplan-Meier Kurven der Überlebenszeit in Abhängigkeit von der Traumakategorie	47
Abbildung 11: Kaplan-Meier Kurven der Überlebenszeit in Abhängigkeit von der Therapie	48
Abbildung 12: Überlebensrate innerhalb der 30-Tages-Frist nach der Kaplan-Meier Analyse in Abhängigkeit von der Therapie	52
Abbildung 13: Entlassungsort nach stationärem Aufenthalt (Angabe von Anzahl und Prozentsatz)	53
Abbildung 14: Überlebenszeit nach der Kaplan-Meier Analyse differenziert nach dem Entlassungsort	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Punktberechnung in der GCS modifiziert nach Teasdale and Jennett 1974.....	15
Tabelle 2: Klassifikation und Therapieempfehlungen für Verletzungen der oberen Halswirbelsäule	22
Tabelle 3: Klassifikation und Therapieempfehlungen für Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule und der thorakolumbalen Wirbelsäule	23
Tabelle 4: Darstellung des Signifikanzniveaus.....	35
Tabelle 5: Hintergründe für die Ablehnung der operativen Therapie	40
Tabelle 6: GCS-Werte bzgl. der Traumakategorie und Therapie.....	41
Tabelle 7: Analysen zu den Blutwerten (Laborparameter: Kreatinin, CRP, Hb)	42
Tabelle 8: Auswertung der Komorbiditäten in den Komorbiditätsindices CACI, GIC, DC, CPS.....	42
Tabelle 9: Univariate Cox-Regression für die Gesamtmortalität	43
Tabelle 10: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die Gesamtmortalität	45
Tabelle 11: Univariate Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität	49
Tabelle 12: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität.....	51
Tabelle 13: Univariate Cox-Regression für die Gesamtmortalität des Nebenaspekts Entlassung	54
Tabelle 14: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die Gesamtmortalität mit Einschluss der ADL-Anzahl.....	89
Tabelle 15: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität mit Einschluss der ADL-Anzahl.....	90

Abkürzungsverzeichnis

A	ADL	Activities of Daily Living (englisch für Aktivitäten des täglichen Lebens)	
	AK	Antikoagulation	
	aSDH	acute subdural hematoma (englisch für akutes subdurales Hämatom)	
	ATLS	Advanced Trauma Life Support	
	AV-Block	atrioventrikulärer Block	
	AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.	
	B	BMI	Body-Mass-Index
	bsp.	beispielsweise	
	bzgl.	bezüglich	
	bzw.	beziehungsweise	
C	C	HWS-Fraktur(en) (cervical), ausgenommen sind C1- oder C2-Fraktur(en)	
	C1	C1-Fraktur	
	C2	C2-Fraktur	
	CACI	Charlson Age-Comorbidity Index / age-adjusted Charlson Comorbidity Index	
	CCI	Charlson (Comorbidity) Index	
	CI	Konvidenzintervall	
	CMI	Case Mix Index (englisch für Fallschwere-Index)	
	COPD	Chronic obstructive pulmonary disease (englisch für chronisch obstruktive Lungenerkrankung)	
	CPR	Cardiopulmonary resuscitation (englisch für kardiopulmonale Reanimation)	
	CPS	Comorbidity-Polypharmacy Score	
	CRP	C-reaktives Protein	
	cSDH	chronic subdural hematoma (englisch für chronisches subdurales Hämatom)	
		CT	Computertomographie
	D	DC	Diagnosis Count (Index)

	DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
	DM	Diabetes mellitus
	DRG	Diagnosis Related Group (englisch für diagnosebezogene Fallgruppe)
E	EEG	Elektroenzephalographie
	EKG	Elektrokardiogramm
	engl.	englisch
F	fallspez.	fallspezifisch
G	GCS	Glasgow Coma Scale
	ggf.	gegebenenfalls
	GGT	Gamma-GT
	GIC	Geriatric Index of Comorbidity
	GPT	Glutamat-Pyruvat-Transaminase
H	Hb	Hämoglobin
	HR	Hazard Ratio
I	ICH	intracerebral hemorrhage (englisch für intrazerebrale Blutung)
	ICP	intracranial pressure (englisch für intrakranieller Hirndruck)
	IDS	Individual Disease Severity (englisch für individuelle Erkrankungsschwere)
	inkompl.	inkomplett
	IQR	Inter-Quartile Range (englisch für Interquartilsabstand)
K	kompl.	komplett
	Krea	Kreatinin
L	L	LWS-Fraktur(en) (lumbal)
M	Max.	Maximum
	Min.	Minimum
	Modifik.	Modifikator(en)
	mögl.	möglich
	MRI	München rechts der Isar
	MRT	Magnetresonanztomographie
N	neurolog.	neurologisch
	NSTEMI	Nicht-ST-Hebungs-Myokardinfarkt

	NYHA	New York Heart Association
O	OP	Operation
P	paVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
R	RR	relatives Risiko
S	SAB	Subarachnoidalblutung
	SA-Block	sinuatrialer-Block
	SDH	subdural hematoma (englisch für subdurales Hämatom)
	SHT	Schädel-Hirn-Trauma
	STEMI	ST-Hebungs-Myokardinfarkt
T	T	BWS-Fraktur(en) (thorakal)
	TIA	Transitorische Ischämische Attacke
	Trauma-Kombination	Kombination aus einer traumatischen Kopf- und Wirbelsäulenverletzung
	Trauma-Kopf	traumatische Kopfverletzung
	Trauma-WS	traumatische Wirbelsäulenverletzung
W	WHO	World Health Organization
	WS	Wirbelsäule
Z	z. B.	zum Beispiel
	z. T.	zum Teil

1 Einleitung

1.1 Epidemiologische Überlegungen

1.1.1 Bevölkerungsalterung

In Deutschland verändert sich die Altersstruktur der Bevölkerung erheblich zugunsten einer steigenden Anzahl an alten im Verhältnis zu jungen Menschen. Dies ist zurückzuführen auf die steigende Lebenserwartung und die rückgängige Geburtenanzahl (Fiedler, Grünheid, & Sulak, 2017; Robert-Koch-Institut, 2015). Dabei war bereits 2016 20 % der Bevölkerung in Deutschland mindestens 65 Jahre alt. Vergleichsweise dazu betrug der Wert 1871 nur 5% und er wird voraussichtlich auf 32 % im Jahre 2060 ansteigen. Im Rahmen des Alterungsprozesses der Bevölkerung wird die Gruppe der Hochbetagten ab 80 Jahren am stärksten zunehmen von derzeit 4,5 Millionen Menschen in Deutschland auf knapp zehn Millionen zur Mitte des Jahrhunderts. (Grünheid & Sulak, 2016)

1.1.2 Definition Alter

Für die Lebensphase „Alter“ gibt es keine einheitliche Definition. Der Beginn wird oft mit dem Eintritt in den gesetzlichen Ruhestand gleichgesetzt, für den bis 2012 ein Alter von 65 Jahren festgelegt war (Robert-Koch-Institut, 2015).

Dieser Lebensabschnitt wurde von B. Neugarten weiter unterteilt in die Gruppe „Young-Old“ - Personen eines Alters von 55-74 Jahren - und „Old-Old“- Personen ab dem 75. Lebensjahr (Neugarten & Neugarten, 1996).

Der englischsprachige Begriff „Oldest Old“ kann im Deutschen mit dem Ausdruck Hochaltrigkeit übersetzt werden, deren Beginn ab einem Alter von 85 Jahren festgelegt ist (Rott & Jopp, 2012; Suzman & Willis, 1995).

1.1.3 Alterung im Gesundheitssystem

Inanspruchnahme von Leistungen

Im Gesundheitssystem unterscheiden sich die Behandlungsschwerpunkte von alten und jungen Patienten. Bei älteren Menschen treten z. B. chronische Erkrankungen verstärkt auf (Robert-Koch-Institut, 2015) und die stationäre Behandlung gewinnt an Bedeutung: In der stationären Behandlung verzeichnete sich von 2000 bis 2013 ein Plus an Patientenfällen von etwa 21 % für Frauen und 52 %

für Männer, die 65 Jahre und älter waren, wohingegen der Anstieg für alle Altersgruppen mit knapp 10 % geringer ausfiel (Robert-Koch-Institut, 2015; Statistisches-Bundesamt, 2016). Somit wird sich auch die Chirurgie - mit einbezogenen der Neurochirurgie - im Rahmen der Bevölkerungsalterung immer mehr zur Alterschirurgie entwickeln.

Das klinische Problem

Diese demographische Entwicklung wird unter anderem eine große Herausforderung für den Gesundheitssektor darstellen. Denn mit zunehmendem Alter steigt die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen von Erkrankungen und Multimorbidität lässt sich vermehrt beobachten (St Sauver et al., 2015). So zeigten Ergebnisse der GEDA-Studie 2009 zur Multimorbidität, dass über 25 % (34,6 % Frauen und 25,9 % Männer) in der Altersgruppe ab 75 Jahren an fünf und mehr Erkrankungen gleichzeitig litten (Fuchs, Busch, Lange, & Scheidt-Nave, 2012). Somit wird der Bedarf an der medizinischen Versorgung und Pflege von Patienten in höherem Lebensalter umso mehr zunehmen (Grünheid & Sulak, 2016; Robert-Koch-Institut, 2015; Schumpelick & Willis, 2015). Medizinisch ist die Behandlung multimorbider Patienten jedoch komplex. Es müssen zum einen Wechselbeziehungen zwischen gleichzeitig vorliegenden Erkrankungen bedacht werden und zum anderen muss die meist große Anzahl an Medikamenten aufeinander abgestimmt werden. Hinzu kommt, dass sich die Wirkung und Verstoffwechslung vieler Medikamente im Alter ändert (Robert-Koch-Institut, 2015).

Ein weiteres Problem ist die Regenerationsfähigkeit im Alter. Bsp. haben Unfälle für ältere Personen schwerwiegendere Folgen als für Menschen im jüngeren Alter. Nach Stürzen - die im Alter vermehrt auftreten - kommt es aufgrund der verminderten Knochendichte leichter zu Knochenbrüchen mit einer schlechteren Heilungstendenz und einer langfristigeren Einschränkung (Robert-Koch-Institut, 2015; Schumpelick & Willis, 2015). Auch die Zahl der Unfallopfer, die nicht überlebt, steigt mit dem Alter an. Dies ist aus den Angaben des statistischen Bundesamtes von 2015 ersichtlich (ICD-10: V01-X59). Im Jahr 2017 starben insgesamt mehr als dreimal so viele Menschen im Alter ab 65 Jahren (19 861) aufgrund eines Unfalls als in der Alterskategorie bis zu 65 Jahren (5 872) (Statistisches-Bundesamt, 2017b).

Aus ethisch medizinischer Sicht steht betagten Patienten die gleiche optimale Behandlung zu wie jüngeren Patienten ohne Rücksicht auf die Kosten (Bundesärztekammer, 2018) und es hat sich gezeigt, dass man eine Operation nicht allein wegen eines fortgeschrittenen Alters ablehnen darf (Fridriksson, Hillman, Saveland, & Brandt, 1995). Trotzdem müssen aus rein ökonomischer Perspektive die Möglichkeiten der chirurgischen Versorgung älterer Menschen als Belastung betrachtet werden. Dies ergibt sich aus den durch die Multimorbidität verursachten Zusatzaufwendungen wie bsp. einer längeren stationärer Verweildauer wie auch aus der notwendigen akkuraten perioperativen Überwachung und Pflege (Librero, Peiro, & Ordinana, 1999; Watters, 2002). Daher muss für entsprechende Eingriffe bei hochaltrigen Patienten jeweils die Sinnhaftigkeit der Behandlung - eine Verlängerung des Lebens oder eine Steigerung der Lebensqualität - verifiziert werden. Dies betrifft auch die Fachdisziplin Neurochirurgie (Shimoda et al., 2014).

1.2 Multimorbidität und Komorbidität

Inkonsistenz und die undifferenzierte Verwendung der Begriffe Multimorbidität und Komorbidität ist häufig zu beobachten (Valderas, Starfield, Sibbald, Salisbury, & Roland, 2009). Oft werden die beiden Begriffe synonym verwendet, obwohl ihnen eine unterschiedliche Bedeutung zu Grunde liegt (Yancik et al., 2007).

1.2.1 Definition Multimorbidität

Die bereits angesprochene Multimorbidität wird allgemein als das gemeinsame Auftreten verschiedener Erkrankungen definiert, wobei dabei nicht ausdrücklich nur chronische Leiden mit eingeschlossen sind (van den Akker, Buntinx, & Knottnerus, 1996). Dennoch findet sich in der Literatur der weitgehende Konsens, sich bei der Erfassung der Multimorbidität oder der Komorbidität prinzipiell auf chronische Krankheitszustände zu beschränken (Marengoni, Winblad, Karp, & Fratiglioni, 2008; Rijken, van Kerkhof, Dekker, & Schellevis, 2005).

1.2.2 Definition Komorbidität

Der erstmals von Feinstein gebrauchte Begriff Komorbidität steht im Gegensatz zur Multimorbidität für die Existenz zusätzlicher Begleiterkrankungen zu einer dominanten Hauptdiagnose, die den therapeutischen Schwerpunkt bildet. Dabei können eine oder mehrere zusätzliche Erkrankungen die Grunderkrankung sowohl diagnostisch als auch in der Therapie und Prognose beeinflussen (Feinstein, 1970).

1.2.3 Komorbiditätsindices:

Die Bewertung der Komorbiditäten hinsichtlich ihrer prognostischen Bedeutung ist wiederum wichtig für die objektive Einschätzung der Komorbidität und hilft beim Festlegen der therapeutischen Zielsetzung. Sie ist demnach unerlässlich für die Entscheidungsfindung bei der Therapiewahl (Extermann, 2000; Hall, 2006; Kaplan & Feinstein, 1974; Sorrow et al., 2005). Ein standardisiertes Vorgehen, um Komorbiditäten zu erfassen und ihre prognostische Relevanz anhand einer Risikoeinschätzung zu ermöglichen, existiert dabei nicht. Stattdessen gibt es eine Vielzahl an Komorbiditätsindices mit heterogenem methodischem Hintergrund. Diese Bewertungssysteme unterscheiden sich im Hinblick auf Auswahl, Anzahl und Gewichtung der Begleiterkrankungen. Zudem ist nicht zu vergessen, dass die Komorbiditätsindices teilweise an ausgewählten Studienpopulationen mit einer definierten Grunderkrankung entwickelt wurden (de Groot, Beckerman, Lankhorst, & Bouter, 2003).

1.3 Neurochirurgische Trauma-Patienten

Die vorausgegangenen Erläuterungen gelten auch für Patienten aus dem neurochirurgischen Fachbereich. Der nächste Abschnitt gibt einen Überblick über die Traumatologie in der Neurochirurgie.

1.3.1 Traumatische Kopfverletzungen

Epidemiologie und Definition

Durch äußere Gewalt kann ein Schädel-Hirn-Trauma (SHT) verursacht werden, was per definitionem eine morphologische Verletzung des Gehirns mit oder ohne Funktionsstörung bedeutet (Pervez, Kitagawa, & Chang, 2018). Stürze verursachen über die Hälfte (52,5 %) der SHT in Deutschland gefolgt von Verkehrsunfällen (26,3 %), welche in anderen Ländern im Regelfall die Hauptursache darstellen (Rickels, von Wild, & Wenzlaff, 2010). In etwa 75 % der Fälle weisen die Patienten Begleitverletzungen auf, bsp. haben etwa 8 % von ihnen zusätzlich eine Verletzung an der Wirbelsäule (Leong, Mazlan, Abd Rahim, & Ganesan, 2013; Rickels et al., 2010).

Unterschieden wird einerseits das geschlossene/gedeckte SHT von der offenen/penetrierenden Hirnverletzung, bei der die Dura mater eingerissen ist (Oehmichen, 1995). Andererseits werden die unmittelbar durch die Gewalteinwirkung verursachten Primärschäden von den später auftretenden Sekundärschäden pathophysiologisch am Gehirn voneinander abgegrenzt (Ghajar, 2000). Die oft überwiegenden Sekundärschäden sind abhängig von der Kreislaufsituation und entstehen durch eine Reaktionskaskade (Maas, Stocchetti, & Bullock, 2008), deren rasche Abmilderung das eigentliche therapeutische Ziel darstellt (Maas et al., 1997; Schewe & Adebahr, 1970).

Diagnostik

Anamnese und klinisch-neurologische Untersuchung liefern erste Anhaltspunkte für das Vorliegen und das Ausmaß einer Schädel-Hirn-Verletzung. Unabdingbar ist die Abschätzung der Bewusstseinslage sowie die Kontrolle der Pupillenfunktion (Gabriel et al., 2002; Tien et al., 2006). Überdies sollte an Armen und Beinen eine seitendifferente motorische Funktionsdiagnostik erfolgen und außerdem bei vorhandenem Bewusstsein Prüfungen zu Hirnnervenfunktion, Koordination, Orientierung, Sprache. Ferner sollten laborchemische Untersuchungen durchgeführt werden (Beer, Brugger, & Ettl, 2008; Beer, Cesnulis, & Engelhard, 2008; R. Firsching, Rickels, Mauer, & Sakowitz, 2015).

In der bildgebenden Diagnostik gilt das cCT als Goldstandard (Frey & Hazenfield, 2018; Rincon, Gupta, & Ptak, 2016). Laut AWMF-Leitlinie stellen folgende Gegebenheiten eine absolute cCT-Indikation dar: Koma, Bewusstseinsstrübung, Amnesie, neurologische Störungen, ein epileptischer Anfall, Zeichen einer Schädelfraktur, Verdacht auf eine Impressionsfraktur und/oder penetrierende Verletzung, Verdacht auf eine Liquorfistel, Hinweise auf eine Gerinnungsstörung. Fakultativ ist ein cCT in Zweifelsfällen und zur Differentialdiagnostik von bsp. Alkohol-/Drogenintoxikation angeraten (R. Firsching et al., 2015), wobei sich in der Literatur Anhaltspunkte dafür finden, dass ein Routine-cCT bei leichtem SHT und einer S-100 Konzentration unter 0,14 µg/l in der Blutanalyse nicht notwendig ist (Biberthaler et al., 2004). Zur Orientierung für Notwendigkeit, ein cCT bei leichtem SHT durchzuführen, dienen die Canadian CT Head Rule und die New Orleans Criteria (Haydel et al., 2000; Smits, Dippel, de Haan, & et al., 2005; Stiell, Clement, Rowe, & et al., 2005; Stiell, Wells, Vandemheen, Clement, Lesiuk, Laupacis, et al., 2001). Ein Verlaufs-CT ist nicht routinemäßig sinnvoll. Indiziert ist es dagegen bei SHT mit intrakraniell Blut sowie unverzüglich bei bewusstlosen Patienten, bei fehlender Erholung und bei verschlechtertem neurologischem Befund (Deinsberger, 2008; R. Firsching et al., 2015; Washington & Grubb, 2012; Zimmermann, Brown, Matemavi, Melnic, & Sample, 2016). Indikation zur apparativ aufwändigeren MRT-Diagnostik (Raimund Firsching, Woischneck, Reissberg, Döhring, & Peters, 2003) besteht bei neurologisch auffälligen Patienten mit unklarem cCT-Befund (R. Firsching et al., 2015), da sich das Hirngewebe mit der Kernspintomographie präziser differenzieren lässt (R.

Firsching et al., 2001; Raimund Firsching et al., 2003). Angiographische Verfahren sind sinnvoll zur Abklärung und Differenzialdiagnose bei Verdacht auf eine subarachnoidale oder intrazerebrale Blutung (Boos, 2005).

Im Falle eines nicht eindeutigen oder eines negativen Befundes in der Bildgebung und Hinweis auf eine Subarachnoidalblutung (SAB), sehen die DGN-Leitlinien eine Lumbalpunktion vor (Hennerici, Kern, & al., 2017; Steinmetz & al., 2012).

In Einzelfällen sind ergänzende diagnostische Prinzipien wie weiterführende Laboruntersuchungen, EEG, Neurosonographie, transkraniale Doppler-Sonographie, die Untersuchung der somatosensibel (SEP) und motorisch (MEP) evozierten Potentiale und das EKG von Bedeutung (Beer, Brugger, et al., 2008; Beer, Cesnulis, et al., 2008; Hennerici et al., 2017).

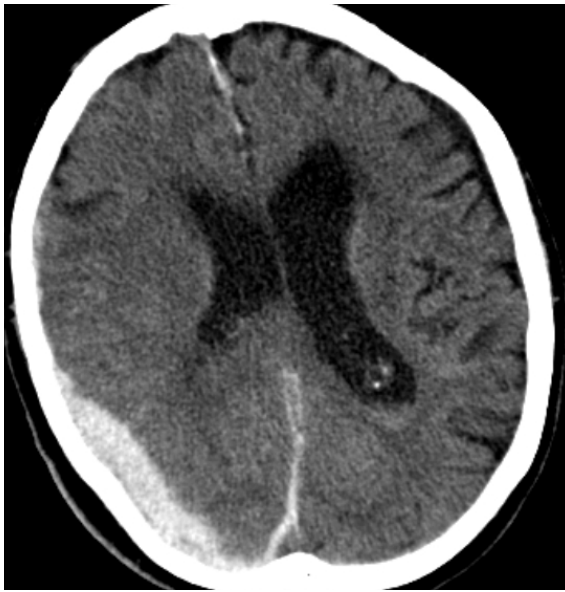


Abbildung 1: cCT-Befund eines aSDHs, rechts parieto-okzipital, neurochirurgische Klinik des Klinikums rechts der Isar

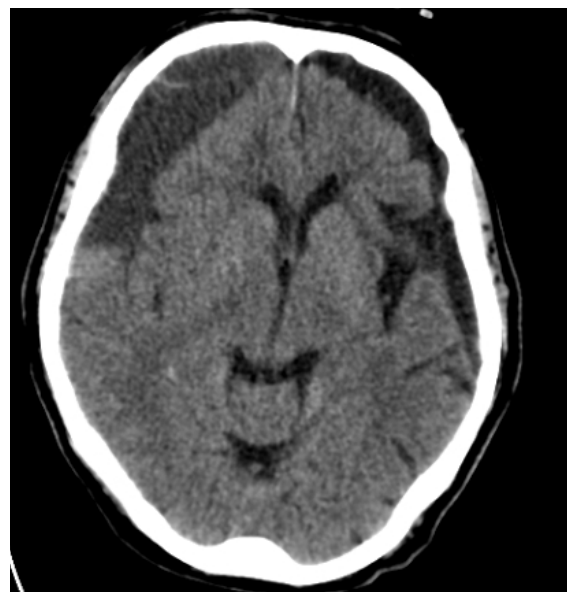


Abbildung 2: cCT-Befund eines cSDHs, bihemisphärisch rechtsbetont über doppelte Kalottenbreite mit Mittellinienverlagerung, neurochirurgische Klinik des Klinikums rechts der Isar

Klassifikation des Schädel-Hirn-Traumas

International hat sich zur Erstbeschreibung und Verlaufsbeobachtung die Einteilung des Schädel-Hirn-Traumas anhand der von Teasdale und Jennett veröffentlichten Glasgow Coma Scale (GCS) durchgesetzt. Diese basiert auf einem Punktesystem in den drei Kategorien Augenöffnen (1-4 Punkte), sprachliche Fähigkeiten (1-5 Punkte) und Motorik (1-6 Punkte). Anhand der GCS werden die Schweregrade der Bewusstseinsstörung unterschieden in leicht (15-13 Punkte), mittelschwer (12-9 Punkte) und schwer (8-3 Punkte) (Teasdale & Jennett, 1974). Von den deutschlandweit circa 273 000 Schädelhirnverletzten pro Jahr verteilen sich diese laut Rickels et al. wie folgt: leichtes SHT 90,9 %, mittelschweres SHT 3,9 %, schweres SHT 5,2 % (Rickels et al., 2010). Durch die simple Punkteverteilung vereinfacht die GCS komplizierte neurologische Befunde, weist eine hohe Reliabilität bei unterschiedlichen Untersuchern auf und ermöglicht eine Therapieentscheidung basierend auf dem aktuellen klinisch-neurologischen Zustand.

Tabelle 1: Punktberechnung in der GCS modifiziert nach Teasdale and Jennett 1974

Punkte	Augenöffnen	verbale Reaktion	motorische Reaktion
6			befolgt Aufforderungen
5		orientiert	gezielte Schmerzabwehr
4	spontan	verwirrt	ungezielte Schmerzabwehr
3	auf Ansprache	unangemessen	Beugesynergismen auf Schmerz
2	auf Schmerzreiz	unverständlich	Strecksynergismen auf Schmerz
1	keine Reaktion	keine Reaktion	keine Reaktion

Weniger gebräuchlich und nur retrospektiv anwendbar sind ältere Einteilungen anhand der Dauer der neurologischen Ausfallerscheinungen: Seit dem 17. Jahrhundert werden die Begriffe *Comotio* (Gehirnerschütterung), *Contusio* (Gehirnprellung) und *Compressio* (Gehirnquetschung) unterschieden (Ommaya, Rockoff, & Baldwin, 1964). Später kategorisierten Tönnis und Loew gedeckte Hirnschädigungen in Grad I-III, wobei die Einteilung vorwiegend in Bezug auf die Dauer des posttraumatischen Schadens erfolgt (Tönnis & Loew, 1953). Durch die retrospektive Betrachtungsweise sind diese Klassifikationen folglich für die aktuelle klinisch-neurologische Beurteilung des Patienten als Basis einer adäquaten Versorgung weniger geeignet.

Klassifikation traumatisch bedingter intrakranieller Blutungen

Bei den traumatisch bedingten intrakraniellen Blutungen wird die traumatische *intrazerebrale Blutung (ICH)* von den extrazerebralen Entitäten – dem *epiduralen Hämatom (EDH)*, dem *akuten (aSDH)* und *chronischen Subduralhämatom (cSDH)* und der traumatischen *Subarachnoidalblutung (SAB)* - abgegrenzt (Boos, 2005; Kretschmer & Schmidt, 2016).

Das nur in etwa 1% der traumatischen Kopfverletzungen beobachtete *epidurale Hämatom (EDH)* entsteht meist durch eine Blutung aus lazerierten Duragefäßen. Ursächlich können jedoch auch Blutungen aus dem Bruchspalt bei Kalottenfraktur sein (Maugeri et al., 2015). Definitionsgemäß ist es außerhalb der Dura mater im Raum zwischen Dura und Knochen lokalisiert (Moskopp, 2005).

Subdurale Hämatome (SDH) präsentieren sich als Einblutungen in den physiologisch nicht existenten Raum zwischen den Hirnhäuten Dura mater und Arachnoidea mater. Differenziert werden muss zwischen *akuten* und *chronischen* Formen, die sich gravierend in ihrer klinischen Symptomatik und Prognose unterscheiden. Das *chronische* Stadium tritt ab circa 3 Wochen nach dem Trauma ein, wenn die Signalintensität der Blutung im CT von einem hyperdensen zu einem hypodensen Befund abgenommen hat (K. S. Lee, Bae, Bae, Doh, & Yun, 1997; Vezina, 2009). Pathologisches Korrelat des subduralen Hämatoms sind Blutungen aus verletzten Brückenvenen und kortikalen Gefäßen. Während die Blutungen beim *aSDH* meist Folge einer schweren Gewalteinwirkung sind, treten sie beim *cSDH* vorwiegend bei älteren Patienten nach Bagateltraumen auf (Al-Mufti & Mayer, 2017; Huang et al., 2016; Weigel, Krauss, & Schmiedek, 2004).

Bei der *Subarachnoidalblutung (SAB)* befindet sich die Blutung im äußeren Liquorraum zwischen Arachnoidea und Pia mater. Dieser Raum wird auch als Subarachnoidalraum bezeichnet. Blutungsquellen der traumatischen *SAB* sind vorwiegend eingerissene piale Blutgefäße und kortikale intraparenchymatöse Gefäße, seltener Hirnbasisgefäße (Boos, 2005; Jaeger & Meixensberger, 2004; Servadei et al., 2002). Die *traumatische SAB* tritt seltener auf als die *nicht-traumatische SAB*, welche in etwa 80% der Fälle durch die spontane Ruptur eines Aneurysmas bedingt ist (Kretschmer & Schmidt, 2016).

Eine Blutung in das Gehirnparenchym wird als *intrazerebrale Blutung (ICH)* bezeichnet. Ätiologisch muss man die *traumatische intrazerebrale Blutung*, die auch traumatisch zerebrale Parenchymlutung genannt wird, von den häufiger auftretenden *nicht-läsionalen intrazerebralen Blutungen* unterscheiden. Letztere werden erneut unterteilt in *spontane primäre ICH* einerseits und andererseits in *sekundäre ICH* mit einer Blutungsursache im Rahmen einer nachweisbaren Grunderkrankung (Steiner, 2012; Wilson, Charidimou, & Werring, 2014) Die *traumatische ICH* beinhaltet sowohl Kontusionen mit nachfolgender Einblutung als auch die Einblutung nach intraparenchymatösem Gefäßschaden (Boos, 2005).

Erstversorgung und Therapie

Im Rahmen des präklinischen Managements von SHT-Verletzten ist eine suffiziente Atmung anzustreben mit einer arteriellen Sauerstoffsättigung von mindestens 90 % und Normokapnie. Um dies zu gewährleisten, bedarf es der Intubation von Patienten mit schwerem SHT (GCS \leq 8 Punkte) (Bernard et al., 2010). Außerdem soll die Kreislaufsituation hämodynamisch stabilisiert werden mit dem Ziel, einen systolischen Blutdruck von 90 mmHg nicht zu unterschreiten (Carney et al., 2017; R. Firsching et al., 2015; Gabriel et al., 2002; Ghajar, 2000; Maas et al., 2008).

Um Sekundärschäden zu begrenzen, kommt einer ausreichenden, unverzüglichen hirnpotektiven Therapie große Bedeutung zu. Durch diese soll der ICP angemessen eingestellt werden (Ghajar, 2000). Neben Osmodiuretika wie hyperosmolaren Lösungen oder Mannitol (Bourdeaux & Brown, 2011; Cottenceau et al., 2011; White, Cook, & Venkatesh, 2006) kommt zur Senkung des ICPs auch eine milde Hyperventilation in Frage (Bouma & Muizelaar, 1992; Carney et al., 2017). Bei Anzeichen einer transtentoriellen Herniation können diese Therapieoptionen auch ohne vorherige Messung des ICPs eingesetzt werden (R. Firsching et al., 2015). Demgegenüber sollen Glukokortikoide nicht zum Einsatz kommen und falls etwaige Begleitumstände Glukokortikoide erfordern, muss die Gabe individuell abgewägt werden (Aharon, Prittie, & Buriko, 2017; R. Firsching et al., 2015; Roberts et al., 2004).

Bei der definitiven Versorgung im Krankenhaus wird die Entscheidung zwischen einer konservativen oder operativen Behandlungsmethode getroffen. Die operative Therapie umfasst nach Priorität abgestufte Behandlungsmaßnahmen. Höchste Dringlichkeit zur operativen Entlastung gilt für intrakranielle Verletzungen mit klinischer Symptomatik und/oder Raumforderung. Ursächlich können sowohl traumatische Gehirnblutungen als auch Impressionsfrakturen sein (Bullock et al., 2006; R. Firsching et al., 2015). Aufschiebbare Dringlichkeit zur operativen Versorgung besteht bei Impressionsfrakturen ohne raumfordernde Wirkung, wenn die Dislokation die Kalottenbreite überschreitet (Bullock et al., 2006) und bei offenen Schädel-Hirn-Verletzungen ohne Raumforderung. Nach Esposito und Walker sollte vor dem operativen Vorgehen eine Patientenselektion erfolgen, die auf dem cCT und dem klinisch-neurologischen Befund basiert, um therapeutisch aussichtslose Patientenfälle zu identifizieren (Esposito & Walker, 2009).

Falls keine der dargestellten operativen Indikationen besteht, ist ein konservatives Vorgehen gerechtfertigt. Ziel ist es, dadurch das Gleichgewicht der Körperfunktionen wiederherzustellen, um drohende Komplikationen zu vermeiden und Sekundärschäden zu begrenzen (Maas et al., 1997). Das konservative Prozedere umfasst die Fortsetzung der bereits am Unfallort begonnenen Maßnahmen (R. Firsching et al., 2015). Zusätzliche Therapieoptionen sind die Oberkörperhochlagerung auf 30° ohne Abknicken des Kopfes, welche der Flachlagerung auf Grund der Reduktion des ICPs vorzuziehen ist (Haslinger, 2009) neben einer ausreichenden Sedierung und Analgesie bei Bedarf (Flower & Hellings, 2012; Urwin & Menon, 2004). Nicht ausreichend belegt ist die früher empfohlene Gabe von Barbituraten bei intrakraniellen hypertensiven Krisen (Roberts & Sydenham, 2012), die hyperbare Sauerstofftherapie (Sahni, Jain, Prasad, Sogani, & Singh, 2012), die milde Hypothermiebehandlung (Alderson, Gadkary, & Signorini, 2004; Lewis, Evans, Butler, Schofield-Robinson, & Alderson, 2017), die Antibiotikagabe bei offenen Schädelbasisfrakturen (Ratilal, Costa, Pappamikail, & Sampaio, 2015; Villalobos, Arango, Kubilis, & Rathore, 1998). Die Verabreichung von Antikonvulsiva in der ersten Woche nach schwerem SHT zur Vermeidung von Frühfällen erscheint sinnvoll (Chang & Lowenstein, 2003). Da bei SHT-Patienten ein signifikant erhöhtes Risiko einer venösen Thrombembolie vorliegt (Denson et al., 2007; Kaufman et al., 1983), ist der Nutzen der physikalischen Thromboseprophylaxe unumstritten (Denson et al., 2007). Demgegenüber muss für die

medikamentöse Thromboseprophylaxe mit Heparin(-derivaten) eine Güterabwägung zwischen dem besseren Schutz vor thrombotischen Ereignissen einerseits und der möglichen Größenzunahme hämorrhagischer Verletzungen andererseits erfolgen. Nach Norwood et al. ist deren Einnahme ab 24 Stunden nach Krankenhauseinweisung oder Kraniotomie zulässig, sofern keine neurochirurgische Intervention erforderlich ist (Norwood et al., 2002). Zur Reduktion von Hirnblutungen kann die Gabe von Tranexamsäure in Betracht gezogen werden (CRASH-2 Intracranial Bleeding Study, 2011).

Je nach Schweregrad des SHT sollten bestimmte Überwachungsmaßnahmen eingeleitet werden (Beer, Brugger, et al., 2008; Beer, Cesnulis, et al., 2008; R. Firsching et al., 2015). Dies beinhaltet bei Patienten mit schwerem SHT ggf. ein ICP-Monitoring. Für die Entscheidung, ein ICP-Monitoring durchzuführen, sind die Befunde aus Bildgebung und klinischer Untersuchung zu berücksichtigen und der Nutzen des Eingriffs ist gegenüber potentiellen Komplikationen individuell abzuwägen (Carney et al., 2017; Lane, Skoretz, Doig, & Girotti, 2000). Die Messung erfolgt über eine implementierte Sonde. Ist diese intraventrikulär eingebracht, bietet sich neben dem Monitorings der therapeutische Vorteil, im Rahmen einer Ventrikeldrainage durch das Ablassen von Liquor einen erhöhten Hirndruck zumindest kurzfristig zu senken (Beer, Cesnulis, et al., 2008; R. Firsching et al., 2015).

1.3.2 Traumatische Wirbelsäulenverletzungen

Epidemiologie

Prädilektionsstellen für Verletzungen sind die Übergänge von den beweglichen Wirbelsäulenabschnitten zur starren Brustwirbelsäule (Goldberg et al., 2001; Reinhold et al., 2009). Dabei ist der thorakolumbale Übergang (Th11-L2) am häufigsten betroffen (Ouden et al., 2018; Reinhold et al., 2009). Verletzungen der Halswirbelsäule sind etwa in einem Drittel der Fälle an der funktionellen Einheit der oberen Halswirbelsäule lokalisiert (Riascos et al., 2015). Das größte Frakturrisiko an der Halswirbelsäule besitzen nach dem Axis (C2, ca. 24 %), dessen prozentualer Anteil besonders im Alter zunimmt (Ryan & Henderson, 1992), die zwei letzten Halswirbel C6 und C7 (zusammen ca. 39 %) (Goldberg et al., 2001).

Diagnostik

Nach einer ausführlichen Anamnese erfolgt die klinische und neurologische Untersuchung sowie die apparative Diagnostik. Für eine aussagekräftige klinische Untersuchung sollte bedacht werden, dass diese nur an Patienten ohne eingetübtem Bewusstsein erfolgen kann und möglichst vor einer Analgosedierung durchgeführt werden sollte (DGU, 2017, 2018a). Demgegenüber steht bei Traumapatienten mit eingeschränkter Bewusstseinslage die frühzeitige radiologische Diagnostik im Vordergrund (DGU, 2018a).

Um die Notwendigkeit einer weiterführenden Bildgebung speziell bei Verletzungen der Halswirbelsäule zu prüfen, kann sich bei bewusstseinsklaren Patienten mit stabilen Vitalparametern an der Canadian-C-Spine Rule orientiert werden (Stiell, Wells, Vandemheen, Clement, Lesiuk, De Maio, et al., 2001). Für die Wahl der geeigneten Bildgebung in der Primärdiagnostik eines Wirbelsäulen-Traumas gilt: Eine konventionelle Röntgendiagnostik reicht zum Ausschluss einer relevanten Verletzung der Halswirbelsäule meist nicht aus. Empfohlen wird daher für derartige Verletzungen eine CT-Untersuchung (Bailitz et al., 2009; Gale, Gracias, Reilly, & Schwab, 2005; Griffen et al., 2003; Holmes & Akkinepalli, 2005). Andere Empfehlungen gelten für thorakolumbale Wirbelsäulenverletzungen: Konventionelle Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen sind zur Primärdiagnostik möglich. Eine CT-Diagnostik soll bei bewusstlosen und nicht sachgerecht untersuchbaren Patienten angewendet werden (DGU, 2018a).

Die umgehende Indikation einer MRT-Untersuchung der Wirbelsäule besteht bei einem posttraumatischen neurologischen Defizit, falls dieses durch den CT-Befund morphologisch nicht erklärbar ist (DGU, 2017, 2018a, 2018b). Überdies wird ein zeitnahes MRT zum Ausschluss einer vermuteten diskoligamentären Verletzung an der Halswirbelsäule empfohlen (DGU, 2017) und zudem wird das MRT zur weiteren Diagnostik bei thorakolumbalen Wirbelsäulenverletzungen angeraten (H. M. Lee et al., 2000; Oner et al., 1999; Schnake, von Scotti, Haas, & Kandziora, 2008).

Als ergänzende Diagnostik zur Beurteilung der Halswirbelsäule kommt die dynamische Röntgenuntersuchung in Frage sowie angiographische Verfahren zur Gefäßdarstellung (Bromberg et al., 2010; DGU, 2017, 2018a). In Ausnahmefällen

können allgemein bei Wirbelsäulenverletzungen folgende bildgebende Untersuchungen angewandt werden: Funktions-CT/-MRT, Sonographie, Myelo-CT, Myelographie, Diskographie (DGU, 2017, 2018a, 2018b).



Abbildung 3: CT-Befund einer Dens-Fraktur (C2), Anderson und D'Alonzo Typ II, neurochirurgische Klinik des Klinikums rechts der Isar

Klassifikation und Therapie

Es existieren zahlreiche Klassifikationssysteme zur Einteilung von Wirbelsäulenverletzungen (Schnake, Schroeder, Vaccaro, & Oner, 2017). Im klinischen Alltag kommt standardmäßig die AO-Wirbelsäulen-Klassifikation (©AOSpine-International, 2018) zum Einsatz wie auch die von der AWMF empfohlenen Klassifikationen. Letztere beinhalten dabei je nach Wirbelsäulenabschnitt unterschiedliche Subklassifikationen (DGU, 2017, 2018a, 2018b). In Tabelle 2 und Tabelle 3 sind Angaben aus der Literatur zur Einteilung und Therapie von Wirbelsäulenverletzungen zusammengefasst (©AOSpine-International, 2018; L. D. Anderson & D'Alonzo, 2004; P. A. Anderson & Montesano, 1988; Denis, 1983; DGU, 2017, 2018a, 2018b; Effendi, Roy, Cornish, Dussault, & Laurin, 1981; Gehweiler, Osborne, & Becker, 1980; Josten, 1999; Levine & Edwards, 1985; Pizones, Alvarez-Gonzalez, Sanchez-Mariscal, Zuniga, & Izquierdo, 2014; Platzer et al., 2007; Schnake et al., 2017; Vaccaro et al., 2016; Verheyden et al., 2011).

Tabelle 2: Klassifikation und Therapieempfehlungen für Verletzungen der oberen Halswirbelsäule

Wirbelsäulenabschnitt	AO-Wirbelsäulen-Klassifikation	Klassifikationsempfehlung der AWMF	Therapieempfehlung der AWMF
Obere Halswirbelsäule •Okzipitalkondylen und okzipito-zervikaler Übergang	Verletzungsmorphologie Typ A (isolierte Knochenverletzung) Typ B (ligamentäre Verletzung) Typ C (Translationsverletzung)	Anderson und Montesano Typ I Typ II Typ III	Konservativ (keine/geringe Dislokation) Operativ (ausgeprägte Dislokation/ Inkongruenz der okzipito-zervikalen Gelenke, bei fraktur-assoziierten neurologischen Ausfälle)
•Atlas und C1/C2-Gelenk	Neurologischer Status N0 (unauffällig) N1 (transient neurolog. Defizit) N2 (Radikulopathie) N3 (inkompl. Querschnittsläsion) N4 (kompl. Querschnittsläsion) NX (unklarer Neurostatus) Fallspezifische Modifikatoren M1 (hohes Risiko einer Pseudarthrose bei nicht-operativer Therapie) M2 (Potential zur Instabilität) M3 (Patientencharakteristika mit Einfluss auf die Therapie) M4 (Gefäßverletzung/ Auffälligkeit mit Einfluss auf die Therapie)	Gehweiler Typ I Typ II Typ IIIa Typ IIIb Typ IV Typ V Jefferson-Fraktur	Konservativ Konservativ Konservativ Operativ Konservativ / Operativ (Inkongruenz im Okzipito-atlantale und im lateralen Atlanto-axial-Gelenk) Konservativ Konservativ (keine/geringe Dislokation) / Operativ
•Axis und C2/C3-Gelenk		Josten (oder alternativ Effendi mit mögl. Modifikationen nach Levine/Edwards) Josten Typ 1 Josten Typ 2 Josten Typ 3 Josten Typ 4 Anderson und D'Alonzo Typ I Typ II Typ III	Konservativ Konservativ (adäquat retinierbar) Operativ Operativ Konservativ Konservativ (nicht disloziert und dynamisch stabil) / Operativ

Tabelle 3: Klassifikation und Therapieempfehlungen für Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule und der thorakolumbalen Wirbelsäule

Wirbelsäulenabschnitt	AO-Wirbelsäulen-Klassifikation	Klassifikationsempfehlung der AWMF	Therapieempfehlung der AWMF
<u>Subaxiale Halswirbelsäule</u>	<p>Verletzungsmorphologie</p> <p>Typ A (Kompressionsverletzung) A0-A2 (nicht-tragende Kompressionsverletzung) A3-A4 (Burstungsbrüche des Wirbelkörpers)</p> <p>Typ B (Distraktionsverletzung) B1-B3 (Zerreißungsverletzung der ossären und ligamentären Strukturen)</p> <p>Typ C (Translationsverletzung)</p> <p>Facettengelenksverletzung (nur für die subaxiale Klassifikation)</p> <p>F1 (unverschobene Frakturen, kleiner als 1 cm oder weniger als 40 % Gelenkflächenanteil) F2 (potentiell instabil, größer als 1 cm oder mehr als 40 % Gelenkflächenanteil) F3 (unterbrochene knöcherne Verbindung einer Massa lateralis vom Wirbelkörper) F4 (Subluxation um mehr als 50 % oder Luxation) BL (gleichwertige bilaterale Facettengelenksverletzung)</p> <p>Neurologischer Status</p> <p>N0 (unauffällig) N1 (transient neurolog. Defizit) N2 (Radikulopathie) N3 (inkompl. Querschnittsläsion) N4 (kompl. Querschnittsläsion) NX (unklarer Neurostatus)</p> <p>Fallspez. subaxiale Modifik.</p> <p>M1 (dorsale Kapsel-Band-Verletzung ohne komplette Zerreißung oder noch unabgeklärt) M2 (kritische Bandscheibenvorwölbung dorsal der Hinterkante des Wirbelkörpers) M3 (versteifende Grunderkrankung) M4 (Verletzung der Arteria vertebralis)</p>	<p>der AO-Wirbelsäulen-klassifikation entsprechend</p>	<p>Konservativ: Typ A0/A1/A2 (ggf. beschwerdearmer Typ A3) mit Kyphosezunahme < 15°</p> <p>Operativ: Typ A1/A2/A3/A4 mit Kyphosezunahme > 15°, Typ B, Typ C, Kompression neurologischer Strukturen</p>
<u>Thorakolumbale Wirbelsäule</u>	<p>Fallspez. thorakolumbale Modifik.</p> <p>M1 (noch unabgeklärte Kapsel-Band-Verletzung) M2 (Patientencharakteristika mit Einfluss auf die Therapie im Rahmen einer relativen operativen Indikation)</p>	<p>der AO-Wirbelsäulen-Klassifikation entsprechend</p>	<p>Konservativ: stabiler Typ A, stabiler Typ B</p> <p>Operativ: instabiler Typ A, instabiler Typ B, Typ C</p>

Die AWMF spricht Empfehlungen aus bezüglich der Erstversorgung sowohl für allgemeine Maßnahmen - wie dem Vorgehen nach den Kriterien des ATLS (Gwinnutt & Driscoll, 1996), der Thromboseprophylaxe (Encke, Haas, & Kopp, 2015) und einer ggf. notwendigen Schmerztherapie bzw. der Therapie eines neurogenen Schocks - als auch für spezielle Maßnahmen je nach Verletzungslokalisierung. Letztere beinhalten eine Immobilisation der Halswirbelsäule bei Verdacht auf deren Verletzung sowie Repositionsempfehlungen (DGU, 2017, 2018a, 2018b).

Prinzipiell stehen bei der definitiven Therapie traumatischer Wirbelsäulenverletzungen konservative und operative Therapiemöglichkeiten zur Verfügung. Zu bedenken sind bei der Wahl des Therapieschemas unter anderem das biologische Alter, die Knochenqualität, das Aktivitätslevel und der individuelle Anspruch des Patienten. Ausschlaggebend ist jedoch die Stabilität der Fraktur: Stabile Frakturen werden prinzipiell konservativ behandelt, hochgradig instabile diskoligamentäre Verletzungen werden operiert. Bei Verletzungen, die im Bereich dazwischen liegen, fällt die Therapieentscheidung schwerer (Verheyden et al., 2011).

Die Vielzahl an operativen Verfahren richtet sich individuell nach Art und Lokalisation der Verletzung sowie den individuellen Belangen des Patienten (DGU, 2017, 2018a, 2018b) Bei geriatrischen Patienten sind allerdings laut der entsprechenden AWMF-Leitlinie die perioperativen Risiken gegenüber den Vor- und Nachteilen einer nicht-operativen Therapie abzuwägen (DGU, 2018a). Die Dringlichkeit der operativen Stabilisierung richtet sich nach dem Grad der Instabilität und dem dadurch bedingten oder drohenden neurologischen Ausfall. Eine frühzeitige Dekompression wirkt sich bei neurologischen Ausfällen günstig aus (Fehlings et al., 2017; Fehlings et al., 2012).

Das konservative Prozedere umfasst ein multimodales Konzept aus pharmakologischer Schmerztherapie, Physiotherapie, Dekubitusprophylaxe und ggf. Immobilisation, Thromboseprophylaxe und Atemgymnastik. Der Beginn der Behandlung sollte unmittelbar nach Diagnosestellung erfolgen (Bailey et al., 2014; DGU, 2017, 2018a, 2018b).

1.3.3 Besonderheiten neurochirurgischer Intensivmedizin

Dass es sich bei den neurochirurgischen Patienten tendenziell um ein schwer krankes Klientel handelt, offenbart der Case Mix Index (CMI). Der CMI basiert auf dem DRG-System und bildet die durchschnittliche Fallschwere ab, indem pro Kalenderjahr die Summe der anhand der DRG-Fallpauschale abgerechneten Relativgewichte durch die Fallzahl dividiert wird (Statistisches-Bundesamt, 2017a). Somit wird der medizinische Schweregrad unter der Annahme, je höher der relative ökonomische Ressourcenaufwand, desto schwerer die Erkrankung(en), vereinfacht präsentiert. Bei den Leistungszahlen am Klinikum rechts der Isar hatte 2015 die Neurochirurgie mit einem Wert von 3,28 den höchsten CMI aller Abteilungen. Der CMI für das Gesamtklinikum betrug 1,39 (MRI, 2015). Obwohl der CMI nur Durchschnittsverhältnisse wiedergibt, wird durch ihn die oft kostenintensive, komplexe Behandlung und die hohe Erkrankungsschwere neurochirurgischer Patienten offenbart.

2 Fragestellung

Auf Grund der demographischen Entwicklung müssen sich auch die Neurochirurgen den speziellen Herausforderungen eines alternden Patientenlientels stellen und der Frage, welches Maß an Therapie adäquat ist (CDC, 2003). Dabei entsteht aus der Erfahrung bei der täglichen Arbeit der Eindruck, dass Patienten in sehr hohem Lebensalter mit Primärerkrankungen aus dem neurochirurgischen Fachgebiet eine sehr schlechte Prognose haben.

Allerdings gibt es keine Studien, die prädiktive Faktoren für das Mortalitätsrisiko über 90-jähriger Patienten mit traumatischen Kopf- und/oder Wirbelsäulenverletzungen darstellen und zur Beurteilung der Überlebenschancen dieser Patienten in Betracht gezogen werden können. Es existieren jedoch Untersuchungen zu Einflussfaktoren auf das Mortalitätsrisiko in anderen Studienpopulationen, worauf diese Studie aufgebaut wurde (Fansa, Huff, & Ebraheim, 2016; Garrouste-Orgeas et al., 2016; Kim et al., 2016; Piccirillo, Tierney, Costas, Grove, & Spitznagel, 2004; Prexl et al., 2018; Shimoda et al., 2014). Zu diesen Einflussfaktoren im Rahmen einer Risikoabschätzung gehören auch bereits bestehende Komorbiditätsindices, die an unterschiedlichen Krankheitsbildern entwickelt und geprüft sowie in mehreren Übersichtsarbeiten dargestellt wurden (de Groot et al., 2003; Diederichs, Berger, & Bartels, 2011; Hall, 2006; Harboun & Ankri, 2001; Martinez-Velilla, Cambra-Contin, & Ibanez-Beroiz, 2014). Diese Komorbiditätsindices sind jedoch noch nicht endgültig für Patienten in sehr hohem Lebensalter bestätigt worden.

Zielsetzungen der retrospektiven Analyse im Rahmen der vorliegenden Studie waren:

- Erfassung der Inzidenz traumatischer neurochirurgischer Verletzungen bei Patienten mit einem Mindestalter von 90 Jahren
- Darstellung der klinischen Eigenschaften der untersuchten Patientenkohorte
- Ermittlung der Überlebensrate und der möglichen Einflussfaktoren auf die Gesamtmortalität sowie auf die 30-Tages-Mortalität

Es sollte überprüft werden, ob bestimmte Einflussfaktoren - insbesondere bestehende Komorbiditätsindices - auch für diese sehr spezielle Patientenkohorte eine Aussagekraft hinsichtlich der Prognose besitzen und ob das Ziel der operativen Behandlung - die Verlängerung des Lebens - überhaupt erreicht werden kann.

Eine weitere Fragestellung bezog sich auf den Einfluss des Entlassungsorts auf die Gesamt- sowie auf die 30-Tages-Mortalität. Die Bewertung möglicher Risikofaktoren soll eine differenzierte Einschätzung der Mortalität ermöglichen, um diesen sehr alten Patienten bei der Therapieentscheidung gerecht zu werden.

3 Material und Methoden

3.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum von 2006 bis 2016 wurden in der neurochirurgischen Klinik und Poliklinik am Klinikum rechts der Isar 182 über 90-jährige Patienten in Folge einer traumatischen Verletzung stationär behandelt. Dies ergibt eine Datenanalyse über insgesamt 11 Jahren. Einschlusskriterien waren ein Alter von mindestens 90 Jahren am Aufnahmetag und ein stationärer Aufenthalt bedingt durch eine traumatische Kopfverletzung (Trauma-Kopf), eine traumatische Wirbelsäulenverletzung (Trauma-WS) oder einer Kombination aus einer traumatischen Kopf- und Wirbelsäulenverletzung (Trauma-Kombination).

3.2 Datenerhebung

Dem Forschungsvorhaben wurde zu Beginn der Studie durch die zuständige Ethikkommission der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München (Vorsitzender Prof. Dr. G. Schmidt) die Zustimmung erteilt (Ref: 342/15S). Sie entsprach somit den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki ("World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects," 2013). Die Patientendaten wurden retrospektiv anhand der Patientenakte und der klinikinternen SAP-Datenbank (SAP: Version 7400.1.0.1093) erhoben, nach Aufnahmedatum sortiert und pseudonymisiert in Microsoft Excel 2013 Version 15.0 gespeichert. Todes- oder Überlebensdaten, die nicht aus diesen Datenquellen ersichtlich waren, wurden durch telefonische Kontaktaufnahme der Patienten im Rahmen von Kontrollterminen gewonnen. Die Anzahl der Lost to follow-up Patienten konnte mit $n=3$ sehr gering gehalten werden. Bei 8 Patienten konnte das exakte Todesdatum nicht ermittelt werden, weswegen diese nur für die Auswertung der 30-Tages-Mortalität berücksichtigt werden konnten, nicht jedoch für die der Gesamtmortalität. Insgesamt konnte eine Patientenzahl von $n=179$ für die deskriptiven Analysen und für die Auswertung der 30-Tages-Mortalität eingeschlossen werden, für die Auswertung der Gesamtmortalität eine Patientenzahl von $n=171$.

Als Anfangspunkt der Beobachtung wurde der Aufnahmetag in die neurochirurgische Abteilung des Klinikums rechts der Isar festgelegt. Endpunkt der Studie war zum einen der dreißigste Tag nach der Aufnahme (30-Tages-Mortalität) und

zum anderen die letzte Kontaktaufnahme zwischen dem 11.03.2016 bis zum Studienende am 20.03.2017 (Gesamtmortalität). Bis dahin nicht verstorbene Patienten wurden als lebend notiert.

3.3 Aufbereitung der Patientendaten

Folgende Daten wurden in Excel notiert und anschließend ausgewertet:

Demographische Patientencharakteristika	<ul style="list-style-type: none">•Geschlecht•Alter•Aufnahmedatum•Verweildauer
Klinische Symptomatik	<ul style="list-style-type: none">•Traumakategorie•Aufnahmediagnose•Zeitdauer Trauma bis Aufnahme
Therapie	<ul style="list-style-type: none">•Therapieart•Operationsanzahl•Ablehnungsgrund der operativen Therapie•Komplikationen•Zeitdauer Trauma bis Operation
Klinische Parameter	<ul style="list-style-type: none">•GCS•Medikamentenanzahl•Antikoagulation•BMI•nicht-neurochirurgische Frakturen•Laborparameter•Barthel-Index•ADL
Klinische Komorbiditätsindexe	<ul style="list-style-type: none">•CACI•DC•CPS•GIC
Überleben oder Tod	<ul style="list-style-type: none">•Entlassungsort bei Überleben des Krankenhausaufenthalts•Todesdatum im Todesfall

Demographische Patientencharakteristika

Die anhand der Patientenakten und klinikinternen SAP-Datenbank erhobenen demographischen Patientencharakteristika umfassen folgende Merkmale: Geschlecht, Alter und Verweildauer, welche als Zeit vom Aufnahmetag in die neurochirurgische Abteilung des Klinikums rechts der Isar bis zum Tag der Entlassung aus dieser Abteilung oder dem Todestag im Krankenhaus definiert ist.

Klinische Symptomatik

Bezogen auf die Lokalisation des Traumas wurden die Patienten in die drei Kategorien Trauma-Kopf, Trauma-WS, Trauma-Kombination eingeteilt. Die Einteilung erfolgte mittels der aus den vorliegenden Arztbriefen ersichtlichen Aufnahmediagnosen (C, C1, C2, T, L, ICH, SAB, SDH, SHT). Außerdem wurde die Zeit vom Trauma bis zur Aufnahme notiert. Hierbei wurde der erste Tag als die Zeit nach 24 Stunden definiert.

Therapie

Auf Grundlage der Arztbriefe und OP-Berichte wurden rein in Bezug auf die neurochirurgische Behandlung zwischen zwei möglichen Therapiearten unterschieden: der operativen und konservativen Therapie. Im Falle einer operativen Therapie wurde die OP-Anzahl im Rahmen des Aufenthalts erfasst und im Falle einer konservativen Therapie wurden die Gründe, die gegen eine Operation sprachen, notiert. Zusätzlich wurden im Falle einer neurochirurgisch operativen Behandlung Komplikationen, das Operationsdatum und die Zeit von der Aufnahme bis zur Operation erfasst. Auch hierbei wurde der erste Tag als die Zeit nach 24 Stunden definiert.

Klinische Parameter

Als klinische Parameter wurden erhoben: Der Punktwert auf der bereits in Kapitel 1.3.1 beschriebenen Glasgow Coma Scale (Teasdale & Jennett, 1974) zum Aufnahmezeitpunkt im Klinikum rechts der Isar, die Medikamentenanzahl, das Vorliegen einer antikoagulatorischen Medikation, Frakturen außerhalb des neurochirurgischen Fachbereichs, wobei Mehrfachfrakturen desselben Knochens als eine Fraktur gezählt wurden. Ferner notiert wurden der Body-Mass-Index (BMI), festgelegt als Körpermasse in Kilogramm geteilt durch die Körpergröße in Metern, zur Beurteilung des Ernährungsstatus (World-Health-Organization) und mehrere Laborparameter als Anhaltspunkt für pathologische Dysregulationen (Kreatinin zur Beurteilung der Nierenfunktion, C-reaktives Protein als Entzündungsmarker, Hämoglobin als hämatologischer Wert zum Aufdecken von Anämien und Polyglobulien) (Moskopp, 2005). Zur Bewertung grundsätzlicher Alltagsfunktionen wurde zum einen der Barthel-Index verwendet. Dieser basiert auf einer Bewertung von zehn Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL). Die Punktzahlen der jeweils zehn Aktivitäten bewertet mit Werten von 0, 5, 10, 15 werden zur Ermittlung des Barthel-Index aufsummiert. Der Maximalwert von 100 Punkten bedeutet die Selbstständigkeit des Patienten in all diesen Alltagsleistungen (Anhang 8.1.1) (Mahoney & Barthel, 1965). Die Anzahl der ADL, in denen ein Patient jeweils voll selbstständig war, wurde ebenfalls in unserer Studie zur funktionellen Beurteilung der Patienten erfasst.

Angaben zu Medikamenten beziehen sich auf den Zeitpunkt vor dem Trauma, Angaben zu Frakturen auf den Zeitpunkt der Aufnahme in die neurochirurgische Klinik des Klinikums rechts der Isar. Bei den Laborparametern und dem BMI wurde jeweils der erste Wert ab dem Aufnahmezeitpunkt ausgewertet. Bei der Bewertung von Barthel-Index und ADL-Anzahl wurden die vor der Entlassung zuletzt erhobenen Werte in der Auswertung berücksichtigt.

Klinische Komorbiditätsindices

Anhand der oben beschriebenen Daten wurden die Patienten in vier bereits bestehenden und validierten klinischen Komorbiditätsindices bewertet, um deren Aussagekraft zur Risikobewertung von Komorbiditäten bei betagten Traumapatienten zu überprüfen. Hierbei wurde versucht, zur Quantifizierung der Begleiterkrankungen möglichst repräsentative Indices auszuwählen: Einen gewichteten Summenscore (*Charlson Age-Comorbidity Index*), zwei ungewichtete Summenscores (*Diagnosis Count* und *Comorbidity-Polypharmacy Score*) und einen Score, der seine Endpunktzahl nicht durch Aufsummieren festlegt (*Geriatric Index of Comorbidity*).

Die den Komorbiditätsindices zu Grunde liegenden Erkrankungen/Patientencharakteristika bezogen sich dabei auf den Zeitpunkt vor dem Trauma, sodass sie nicht als Traumafolge angesehen wurden.

Charlson Age-Comorbidity Index

Der *Charlson (Comorbidity) Index (CCI)* ist der in der Literatur am besten untersuchte Komorbiditätsscore und wird in vielen verschiedenen medizinischen Bereichen genutzt (de Groot et al., 2003). Methodisch stellt er einen gewichteten Summenscore dar, der sowohl die Schwere als auch die Anzahl der Komorbiditäten bewertet. Insgesamt erfasst der *CCI* 19 Erkrankungen, die mit einem gewichteten Punktwert in die Berechnung einfließen. Die Punktwerte werden nach dem relativen Risiko (RR), an der Komorbidität zu versterben, eingeteilt. Vereinfachend wird hierbei für Komorbiditäten mit einem $1,2 \leq RR < 1,5$ der Punktwert 1 vergeben, ein $1,5 \leq RR < 2,5$ führt zu dem Punktwert 2, ein $2,5 \leq RR < 3,5$ zu dem Punktwert 3 und ein $6 \leq RR$ zu dem Punktwert 6 (M. E. Charlson, Pompei, Ales, & MacKenzie, 1987). Somit gehen nur relevante Krankheitsausprägungen in den *CCI* mit ein (Anhang 8.1.2). 1994 wurde der *CCI* zum *Charlson Age-Comorbidity Index (CACI)* modifiziert, indem man ihn um den Faktor Alter erweiterte (M. Charlson, Szatrowski, Peterson, & Gold, 1994). Die maximale Punktzahl beträgt beim *CCI* 33 Punkte, beim *CACI* wird zudem ab dem 50. Lebensjahr ein Punkt pro Dekade Lebensalter hinzuaddiert. Eine steigende Punktzahl zeigt ein höheres Risiko an, an Komorbiditäten zu versterben (de Groot et al., 2003; Martinez-Velilla et al., 2014).

Geriatric Index of Comorbidity

Der *Geriatric Index of Comorbidity (GIC)* berücksichtigt ebenfalls sowohl die Erkrankungsanzahl als auch deren Schwere. 15 ausgewählte Erkrankungskategorien werden jeweils in Greenfields *Individual Disease Severity Index (IDS)* auf einer von 0–4 reichenden Skala hinsichtlich ihrer Erkrankungsschwere stratifiziert. Die Einteilung ist folgendermaßen festgelegt: 0 = keine Erkrankung, 1 = asymptomatische Erkrankung, 2 = symptomatische Erkrankung medikamentös erfolgreich kontrollierbar, 3 = symptomatische Erkrankung mit ausbleibendem Therapieerfolg, 4 = lebensbedrohliche Erkrankung oder größte Erkrankungsschwere (Greenfield, Blanco, Elashoff, & Aronow, 1987; Rozzini et al., 2002). Anschließend erfolgt die Klassifizierung in vier Gruppen. Gruppe I umfasst alle Patienten, die nach Greenfields *IDS*-Einteilung eine oder mehrere Kategorien mit einer *IDS* < 2 aufweist; Gruppe II beinhaltet Patienten mit einer oder mehreren Kategorien mit einer *IDS* < 3; Gruppe III beinhaltet Patienten mit einer Kategorie mit einer *IDS* = 3 und ansonsten mit Erkrankungskategorien der *IDS* < 3; Gruppe IV beinhaltet Patienten mit mindestens zwei Kategorien mit einer *IDS* = 3 oder mit mindestens einer Kategorie mit einer *IDS* = 4 (Anhang 8.1.3) (Rozzini et al., 2002).

Diagnosis Count

Als universell einsetzbarer ungewichteter Summenindex wird der *Diagnosis Count (DC)* zur Bewertung der Komorbiditäten verwendet (Martinez-Velilla et al., 2014). Dieser Index summiert alle vorliegenden Komorbiditäten zur Risikoeinschätzung der Mortalität auf (Melfi, Holleman, Arthur, & Katz, 1995; Satariano & Ragland, 1994). Trotz der augenscheinlichen Einfachheit dieses Index ist es dabei problematisch, dass manche Autoren nur bestimmte Erkrankungen als Komorbiditäten erfassen (Martinez-Velilla et al., 2014). In der vorliegenden Studie wurden alle Erkrankungen, die bei einem Patienten zum Aufnahmezeitpunkt vorlagen, als Komorbiditäten gewertet sofern es sich nicht um akute Krankheitszustände wie bsp. akute Infektionen oder um Krankheits Symptome handelte.

Comorbidity-Polypharmacy Score

Der *Comorbidity-Polypharmacy Score (CPS)* ist der zweite ungewichtete Summenscore, der in dieser Studie berücksichtigt wurde. Er basiert auf der Summe aus allen bekannten Komorbiditäten, die in dieser Studie bereits im *DC* erfasst wurden, plus der Medikamentenanzahl zum Aufnahmezeitpunkt (Evans et al., 2011). Bei 3 Patienten konnte er aufgrund fehlender Angaben zur Medikation nicht erhoben werden.

Überleben oder Tod

Bei allen Patienten, die nicht in der neurochirurgischen Klinik des Klinikums rechts der Isar verstorben waren, wurde der Entlassungsort (Eigenheim, Pflegeheim, Rehabilitation, anderes Krankenhaus / andere Krankenhausabteilung) erfasst. Alle Patienten wurden hinsichtlich tot/lebend innerhalb des Beobachtungszeitraums evaluiert. Im Todesfall wurde das Todesdatum notiert. Mit diesen Daten wurde die Gesamtmortalität und die 30-Tages-Mortalität berechnet.

3.4 Statistische Methoden

Die in der Excel-Tabelle gespeicherten Daten wurden zur statistischen Analyse mit dem Programm R, Version 3.2.5 (A Language and Environment for Statistical Computing, R Core Team, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) sowie mit dem Programm IBM SPSS Statistics, Version 23 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) ausgewertet. Die graphische Umsetzung erfolgte ebenfalls mit den Programmen Excel und IBM SPSS Statistics.

Als deskriptive Messgrößen wurden für nominal oder ordinal skalierte Variablen absolute und relative Häufigkeiten berechnet. Für metrisch skalierte Variablen wurden bei Normalverteilung Mittelwert und Standardabweichung, ansonsten Median und Interquartilsabstand bestimmt bzw. wurde für die Einflussvariablen „Verweildauer“ sowie für die „klinischen Parameter“ beides bestimmt zuzüglich Minimum und Maximum.

Um mögliche prognostische Risikofaktoren zu ermitteln, die einen Einfluss auf die Zielvariablen Gesamtmortalität und 30-Tages-Mortalität hatten, wurden *univariate Analysen nach dem Cox-Regressionsmodell* durchgeführt (Ziegler, Lange, & Bender, 2007).

Das Signifikanzniveau wurde für die statistischen Auswertungen wie folgt festgelegt:

Tabelle 4: Darstellung des Signifikanzniveaus

Signifikanzniveau	Bedeutung	Symbolisierung
$p > 0,10$	nicht signifikant	
$0,05 < p \leq 0,10$	tendenziell signifikant	-
$0,01 < p \leq 0,05$	signifikant	*
$0,001 < p \leq 0,01$	sehr signifikant	**
$p < 0,001$	höchst signifikant	***

Parameter mit tendenzieller Signifikanz ($0,05 > p \leq 0,1$) im univariaten Cox-Regressionsmodell wurden als statistischer Trend interpretiert und zusammen mit den statistisch (sehr/höchst) signifikanten Werten in einem *finalen multivariaten statistischen Modell* analysiert.

Die aus den Regressionskoeffizienten errechnete Hazard Ratio für einen gegebenen Parameter steht für das Risiko pro Zeiteinheit, das interessierende Ereignis zu erfahren. Dies bedeutet in dieser Studie das Ereignis Tod innerhalb der Beobachtungszeit bzw. Tod innerhalb von 30 Tagen (Ziegler et al., 2007). Das Konfidenzintervall wurde auf 95% festgelegt und besagt, dass ein Parameter mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von nur 5% in diesem Bereich liegt (Adam, 1971)

Das Überleben der Patienten (Gesamtüberleben und Überleben der 30-Tagesfrist) ist als *Kaplan-Meier Methode* dokumentiert.

4 Ergebnisse

4.1 Deskriptive Statistik

4.1.1 Demographische Patientencharakteristika

Patientenanzahl, Geschlecht, Alter und Verweildauer

N=179

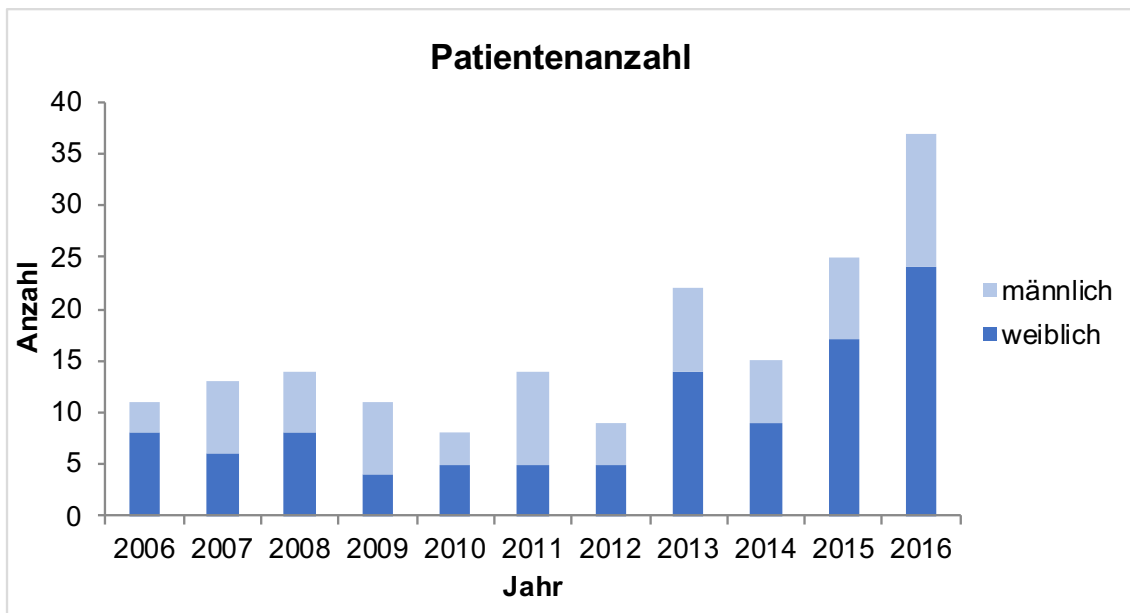


Abbildung 4: Fallzahl des Patientenguts pro Jahr im Zeitraum von 2006-2016

Über den analysierten Zeitraum von 2006-2016 mit insgesamt 179 Patientenfällen, die die Einschlusskriterien unserer Studie erfüllten, zeigte sich eine Zunahme der Patientenfälle pro Jahr. Insgesamt waren 105 Patienten weiblich (58,7 %) und 74 männlich (41,3 %), was ein leichtes Ungleichgewicht zugunsten der Frauen bedeutet. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der Aufnahme betrug $92,9 \pm 2,4$ Jahre (Min.: 90 Jahre, Max.: 102 Jahre). Die Verweildauer reichte von mindestens 1 Tag bis zu maximal 54 Tagen mit einem Mittelwert von 11 ± 8 Tagen und einem Median von 9 Tagen (IQR = 16–5 Tage).

4.1.2 Untersuchungsparameter

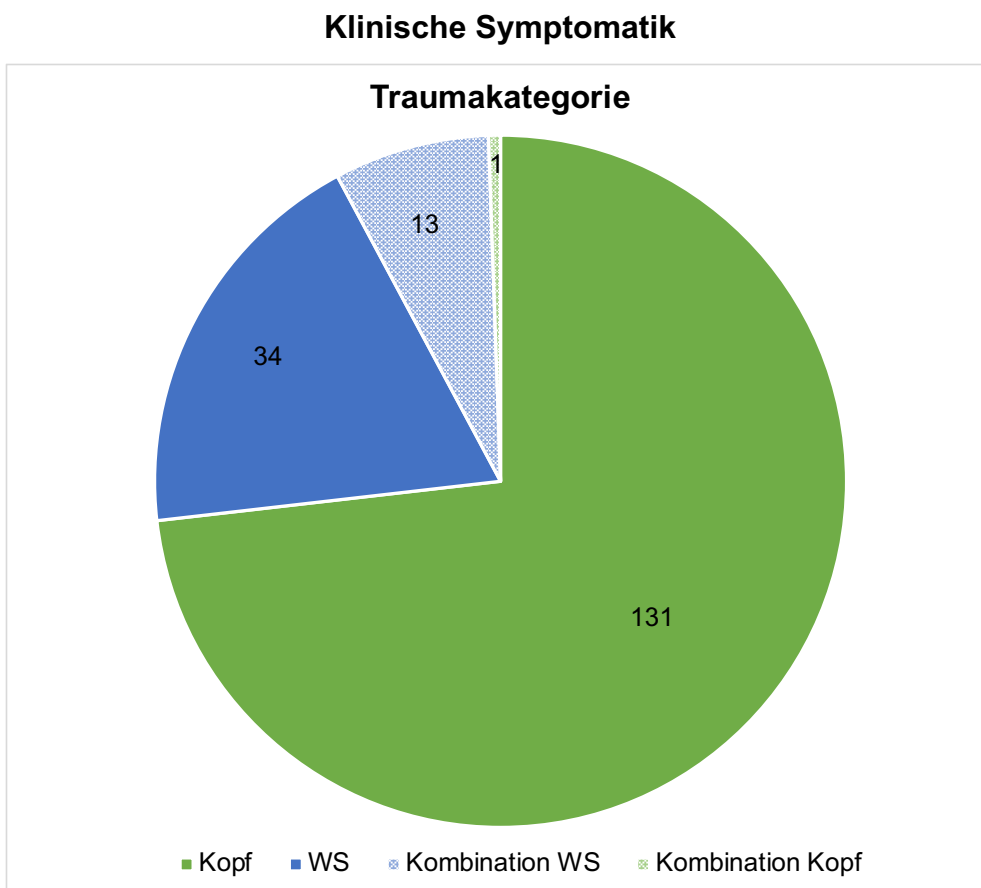


Abbildung 5: Dominierende Symptomatik der traumatischen Verletzung (Angabe der Fallzahl)

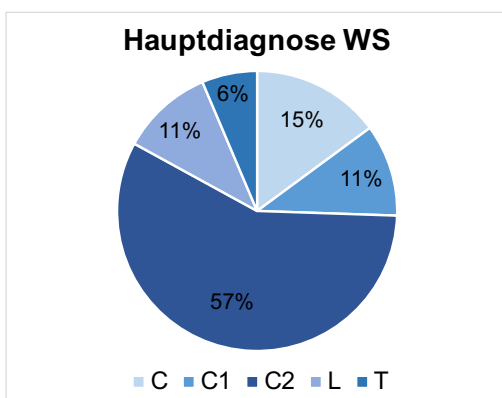


Abbildung 6: Aufschlüsselung der Diagnosen innerhalb der traumatischen Wirbelsäulenverletzungen

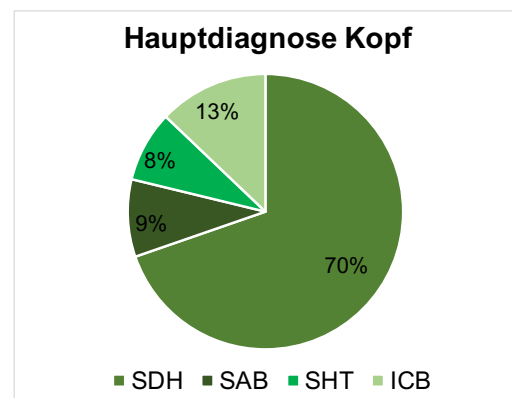


Abbildung 7: Aufschlüsselung der Diagnosen innerhalb der traumatischen Kopfverletzungen

Abbildung 5 zeigt die Verteilung der Patienten hinsichtlich ihrer dominierenden Symptomatik, sprich der Kategorie des Traumas. Dies ergab eine Anzahl von 131 (73,2%) Patienten in der Kategorie Trauma-Kopf, von 34 (19,0%) in der Kategorie Trauma-WS und von 14 (7,8%) in der Kategorie Trauma-Kombination. Die genauere Unterteilung hinsichtlich der Aufnahmediagnosen ist ebenfalls graphisch dargestellt. Patienten mit einem kombinierten Trauma (Trauma-Kombination) sind nur hinsichtlich ihrer Hauptdiagnose, die im Therapievordergrund stand, graphisch eingeteilt. Bei den 14 kombinierten Traumata war dies nur in einem Fall eine traumatische Kopfverletzung (Kombination Kopf) und in den restlichen 13 Fällen eine traumatische Wirbelsäulenverletzung (Kombination WS).

Die mediane Zeit zwischen Trauma und Aufnahme in der neurochirurgischen Abteilung des Klinikums rechts der Isar betrug weniger als 24 Stunden, erfolgte also am Tag des Traumas (IQR = 0–2 Tage). Daten hierzu lagen von nur 110 Patienten vor.

Therapie

Einer operativen Therapie unterlagen 100 Patienten (55,9 %), die übrigen 79 Patienten (44,1 %) wurden konservativ behandelt.

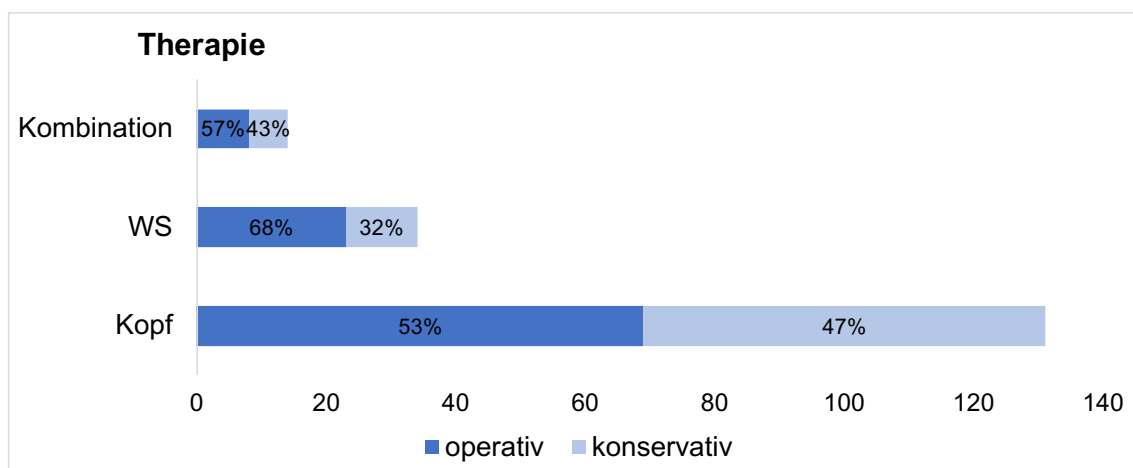


Abbildung 8: Therapieart in Bezug auf die Traumakategorie

Ursächlich für die Ablehnung eines operativen Eingriffs war dabei in über der Hälfte der Fälle (64 %) die fehlende Indikation für eine Operation. 9 % der konservativ behandelten Patienten lehnten die bei ihnen indizierte Operation ausdrücklich ab - sei es unter vollständiger Erkenntnis- und Entscheidungsfähigkeit oder durch eine vorliegende Patientenverfügung. Bei den übrigen 27 % lagen trotz gegebener Notwendigkeit eines neurochirurgischen Eingriffs besondere Umstände vor. Diese Patienten oder deren Angehörige entschieden sich nach ausführlicher Aufklärung gegen eine Therapieeskalation, da eine infauste Prognose und/oder eine präoperativ zu große Instabilität bestanden - entweder durch schwerwiegende nicht-neurochirurgische Traumaverletzungen oder durch einen stark reduzierten Allgemeinzustand aufgrund einer Sepsis oder eines akut progressiven Lungenversagens.

Tabelle 5: Hintergründe für die Ablehnung der operativen Therapie

Ablehnung der operativen Therapie	Anzahl	Prozent (%)
Keine Indikation	51	64
Patientenwille	7	9
Besondere Umstände	21	27
Summe	79	100

Von den operierten Patienten unterlagen 11 Patienten mehr als einem neurochirurgisch operativen Eingriff (9 Patienten: 2 Operationen, 2 Patienten: 3 Operationen). Die zusätzlichen Eingriffe waren im Rahmen von aufgetretenen Komplikationen wie Rezidiven (7 Fälle), einem Verschluss der Arteria Basilaris (1 Fall), einem Krampfanfall (1 Fall), einer Schraubenfehlage (2 Fälle) und der Entwicklung eines Pneumocephalus (1 Fall, zweimal operiert) indiziert. In der Gruppe der operierten Patienten betrug die mediane Zeit von der Aufnahme bis zur ersten operativen Versorgung insgesamt 1 Tag (IQR = 5–0 Tage), wobei sie sich in den einzelnen Traumakategorien wie folgt darstellte: bei einer traumatischen Kopfverletzung 1 Tag (IQR = 2–0 Tage), bei einem Wirbelsäulentrauma 6 Tage (IQR = 8–3 Tage) und bei einer kombinierten Traumaverletzung 3 Tage (IQR = 7–1,25 Tage).

Klinische Parameter

Die einzelnen Patienten verzeichneten bei ihrer Aufnahme GCS-Punktwerte vom Minimalwert 3 Punkte bis zum Maximum 15 Punkte. Der Mittelwert lag bei $13,1 \pm 3,3$ Punkten. Der Median lag bei einem GCS-Wert von 14 Punkten (IQR = 15–13 Punkte). Bezüglich der Schweregradeinteilung galt: 79,4 % leichte (15–13 Punkte), 10,3 % mittelschwere (12–9 Punkte), 10,3 % schwere (8–3 Punkte) Schädel-Hirn-Verletzungen. Bei 4 Patienten waren keine Angaben zum GCS vorhanden. Analysen des GCS hinsichtlich der Traumalokalisation und der Therapie sind nachfolgend aufgeführt:

Tabelle 6: GCS-Werte bzgl. der Traumakategorie und Therapie

Traumakategorie	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Interquartilsabstand
Trauma-Kopf	12,6	3,7	14,0	15,0 – 12,0
Trauma-WS	14,5	0,9	15,0	15,0 – 14,0
Trauma-Kombination	14,5	0,7	15,0	15,0 – 14,0
Therapie				
Operativ	13,4	2,8	14,0	15,0 – 14,0
Konservativ	12,7	3,9	15,0	15,0 – 13,0

Die Anzahl der eingenommenen Medikamente betrug im Durchschnitt $5,2 \pm 3,7$ (Min.: 0 Medikamente, Max.: 16 Medikamente). Die mediane Anzahl betrug 5 (IQR = 7–3). Bei 3 Patienten fehlten Angaben zur Medikation. 166 Patienten (94,3 %) standen unter antikoagulatorischer Medikation.

Der mittlere BMI (kg/m^2) betrug $22,9 \pm 3,9$ (Min.: 15,0, Max.: 35,0), der mediane BMI (kg/m^2) 21,5 (IQR = 24,5–21), was laut WHO-Definition einem Normalgewicht entspricht (Nuttall, 2015). Anzumerken ist jedoch, dass für 69 Patienten der BMI aufgrund fehlender Angaben nicht ausgewertet werden konnte.

Die Anzahl der Frakturen, die nicht den neurochirurgischen Fachbereich betrafen, variierte zwischen 0 und 5 mit jeweils 78,8 %, 12,8 %, 4,4 %, 2,8 %, 0,6 %, 0,6 %.

Die Analysen der Laborparameter sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet:

Tabelle 7: Analysen zu den Blutwerten (Laborparameter: Kreatinin, CRP, Hb)

	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Interquartilsabstand	Einheit
Kreatinin	1,2	0,6	1,0	1,3 – 0,8	mg/dl
CRP	2,6	2,9	1,5	3,5 – 0,5	mg/dl
Hb	11,9	1,8	12,1	12,9 – 10,9	g/dl

Als Vergleich gelten folgende Normalwerte, übernommen aus Classen et al. 2004 (Classen, Diehl, & Kochsiek, 2004):

Kreatinin: 0,5 – 1,2 mg/dl, CRP: < 0,5 mg/dl, Hb: ♂: 18 – 14 g/dl, ♀: 16 – 12 g/dl.

Im Vergleich zu den Normalwerten (Classen et al., 2004) fällt der im Durchschnitt erhöhte Entzündungswert CRP und der erniedrigte Hämoglobinwert unserer Patientenkohorte auf.

Bei der Erfassung der Alltagsfunktionen zeigten die Patienten beim Barthel-Index einen Mittelwert von $28,0 \pm 23,0$ Punkten (Min.: 0 Punkte, Max.: 100 Punkte) und einen Median von 25,0 Punkten (IQR = 45,0–5,0 Punkte). Die Anzahl der im Barthel-Index erfassten Aktivitäten des täglichen Lebens (ADL) lag durchschnittlich bei $1,2 \pm 2,5$ ADL (Min.: 0, Max.: 10). Die mediane ADL-Anzahl betrug 0,0 (IQR = 2,0–0,0) ADL. Bei 39 Patienten wurden Barthel-Index bzw. ADL nicht erfasst.

Komorbiditätsindices

Einen Überblick über die angewandten Komorbiditätsindices gibt Tabelle 8:

Tabelle 8: Auswertung der Komorbiditäten in den Komorbiditätsindices CACI, GIC, DC, CPS

Indexe	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Interquartilsabstand
CACI	9,2	2,8	9,0	11,0 – 7,0
GIC	3,3	0,8	3,0	4,0 – 3,0
DC	6,2	2,6	6,0	8,0 – 4,0
CPS	11,4	5,5	12,0	15,0 – 7,0

4.2 Gesamtmortalität

Bis zum Stichtag am 20.03.2017 trat im gesamten Beobachtungszeitraum bei 130 Patienten (76,0 %) der Todesfall ein.

4.2.1 Cox-Regressionsanalyse für die Gesamtmortalität

Mit der Cox-Regressionsanalyse wurde untersucht, ob Zusammenhänge zwischen potentiell möglichen Risikofaktoren und der Mortalität bestanden.

Univarites Modell der Cox-Regression

Nachfolgend abgebildet ist die univariate Cox-Regression für die Gesamtmortalität:

Tabelle 9: Univariate Cox-Regression für die Gesamtmortalität

	HR	95% CI	p-value	sig.
Trauma-WS	R		0,090	-
Trauma-Kopf	1,73	[1,06; 2,82]		
Trauma-Kombination	1,43	[0,65; 3,17]		
GCS	0,88	[0,84; 0,93]	< 0,001	***
Therapie (operativ)	0,72	[0,51; 1,02]	0,063	-
AK	0,86	[0,59; 1,25]	0,421	
CACI	1,04	[0,97; 1,11]	0,252	
GIC	1,25	[1,00; 1,56]	0,049	*
DC	1,00	[0,95; 1,07]	0,896	
CPS	1,00	[0,97; 1,03]	0,888	
Kreatinin	1,27	[0,94; 1,73]	0,123	
CRP	1,03	[0,98; 1,09]	0,291	
Hb	0,89	[0,80; 0,99]	0,029	*
Geschlecht (weiblich)	0,78	[0,55; 1,11]	0,166	
Alter	0,95	[0,88; 0,95]	0,165	
ADL-Anzahl	0,83	[0,73; 0,94]	0,004	**

Im univarierten Modell der Cox-Regressionsanalyse zeigte sich einerseits, dass die Gesamtmortalität vom GCS ($p < 0,001$) höchst signifikant und von der ADL-Anzahl ($p = 0,004$) sehr signifikant beeinflusst wurde. Andererseits hatten der GIC

($p = 0,049$) und der Hb-Wert ($p = 0,029$) einen signifikanten Einfluss auf die Gesamtmortalität. Eine Tendenz zur Signifikanz wiesen die Risikofaktoren Lokalisation des Traumas ($p = 0,090$) und Therapie ($p = 0,063$) auf.

Die Hazard Ratio von 1,73 für eine traumatische Kopfverletzung bzw. von 1,43 für eine kombinierte Traumaverletzung stellen dar, dass das Mortalitätsrisiko bei diesen Lokalisationen des Traumas höher war als bei traumatischen Wirbelsäulenverletzungen: um 73 % bzw. um 43 %. Auch bei den Laborwerten Kreatinin (HR = 1,27) und CRP (HR = 1,03) zeigte ein um eine Maßeinheit steigender Wert (1 mg/dl) ein erhöhtes Risiko an, zu versterben.

Hinsichtlich der Komorbiditätsindices zeigte sich Folgendes: Ein Anstieg um eine Einheit des CACI (HR = 1,04) war mit einem leicht erhöhten Mortalitätsrisiko verbunden: 4 %. Ein Anstieg um eine Einheit des GIC (HR = 1,25) war mit einem 25 % erhöhten Mortalitätsrisiko verbunden. Die Werte der ungewichteten Summenscores DC und CPS hatten allerdings keinen Einfluss auf die Mortalität (HR = 1,00). Dies bedeutet, dass sowohl die alleinige Anzahl an Begleiterkrankungen als auch die Summe aus Begleiterkrankungen und Medikamenten unbedeutend für das Mortalitätsrisiko waren.

Demgegenüber hatte ein Anstieg um einen Punkt bei dem Risikofaktor GCS, was mit einer geringeren Vigilanzminderung korreliert, ein um 12 % vermindertes Mortalitätsrisiko. Die operative Therapieoption schien ebenfalls das Mortalitätsrisiko zu senken und zwar um im Vergleich zur konservativen Therapie um 28 %. Patienten, die unter antikoagulatorischer Therapie standen, hatten mit einer Hazard Ratio von 0,86 ein 14 % geringeres Mortalitätsrisiko als die Patienten, die keine antikoagulatorischen Medikamente einnahmen. Für den Laborwert Hb (HR = 0,89) bedeutete ein Anstieg um eine Maßeinheit (1 g/dl) ein um 11 % niedrigeres Mortalitätsrisiko. Auch hatten Frauen mit einer Hazard Ratio von 0,78 ein um 22 % geringeres Mortalitätsrisiko als männliche Patienten. Interessanterweise ging ein Alteranstieg um 1 Jahr mit einem 5 % niedrigeren Mortalitätsrisiko einher. Um Fehlschlüsse zu vermeiden, muss jedoch bedacht werden, dass die in unserer Studie eingeschlossenen Patienten bereits mindestens 90 Jahre alt waren.

Multivariates Modell der Cox-Regression

Signifikante Werte oder diejenigen mit einer Tendenz zur Signifikanz wurden in einer finalen multivariaten Cox-Regressionsanalyse eingeschlossen. Da für den Parameter ADL-Anzahl 39 fehlende Werte vorlagen (22,8 %), wir für die Analyse aber unsere hohe Fallzahl erhalten wollten, wurde er im finalen Modell der multivariaten Cox-Regression trotz Signifikanz in der univariaten Cox-Regression nicht berücksichtigt. Zwecks Vollständigkeit stellen wir die Analyse mit Inklusion des Parameters ADL-Anzahl im Anhang (Anhang 8.2.1) trotzdem dar.

Tabelle 10: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die Gesamtmortalität

	HR	95% CI	p-value	sig.
Trauma-WS	R		0,291	
Trauma-Kopf	1,48	[0,88; 2,48]		
Trauma-Kombination	1,67	[0,74; 3,73]		
GCS	0,90	[0,86; 0,96]	< 0,001	***
Therapie (operativ)	0,71	[0,49; 1,03]	0,067	-
GIC	1,21	[0,96; 1,52]	0,111	
Hb	0,89	[0,79; 1,00]	0,052	-

In der multivariaten Cox-Regression wies nur der GCS ($p < 0,001$) einen (höchst) signifikanten Einfluss auf die Gesamtmortalität der Patienten auf. Dies mag bedingt sein durch Korrelationen zwischen den einzelnen Variablen. Die Hazard Ratios zeigten weitgehende Ähnlichkeit zu denen der univariaten Analyse.

4.2.2 Kaplan-Meier Analyse für das Gesamtüberleben

Um die Überlebenswahrscheinlichkeit über den gesamten Zeitraum bis zum Stichtag am 20.03.2017 zu veranschaulichen, wurde die Kaplan-Meier Methode angewandt und alle dichotomen/trichotomen Parameter dargestellt, die in der univariaten Cox-Regression mindestens eine Tendenz zur Signifikanz aufwiesen ($p \leq 0,1$).

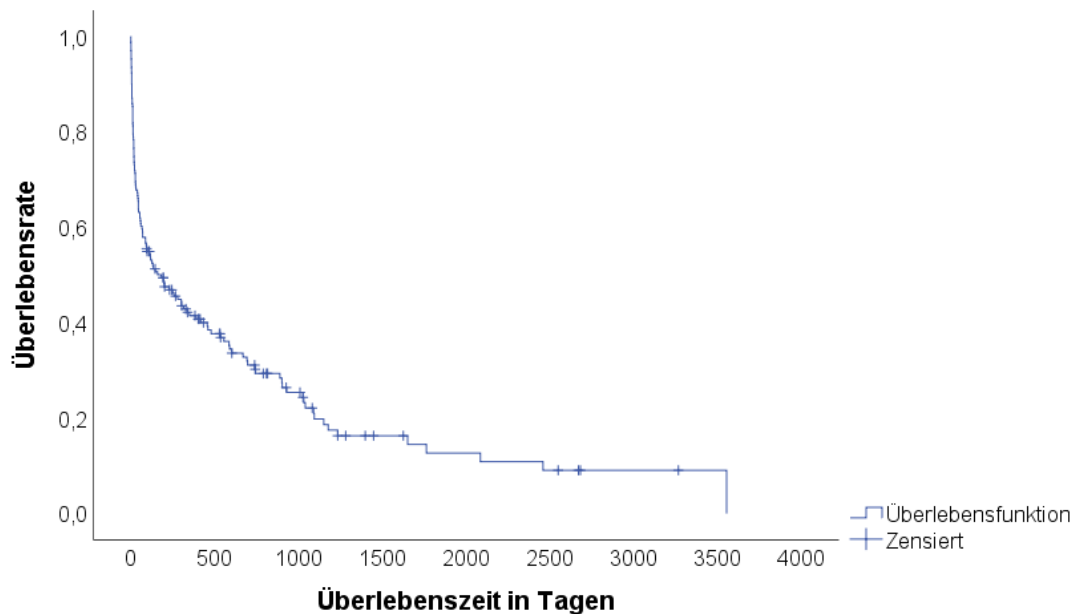


Abbildung 9: Kaplan-Meier Kurve der Überlebenszeit bezogen auf das gesamte Patientenkollektiv

Die mediane Überlebenszeit betrug im genannten Beobachtungszeitraum 183 Tage.

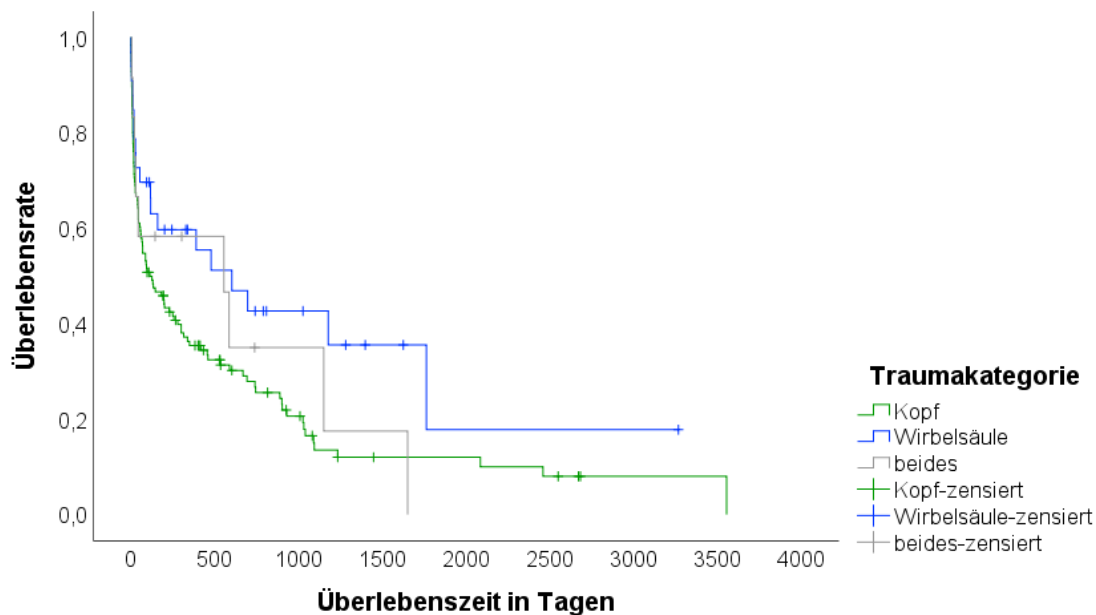


Abbildung 10: Kaplan-Meier Kurven der Überlebenszeit in Abhängigkeit von der Traumakategorie

Traumakategorie

Patienten mit einer traumatischen Wirbelsäulenverletzung hatten die längste mediane Überlebenszeit (603 Tage), gefolgt von den Patienten mit einer kombinierten Verletzung (556 Tage). Das kürzeste mediane Überleben zeigte sich bei Patienten mit einer traumatischen Kopfverletzung (114 Tage). Der Parameter Traumakategorie erwies sich in der multivariaten Cox-Regression allerdings als nicht signifikant ($p = 0,291$).

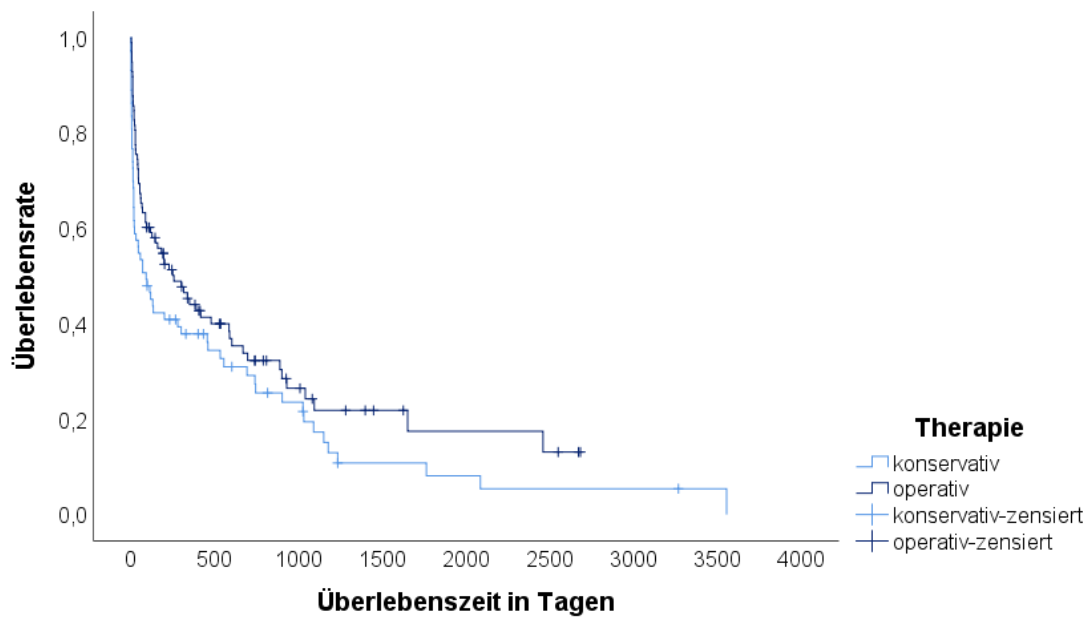


Abbildung 11: Kaplan-Meier Kurven der Überlebenszeit in Abhängigkeit von der Therapie

Therapie

Unterlagen die Patienten einer operativen Therapie war ihr medianes Überleben (257 Tage) länger als bei Patienten, die konservativ behandelt wurden (92 Tage).

4.3 30-Tages-Mortalität

Analog zu den Analysen der Gesamtmortalität wurde die Auswertung der 30-Tages-Mortalität durchgeführt. Insgesamt verstarben innerhalb von 30 Tagen nach der Aufnahme 55 Patienten (30,2 %).

4.3.1 Cox-Regressionsanalyse für die 30-Tages-Mortalität

Univariates Modell der Cox-Regression

Tabelle 11 zeigt die univariate Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität:

Tabelle 11: Univariate Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität

	HR	95% CI	p-value	sig.
Trauma-WS	R		0,803	
Trauma-Kopf	1,25	[0,61; 2,58]		
Trauma-Kombination	1,05	[0,32; 3,42]		
GCS	0,84	[0,79; 0,89]	< 0,001	***
Therapie (operativ)	0,54	[0,31; 0,92]	0,002	**
AK	0,73	[0,40; 1,32]	0,295	
CACI	1,07	[0,98; 1,17]	0,150	
GIC	1,66	[1,14; 2,44]	0,009	**
DC	1,01	[0,93; 1,10]	0,816	
CPS	0,98	[0,93; 1,03]	0,389	
Kreatinin	1,65	[1,19; 2,29]	0,003	**
CRP	1,04	[0,96; 1,13]	0,390	
Hb	0,86	[0,74; 1,00]	0,051	-
Geschlecht (weiblich)	1,08	[0,63; 1,86]	0,779	
Alter	0,89	[0,78; 1,01]	0,074	-
ADL-Anzahl	0,80	[0,65; 1,00]	0,046	*

In Bezug auf die 30-Tages-Mortalität erwies sich ebenso wie für die Gesamtmortalität der Risikofaktor GCS ($p < 0,001$) als höchst signifikant. Eine größere Signifikanz als in der univariaten Cox-Regression der Gesamtmortalität hatten die Therapie ($p = 0,002$) und der GIC ($p = 0,009$), die sich sehr signifikant niederschlugen. Zusätzlich stellte sich der Laborwert Kreatinin ($p = 0,003$) als sehr signifikante Variable dar. Signifikant war auch wieder die ADL-Anzahl ($p = 0,046$).

Eine tendenzielle Signifikanz wies der Risikofaktor Hb-Wert ($p = 0,051$) auf und ferner das Alter ($p = 0,074$).

Auch hier bilden die Hazard Ratios ab, dass das Mortalitätsrisiko für traumatische Kopfverletzungen (HR = 1,25) am höchsten war, gefolgt von kombinierten Traumaverletzungen (HR = 1,05), wohingegen traumatische Wirbelsäulenverletzungen das geringste Mortalitätsrisiko zeigten. Ebenso galt auch wieder für die Laborwerte Kreatinin (HR = 1,65) und CRP (HR = 1,04), dass ein Anstieg dieser Werte um eine Einheit (1 mg/dl) mit einem um 65 % bzw. 4 % erhöhten Mortalitätsrisiko verbunden war.

Korrespondierend zur Gesamtmortalität galt auch wieder für die 30-Tages-Mortalität in Bezug auf die Komorbiditätsindices: Anstiege um eine Einheit des CACI (HR = 1,07) und des GIC (HR = 1,66) waren jeweils mit einem erhöhtem Mortalitätsrisiko verbunden, wohingegen die Werte der ungewichteten Summenscores DC (HR = 1,01) und CPS (HR = 0,98) nur einen sehr geringen Einfluss auf die Höhe des Mortalitätsrisikos hatten.

Ebenfalls ähnliche Ergebnisse wie bei der Analyse der Gesamtmortalität ergaben sich für Patienten unter antikoagulatorischer Therapie (HR = 0,73), die ein um 27 % niedrigeres Mortalitätsrisiko aufwiesen als die Patienten ohne antikoagulatorische Medikation. Auch galt wieder, dass Patienten pro Zunahme um eine Einheit (1 g/dl) des Laborwerts Hb (HR = 0,86) ein geringeres Mortalitätsrisiko hatten. Ebenfalls wie bei der Analyse der Gesamtmortalität stand auch eine Zunahme des Alters (HR = 0,89) für eine niedrigere Wahrscheinlichkeit, zu versterben. Dabei muss jedoch wiederholt daran erinnert werden, dass das Einschlusskriterium der Studie ein Mindestalter von 90 Jahren war.

Im Kontrast zur Cox-Regressionsanalyse der Gesamtmortalität hatte bei der 30-Tages-Mortalität das weibliche Geschlecht (HR = 1,08) ein um 8 % höheres Risiko zu versterben als die männlichen Studienteilnehmer.

Multivariates Modell der Cox-Regression

Nach denselben Kriterien wie für das multivariate Cox-Regressionsmodell der Gesamtmortalität wurde für die 30-Tages-Mortalität verfahren. Auch hier wurde auf Grund 39 fehlender Werte der Parameter ADL-Anzahl (21,9 %) trotz Signifikanz in der univariaten Cox-Regression nicht in die multivariaten Cox-Regressionanalyse mit einbezogen. An dieser Stelle wird wieder auf die Analyse im Anhang (Anhang 8.2.2) verwiesen.

Tabelle 12: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität

	HR	95% CI	p-value	sig.
GCS	0,84	[0,78; 0,89]	< 0,001	***
Therapie (operativ)	0,66	[0,37; 1,19]	0,168	
GIC	1,32	[0,90; 1,92]	0,156	
Kreatinin	1,75	[1,24; 2,47]	0,001	***
Hb	0,94	[0,80; 1,11]	0,454	
Alter	0,91	[0,80; 1,05]	0,202	

Wie bereits für die Gesamtmortalität blieben in der multivariaten Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität nicht alle eingeschlossenen Risikofaktoren signifikant, sondern nur der GCS ($p < 0,001$) und zusätzlich der Kreatininwert ($p = 0,001$). Die Hazard Ratios zeigten wiederum weitgehende Übereinstimmung mit den Ergebnissen der univariaten Analyse.

4.3.2 Kaplan-Meier-Analyse für das Überleben der 30-Tages-Frist

Nach den gleichen Kriterien wie für das Gesamtüberleben bis zum Stichtag wurde auch die Überlebenschance für den Zeitraum bis 30 Tage nach der Aufnahme mit der Kaplan-Meier Methode visualisiert. Nur der Parameter Therapieart erfüllte die Kriterien dichotom und in der univariaten Cox-Regressionsanalyse mindestens tendenziell signifikant ($p \leq 0,1$).

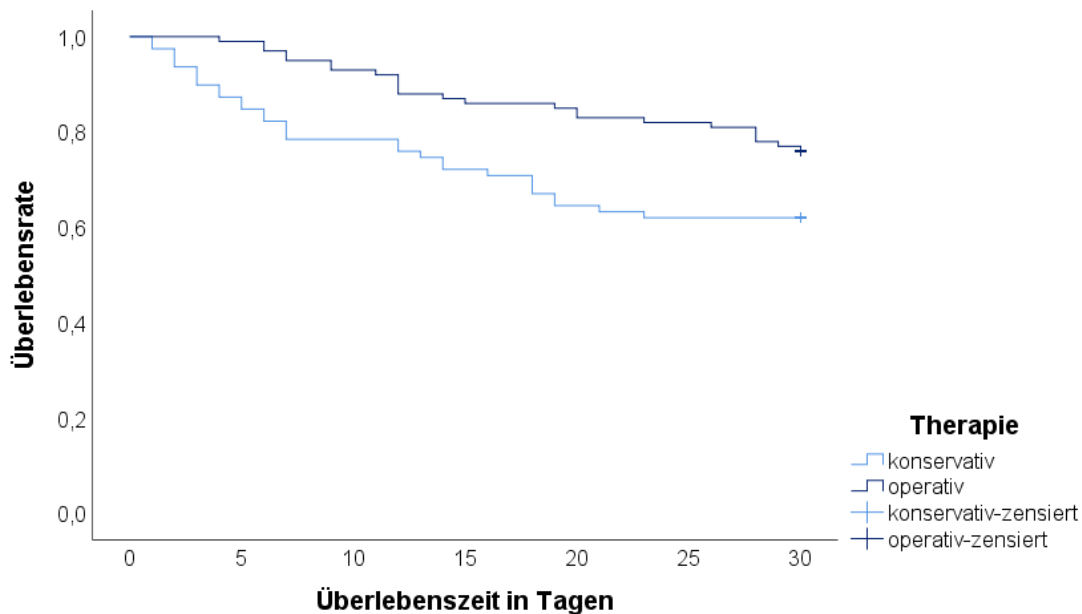


Abbildung 12: Überlebensrate innerhalb der 30-Tages-Frist nach der Kaplan-Meier Analyse in Abhängigkeit von der Therapie

Therapie

Nach 30 Tagen Beobachtungszeit sank die Überlebensrate in der Gruppe der operativ behandelten Patienten auf 76 % und bei den konservativ behandelten Patienten auf einen deutlich niedrigeren Wert von 62 %. In der multivariaten Cox-Regressionsanalyse stellte sich der Parameter Therapieart jedoch als nicht signifikant ($p = 0,168$) dar.

4.4 Neben aspekt: Ort der Entlassung

Entlassung

36 Patienten (20,1 %) verstarben während des Krankenhausaufenthalts.

Der Großteil der Patienten (79,9 %) konnte jedoch in einem neurochirurgisch stabilen Zustand aus der neurochirurgischen Abteilung des Klinikums rechts der Isar entlassen werden. Hier die graphische Darstellung der Verteilung der Patienten hinsichtlich ihres Entlassungsorts:

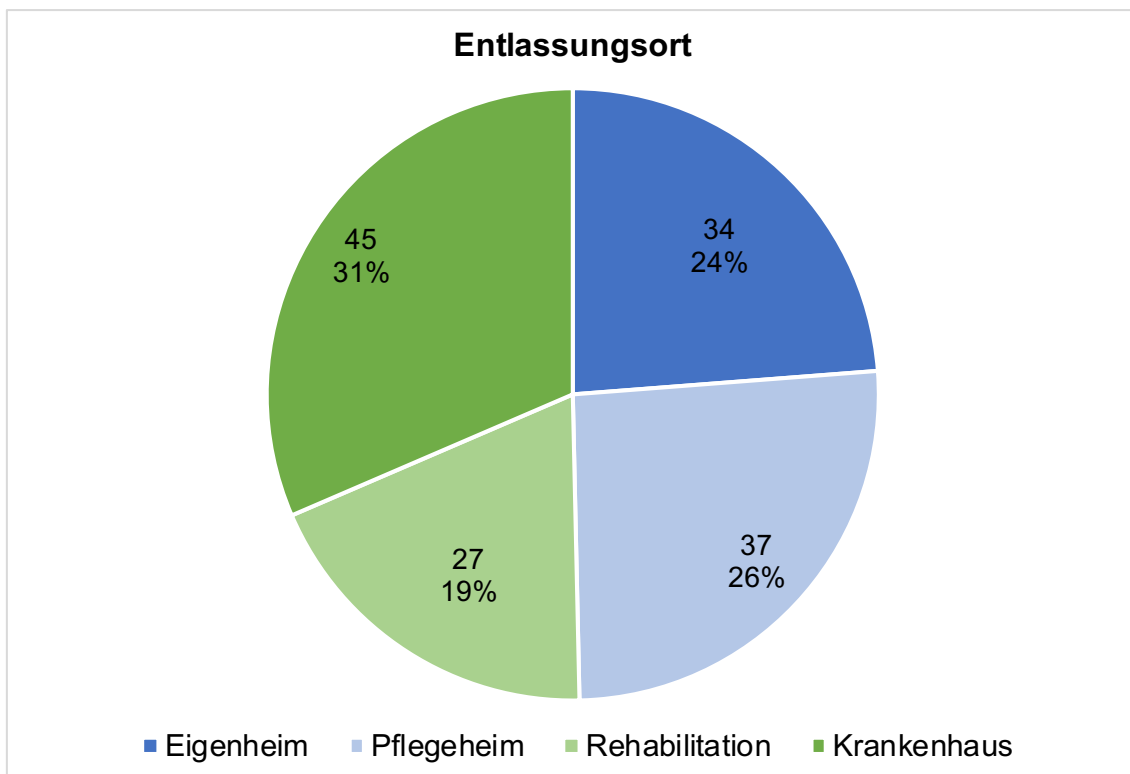


Abbildung 13: Entlassungsort nach stationärem Aufenthalt (Angabe von Anzahl und Prozentsatz)

Bei knapp einem Viertel der Patienten (24 %) bestand die Möglichkeit, in das gewohnte Umfeld zu Hause (Eigenheim) zurückzukehren anstatt in ein Pflegeheim (26 %), in eine stationäre Rehabilitation (19 %) oder in eine andere Krankenhausabteilung (31 %) zur Versorgung der Beschwerden außerhalb des neurochirurgischen Fachbereichs.

In einem weiteren Schritt wurde die Gruppe der ins Eigenheim entlassenen Patienten mit der Gruppe der übrigen Patienten verglichen, die aus der neurochirurgischen Abteilung entlassen wurden. Es wurde wieder eine univariate Cox-Regressionsanalyse für die Gesamtmortalität durchgeführt.

Cox-Regressionsanalyse

Tabelle 13: Univariate Cox-Regression für die Gesamtmortalität des Nebenaspekts Entlassung

	HR	95% CI	p-value	sig.
Entlassungsort (Eigenheim)	0,43	[0,25; 0,75]	0,003	**

In der univariaten Cox-Regressionsanalyse zeigte sich zwischen den beiden untersuchten Gruppen eine signifikante Abweichung für die Gesamtmortalität ($p = 0,003$). Dabei galt, dass die ins Eigenheim entlassenen Patienten eine niedrigere Mortalität aufwiesen als die Vergleichsgruppe: Mit einer Hazard Ratio von 0,43 betrug das Mortalitätsrisiko nur 43 % des Risikos der in eine andere Einrichtung entlassenen Patienten.

Kaplan-Meier Analyse

Zusätzlich wurden die Überlebenskurven auch mit der Kaplan-Meier Methode graphisch aufgezeigt.

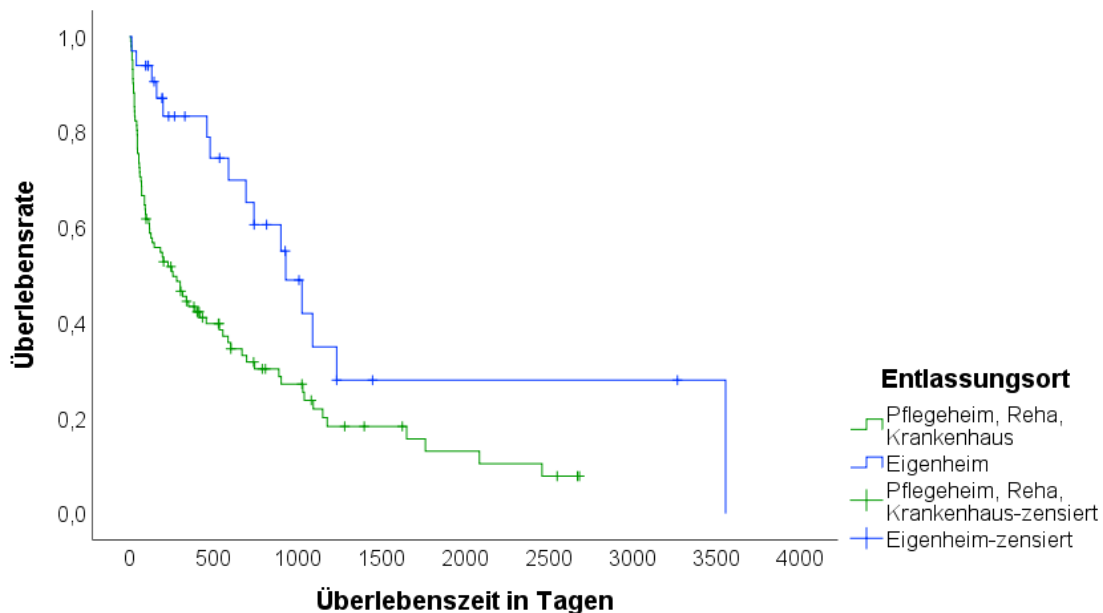


Abbildung 14: Überlebenszeit nach der Kaplan-Meier Analyse differenziert nach dem Entlassungsort

Über den gesamten Beobachtungszeitraum hatten in das Eigenheim entlassene Patienten eine längere mediane Überlebenszeit (930 Tage) als in andere Einrichtungen entlassene Patienten (257 Tage). Die mediane Überlebenszeit aller aus dem Krankenhaus entlassenen Patienten (456 Tage) war länger als das mediane Überleben von allen über 90-jährigen Patienten mit traumatischen Kopf- und/oder Wirbelsäulenverletzungen (183 Tage). Dies ist darauf zurückzuführen, dass die im Krankenhaus verstorbenen Patienten aus ersterer Gruppe ausgeschlossen waren.

5 Interpretation und Diskussion

Vor dem Hintergrund einer alternden Bevölkerung ergeben sich neue Herausforderungen, was die Versorgung älterer Patienten in den medizinischen Fachbereichen und somit auch in der Neurochirurgie betrifft. Neurochirurgen sind bei der Therapie dieses Patientenkollektivs mit zusätzlichen Risikofaktoren konfrontiert, die bei Therapieentscheidung sorgfältig bedacht werden müssen (CDC, 2003).

Mit dieser Studie wurde eine retrospektive Analyse an 179 Probanden durchgeführt, die zum Untersuchungszeitpunkt mindestens 90 Jahre alt waren und im Zeitraum von 2006-2016 aufgrund eines Traumas an Kopf und/oder Wirbelsäule in unserer Abteilung am Klinikum rechts der Isar stationär neurochirurgisch behandelt werden mussten. Neben der Darstellung der klinischen Eigenschaften unseres Patientenkollektivs war das Hauptziel der Arbeit, Einflussfaktoren - insbesondere bestehende Komorbiditätsindices (M. Charlson et al., 1994; Evans et al., 2011; Martinez-Velilla et al., 2014; Rozzini et al., 2002) - auf das Mortalitätsrisiko zur Abschätzung der Prognose dieser betagten Patienten zu untersuchen. Das Durchschnittsalter lag bei $92,9 \pm 2,4$ Jahren (Min.: 90 Jahre, Max.: 102 Jahre). Die mittlere stationäre Verweildauer betrug 11 ± 8 Tage (Min.: 1 Tag, Max.: 54 Tage). Hinsichtlich der dominierenden Symptomatik des Traumas wiesen 131 (73,2 %) eine Kopfverletzung, 34 (19,0 %) eine Wirbelsäulenverletzung und 14 (7,8 %) sowohl eine Verletzung an Kopf als auch an der Wirbelsäule auf. 100 (55,9 %) Patienten unterlagen einer operativen Therapie, 79 (44,1 %) wurden konservativ behandelt. Der mediane GCS bei der Aufnahme betrug 14 Punkte (IQR = 15–13 Punkte). Während für keinen der in unserer Studie ausgewählten Komorbiditätsindices CACI, DC, CPS und GIC eine Aussagekraft bezüglich der Mortalitätswahrscheinlichkeit festgestellt werden konnte, schienen die GCS und der Laborparameter Kreatinin von signifikanter prognostischer Bedeutung zu sein: Höhere GCS-Punktwerte korrelierten mit einer höheren Gesamt-/30-Tages-Überlebensrate, ein erhöhter Kreatininspiegel war dagegen mit einer erhöhten 30-Tages-Mortalität verbunden. Auch ergab unsere Studie Hinweise auf den prädiktiven Wert des funktionellen Status zur Abschätzung der Mortalitätswahrscheinlichkeit. Im gesamten Beobachtungszeitraum verstarben 130 (76 %) Patienten. Die 30-Tages-Mortalität lag bei 30,2 % (55 Patienten).

5.1 Diskussion der Ergebnisse

Die folgende Diskussion beruht auf den in Kapitel 4 dargestellten Ergebnissen der deskriptiven Statistik und den Berechnungen zur Prüfung auf signifikante Einflussfaktoren in Bezug auf die Gesamt- und 30-Tages-Mortalität.

5.1.1 Deskriptive Analysen

Das Auftreten deutschlandweit steigender Fallzahlen stationärer Patienten in den letzten Jahren (Robert-Koch-Institut, 2015) ließ sich auch an unserem Patientenkollektiv bestätigen.

Mit einer durchschnittlichen stationären Verweildauer von 11 Tagen während des Beobachtungszeitraums 2006-2016 hatten unsere Patienten einen längeren Krankenhausaufenthalt im Vergleich zu einer mittleren Verweildauer im Jahr 2015 von etwa 7,5 Tagen in deutschen Krankenhäusern (Statistisches Bundesamt, 2016) bzw. etwa 6,5 Tagen am Klinikum rechts der Isar (MRI, 2015). Die lange Verweildauer unseres Patientenkollektivs deckt sich mit der durchschnittlichen Verweildauer von 10,5 Tagen hinsichtlich der Krankenhauspatienten aller Altersgruppen, die in der neurochirurgischen Abteilung am Klinikum rechts der Isar im Jahr 2015 behandelt wurden. Der lange stationäre Aufenthalt mag durch die bereits angesprochene meist hohe Erkrankungsschwere neurochirurgischer Patienten bedingt sein. Einen Hinweis auf den eingeschränkten Gesundheitszustand unseres betagten Patientenkollektivs gibt auch die geringe mediane Punktesumme des Barthel-Index mit 25/100 möglichen Punkten und die mediane Anzahl 0/10 der selbstständig möglichen alltäglichen Fähigkeiten (ADL), die dem Barthel-Index zu Grunde liegen. Beides sind Zeichen einer stark eingeschränkten Selbstständigkeit.

Bezogen auf das Gesamtkollektiv trat eine kombinierte traumatische Kopf- und Wirbelsäulenverletzung bei 14 Patienten auf. Somit wiesen etwa 10 % aller Patienten mit einer Kopfverletzung zusätzlich eine Verletzung an der Wirbelsäule auf. Dieser Prozentsatz ähnelt den von Rickels et al. beobachteten 8,8 % schädelhirnverletzter Patienten mit einer gleichzeitig vorliegenden Verletzung an der Wirbelsäule (Rickels et al., 2010).

5.1.2 Einflussfaktoren auf die Mortalität

Die mediane Überlebenszeit unseres Patientenkollektivs betrug 183 Tage. Im Vergleich dazu liegt die durchschnittliche weitere Lebenserwartung der Neunzigjährigen in Deutschland derzeit bei etwa 3,7 Jahren, was etwa 1 351 Tagen entspricht (Robert-Koch-Institut, 2018).

Die GCS stellt einen wichtigen klinischen Parameter zur Einschätzung der momentanen Schwere einer Hirnfunktionsstörung dar. Wie bereits in der Einleitung erwähnt machen leichte Schädel-Hirn-Traumata (GCS 13-15 Punkte) mit etwa 91 % den Großteil an traumatischen Kopfverletzungen in Deutschland aus, während mittelschwere und schwere Verletzungen im einstelligen Prozentbereich liegen (Rickels et al., 2010). Bei unseren Patienten überwogen mit etwa 79 % zwar auch die leichten Schädel-Hirn-Traumata, jedoch fielen mittlere und schwere SHT mit jeweils 10,3% höher aus. Dieser Gegenüberstellung könnte zu Grunde liegen, dass unsere Studie nur Patienten mit einer stationären Aufnahme berücksichtigt, während in der Analyse von Rickels et al. zusätzlich auch Patienten mit ambulanter Versorgung im Krankenhaus und anschließender Entlassung eingeschlossen wurden. Der mediane GCS-Wert hatte bei unseren Patienten mit traumatischen Kopfverletzungen (14 Punkte) eine geringere Punktezahl als bei Patienten mit Wirbelsäulentraumen (15 Punkte) und interessanterweise auch als bei Patienten mit einer kombinierten Verletzung (15 Punkte). Ursächlich dafür könnte sein, dass bei 13/14 Patientenfällen mit kombinierter traumatischer Verletzung die Wirbelsäulenverletzung schwerwiegender als die Kopfverletzung war und im Vordergrund der Therapie stand.

Die Literatur beschreibt neben dem Vorliegen lichtstarrer Pupillen für den in der neurologischen Untersuchung erhobenen GCS-Punktwert eine prognostische Aussagekraft bei Schädel-Hirn-Verletzungen (Esposito & Walker, 2009; Marmarou et al., 2007). Im Hinblick relevanter Einflussfaktoren auf die Gesamt- und 30-Tages-Mortalität bestätigt sich auch in unserer Studie, dass der klinische Parameter GCS ($p < 0,001$) zur prognostischen Abschätzung der Mortalität herangezogen werden kann.

In einer Vielzahl an Studien gilt das Alter als wichtiger Prognosefaktor für die Mortalität nach einem Trauma, wobei für ein höheres Alter eine schlechtere Prognose beschrieben wird (Esposito & Walker, 2009; Huang et al., 2016; Jennett et

al., 1979; Piccirillo et al., 2004; Yamaura, Ono, Watanabe, & Saeki, 1989). Im Unterschied dazu konnte bei unserer Patientenkohorte für den Parameter Alter in den univariaten Modellen der Cox-Regressionsanalyse sowohl für die Gesamtmortalität ($p = 0,165$) als auch für die 30-Tages-Mortalität ($p = 0,074$) kein statistisch signifikanter Zusammenhang gefunden werden. Allerdings muss dies unter dem Vorbehalt betrachtet werden, dass alle unsere Patienten durch unser Einschlusskriterium ein Mindestalter von 90 Jahren aufwiesen und der Parameter Alter dadurch auf eine Spannweite von 90 bis 102 Jahre begrenzt war. Dass der Parameter Alter ab einem gewissen Wert nicht mehr mit der Mortalität korreliert, ergab auch der Vergleich von 80- und 90-jährigen Patienten auf Intensivstationen in der multizentrische Studie von Garrouste-Orgeas et al. (Garrouste-Orgeas et al., 2016). Erwähnenswert erscheint für unser Patientenkollektiv zusätzlich, dass ein höheres Alter sogar ein niedrigeres Mortalitätsrisiko bedeutete- für die Gesamtmortalität ($HR = 0,95$) wie auch für die 30-Tages-Mortalität ($HR = 0,89$). Unser Ergebnis unterstützt die Annahme, dass die Unterscheidung zwischen dem physiologischen und dem chronologischen Alter von Bedeutung ist. Das chronologische Alter scheint dabei als Prädiktor für die Mortalität eine geringere Rolle zu spielen als die Gebrechlichkeit (Zyck et al., 2016), gekennzeichnet durch eine verminderte physiologische Belastbarkeit (Bergman et al., 2007).

Um den Gesundheitszustand unserer Patienten zu erfassen, wurden sie in vier ausgewählten bestehenden Komorbiditätsindices bewertet. Anschließend wurde analysiert, ob die an bestimmten Studienpopulationen entwickelten und validierten Komorbiditätsindices auch für unsere neurochirurgischen Traumapatienten mit einem sehr hohen Lebensalter prognostische Bedeutung besitzen.

Der in der Literatur am häufigsten angewandte Komorbiditätsscore CACI betrug im Median 9,0 (IQR = 11,0–7,0). Dies entspricht im Bewertungssystem nach Charlson et al. einer Mortalitätsrate von 85 % nach einem Jahr (M. E. Charlson et al., 1987; de Groot et al., 2003; Molto & Dougados, 2014). Unsere Überlebenskurve in der Kaplan-Meier Analyse zeigte ein günstigeres Resultat mit einer Überlebensrate von etwa 42 % nach einem Jahr. Der GIC hatte bei unseren Patienten einen medianen Wert von 3,0 (IQR = 4,0–3,0), was bedeutet, dass bei den meisten Patienten mindestens eine, der zu deren Komorbiditäten gerechneten Erkrankungen, symptomatisch und mit ausbleibendem Therapieerfolg war. Die einem GIC von 3,0 entsprechende geschätzte Ein-Jahres-Mortalität beträgt 24 % und

war somit im Vergleich zu unserem Patientenkollektiv niedriger (Stawicki et al., 2015). Der DC entspricht einem simplen Summenscore aus der Anzahl aller vorliegenden Komorbiditäten und verzeichnete in unserem Patientenkollektiv einen medianen Wert von 6,0 (IQR = 8,0–4,0) (Martinez-Velilla et al., 2014). Der CPS addiert zusätzlich zu den Komorbiditäten die Anzahl der eingenommenen Medikamente auf. Indem die Medikamentenanzahl zusätzlich als Indikator für eine der Krankheitssituation angemessene Therapieintensität verstanden wird, quantifiziert der CPS die Schwere der Komorbiditäten. Bei unseren Patienten betrug der mediane CPS 12,0 (IQR = 15,0–7,0). Dies entspricht einer geschätzten Ein-Jahres-Mortalität von 22 % (Stawicki et al., 2015). Dieser geschätzte Mortalitätswert ist wie bereits der Schätzwert anhand des GIC (24 %) geringer als die in unseren Überlebensdaten ermittelte Mortalität von etwa 58% nach einem Jahr.

Eine prognostische Bedeutung für die Gesamtmortalität ($p = 0,049$) oder die 30-Tages-Mortalität ($p = 0,009$) zeigte sich in der univariaten Cox-Regressionsanalyse lediglich für den GIC, nicht für die drei anderen Komorbiditätsindices.

Rozzini et al. schrieben dem GIC eine hohe Übereinstimmungsvalidität mit der physiologischen Beeinträchtigung zu. Positiv bewerteten auch Zekry et al. in ihren prospektiven Studien den GIC im Vergleich zu anderen Komorbiditätsindices - bsp. dem Charlson Index - und beschrieben ihn als am besten geeignet zur Vorhersage der Mortalität bei geriatrischen Patienten (Rozzini et al., 2002; Zekry et al., 2012; Zekry et al., 2010). Auch in der Untersuchung von Martinez-Velilla et al. war der GIC anderen Komorbiditätsscores wie dem Charlson Index oder dem DC als Prädiktor für die Mortalität betagter Patienten überlegen (Martinez-Velilla et al., 2014).

Demgegenüber kamen Di Bari et al. zu der Annahme, dass unter anderem der Charlson Index und der DC besser als der GIC zur Mortalitätsprognose einsetzbar sind (Di Bari et al., 2006). Kausal hierfür könnte sein, dass die Studienpopulation von Di Bari jünger (Durchschnittsalter $74 \pm 0,3$ Jahre) und weniger komplex war als unser Patientenkollektiv (Durchschnittsalter $92,9 \pm 2,4$ Jahre) und als die Patienten in den Studien von Zekry et al. ($85,3 \pm 6,7$ Jahre) bzw. Martinez-Velilla et al. ($85,4 \pm 5,4$ Jahre) (Martinez-Velilla et al., 2014; Zekry et al., 2012; Zekry et al., 2010).

Allerdings konnte in unserer Studie im multivariaten Modell der Cox-Regression auch für den GIC weder ein signifikanter Einfluss auf die Gesamtmortalität ($p = 0,111$) noch auf die 30-Tages-Mortalität ($p = 0,156$) bestätigt werden. Unsere Auswertung signalisiert, dass die von uns untersuchten bestehenden Komorbiditätsscores wenig geeignet sind zur prognostischen Abschätzung der Mortalität bei Patienten in sehr hohem Lebensalter mit traumatischen Verletzungen aus dem neurochirurgischen Fachbereich.

Dass existente Komorbiditätsscores auf Grund ihrer Entwicklung an bestimmten Studienpopulationen und unter bestimmten Studienbedingungen nicht universell für alle Fachbereiche und Patientengruppen angewandt werden können und es schwierig ist, Komorbiditäten in einem Index zu vereinfachen, bestätigen Angaben in der Literatur (Della Porta & Malcovati, 2009; Elixhauser, Steiner, Harris, & Coffey, 1998).

Auch muss Folgendes bedacht werden: Einerseits sind bei Komorbiditätsindices wie dem DC oder dem CPS die Selektionskriterien für die als Komorbiditäten gewerteten Erkrankungen oftmals nicht eindeutig festgelegt (Martinez-Velilla et al., 2014). Andererseits ist bei klar definierten Komorbiditätsindices wie dem weit verbreiteten Charlson Index aufgrund des medizinischen Fortschritts heutzutage ein anderes Krankheitsspektrum und eine andere Gewichtung der einzelnen Komorbiditäten relevant als zum Zeitpunkt der Entwicklung dieser Indices (Zavascki & Fuchs, 2007).

Während in unserer Studie bestehende Komorbiditätsscores keine prognostische Bedeutung aufwiesen, ergab unsere univariate Cox-Regressionsanalyse einen Hinweis darauf, dass ein besserer physischer Status- abgebildet durch eine höhere Anzahl der dem Barthel-Index zu Grunde liegenden ADL- in Zusammenhang mit einer niedrigeren Gesamtmortalität ($p = 0,004$) und einer niedrigeren 30-Tages-Mortalität ($p = 0,046$) stand. Um aufgrund einiger fehlender Angaben hinsichtlich der ADL-Anzahl (39 Werte) nicht weniger Patienten in unserem finalen multivariaten Modell der Cox-Regression auswerten zu können, haben wir uns bewusst dafür entschieden, den Parameter ADL-Anzahl nicht in unser finales Modell mitaufzunehmen. Im Anhang (Anhang 8.2) präsentieren wir dennoch für die Gesamt- wie auch die 30-Tages-Mortalität die finalen multivariaten Modelle der Cox-Regression mit Berücksichtigung der ADL-Anzahl. Es zeigte sich, dass

für die Gesamtmortalität auch in diesem Cox-Regressionsmodell die ADL-Anzahl von signifikanter Bedeutung blieb ($p = 0,018$).

Unsere Befunde untermauern Erkenntnisse in der Literatur, dass die Messung des funktionellen Zustands (physisch und psychisch) für die Vorhersage des Krankheitsverlaufs und der Mortalität geriatrischer Patienten wichtig ist und ihr von einigen Autoren ein höherer prognostischer Wert als den Komorbiditätsindices zugeschrieben wird (Di Bari et al., 2006; Inouye et al., 1998; Martinez-Velilla et al., 2014; Torres Moreno et al., 2009; Walter et al., 2001).

Studien deuten darauf hin, dass älteren Patienten auf Grund zunehmender operativer Risiken sowie einer größeren Morbidität und Mortalität operative Maßnahmen z. T. verweigert werden (lung et al., 2005; Noordijk, vd Poest Clement, Hermans, Wever, & Leer, 1988). Über den gesamten Beobachtungszeitraum lebten im Median unsere operativ behandelten Patienten (257 Tage) länger als die konservativ behandelten Patienten (92 Tage). Bei den operativ behandelten Patienten lag die Mortalitätsrate nach 30 Tagen Beobachtungszeit bei 24 % verglichen mit 38 % in der Gruppe der konservativ behandelten Patienten. Diese Befunde deuten darauf hin, dass operative Prozeduren nach einem Trauma auch bei älteren Patienten sinnvoll sind und nicht mit einer höheren, sondern eher mit einer geringeren Mortalität einhergehen. Dies steht im Einklang mit der Evaluation von Shimoda et al. (Shimoda et al., 2014).

Die Überprüfung der prognostischen Bedeutung der Therapieart (operativ versus konservativ) zeigte allerdings nur in den univariaten Cox-Regressionsanalysen sowohl bzgl. der Gesamtmortalität ($p = 0,063$) als auch bzgl. der 30-Tages-Mortalität ($p = 0,002$) eine (tendenziell) signifikante Korrelation. Dagegen behielt die Therapieart in den finalen multivariaten Cox-Regressionsanalysen lediglich für die Gesamtmortalität eine Tendenz zur Signifikanz ($p = 0,067$).

Ebenfalls nur bezogen auf die Gesamtmortalität hatte im multivariaten Modell der Cox-Regression der Laborparameter Hb ($p = 0,052$) eine tendenzielle Signifikanz. Für den Blutwert Hb gilt für Männer ein Wert von 18–14 g/dl und für Frauen ein Wert von 16–12 g/dl als normal. Kleinere Werte geben Anzeichen auf eine Anämie (Classen et al., 2004). Unsere Patienten wiesen einen mediane Hb-Wert von 12,1 g/dl (IQR = 12,9–10,9 g/dl) auf, der somit in Bezug auf die Normwerte leicht erniedrigt war. Vor diesem Umstand verdeutlicht eine HR von 0,89, dass

höhere Hb-Werte mit einer niedrigeren Mortalität korrelierten. Dass der Hb-Wert Einfluss auf die Mortalität hat, wird auch in der Literatur bestätigt (Bhaskar & Parker, 2011; Gruson, Aharonoff, Egol, Zuckerman, & Koval, 2002; Halm et al., 2004; Kim et al., 2016).

Einen weitaus signifikanteren Befund bei der Analyse der Laborparameter ergab letztendlich jedoch der Kreatininwert: Nicht nur im univariaten Modell der Cox-Regression ($p = 0,003$), sondern auch im finalen multivariaten Modell ($p = 0,001$) stand ein höherer Kreatininwert sehr signifikant in Zusammenhang mit einer höheren 30-Tages-Mortalität. Die Blutwerte unserer Patienten lagen mit einem medianen Kreatininwert von 1,0 mg/dl (IQR = 1,3–0,8 mg/dl) im Normbereich (0,5–1,2 mg/dl) nach Classen et al. (Classen et al., 2004).

Die Korrelation von einem höheren Kreatininspiegel mit einer höheren Mortalitätsrate erkannten 2016 auch Kim et al. in ihrer Studie. In einer retrospektiven Analyse untersuchten sie Risikofaktoren auf die Krankenhaus- und Ein-Jahres-Mortalität an über 700 Patienten mit einem Mindestalter von 65 Jahren und Hüftfrakturen (Kim et al., 2016).

Als Ursache für den Zusammenhang von Kreatinin und Mortalität wird in der Literatur einerseits der direkte negative Einfluss einer Nierenfunktionsstörung auf viele Organsysteme gesehen. Auf der anderen Seite kann ein erhöhter Kreatininspiegel bedingt sein durch eine generalisiert verminderte Gewebsperfusion mit ebenfalls negativen Auswirkungen auf den Organismus und einer dadurch verursachten renalen Minderperfusion (Browner, Li, & Mangano, 1992; Walter et al., 2001).

Erwähnenswert erscheint in diesem Zusammenhang zudem, dass der Laborwert Kreatinin als Risikofaktor bei der Entwicklung eines Prognose-Index von Inouye et al. und ferner auch von Walter et al. berücksichtigt wurde. Diese Prognose-Indices basieren auf bestimmten von den Autoren selektierten Risikofaktoren aus unterschiedlichen Bereichen wie bsp. aus ausgewählten Krankheitsdiagnosen, Laborwerten und funktionellen Einschränkungen. Entwickelt wurden sie zur Vorhersage der Mortalität von älteren Patienten (≥ 70 Jahre alt) ein Jahr nach Krankenhausaufenthalt. (Inouye et al., 2003; Walter et al., 2001).

In unserer Studie fanden wir in den Cox-Regressionsanalysen bezüglich der Gesamt- bzw. 30-Tages-Mortalität keine Korrelation mit den Mortalitätsraten für folgende Variablen: Das Geschlecht ($p = 0,166$ bzw. $p = 0,779$), den Laborparameter CRP ($p = 0,291$ bzw. $p = 0,390$), die Einnahme antikoagulatorischer Medikamente ($p = 0,421$ bzw. $0,295$).

Hinsichtlich des Verbleibs nach der Entlassung decken sich unsere Ergebnisse mit den Untersuchungen von Stippler et al. zum Behandlungserfolg betagter Patienten mit cSDH (Stippler et al., 2013): Die Rate von nur 24 % an Patienten mit einem Mindestalter von 90 Jahren, die in das Eigenheim entlassen werden konnten, ist identisch mit unserer Prozentzahl. In unserer Nebenanalyse zur Entlassung zeigten jedoch genau diese Patienten signifikant bessere Überlebenschancen als diejenigen, die aus unserer neurochirurgischen Abteilung in andere Einrichtungen entlassen wurden ($p = 0,003$). Als Grund dafür sehen wir den entsprechend guten und stabilen Gesundheitszustand, der Voraussetzung für eine direkte Entlassung in das gewohnte Umfeld zu Hause ist.

5.2 Limitationen

Abschließend sollen die Einschränkungen der vorliegenden Studie nicht unerwähnt bleiben. Ein Merkmal unserer Probanden war deren große Heterogenität. Bei der Zuordnung zur Traumakategorie wurden die Patienten ohne Rücksicht auf die exakte Verletzungsart nur in die drei übergeordneten Kategorien Trauma-Kopf, Trauma-WS, Trauma-Kombination stratifiziert. Trotz der teilweise unterschiedlichen Prognosen einzelner Verletzungen ermöglichte dies die vereinfachte Evaluation unseres sehr alten Patientenkollektivs mit hoher Erkrankungsschwere bedingt durch die traumatischen neurochirurgischen Verletzungen und durch die Belastung aufgrund der Vielzahl an Begleiterkrankungen.

Auch zu bedenken ist das retrospektive Studiendesign. Ein Schwachpunkt ergab sich dadurch bei der Datenerhebung. Insbesondere die funktionelle Einschränkung - dokumentiert in dem aus ADL bestehenden Barthel-Index - war nicht immer anhand von Angaben aus der Patientenakte und der SAP-Datenbank abrufbar. Durch nicht ermittelbare Angaben der ADL-Anzahl bei mehreren Patienten haben wir diesen Parameter daher bewusst nicht in unsere finale multivariate Cox-Regressionsanalyse eingeschlossen. Ebenfalls nicht berücksichtigt bei der Auswertung prognostischer Einflussfaktoren auf die Mortalität wurde das individuelle Risikoverhalten durch z. B. Tabakkonsum, Alkohol, ungesunde Ernährung.

Eine Schwäche zeigt das retrospektive Vorgehen zudem bei der nicht randomisierten Zuordnung zur entweder operativen oder konservativen Therapieart. Grundlage der Therapieentscheidung bildeten stattdessen die Empfehlungen aus den entsprechend anerkannten Leitlinien und die informierte Einwilligung des Patienten bzw. seines Bevollmächtigten sowie ggf. eine vorliegende Patientenverfügung. Somit erscheint ein direkt objektiver Vergleich der beiden Therapieoptionen nicht möglich.

Schlussendlich müssen wir im Rahmen der Datenerhebung bei der Ermittlung der Todesdaten der innerhalb des Beobachtungszeitraums verstorbenen Patienten folgende Annahme voraussetzen: Für Todesdaten, die nicht in unseren Unterlagen dokumentiert waren, wurden zuverlässige Angaben seitens der Angehörigen bei der telefonischen Befragung im Rahmen von Kontrolluntersuchungen gegeben.

5.3 Fazit und Ausblick

Die Mortalität von Patienten in sehr hohem Lebensalter (≥ 90 Jahre) mit traumatischen Kopf- und/oder Wirbelsäulenverletzungen war in der vorliegenden Studie hoch. Die größte prognostische Bedeutung als Einflussfaktor auf die Gesamt- und 30-Tages-Mortalität existierte für den GCS-Wert. Daneben zeigte sich der Blutwert Kreatinin geeignet für die Abschätzung der 30-Tages-Mortalität. Auch deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass die Bewertung funktioneller Einschränkungen zur Abschätzung des Behandlungserfolgs geeignet ist. Im Gegensatz dazu waren gängige Komorbiditätsindices zur Mortalitätsprognose weniger zuverlässig. Somit entstand der Eindruck, dass Indices, deren Schwerpunkt Komorbiditäten bilden, weniger Aussagekraft besitzen als eine funktionelle Bewertung. Im Anschluss an diese Arbeit wird daher in nachfolgenden Studien auf eine präzise Erhebung des funktionellen Status der Probanden zu achten sein - bsp. mit Hilfe des Barthel-Index -, um diesen Hinweis zu objektivieren.

Altersunterschiede spielten bei unseren betagten Probanden keine Rolle für das Behandlungsergebnis und unsere Ergebnisse demonstrieren, dass ein hohes Alter allein nicht als Ausschlusskriterium für die Durchführung einer operativen Therapie gelten sollte. Diese Ansicht wird auch in der Wissenschaft vertreten (Gerhardt et al., 2018; L. Lee et al., 2016; Maldaner, Sarnthein, Bozinov, Regli, & Neidert, 2018).

6 Zusammenfassung

Die demographische Entwicklung betrifft auch die neurochirurgische Disziplin und resultiert in speziellen Herausforderungen bei der medizinischen Betreuung von Patienten in hohem Lebensalter. Die Einschätzung des klinischen Verlaufs und der Überlebenschance ist dabei essenziell, um bei Patienten und Angehörigen eine realistische Erwartungshaltung zu erzielen und um adäquate partizipative Therapieentscheidungen zu treffen.

Die Auswertung unserer Ergebnisse legt nahe, dass gängige Komorbiditätsindices zur prognostischen Abschätzung der hohen Mortalität bei sehr alten Patienten mit neurochirurgisch zu behandelnden Traumata weniger verlässlich sind als der GCS ($p < 0,001$) und ferner bzgl. der 30-Tages-Mortalität der Kreatininwert ($p = 0,001$). Auch zeigten Patienten, die im Anschluss an die Therapie sofort nach Hause entlassen werden konnten, signifikant bessere Überlebensraten ($p = 0,003$). Abschließend ergab diese Arbeit Hinweise, dass die Bewertung des funktionellen Status einen wichtigen prädiktiven Wert besitzt, was einer Bestätigung durch anschließende Untersuchungen bedarf.

7 Literaturverzeichnis

©AOSpine-International. (2018). AOSpine section of the AO Surgery Reference. Retrieved 10.11.2019, from <https://www2.aofoundation.org/wps/portal/surgery?showPage=diagnosis&bone=Spine&segment=Overview>

Aharon, M. A., Prittie, J. E., & Buriko, K. (2017). A review of associated controversies surrounding glucocorticoid use in veterinary emergency and critical care. *J Vet Emerg Crit Care (San Antonio)*, 27(3), 267-277. doi:10.1111/vec.12603

Al-Mufti, F., & Mayer, S. A. (2017). Neurocritical Care of Acute Subdural Hemorrhage. *Neurosurg Clin N Am*, 28(2), 267-278. doi:10.1016/j.nec.2016.11.009

Alderson, P., Gadkary, C., & Signorini, D. F. (2004). Therapeutic hypothermia for head injury. *Cochrane Database Syst Rev*(4), Cd001048. doi:10.1002/14651858.CD001048.pub2

Anderson, L. D., & D'Alonzo, R. T. (2004). Fractures of the odontoid process of the axis. 1974. *J Bone Joint Surg Am*, 86-a(9), 2081.

Anderson, P. A., & Montesano, P. X. (1988). Morphology and treatment of occipital condyle fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*, 13(7), 731-736.

Bailey, C. S., Urquhart, J. C., Dvorak, M. F., Nadeau, M., Boyd, M. C., Thomas, K. C., Kwon, B. K., Gurr, K. R., Bailey, S. I., Fisher, C. G. (2014). Orthosis versus no orthosis for the treatment of thoracolumbar burst fractures without neurologic injury: a multicenter prospective randomized equivalence trial. *Spine J*, 14(11), 2557-2564. doi:10.1016/j.spinee.2013.10.017

Bailitz, J., Starr, F., Beecroft, M., Bankoff, J., Roberts, R., Bokhari, F., Joseph, K., Wiley, D., Dennis, A., Gilkey, S., Erickson, P., Raksin, P., Nagy, K. (2009). CT should replace three-view radiographs as the initial screening test in patients at high, moderate, and low risk for blunt cervical spine injury: a prospective comparison. *J Trauma*, 66(6), 1605-1609. doi:10.1097/TA.0b013e3181a5b0cc

Beer, R., Brugger, P., & Ettl, P. (2008). Leichtes Schädel-Hirn-Trauma Leitlinie. *Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie*. Retrieved 10.11.2019, from https://www.dgn.org/images/red_leitlinien/LL_2008/archiv/II08kap_074.pdf

Beer, R., Cesnulis, E., & Engelhard, K. (2008). Schweres Schädel-Hirn-Trauma Leitlinie. *Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie*. Retrieved 10.11.2019, from https://www.dgn.org/images/red_leitlinien/LL_2008/archiv/II08kap_075.pdf

Bergman, H., Ferrucci, L., Guralnik, J., Hogan, D. B., Hummel, S., Karunanathan, S., & Wolfson, C. (2007). Frailty: an emerging research and clinical paradigm--issues and controversies. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62(7), 731-737.

Bernard, S. A., Nguyen, V., Cameron, P., Masci, K., Fitzgerald, M., Cooper, D. J., Walker, T., Std, B. T., Myles, P., Murray, L., David, Taylor, Smith, K., Patrick, I., Edington, J., Bacon, A., Rosenfeld, J. V., Judson, R. (2010). Prehospital rapid sequence intubation improves functional outcome for patients with severe traumatic brain injury: a randomized controlled trial. *Ann Surg*, 252(6), 959-965. doi:10.1097/SLA.0b013e3181efc15f

Bhaskar, D., & Parker, M. J. (2011). Haematological indices as surrogate markers of factors affecting mortality after hip fracture. *Injury*, 42(2), 178-182. doi:10.1016/j.injury.2010.07.501

Biberthaler, P., Mussack, T., Kanz, K. G., Linsenmaier, U., Pfeifer, K. J., Mutschler, W., & Jochum, M. (2004). [Identification of high-risk patients after minor craniocerebral trauma. Measurement of nerve tissue protein S 100]. *Unfallchirurg*, 107(3), 197-202. doi:10.1007/s00113-004-0730-1

Boos, N. (2005). *Neurotraumatologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Bouma, G. J., & Muizelaar, J. P. (1992). Cerebral blood flow, cerebral blood volume, and cerebrovascular reactivity after severe head injury. *J Neurotrauma*, 9 Suppl 1, S333-348.

Bourdeaux, C. P., & Brown, J. M. (2011). Randomized controlled trial comparing the effect of 8.4% sodium bicarbonate and 5% sodium chloride on raised intracranial pressure after traumatic brain injury. *Neurocrit Care*, 15(1), 42-45. doi:10.1007/s12028-011-9512-0

Bromberg, W. J., Collier, B. C., Diebel, L. N., Dwyer, K. M., Holevar, M. R., Jacobs, D. G., Kurek, S. J., Schreiber, M. A., Shapiro, M. L., Vogel, T. R. (2010). Blunt cerebrovascular injury practice management guidelines: the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma*, 68(2), 471-477. doi:10.1097/TA.0b013e3181cb43da

Browner, W. S., Li, J., & Mangano, D. T. (1992). In-hospital and long-term mortality in male veterans following noncardiac surgery. The Study of Perioperative Ischemia Research Group. *Jama*, 268(2), 228-232.

Bullock, M. R., Chesnut, R., Ghajar, J., Gordon, D., Hartl, R., Newell, D. W., Servadei, F., Walters, B. C., Wilberger, J. E. (2006). Guidelines for the Surgical Management of Traumatic Brain Injury Author Group. *Neurosurgery*, 58(3), S2-vi-S2-vi. doi:10.1093/neurosurgery/58.3.vi

Bundesärztekammer. (2018). (Muster-)Berufsordnung für die in Deutschland tätigen Ärztinnen und Ärzte in der Fassung der Beschlüsse des 121. Deutschen Ärztetages 2018 in Erfurt. *Dtsch Arztebl International*, 115(24), 1190-.

Carney, N., Totten, A. M., O'reilly, C., Ullman, J. S., Hawryluk, G. W., Bell, M. J., Bratton, S. L., Chesnut, R., Harris, O. A., Kissoon, N. (2017). Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. *Neurosurgery*, 80(1), 6-15.

Centers for Disease Control and Prevention. (2003). Public health and aging: Trends in aging—united states and worldwide. *JAMA*, 289(11), 1371-1373. doi:10.1001/jama.289.11.1371

Chang, B. S., & Lowenstein, D. H. (2003). Practice parameter: antiepileptic drug prophylaxis in severe traumatic brain injury: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, *60*(1), 10-16.

Charlson, M., Szatrowski, T. P., Peterson, J., & Gold, J. (1994). Validation of a combined comorbidity index. *J Clin Epidemiol*, *47*(11), 1245-1251.

Charlson, M. E., Pompei, P., Ales, K. L., & MacKenzie, C. R. (1987). A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation. *J Chronic Dis*, *40*(5), 373-383.

Classen, M., Diehl, V., & Kochsiek, K. (2004). *Innere Medizin*. München: Urban & Fischer.

Cottenceau, V., Masson, F., Mahamid, E., Petit, L., Shik, V., Sztark, F., Zaaroor, M., Soustiel, J. F. (2011). Comparison of effects of equiosmolar doses of mannitol and hypertonic saline on cerebral blood flow and metabolism in traumatic brain injury. *J Neurotrauma*, *28*(10), 2003-2012. doi:10.1089/neu.2011.1929

de Groot, V., Beckerman, H., Lankhorst, G. J., & Bouter, L. M. (2003). How to measure comorbidity. a critical review of available methods. *J Clin Epidemiol*, *56*(3), 221-229.

Deinsberger, R. (2008). Evidenzbasierte Neurotraumatologie. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, *9*(3), 20-27.

Della Porta, M. G., & Malcovati, L. (2009). Clinical relevance of extra-hematologic comorbidity in the management of patients with myelodysplastic syndrome. *Haematologica*, *94*(5), 602-606. doi:10.3324/haematol.2009.005702

Denis, F. (1983). The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine (Phila Pa 1976)*, *8*(8), 817-831.

Denson, K., Morgan, D., Cunningham, R., Nigliazzo, A., Brackett, D., Lane, M., Smith, B., Albrecht, R. (2007). Incidence of venous thromboembolism in patients with traumatic brain injury. *Am J Surg*, *193*(3), 380-383; discussion 383-384. doi:10.1016/j.amjsurg.2006.12.004

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. (2017, Oktober 25). Verletzungen der subaxialen Halswirbelsäule, AWMF-Nr. 012-032. Retrieved 10.11.2019, from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-032l_S1_Verletzungen-der-subaxialen-HWS_2018-01.pdf

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. (2018, Mai 16). Verletzungen der oberen Halswirbelsäule, AWMF-Nr. 012-011. Retrieved 10.11.2019, from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-011l_S1_Verletzungen-der-oberen-HWS_2018-09.pdf

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie. (2018, Oktober 9). Verletzungen der thorakolumbalen Wirbelsäule, AWMF-Nr. 012-028. Retrieved 10.11.2019, from

https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-028l_S1_Verletzungen-der-thorakolumbalen-Wirbels%C3%A4ule_2019-02_.pdf

Di Bari, M., Virgillo, A., Matteuzzi, D., Inzitari, M., Mazzaglia, G., Pozzi, C., Geppetti, P., Masotti, G., Marchionni, N., Pini, R. (2006). Predictive validity of measures of comorbidity in older community dwellers: the Insufficienza Cardiaca negli Anziani Residenti a Dicomano Study. *J Am Geriatr Soc*, 54(2), 210-216. doi:10.1111/j.1532-5415.2005.00572.x

Diederichs, C., Berger, K., & Bartels, D. B. (2011). The measurement of multiple chronic diseases--a systematic review on existing multimorbidity indices. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 66(3), 301-311. doi:10.1093/gerona/glq208

CRASH-2 Collaborators. (2011). Effect of tranexamic acid in traumatic brain injury: a nested randomised, placebo controlled trial (CRASH-2 Intracranial Bleeding Study). *Bmj*, 343, d3795. doi:10.1136/bmj.d3795

Effendi, B., Roy, D., Cornish, B., Dussault, R. G., & Laurin, C. A. (1981). Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br*, 63-b(3), 319-327.

Elixhauser, A., Steiner, C., Harris, D. R., & Coffey, R. M. (1998). Comorbidity measures for use with administrative data. *Med Care*, 36(1), 8-27.

Encke, A., Haas, S., & Kopp, I. (2015, Oktober 15). Prophylaxe der venösen Thrombembolie (VTE), S3-Leitlinie, 2. komplett überarbeitete Auflage, AWMF-Nr. 003/001. Retrieved from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/003-001l_S3_VTE-Prophylaxe_2015-12.pdf

Esposito, D. P., & Walker, J. B. (2009). Contemporary management of penetrating brain injury. *Neurosurgery Quarterly*, 19(4), 249-254.

Evans, D. C., Gerlach, A. T., Christy, J. M., Jarvis, A. M., Lindsey, D. E., Whitmill, M. L., Eiferman, D., Murphy, C. V., Cook, C. H., Beery, P. R., Steinberg, S. M., Stawicki, S. P. (2011). Pre-injury polypharmacy as a predictor of outcomes in trauma patients. *Int J Crit Illn Inj Sci*, 1(2), 104-109. doi:10.4103/2229-5151.84793

Extermann, M. (2000). Measurement and impact of comorbidity in older cancer patients. *Crit Rev Oncol Hematol*, 35(3), 181-200.

Fansa, A., Huff, S., & Ebraheim, N. (2016). Prediction of Mortality in Nonagenarians Following the Surgical Repair of Hip Fractures. *Clin Orthop Surg*, 8(2), 140-145. doi:10.4055/cios.2016.8.2.140

Fehlings, M. G., Tetreault, L. A., Wilson, J. R., Aarabi, B., Anderson, P., Arnold, P. M., Brodke, D. S., Burns, A. S., Chiba, K., Dettori, J. R., Furlan, J. G., Hawryluk, G., Holly, L. T., Howley, S., Jeji, T., Kalsi-Ryan, S., Kotter, M., Kurpad, S., Marino, R. J., Martin, A. R., Massicotte, E., Merli, G., Middleton, J. W., Nakashima, H., Nagoshi, N., Palmieri, K., Singh, A., Skelly, A. C., Tsai, E. C., Vaccaro, A., Yee, A., Harrop, J. S. (2017). A Clinical Practice Guideline for the Management of Patients With Acute Spinal Cord Injury and Central Cord Syndrome: Recommendations on the Timing (≤ 24 Hours Versus >24 Hours)

- of Decompressive Surgery. *Global Spine J*, 7(3 Suppl), 195s-202s. doi:10.1177/2192568217706367
- Fehlings, M. G., Vaccaro, A., Wilson, J. R., Singh, A., D, W. C., Harrop, J. S., Aarabi, B., Shaffrey, C., Dvorak, M., Fisher, C., Arnold, P., Massicotte, E. M., Lewis, S., Rampersaud, R. (2012). Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: results of the Surgical Timing in Acute Spinal Cord Injury Study (STASCIS). *PLoS One*, 7(2), e32037. doi:10.1371/journal.pone.0032037
- Feinstein, A. R. (1970). THE PRE-THERAPEUTIC CLASSIFICATION OF COMORBIDITY IN CHRONIC DISEASE. *J Chronic Dis*, 23(7), 455-468.
- Fiedler, C., Grünheid, E., & Sulak, H. (2017). Bevölkerung in Deutschland. *Beilage zur geographischen Rundschau*. 11. Retrieved 10.11.2019, from <https://www.bib.bund.de/Publikation/2017/pdf/Bevoelkerung-in-Deutschland.pdf?blob=publicationFile&v=3>
- Firsching, R., Rickels, E., Mauer, U. M., & Sakowitz, O. E. (2015). Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter. Retrieved 10.11.2019, from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/008-001l_S2e_Schaedelhirntrauma_SHT_Erwachsene_2016-06.pdf
- Firsching, R., Woischneck, D., Klein, S., Reissberg, S., Döhring, W., & Peters, B. (2001). Classification of severe head injury based on magnetic resonance imaging. *Acta Neurochir (Wien)*, 143(3), 263-271.
- Firsching, R., Woischneck, D., Reissberg, S., Döhring, W., & Peters, B. (2003). Prognostische Bedeutung der MRT bei Bewusstlosigkeit nach Schädel-Hirn-Verletzung. *Dtsch Arztebl International*, 100(27), 1868-.
- Flower, O., & Hellings, S. (2012). Sedation in traumatic brain injury. *Emerg Med Int*, 2012, 637171. doi:10.1155/2012/637171
- Frey, C., & Hazenfield, J. M. (2018). Essentials of Head Trauma Imaging. *Semin Ultrasound CT MR*, 39(5), 469-480. doi:10.1053/j.sult.2018.01.004
- Fridriksson, S. M., Hillman, J., Saveland, H., & Brandt, L. (1995). Intracranial aneurysm surgery in the 8th and 9th decades of life: impact on population-based management outcome. *Neurosurgery*, 37(4), 627-631; discussion 631-622.
- Fuchs, J., Busch, M., Lange, C., & Scheidt-Nave, C. (2012). Prevalence and patterns of morbidity among adults in Germany. Results of the German telephone health interview survey German Health Update (GEDA) 2009. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 55(4), 576-586. doi:10.1007/s00103-012-1464-9
- Gabriel, E. J., Ghajar, J., Jagoda, A., Pons, P. T., Scalea, T., & Walters, B. C. (2002). Guidelines for prehospital management of traumatic brain injury. *J Neurotrauma*, 19(1), 111-174. doi:10.1089/089771502753460286

- Gale, S. C., Gracias, V. H., Reilly, P. M., & Schwab, C. W. (2005). The inefficiency of plain radiography to evaluate the cervical spine after blunt trauma. *J Trauma*, 59(5), 1121-1125.
- Garrouste-Orgeas, M., Ruckly, S., Gregoire, C., Dumesnil, A. S., Pommier, C., Jamali, S., Golgran-Toledano, D., Schwebel, C., Clec'h, C., Soufir, L., Fartoukh, M., Marcotte, G., Argaud, L., Verdier, B., Darmon, M., Azoulay, E., Timsit, J. F. (2016). Treatment intensity and outcome of nonagenarians selected for admission in ICUs: a multicenter study of the Outcomerea Research Group. *Ann Intensive Care*, 6(1), 31. doi:10.1186/s13613-016-0133-9
- Gehweiler, J. A., Osborne, R. L., & Becker, R. F. (1980). *The radiology of vertebral trauma*: WB Saunders Company.
- Gerhardt, J., Bette, S., Janssen, I., Gempt, J., Meyer, B., & Ryang, Y. M. (2018). Is Eighty the New Sixty? Outcomes and Complications after Lumbar Decompression Surgery in Elderly Patients over 80 Years of Age. *World Neurosurg*, 112, e555-e560. doi:10.1016/j.wneu.2018.01.082
- Ghajar, J. (2000). Traumatic brain injury. *Lancet*, 356(9233), 923-929. doi:10.1016/s0140-6736(00)02689-1
- Goldberg, W., Mueller, C., Panacek, E., Tigges, S., Hoffman, J. R., & Mower, W. R. (2001). Distribution and patterns of blunt traumatic cervical spine injury. *Ann Emerg Med*, 38(1), 17-21. doi:10.1067/mem.2001.116150
- Greenfield, S., Blanco, D., Elashoff, R., & Aronow, H. (1987). *Development and testing of a new index of co-morbidity*. Paper presented at the Clinical Research.
- Griffen, M. M., Frykberg, E. R., Kerwin, A. J., Schinco, M. A., Tepas, J. J., Rowe, K., & Abboud, J. (2003). Radiographic clearance of blunt cervical spine injury: plain radiograph or computed tomography scan? *J Trauma*, 55(2), 222-226; discussion 226-227. doi:10.1097/01.Ta.0000083332.93868.E2
- Grünheid, E., & Sulak, H. (2016). Bevölkerungsentwicklung Daten, Fakten, Trends zum demografischen Wandel. Retrieved 10.11.2019, from https://www.bib.bund.de/Publikation/2016/pdf/Bevoelkerungsentwicklung-2016-Daten-Fakten-Trends-zum-demografischen-Wandel.pdf?_blob=publicationFile&v=3
- Gruson, K. I., Aharonoff, G. B., Egol, K. A., Zuckerman, J. D., & Koval, K. J. (2002). The relationship between admission hemoglobin level and outcome after hip fracture. *J Orthop Trauma*, 16(1), 39-44.
- Gwinnutt, C. L., & Driscoll, P. A. (1996). Advanced trauma life support. *European Journal of Anaesthesiology*, 13(2), 95-101. doi:10.1046/j.1365-2346.1996.00939.x
- Hall, S. F. (2006). A user's guide to selecting a comorbidity index for clinical research. *J Clin Epidemiol*, 59(8), 849-855. doi:10.1016/j.jclinepi.2005.11.013
- Halm, E. A., Wang, J. J., Boockvar, K., Penrod, J., Silberzweig, S. B., Magaziner, J., Koval, K. J., Siu, A. L. (2004). The effect of perioperative anemia

- on clinical and functional outcomes in patients with hip fracture. *J Orthop Trauma*, 18(6), 369-374.
- Harboun, M., & Ankri, J. (2001). Comorbidity indexes: review of the literature and application to studies of elderly population. *Rev Epidemiol Sante Publique*, 49(3), 287-298.
- Haslinger, J. (2009). Lagerungsmanagement in der Akutphase beim SHT. *ProCare*, 14(11), 12. doi:10.1007/s00735-009-0250-x
- Haydel, M. J., Preston, C. A., Mills, T. J., Luber, S., Blaudeau, E., & DeBlieux, P. M. (2000). Indications for computed tomography in patients with minor head injury. *N Engl J Med*, 343(2), 100-105. doi:10.1056/nejm200007133430204
- Hennerici, M. G., Kern, R., & al., e. (2017, Juli 24). S1-Leitlinie Diagnostik akuter zerebrovaskulärer Erkrankungen. *Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie*. Retrieved 10.11.2019, from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/030-1171_S1_Zerebrovaskulaere_Erkrankungen_2017-07.pdf
- Holmes, J. F., & Akkinepalli, R. (2005). Computed tomography versus plain radiography to screen for cervical spine injury: a meta-analysis. *J Trauma*, 58(5), 902-905.
- Huang, K. T., Bi, W. L., Abd-El-Barr, M., Yan, S. C., Tafel, I. J., Dunn, I. F., & Gormley, W. B. (2016). The Neurocritical and Neurosurgical Care of Subdural Hematomas. *Neurocrit Care*, 24(2), 294-307. doi:10.1007/s12028-015-0194-x
- Inouye, S. K., Bogardus, S. T., Jr., Vitagliano, G., Desai, M. M., Williams, C. S., Grady, J. N., & Scinto, J. D. (2003). Burden of illness score for elderly persons: risk adjustment incorporating the cumulative impact of diseases, physiologic abnormalities, and functional impairments. *Med Care*, 41(1), 70-83. doi:10.1097/01.mlr.0000039829.60382.12
- Inouye, S. K., Peduzzi, P. N., Robison, J. T., Hughes, J. S., Horwitz, R. I., & Concato, J. (1998). Importance of functional measures in predicting mortality among older hospitalized patients. *Jama*, 279(15), 1187-1193.
- lung, B., Cachier, A., Baron, G., Messika-Zeitoun, D., Delahaye, F., Tornos, P., Gohlke-Barwolf, C., Boersma, E., Ravaud, P., Vahanian, A. (2005). Decision-making in elderly patients with severe aortic stenosis: why are so many denied surgery? *Eur Heart J*, 26(24), 2714-2720. doi:10.1093/eurheartj/ehi471
- Jaeger, M., & Meixensberger, J. (2004). Die traumatische Subarachnoidalblutung und ihre klinische Relevanz. *Intensivmedizin und Notfallmedizin*, 41(3), 148-152. doi:10.1007/s00390-004-0407-6
- Jennett, B., Teasdale, G., Braakman, R., Minderhoud, J., Heiden, J., & Kurze, T. (1979). Prognosis of patients with severe head injury. *Neurosurgery*, 4(4), 283-289.
- Josten, C. (1999). [Traumatic spondylolisthesis of the axis]. *Orthopade*, 28(5), 394-400.

Kaplan, M. H., & Feinstein, A. R. (1974). The importance of classifying initial comorbidity in evaluating the outcome of diabetes mellitus. *J Chronic Dis*, 27(7-8), 387-404.

Kaufman, H. H., Satterwhite, T., McConnell, B. J., Costin, B., Borit, A., Gould, L., Pruessner, J., Bernstein, D., Gildenberg, P. L. (1983). Deep vein thrombosis and pulmonary embolism in head injured patients. *Angiology*, 34(10), 627-638. doi:10.1177/000331978303401001

Kim, B. G., Lee, Y. K., Park, H. P., Sohn, H. M., Oh, A. Y., Jeon, Y. T., & Koo, K. H. (2016). C-reactive protein is an independent predictor for 1-year mortality in elderly patients undergoing hip fracture surgery: A retrospective analysis. *Medicine (Baltimore)*, 95(43), e5152. doi:10.1097/md.0000000000005152

Kretschmer, T., & Schmidt, T. (2016). Intrakranielle Blutungen. In J. Litmathe (Ed.), *Neurologische Notfälle: Präklinische und innerklinische Akutversorgung* (pp. 25-63). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Lane, P. L., Skoretz, T. G., Doig, G., & Girotti, M. J. (2000). Intracranial pressure monitoring and outcomes after traumatic brain injury. *Can J Surg*, 43(6), 442-448.

Lee, H. M., Kim, H. S., Kim, D. J., Suk, K. S., Park, J. O., & Kim, N. H. (2000). Reliability of magnetic resonance imaging in detecting posterior ligament complex injury in thoracolumbar spinal fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*, 25(16), 2079-2084.

Lee, K. S., Bae, W. K., Bae, H. G., Doh, J. W., & Yun, I. G. (1997). The computed tomographic attenuation and the age of subdural hematomas. *J Korean Med Sci*, 12(4), 353-359. doi:10.3346/jkms.1997.12.4.353

Lee, L., Ker, J., Ng, H. Y., Munusamy, T., King, N. K., Kumar, D., & Ng, W. H. (2016). Outcomes of chronic subdural hematoma drainage in nonagenarians and centenarians: a multicenter study. *J Neurosurg*, 124(2), 546-551. doi:10.3171/2014.12.Jns142053

Leong, B. K., Mazlan, M., Abd Rahim, R. B., & Ganesan, D. (2013). Concomitant injuries and its influence on functional outcome after traumatic brain injury. *Disabil Rehabil*, 35(18), 1546-1551. doi:10.3109/09638288.2012.748832

Levine, A. M., & Edwards, C. C. (1985). The management of traumatic spondylolisthesis of the axis. *J Bone Joint Surg Am*, 67(2), 217-226.

Lewis, S. R., Evans, D. J., Butler, A. R., Schofield-Robinson, O. J., & Alderson, P. (2017). Hypothermia for traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev*, 9, Cd001048. doi:10.1002/14651858.CD001048.pub5

Librero, J., Peiro, S., & Ordinana, R. (1999). Chronic comorbidity and outcomes of hospital care: length of stay, mortality, and readmission at 30 and 365 days. *J Clin Epidemiol*, 52(3), 171-179.

Maas, A. I., Dearden, M., Teasdale, G. M., Braakman, R., Cohadon, F., Iannotti, F., Karimi, A., Lapiere, F., Murray, G., Ohman, J., Persson, L., Servadei, F.,

Stocchetti, N., Unterberg, A. (1997). EBIC-guidelines for management of severe head injury in adults. European Brain Injury Consortium. *Acta Neurochir (Wien)*, 139(4), 286-294.

Maas, A. I., Stocchetti, N., & Bullock, R. (2008). Moderate and severe traumatic brain injury in adults. *Lancet Neurol*, 7(8), 728-741. doi:10.1016/s1474-4422(08)70164-9

Mahoney, F. I., & Barthel, D. W. (1965). FUNCTIONAL EVALUATION: THE BARTHEL INDEX. *Md State Med J*, 14, 56-61.

Maldaner, N., Sarnthein, J., Bozinov, O., Regli, L., & Neidert, M. C. (2018). Neurosurgery in Octogenarians: A Prospective Study of Perioperative Morbidity, Mortality, and Complications in Elderly Patients. *World Neurosurg*, 110, e287-e295. doi:10.1016/j.wneu.2017.10.154

Marengoni, A., Winblad, B., Karp, A., & Fratiglioni, L. (2008). Prevalence of chronic diseases and multimorbidity among the elderly population in Sweden. *Am J Public Health*, 98(7), 1198-1200. doi:10.2105/ajph.2007.121137

Marmarou, A., Lu, J., Butcher, I., McHugh, G. S., Murray, G. D., Steyerberg, E. W., Mushkudiani, N. A., Choi, S., Maas, A. I. (2007). Prognostic value of the Glasgow Coma Scale and pupil reactivity in traumatic brain injury assessed pre-hospital and on enrollment: an IMPACT analysis. *J Neurotrauma*, 24(2), 270-280. doi:10.1089/neu.2006.0029

Martinez-Velilla, N., Cambra-Contin, K., & Ibanez-Beroiz, B. (2014). Comorbidity and prognostic indices do not improve the 5-year mortality prediction of components of comprehensive geriatric assessment in hospitalized older patients. *BMC Geriatr*, 14, 64. doi:10.1186/1471-2318-14-64

Maugeri, R., Anderson, D. G., Graziano, F., Meccio, F., Visocchi, M., & Iacopino, D. G. (2015). Conservative vs. Surgical Management of Post-Traumatic Epidural Hematoma: A Case and Review of Literature. *Am J Case Rep*, 16, 811-817.

Melfi, C., Holleman, E., Arthur, D., & Katz, B. (1995). Selecting a patient characteristics index for the prediction of medical outcomes using administrative claims data. *J Clin Epidemiol*, 48(7), 917-926.

Molto, A., & Dougados, M. (2014). Comorbidity indices. *Clin Exp Rheumatol*, 32(5 Suppl 85), S-131-134.

Moskopp, D. (2005). *Neurochirurgie: Handbuch für die Weiterbildung und interdisziplinäres Nachschlagewerk; mit 206 Tabellen*. Stuttgart: Schattauer Verlag.

München rechts der Isar. (2015). Wissen schafft Heilung, Das Jahr 2015 am Klinikum rechts der Isar. Retrieved 10.11.2019, from https://www.mri.tum.de/sites/default/files/seiten/mri_jahresbericht_2015_2.pdf

Neugarten, B. L., & Neugarten, D. A. (1996). *The meanings of age: Selected papers of Berenice L. Neugarten*. Chicago: University of Chicago Press.

Noordijk, E. M., vd Poest Clement, E., Hermans, J., Wever, A. M., & Leer, J. W. (1988). Radiotherapy as an alternative to surgery in elderly patients with resectable lung cancer. *Radiother Oncol*, *13*(2), 83-89.

Norwood, S. H., McAuley, C. E., Berne, J. D., Vallina, V. L., Kerns, D. B., Grahm, T. W., Short, K., McLarty, J. W. (2002). Prospective evaluation of the safety of enoxaparin prophylaxis for venous thromboembolism in patients with intracranial hemorrhagic injuries. *Arch Surg*, *137*(6), 696-701; discussion 701-692.

Nuttall, F. Q. (2015). Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review. *Nutr Today*, *50*(3), 117-128. doi:10.1097/nt.0000000000000092

Oehmichen, M. (1995). Mechanische und andere physikalische Traumen des ZNS. In W. Remmele, J. Peiffer, & J. M. Schröder (Eds.), *Pathologie: 6 Neuropathologie Muskulatur Sinnesorgane* (pp. 197-216). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Ommaya, A. K., Rockoff, S. D., & Baldwin, M. (1964). EXPERIMENTAL CONCUSSION; A FIRST REPORT. *J Neurosurg*, *21*, 249-265. doi:10.3171/jns.1964.21.4.0249

Oner, F. C., vd Rijt, R. H., Ramos, L. M., Groen, G. J., Dhert, W. J., & Verbout, A. J. (1999). Correlation of MR images of disc injuries with anatomic sections in experimental thoracolumbar spine fractures. *Eur Spine J*, *8*(3), 194-198.

Ouden, L. P. D., Smits, A. J., Stadhouders, A., Feller, R., Deunk, J., & Bloemers, F. W. (2018). Epidemiology of Spinal Fractures in a level one Trauma Center in the Netherlands; a 10 Years Review. *Spine (Phila Pa 1976)*. doi:10.1097/brs.00000000000002923

Pervez, M., Kitagawa, R. S., & Chang, T. R. (2018). Definition of Traumatic Brain Injury, Neurosurgery, Trauma Orthopedics, Neuroimaging, Psychology, and Psychiatry in Mild Traumatic Brain Injury. *Neuroimaging Clin N Am*, *28*(1), 1-13. doi:10.1016/j.nic.2017.09.010

Piccirillo, J. F., Tierney, R. M., Costas, I., Grove, L., & Spitznagel, E. L., Jr. (2004). Prognostic importance of comorbidity in a hospital-based cancer registry. *Jama*, *291*(20), 2441-2447. doi:10.1001/jama.291.20.2441

Pizones, J., Alvarez-Gonzalez, P., Sanchez-Mariscal, F., Zuniga, L., & Izquierdo, E. (2014). Re: Vaccaro AR, Oner C, Kepler CK, et al. AOSpine thoracolumbar spine injury classification system. Fracture description, neurological status, and key modifiers. *Spine* 2013;38:2028-37. *Spine (Phila Pa 1976)*, *39*(9), 783. doi:10.1097/brs.0000000000000279

Platzer, P., Thalhammer, G., Oberleitner, G., Schuster, R., Vecsei, V., & Gaebler, C. (2007). Surgical treatment of dens fractures in elderly patients. *J Bone Joint Surg Am*, *89*(8), 1716-1722. doi:10.2106/jbjs.F.00968

Prexl, O., Bruckbauer, M., Voelckel, W., Grottke, O., Ponschab, M., Maegele, M., & Schochl, H. (2018). The impact of direct oral anticoagulants in traumatic brain injury patients greater than 60-years-old. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*, *26*(1), 20. doi:10.1186/s13049-018-0487-0

- Ratilal, B. O., Costa, J., Pappamikail, L., & Sampaio, C. (2015). Antibiotic prophylaxis for preventing meningitis in patients with basilar skull fractures. *Cochrane Database Syst Rev*(4), Cd004884. doi:10.1002/14651858.CD004884.pub4
- Reinhold, M., Knop, C., Beisse, R., Audige, L., Kandziora, F., Pizanis, A., Pranzl, R., Gercek, E., Schultheiss, M., Weckbach, A., Buhren, V., Blauth, M. (2009). [Operative treatment of traumatic fractures of the thoracic and lumbar spinal column. Part I: epidemiology]. *Unfallchirurg*, 112(1), 33-42, 44-35. doi:10.1007/s00113-008-1524-7
- Riascos, R., Bonfante, E., Cotes, C., Guirguis, M., Hakimelahi, R., & West, C. (2015). Imaging of Atlanto-Occipital and Atlantoaxial Traumatic Injuries: What the Radiologist Needs to Know. *Radiographics*, 35(7), 2121-2134. doi:10.1148/rg.2015150035
- Rickels, E., von Wild, K., & Wenzlaff, P. (2010). Head injury in Germany: A population-based prospective study on epidemiology, causes, treatment and outcome of all degrees of head-injury severity in two distinct areas. *Brain Inj*, 24(12), 1491-1504. doi:10.3109/02699052.2010.498006
- Rijken, M., van Kerkhof, M., Dekker, J., & Schellevis, F. G. (2005). Comorbidity of chronic diseases: effects of disease pairs on physical and mental functioning. *Qual Life Res*, 14(1), 45-55.
- Rincon, S., Gupta, R., & Ptak, T. (2016). Imaging of head trauma. *Handb Clin Neurol*, 135, 447-477. doi:10.1016/b978-0-444-53485-9.00022-2
- Robert-Koch-Institut (2015). Gesundheit in Deutschland. Retrieved 10.11.2019, from <http://www.gbe-bund.de/pdf/GESBER2015.pdf#PAGE=410>
- Robert-Koch-Institut (2019). Daten zur Lebenserwartung, Tabelle Durchschnittliche Lebenserwartung im Alter von ... Jahren je Person. Gliederungsmerkmale: Zeitraum, Region, Alter, Geschlecht. Retrieved 10.11.2019, from http://www.gbe-bund.de/oowa921-install/servlet/oowa/aw92/dboowasys921.xwdevkit/xwd_init?gbe.isgbetol/xs_start_neu/&p_aid=3&p_aid=78171976&nummer=524&p_sprache=D&p_indsp=-&p_aid=8343153_25
- Roberts, I., & Sydenham, E. (2012). Barbiturates for acute traumatic brain injury. *Cochrane Database Syst Rev*, 12, Cd000033. doi:10.1002/14651858.CD000033.pub2
- Roberts, I., Yates, D., Sandercock, P., Farrell, B., Wasserberg, J., Lomas, G., Cottingham, R., Svoboda, P., Brayley, N., Mazairac, G., Laloe, V., Munoz-Sanchez, A., Arango, M., Hartzenberg, B., Khamis, H., Yutthakasemsunt, S., Komolafe, E., Ollidashi, F., Yadav, Y., Murillo-Cabezas, F., Shakur, H., Edwards, P. (2004). Effect of intravenous corticosteroids on death within 14 days in 10008 adults with clinically significant head injury (MRC CRASH trial): randomised placebo-controlled trial. *Lancet*, 364(9442), 1321-1328. doi:10.1016/s0140-6736(04)17188-2

- Rott, C., & Jopp, D. S. (2012). Das Leben der Hochaltrigen. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 55(4), 474-480. doi:10.1007/s00103-012-1452-0
- Rozzini, R., Frisoni, G. B., Ferrucci, L., Barbisoni, P., Sabatini, T., Ranieri, P., Guralnik, J. M., Trabucchi, M. (2002). Geriatric Index of Comorbidity: validation and comparison with other measures of comorbidity. *Age Ageing*, 31(4), 277-285.
- Ryan, M. D., & Henderson, J. J. (1992). The epidemiology of fractures and fracture-dislocations of the cervical spine. *Injury*, 23(1), 38-40.
- Sahni, T., Jain, M., Prasad, R., Sogani, S. K., & Singh, V. P. (2012). Use of hyperbaric oxygen in traumatic brain injury: retrospective analysis of data of 20 patients treated at a tertiary care centre. *Br J Neurosurg*, 26(2), 202-207. doi:10.3109/02688697.2011.626879
- Satariano, W. A., & Ragland, D. R. (1994). The effect of comorbidity on 3-year survival of women with primary breast cancer. *Ann Intern Med*, 120(2), 104-110.
- Schewe, G., & Adebahr, G. (1970). Sekundärschäden am Gehirn bei Schädeltrauma. *Zeitschrift für Rechtsmedizin*, 67(3), 129-146. doi:10.1007/BF00200353
- Schnake, K. J., Schroeder, G. D., Vaccaro, A. R., & Oner, C. (2017). AOSpine Classification Systems (Subaxial, Thoracolumbar). *J Orthop Trauma*, 31 Suppl 4, S14-s23. doi:10.1097/bot.0000000000000947
- Schnake, K. J., von Scotti, F., Haas, N. P., & Kandziora, F. (2008). [Type B injuries of the thoracolumbar spine : misinterpretations of the integrity of the posterior ligament complex using radiologic diagnostics]. *Unfallchirurg*, 111(12), 977-984. doi:10.1007/s00113-008-1503-z
- Schumpelick, V., & Willis, S. (2015). *Alter als Last und Chance*. Freiburg: Herder Verlag.
- Servadei, F., Murray, G. D., Teasdale, G. M., Dearden, M., Iannotti, F., Lapierre, F., Maas, A. J., Karimi, A., Ohman, J., Persson, L., Stocchetti, N., Trojanowski, T., Unterberg, A. (2002). Traumatic subarachnoid hemorrhage: demographic and clinical study of 750 patients from the European brain injury consortium survey of head injuries. *Neurosurgery*, 50(2), 261-267; discussion 267-269.
- Shimoda, K., Maeda, T., Tado, M., Yoshino, A., Katayama, Y., & Bullock, M. R. (2014). Outcome and surgical management for geriatric traumatic brain injury: analysis of 888 cases registered in the Japan Neurotrauma Data Bank. *World Neurosurg*, 82(6), 1300-1306. doi:10.1016/j.wneu.2014.08.014
- Smits, M., Dippel, D. J., de Haan, G. G., & et al. (2005). External validation of the canadian ct head rule and the new orleans criteria for ct scanning in patients with minor head injury. *JAMA*, 294(12), 1519-1525. doi:10.1001/jama.294.12.1519

Sorror, M. L., Maris, M. B., Storb, R., Baron, F., Sandmaier, B. M., Maloney, D. G., & Storer, B. (2005). Hematopoietic cell transplantation (HCT)-specific comorbidity index: a new tool for risk assessment before allogeneic HCT. *Blood*, *106*(8), 2912-2919. doi:10.1182/blood-2005-05-2004

St Sauver, J. L., Boyd, C. M., Grossardt, B. R., Bobo, W. V., Finney Rutten, L. J., Roger, V. L., Ebbert, J. O., Therneau, T. M., Yawn, B. P., Rocca, W. A. (2015). Risk of developing multimorbidity across all ages in an historical cohort study: differences by sex and ethnicity. *BMJ Open*, *5*(2), e006413. doi:10.1136/bmjopen-2014-006413

Statistisches-Bundesamt. (2016, November 24). Diagnosedaten der Patienten und Patientinnen in Krankenhäusern (einschl. Sterbe- und Stundenfälle) 2015. *Gesundheit, Fachserie 12 Reihe 6.2.1*. Retrieved 10.11.2019, from https://www.destatis.de/GPStatistik/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00031005/2120621157004.pdf

Statistisches-Bundesamt. (2017a, Oktober 23). Gesundheit, Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik), Diagnosen, Prozeduren, Fallpauschalen und Case Mix der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern 2016. *Gesundheit, Fachserie 12 Reihe 6.4*. Retrieved 14.01.2019, from https://www.destatis.de/DE/Themen/Gesellschaft-Umwelt/Gesundheit/Krankenhaeuser/Publikationen/Downloads-Krankenhaeuser/fallpauschalen-krankenhaus-2120640167004.pdf?__blob=publicationFile

Statistisches-Bundesamt. (2017b, Oktober 4). Todesursachenstatistik, Sterbefälle nach Unfallkategorien 2017. Retrieved 10.11.2019, from <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/sterbefaelle-unfaelle.html>

Stawicki, S. P., Kalra, S., Jones, C., Justiniano, C. F., Papadimos, T. J., Galwankar, S. C., Pappada, S. M., Feeney, J. J., Evans, D. C. (2015). Comorbidity polypharmacy score and its clinical utility: A pragmatic practitioner's perspective. *J Emerg Trauma Shock*, *8*(4), 224-231. doi:10.4103/0974-2700.161658

Steiner, T. (2012). S2e-Leitlinie Intrazerebrale Blutungen. *Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie*. Retrieved 10.11.2019, from https://www.dgn.org/images/red_leitlinien/LL_2012/pdf/ll_28_2012_intrazerebrale_blutungen.pdf

Steinmetz, H., & al., e. (2012). S1-Leitlinie Subarachnoidalblutung (SAB). *Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie*. Retrieved 10.11.2019, from https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/030-073l_S1_Subarachnoidalblutung_2012_abgelaufen.pdf

Stiell, I. G., Clement, C. M., Rowe, B. H., & et al. (2005). Comparison of the canadian ct head rule and the new orleans criteria in patients with minor head injury. *JAMA*, *294*(12), 1511-1518. doi:10.1001/jama.294.12.1511

Stiell, I. G., Wells, G. A., Vandemheen, K., Clement, C., Lesiuk, H., Laupacis, A., McKnight, R. D., Verbeek, R., Brison, R., Cass, D., Eisenhauer, M. E.,

- Greenberg, G., Worthington, J. (2001). The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. *Lancet*, 357(9266), 1391-1396.
- Stiell, I. G., Wells, G. A., Vandemheen, K. L., Clement, C. M., Lesiuk, H., De Maio, V. J., Laupacis, A., Schull, M., McKnight, Verbeek, R., Brison, R., Cass, D., Dreyer, J., Eisenhauer, M. A., Greenberg, G. H., MacPhail, I., Morrison, L., Reardon, M., Worthington, J. (2001). The Canadian C-spine rule for radiography in alert and stable trauma patients. *Jama*, 286(15), 1841-1848.
- Stippler, M., Ramirez, P., Berti, A., Macindoe, C., Villalobos, N., & Murray-Krezan, C. (2013). Chronic subdural hematoma patients aged 90 years and older. *Neurol Res*, 35(3), 243-246. doi:10.1179/1743132813y.0000000163
- Suzman, R. M., & Willis, D. P. (1995). *The oldest old*: Oxford University Press, USA.
- Teasdale, G., & Jennett, B. (1974). Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet*, 2(7872), 81-84.
- Tien, H. C., Cunha, J. R., Wu, S. N., Chughtai, T., Tremblay, L. N., Brenneman, F. D., & Rizoli, S. B. (2006). Do trauma patients with a Glasgow Coma Scale score of 3 and bilateral fixed and dilated pupils have any chance of survival? *J Trauma*, 60(2), 274-278. doi:10.1097/01.ta.0000197177.13379.f4
- Tönnis, W., & Loew, F. (1953). Einteilung der gedeckten Hirnschädigungen. *Ärztliche Praxis*, 5(3).
- Torres Moreno, B., Nunez Gonzalez, E., Perez Hernandez Dde, G., Simon Turriate, J. P., Alastuey Gimenez, C., Diaz Melian, J., Corujo Rodriguez, E., Gonzalez Bermudez, M. D., Fernandez Duque, O. (2009). [Barthel and Charlson indexes for the prognosis of mortality and institutionalization in hospitalized geriatric patients]. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 44(4), 209-212. doi:10.1016/j.regg.2009.02.002
- Urwin, S. C., & Menon, D. K. (2004). Comparative tolerability of sedative agents in head-injured adults. *Drug Saf*, 27(2), 107-133. doi:10.2165/00002018-200427020-00003
- Vaccaro, A. R., Koerner, J. D., Radcliff, K. E., Oner, F. C., Reinhold, M., Schnake, K. J., Kandziora, F., Fehlings, M. G., Dvorak, M. F., Aarabi, B., Rajasekaran, S., Schroeder, G. D., Kepler, C. K., Vialle, L. R. (2016). AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur Spine J*, 25(7), 2173-2184. doi:10.1007/s00586-015-3831-3
- Valderas, J. M., Starfield, B., Sibbald, B., Salisbury, C., & Roland, M. (2009). Defining comorbidity: implications for understanding health and health services. *Ann Fam Med*, 7(4), 357-363. doi:10.1370/afm.983
- van den Akker, M., Buntinx, F., & Knottnerus, J. A. (1996). Comorbidity or multimorbidity. *European Journal of General Practice*, 2(2), 65-70. doi:10.3109/13814789609162146
- Verheyden, A. P., Holzl, A., Ekkerlein, H., Gercek, E., Hauck, S., Josten, C., Kandziora, F., Katscher, S., Knop, C., Lehmann, W., Meffert, R., Muller, C. W.,

- Partenheimer, A., Schinkel, C., Schleicher, P., Schnake, K. J., Scholz, M., Ulrich, C. (2011). [Recommendations for the treatment of thoracolumbar and lumbar spine injuries]. *Unfallchirurg*, 114(1), 9-16. doi:10.1007/s00113-010-1934-1
- Vezina, G. (2009). Assessment of the nature and age of subdural collections in nonaccidental head injury with CT and MRI. *Pediatr Radiol*, 39(6), 586-590. doi:10.1007/s00247-009-1212-y
- Villalobos, T., Arango, C., Kubilis, P., & Rathore, M. (1998). Antibiotic prophylaxis after basilar skull fractures: a meta-analysis. *Clin Infect Dis*, 27(2), 364-369.
- Walter, L. C., Brand, R. J., Counsell, S. R., Palmer, R. M., Landefeld, C. S., Fortinsky, R. H., & Covinsky, K. E. (2001). Development and validation of a prognostic index for 1-year mortality in older adults after hospitalization. *Jama*, 285(23), 2987-2994.
- Washington, C. W., & Grubb, R. L., Jr. (2012). Are routine repeat imaging and intensive care unit admission necessary in mild traumatic brain injury? *J Neurosurg*, 116(3), 549-557. doi:10.3171/2011.11.Jns111092
- Watters, J. M. (2002). Surgery in the elderly. *Can J Surg*, 45(2), 104-108.
- Weigel, R., Krauss, J. K., & Schmiedek, P. (2004). Concepts of neurosurgical management of chronic subdural haematoma: historical perspectives. *Br J Neurosurg*, 18(1), 8-18.
- White, H., Cook, D., & Venkatesh, B. (2006). The use of hypertonic saline for treating intracranial hypertension after traumatic brain injury. *Anesth Analg*, 102(6), 1836-1846. doi:10.1213/01.ane.0000217208.51017.56
- Wilson, D., Charidimou, A., & Werring, D. J. (2014). Advances in understanding spontaneous intracerebral hemorrhage: insights from neuroimaging. *Expert Rev Neurother*, 14(6), 661-678. doi:10.1586/14737175.2014.918506
- World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. (2013). *Jama*, 310(20), 2191-2194. doi:10.1001/jama.2013.281053
- World-Health-Organization. Body mass index - BMI. Retrieved 10.11.2019, from <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi#>
- Yamaura, A., Ono, J., Watanabe, Y., & Saeki, N. (1989). CT findings and outcome in head injuries--effects of aging. *Neurosurg Rev*, 12 Suppl 1, 178-183.
- Yancik, R., Ershler, W., Satariano, W., Hazzard, W., Cohen, H. J., & Ferrucci, L. (2007). Report of the national institute on aging task force on comorbidity. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62(3), 275-280.

Zavascki, A. P., & Fuchs, S. C. (2007). The need for reappraisal of AIDS score weight of Charlson comorbidity index. *J Clin Epidemiol*, *60*(9), 867-868. doi:10.1016/j.jclinepi.2006.11.004

Zekry, D., Loures Valle, B. H., Graf, C., Michel, J. P., Gold, G., Krause, K. H., Herrmann, F. R. (2012). Prospective comparison of 6 comorbidity indices as predictors of 1-year post-hospital discharge institutionalization, readmission, and mortality in elderly individuals. *J Am Med Dir Assoc*, *13*(3), 272-278. doi:10.1016/j.jamda.2010.11.011

Zekry, D., Loures Valle, B. H., Lardi, C., Graf, C., Michel, J. P., Gold, G., Krause, K. H., Herrmann, F. R. (2010). Geriatrics index of comorbidity was the most accurate predictor of death in geriatric hospital among six comorbidity scores. *J Clin Epidemiol*, *63*(9), 1036-1044. doi:10.1016/j.jclinepi.2009.11.013

Ziegler, A., Lange, S., & Bender, R. (2007). Überlebenszeitanalyse: Die Cox-Regression. [Survival analysis: Cox regression]. *Dtsch med Wochenschr*, *132*(S 01), e42-e44. doi:10.1055/s-2007-959039

Zimmermann, M. E., Brown, Z., Matemavi, P., Melnic, G., & Sample, J. (2016). Utility of Repeat Head Computed Tomography for Intracranial Hemorrhage After Trauma and Importance of Direct Patient Care. *J Trauma Nurs*, *23*(5), 304-306. doi:10.1097/jtn.0000000000000232

Zyck, S., Toshkezi, G., Krishnamurthy, S., Carter, D. A., Siddiqui, A., Hazama, A., Jayarao, M., Chin, L. (2016). Treatment of Penetrating Nonmissile Traumatic Brain Injury. Case Series and Review of the Literature. *World Neurosurg*, *91*, 297-307. doi:10.1016/j.wneu.2016.04.012

8 Anhang/Anlagen:

8.1 Indices:

8.1.1 Barthel-Index und die in ihm enthaltenen Aktivitäten des täglichen

Lebens (ADL)

THE BARTHEL INDEX

Patient Name: _____

Rater Name: _____

Date: _____

Activity	Score
FEEDING 0 = unable 5 = needs help cutting, spreading butter, etc., or requires modified diet 10 = independent	_____
BATHING 0 = dependent 5 = independent (or in shower)	_____
GROOMING 0 = needs to help with personal care 5 = independent face/hair/teeth/shaving (implements provided)	_____
DRESSING 0 = dependent 5 = needs help but can do about half unaided 10 = independent (including buttons, zips, laces, etc.)	_____
BOWELS 0 = incontinent (or needs to be given enemas) 5 = occasional accident 10 = continent	_____
BLADDER 0 = incontinent, or catheterized and unable to manage alone 5 = occasional accident 10 = continent	_____
TOILET USE 0 = dependent 5 = needs some help, but can do something alone 10 = independent (on and off, dressing, wiping)	_____
TRANSFERS (BED TO CHAIR AND BACK) 0 = unable, no sitting balance 5 = major help (one or two people, physical), can sit 10 = minor help (verbal or physical) 15 = independent	_____
MOBILITY (ON LEVEL SURFACES) 0 = immobile or < 50 yards 5 = wheelchair independent, including corners, > 50 yards 10 = walks with help of one person (verbal or physical) > 50 yards 15 = independent (but may use any aid; for example, stick) > 50 yards	_____
STAIRS 0 = unable 5 = needs help (verbal, physical, carrying aid) 10 = independent	_____
TOTAL (0–100):	_____

Fähigkeiten (engl. items) des Barthel-Index, übernommen aus Mahoney FI, Barthel D. „Functional evaluation: the Barthel Index.“ Maryland State Med Journal 1965;14:56-61. Used with permission.

8.1.2 Charlson Comorbidity Index**Charlson Comorbidity Index**

Erkrankung	Bewertung in Punkten
Herzinfarkt	1
Herzinsuffizienz	1
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	1
Zerebrovaskuläre Erkrankung	1
Demenz	1
Chronische Lungenerkrankung	1
Kollagenose	1
Ulkuskrankheit	1
Leichte Lebererkrankung	1
Diabetes mellitus (ohne Endorganschäden)	1
Hemiplegie	2
Moderate oder schwere Nierenerkrankung	2
Diabetes mellitus mit Endorganschäden	2
Tumorerkrankung	2
Leukämie	2
Lymphom	2
Moderate oder schwere Lebererkrankung	3
Solider Tumor mit Metastasen	6
AIDS	6

Erkrankungen (engl. conditions) des Charlson Index modifiziert nach Charlson M.E., et al., „A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation“, 1987, J Chronic Dis, 40(5): p. 373-83

8.1.3 Geriatric Index of Comorbidity

Erkrankung	Erkrankungsschwere (Individual Disease Severity = IDS)				
	0 = keine Erkrankung	1 = asymptomatisch	2 = symptomatisch, medikamentös erfolgreich kontrollierbar	3 = symptomatisch ohne Therapieerfolg	4 = lebensbedrohlich oder größte Erkrankungsschwere
Herzerkrankungen durch Ischämie oder organische Ursache Klassifikationsgrundlage: Angina pectoris: Canadian Cardiovascular Society	keine Erkrankung	Z.n. Herzinfarkt ohne Komplikationen; stabile Angina pectoris Grad 0	leichte Aorten-/ Mitralstenose (echokardiographisch); stabile Angina pectoris Grad I oder II	mittelschwere Aorten-/ Mitralstenose (echokardiographisch); stabile Angina pectoris Grad III oder IV; instabile Angina pectoris; NSTEMI	schwere Aorten-/ Mitralstenose (echokardiographisch); schwere Aortenklappen-/ Mitralinsuffizienz mit Indikation zum Aortenklappenersatz; STEMI; kardiopulmonale Reanimation (CPR)
Primäre Arrhythmien	keine Erkrankung	asymptomatisch; SA-Block I. Grades; AV-Block I. Grades und II. Grades Typ I	SA-Block II. oder III. Grades; AV-Block II. Grades Typ II; symptomatische supraventrikuläre Extrasystole; Vorhofflimmern/ -flattern	nicht beherrschbares Vorhofflimmern mit Schrittmacherimplantation	AV-Block III. Grades; Komplikationen trotz Schrittmachertherapie
Andere Herzerkrankungen (Kardiomyopathie, Myokarditis, Cor pulmonale aufgrund Lungenembolie/ pulmonaler Hypertonie/ COPD) Klassifikationsgrundlage: NYHA-Klassifikation der New York Heart Association	keine Erkrankung	NYHA I	NYHA II	NYHA III	NYHA IV; CPR
Bluthochdruck Klassifikationsgrundlage: Grenzwerte im deutschsprachigen Raum	optimal (< 120/80 mmHg); normal (< 130/85mmHg); hoch-normal (130/85 – 139/89 mmHg)	Hypertonie Grad I (140/90 - 159/99 mmHg)	Hypertonie Grad II (160/100 - 179/109mmHg)	Hypertonie Grad III (≥ 180/110 mmHg); unter medikamentöser Therapie länger als zwei Tage über dem Zielbereich; hypertensive Krise (> 180/120mmHg)	hypertensiver Notfall (> 230/120mmHg bzw. erhöhte Werte mit Zeichen von Organschäden)

Schlaganfall Klassifikationsgrundlage: Stadien der zerebrovaskulären Insuffizienz	keine Erkrankung	Stadium I: asymptomatisch	Stadium II: vorübergehende Ischämie mit zeitlich begrenztem neurologischen Ausfall: IIa: Transitorische ischämische Attacke (TIA) IIb: Minor Stroke	Stadium III: progrediente Ischämie mit über Tage bis Wochen zunehmendem neurologischen Ausfall und nur partieller Reversibilität	Stadium IV: kompletter irreversibler Hirninfarkt
Periphere arterielle Verschlusskrankheit (paVK) Klassifikationsgrundlage: Stadien nach Fontaine	keine Erkrankung	I: beschwerdefrei	II: Belastungsschmerz IIa: Schmerz ab Gehstrecke > 200 m IIb: Schmerz ab Gehstrecke < 200 m	III: ischämischer Ruheschmerz	IV: trophische Störungen
Diabetes mellitus (DM)	keine Erkrankung	behandelbar mit Ernährungs- /Bewegungstherapie, Gewichtsnormalisierung, Lebensstiländerung	Therapie mit Insulin, Antidiabetika	hyperglykämisches Koma, hypoglykämischer Schock	durch DM verursachte Retinopathie, Neuropathie, Nephropathie
Anämie Klassifikationsgrundlage: WHO-Schweregrad	Grad 0: > 11 g/dl	Grad 1: 9,5 -11 g/dl	Grad 2: 8 - 9,4 g/dl	Grad 3: 6,5 - 7,9 g/dl	Grad 4: < 6,5 g/dl
Gastrointestinale Erkrankungen Klassifikationsgrundlage: Reflux: Savary und Miller	keine Erkrankung	Reflux-Stadium 0 (keine Schleimhautveränderung) oder I (isolierte Schleimhauterosionen); Divertikulose; asymptomatische Ösophagusdivertikel	Reflux-Stadium II (longitudinal konfluierende Erosionen) oder III (zirkulär konfluierende Erosionen); symptomatische Ösophagusdivertikel; Gastritis; axiale Hiatushernie; akute Obstipation oder Diarrhoe	Reflux-Stadium IV (Komplikationen wie Ulzeration, Strikturen, Zellmetaplasie); Ösophagusvarizen; paraösophageale Hiatushernie oder Mischhernie; chronische (>3 Wochen) Obstipation oder Diarrhoe; benigner Tumor oder Tumormetastase	lebensbedrohliche gastrointestinale Blutung; Ileus; maligner Primärtumor
Hepatobiliäre Erkrankungen Klassifikationsgrundlage: Leberzirrhose: Child-Pugh-Klassifikation	keine Erkrankung	Hepatitis B ≥ 1 Jahr zurückliegend; asymptomatische Cholelithiasis; Z. n. Cholelithiasis-Operation	Cholestase; Hepatitis B/C < 1 Jahr zurückliegend; unkomplizierte toxisch/ Drogen-induzierte Hepatitis; symptomatische Cholelithiasis; milde Leberzirrhose (Child A)	chronisch persistierende oder aktive Hepatitis; Leberzirrhose (Child B)	Leberzirrhose (Child C)

Nierenerkrankung Klassifikationsgrundlage: akute Niereninsuffizienz: Kidney Disease: Improving Global Outcome; chronische Niereninsuffizienz: nach dem Anstieg der Retentionsparametern und der Klinik	keine Erkrankung	chronische Niereninsuffizienz: Stadium I (kompensiertes Dauerstadium); Zufallsbefund Nierenzyste	akutes Nierenversagen: Stadium 1; chronische Niereninsuffizienz: Stadium II (Niereninsuffizienz mit kompensierter Retention); Urolithiasis konservativ therapierbar	akutes Nierenversagen: Stadium 2; chronische Niereninsuffizienz: Stadium III (Niereninsuffizienz mit dekompensierter Retention); Urolithiasis interventionell therapierbar; benigner Tumor	akutes Nierenversagen: Stadium 3; chronische Niereninsuffizienz: Stadium IV (terminale Niereninsuffizienz); Schrumpfniere; maligner Tumor
Respiratorische Erkrankungen Klassifikationsgrundlage: COPD: nach dem Schweregrad der Obstruktion in der Spirometrie; Asthma: Schweregrad nach der deutschen Atemwegliga Pneumonie: CRB-65-Score	keine Erkrankung	COPD Grad I; Asthmaschweregrad I; Dystelektase	COPD Grad II; Asthmaschweregrad II; Pneumonie: CRB-65-Score = 0	COPD Grad III; Asthmaschweregrad III; Pneumonie: 1 ≤ CRB-65-Score ≤ 3, respiratorische Partialinsuffizienz	COPD Grad IV; Asthmaschweregrad IV; Pneumonie: CRB-65- Score ≥ 3; respiratorische Globalinsuffizienz; Lungenkarzinom
Parkinson oder nicht- vaskuläre neurologische Erkrankungen Klassifikationsgrundlage: Parkinson: Hoehn und Jahr- Skala; Alzheimer-Demenz: nach der Deutschen Gesellschaft für Allgemeinmedizin und Familienmedizin (DEGAM)	keine Erkrankung	Parkinson: Stadium 1	Parkinson: Stadium 2; leichte Demenz	Parkinson: Stadium 3 oder 4; mittelschwere Demenz	Parkinson: Stadium 5; schwere Demenz
Störungen im Bewegungsapparat	keine Störung	alleine mobil mit Hilfsmittel (bsp. Stock oder Rollator)	angewiesen auf externe Hilfestellung bei der Mobilisation; Rollstuhl	vollständig auf externe Hilfe angewiesen	komplett immobil/ künstlich beatmet/ernährt
Maligne Tumoren Klassifikationsgrundlage: Union internationale contre le cancer (UICC)	UICC 0	UICC I	UICC II	UICC III	UICC IV

Die abgebildete Tabelle war Bewertungsgrundlage für die in unserer Studie gewertete Erkrankungsschwere auf Basis der Individual Disease Severity (IDS) nach Greenfield (1987) (Greenfield et al., 1987) zur Ermittlung des Geriatric Index of Comorbidity (Rozzini et al., 2002).

8.2 Multivariates Modell der Cox-Regression unter Berücksichtigung der ADL-Anzahl

Aus Gründen der Vollständigkeit erscheint uns die Darstellung der multivariaten Cox-Regressionsanalyse mit Einschluss des Parameters ADL-Anzahl trotz der (bei 39 Patienten) fehlenden Werte für diesen Parameter sinnvoll.

8.2.1 Gesamtmortalität

Tabelle 14: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die Gesamtmortalität mit Einschluss der ADL-Anzahl

	HR	95% CI	p-value	sig.
Trauma-WS	R		0,166	
Trauma-Kopf	1,75	[0,98; 3,13]		
Trauma-Kombination	1,56	[0,65; 3,71]		
GCS	0,92	[0,86; 0,99]	0,016	*
Therapie (operativ)	0,77	[0,50; 1,18]	0,233	
GIC	1,14	[0,84; 1,54]	0,402	
Hb	0,93	[0,81; 1,07]	0,295	
ADL-Anzahl	0,83	[0,71; 0,97]	0,018	*

Neben dem GCS ($p = 0,016$) erweist sich in diesem finalen Cox-Regressionsmodell **auch die ADL-Anzahl** ($p = 0,018$) als signifikant.

8.2.2 30-Tages-Mortalität

Tabelle 15: Finales Modell der multivariaten Cox-Regression für die 30-Tages-Mortalität mit Einschluss der ADL-Anzahl

	HR	95% CI	p-value	sig.
GCS	0,85	[0,78; 0,91]	< 0,001	***
Therapie (operativ)	0,78	[0,41; 1,49]	0,447	
GIC	1,24	[0,75; 2,04]	0,403	
Kreatinin	1,66	[1,10; 2,49]	0,015	*
Hb	1,00	[0,83; 1,21]	0,990	
Alter	0,91	[0,78; 1,05]	0,195	
ADL-Anzahl	0,85	[0,68; 1,07]	0,170	

Unter Berücksichtigung der ADL-Anzahl im finalen Cox-Regressionsmodell bleibt der GCS höchst signifikant (**p < 0,001**), der Kreatininwert bleibt signifikant (**p = 0,015**), die ADL-Anzahl (p = 0,170) ist nicht signifikant.

9 Veröffentlichung von Teilergebnissen dieser Arbeit

Publizierte Artikel

Lange N., Rothlauf P., Jörger AK., Wagner A., Meyer B., Shiban E. (2019).
Craniocervical trauma above the age of 90: are current prognostic scores
sufficient? *Neurosurg Rev.* doi:10.1007/s10143-019-01130-3

Publizierte Kongressbeiträge

Shiban E, Rothlauf P, Meyer B, Craniocervical trauma above the age of 90: are
current prognostic scores sufficient?
AO Global Spine Congress, Singapore (Republic of Singapore), May 02.-05.,
2018 (Oral Presentation)

Rienmueller A, Shiban E, Rothlauf P, Lehmborg J, Meyer B, Acute spine trauma
above the age of 90 years – analysis of mortality and morbidity.
38th SICOT Orthopaedic World Congress, Cape Town (South Africa), November
30. – December 02., 2017 (Poster Presentation)

Rothlauf P, Rienmueller A, Meyer E, Meyer B, Lehmborg J, Shiban E, Craniocer-
vical trauma above the age of 90: are current prognostic scores sufficient?
EANS2017 Congress, Venice (Italy), October 01.-05., 2017 (Poster Presentation)

Shiban E, Rothlauf P, Meyer B, Lehmborg J: Trauma of the really old: 30-day
mortality of patients older than 90 years old.
68. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie, Magdeburg
(Germany), May 14.-17., 2017 (Oral Presentation)

Rothlauf P, Lehmborg J, Meyer B, Shiban E, Trauma of the really old: 30-day
mortality of patients older than 90 years old.
EANS2016 Congress, Athens (Greece), September 04.-08., 2016 (Oral Presen-
tation)

10 Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Mentor PD Dr. Ehab Shiban bedanken. Er unterstütze mich bei dieser Arbeit stets und hat mich in meinem wissenschaftlichen Arbeiten geprägt. Insbesondere gab er mir die Möglichkeit, internationale Erfahrungen auf mehreren Kongressen zu sammeln und Eindrücke des operativen Arbeitens in der neurochirurgischen Disziplin zu gewinnen.

Ganz besonders möchte ich auch Prof. Dr. Jens Lehmborg danken für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit zur Durchführung der vorliegenden Arbeit. Durch seine zuverlässige und zeitnahe Korrektur trotz seines großen Aufgabenbereichs als Chefarzt der Neurochirurgie in der München Klinik Bogenhausen und Schwabing war er mir eine ungemein große Hilfe.

Dr. Nicole Lange möchte ich für die gute Zusammenarbeit und ihr Engagement bei der Publikation der gewonnenen Erkenntnisse danken.

Dank gilt an dieser Stelle auch Prof. Dr. Bernhard Meyer, in dessen Abteilung die hier präsentierte Forschungsarbeit durchgeführt wurde und Prof. Dr. Peter Vajkoczy, der mir eine Hospitation in seiner neurochirurgischen Abteilung an der Charité in Berlin ermöglichte und der mit seiner fachlichen Kompetenz, Präzision, und Menschlichkeit ein Vorbild akademischen Denkens und Handelns abgibt.

Für die Hilfestellung bei technischen Problemen danke ich Herrn Hendrik Rösner, für zahlreiche Auskünfte, Hilfestellung und ihre große Geduld den Mitarbeitern der neurochirurgischen Klinik und Poliklinik.

Von ganzem Herzen möchte ich zuletzt meinen Eltern danken für ihre bedingungslose Unterstützung und Aufopferung, um mir zu jeder Zeit meine Träume zu ermöglichen, meinem Bruder für seine Ehrlichkeit und Zuverlässigkeit und Adrian für seine Hilfe und Motivation.