

**Aus der Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Krankheiten des
Unfallkrankenhauses Berlin (UKB),
akademisches Lehrkrankenhaus der Medizinischen Fakultät Charité -
Universitätsmedizin Berlin**

Dissertation

**Retrospektive Untersuchung zur Notwendigkeit einer
Tracheotomie bei akuten Verletzungen der Halswirbelsäule
mit Rückenmarkverletzungen**

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité Universitätsmedizin Berlin

von

Diana Wolf

aus Gummersbach

Gutachter: Prof. Dr. med. Arne Ernst

Prof. Dr. med. A. Dietz

PD. Dr. med. B. Sedlmayr

Urkundenverleihung am 20.11.2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
2	Material und Methode	8
2.1	Patienten	8
2.1.1	Lähmungsursache	8
2.1.2	Lähmungshöhe	8
2.1.3	Lähmungsausprägung	8
2.1.4	Begleitverletzungen	9
2.1.5	Begleiterkrankungen	9
2.2	Therapie	10
2.2.1	Operative Behandlung	10
2.2.2	Intensivbehandlung	10
2.2.3	Beatmung	10
2.2.4	Tracheotomie	10
2.2.5	Dekanülierung und Verschluss	11
2.2.6	Entlassung	11
2.2.7	Statistische Verfahren	12
3	Ergebnisse	13
3.1	Probanden	13
3.1.1	Alters -und Geschlechterverteilung	13
3.1.2	Lähmungsursache	14
3.1.3	Lähmungshöhe	14
3.1.4	Lähmungsausprägung	15
3.1.5	Begleitverletzungen	15
3.1.6	Begleiterkrankungen	16
3.2	Behandlung	17
3.2.1	Intubation	17
3.2.2	Operative Therapie	17
3.2.3	Intensivbehandlung	18
3.2.4	Stationäre Behandlung und Entlassung	19
3.3	Beatmung	19
3.4	Tracheotomie	22
3.4.1	Tracheotomie und Lähmungsgenese	22
3.4.2	Tracheotomie und Alters- und Geschlechterverteilung	23
3.4.3	Tracheotomie und Lähmungshöhe	24

3.4.4	Tracheotomie und Frankel-Klassifikation	25
3.4.5	Tracheotomie und Begleitverletzung	26
3.4.6	Tracheotomie und Begleiterkrankungen	28
3.4.7	Tracheotomie und operative Therapie der Halswirbelsäule	28
3.4.8	Tracheotomie und Behandlungsdauer	29
3.4.9	Tracheostomaverschluss	30
3.4.10	Vorhersage einer Tracheotomie	30
4	<i>Diskussion</i>	37
4.1	Einleitung	37
4.2	Patienten	38
4.2.1	Altersverteilung	38
4.2.2	Geschlechterverteilung	38
4.2.3	Lähmungsursache	39
4.2.4	Lähmungshöhe	39
4.2.5	Lähmungsausprägung	40
4.2.6	Begleitverletzung	41
4.2.7	Begleiterkrankungen	42
4.2.8	Behandlungsdauer	43
4.2.9	Entlassung	44
4.3	Behandlung	45
4.3.1	Operative Therapie	45
4.3.2	Intensivbehandlung	46
4.4	Beatmung	47
4.4.1	Tracheotomie und Altersverteilung	49
4.4.2	Tracheotomie und Lähmungshöhe	49
4.4.3	Tracheotomie und Lähmungsausprägung	50
4.4.4	Tracheotomie und Begleitverletzung	50
4.4.5	Tracheotomie und Begleiterkrankung	51
4.4.6	Tracheostomaverschluss	52
4.5	Atemwegsmanagement bei akuten Tetraplegien	52
5	<i>Zusammenfassung</i>	57
6	<i>Tabellarischer Anhang</i>	60
7	<i>Literatur</i>	68

Liste der Abbildungen

Abbildung 1: Alters und Geschlechterverteilung	13
Abbildung 2: Verteilung der Lähmungshöhe nach Geschlecht	14
Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Lähmungsausprägung nach Frankel	15
Abbildung 4: Anzahl der Begleiterkrankung bei der Lähmungsgenese	16
Abbildung 5: Dauer Intensivbehandlung und Frankel-Klassifikation	18
Abbildung 6: Dauer der Beatmung und Frankel-Klassifikation	20
Abbildung 7: Erste Re-Intubation und Frankel-Klassifikation	21
Abbildung 8: Tracheotomie und Lähmungsursache	23
Abbildung 9: Altersverteilung der Patienten mit einer Tracheotomie	24
Abbildung 10: Tracheotomie und Lähmungshöhe	25
Abbildung 11: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation	26
Abbildung 12: Tracheotomie und zwei-stufige Frankel-Klassifikation	26
Abbildung 13: Tracheotomie und Anzahl der Begleitverletzungen	27
Abbildung 14: Tracheotomie und Schweregrad der Begleitverletzungen	27
Abbildung 15: Tracheotomie und Anzahl der Begleiterkrankungen	28
Abbildung 16: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen	29
Abbildung 17: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese	32
Abbildung 18: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese	32
Abbildung 19: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C4	33
Abbildung 20: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C4	34
Abbildung 21: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C5	35
Abbildung 22: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C5	35
Abbildung 23: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C6	36

Liste der Tabellen

Tabelle 1: Klassifikation des senso-motorischen Defizits nach Frankel	9
Tabelle 2: Gewichtung der Schweregrade von Begleitverletzungen	9
Tabelle 3: Schweregrade der Begleitverletzungen	16
Tabelle 4: Zugangswege für eine operative Behandlung	17
Tabelle 5: Todesursachen	19
Tabelle 6: Komplikationen nach der ersten Extubation	20
Tabelle 7: Komplikationen nach zweiter Extubation	21
Tabelle 8: Art der Tracheotomie	22
Tabelle 9: Vorhersage einer Tracheotomie	31
Tabelle 10: Alters- und Geschlechterverteilung	60
Tabelle 11: Lähmungsursache	60
Tabelle 12: Verteilung Lähmungshöhe und Geschlecht	61
Tabelle 13: Lähmungsausprägung	61
Tabelle 14: Anzahl und Art der Begleitverletzungen	62
Tabelle 15: Anzahl und Art der Begleiterkrankungen	62
Tabelle 16: Dauer Intensivbehandlung und Frankel-Klassifikation	63
Tabelle 17: Beatmungsdauer und Frankel-Klassifikation	63
Tabelle 18: Erste Re-Intubation und Frankel-Klassifikation	63
Tabelle 19: Tracheotomie und Lähmungsgenese	64
Tabelle 20: Tracheotomie und Altersverteilung	64
Tabelle 21: Tracheotomie und Lähmungshöhe	64
Tabelle 22: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation	65
Tabelle 23: Tracheotomie und zwei-stufigen Frankel-Klassifikation	65
Tabelle 24: Tracheotomie und Anzahl der Begleitverletzungen	65
Tabelle 25: Tracheotomie und Schweregrad der Begleitverletzungen	65
Tabelle 26: Tracheotomie und Anzahl der Begleiterkrankungen	66
Tabelle 27: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen	66
Tabelle 28: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese	66
Tabelle 29: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese	66

Tabelle 30: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C4.....	67
Tabelle 31: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C4	67
Tabelle 32: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C5.....	67
Tabelle 33: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C5.....	67
Tabelle 34: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C6	67

1 Einleitung

Patienten mit einer Tetraplegie haben in Abhängigkeit von der exakten Lähmungshöhe, den Begleitverletzungen und Begleiterkrankungen eine mehr oder weniger eingeschränkte Atemfunktion. Ein effektiver Atemvorgang ist abhängig von der Fähigkeit, einen tiefen Atemzug durchzuführen und genug expiratorische Kraft zu entfalten, um Sekret aus den Atemwegen zu entfernen. Dafür stehen gesunden Personen die Atem- und Atemhilfsmuskulatur zur Verfügung. Eine komplette oder inkomplette Schädigung des zervikalen Rückenmarks zieht eine Schädigung des Atemvorgangs durch eine teilweise oder vollständige Mitbeteiligung der Muskulatur wie des Zwerchfells, der akzessorischen Muskulatur sowie der Thorax- und Abdominalmuskulatur nach sich. Zusätzlich nehmen Begleitverletzungen, und vorbestehende Erkrankungen sowie in der Akutphase der spinale Schock Einfluss auf die Atemfähigkeit der Patienten. Diese Faktoren bestimmen in der Akutphase der Versorgung von Verletzungen des Halsmarks das für das Überleben der Patienten notwendige Atemwegs-Management.

In den meisten Fällen erfolgt bei den akut erkrankten Patienten eine frühzeitige Intubation. Da der Hauptanteil der Patienten eine Tetraplegie im Rahmen eines Unfalls erleidet, erfolgt die Intubation in den meisten Fällen bereits am Unfallort. Im weiteren klinischen Verlauf wird immer wieder kontrovers über das weitere Prozedere diskutiert. So bestehen unterschiedliche Ansichten über die Notwendigkeit, den richtigen Zeitpunkt und die Methoden, einen endotrachealen Tubus gegen ein Tracheostoma zu tauschen. Die angegebene Zeitspanne liegt zwischen 3 Tagen und 3 Wochen [20, 62].

Die Befürworter einer frühzeitigen Tracheotomie geben eine Verkürzung des gesamten stationären Aufenthaltes, eine Verkürzung des Aufenthaltes auf Intensivstationen sowie eine Reduktion der Beatmungstage an, was außer dem Vorteil für den Patienten nicht zuletzt ein erhebliches wirtschaftliches Argument ist [57]. Andere Autoren sehen durch eine frühzeitige Tracheotomie den Weaningprozess verkürzt und die Beatmungstoleranz des Patienten erhöht, aber die Beatmungszeit und die Dauer des Intensivaufenthalts verlängert [7, 41].

Da die Tracheotomie nicht ohne ein Komplikationsrisiko für den Patienten ist, müssen die optimale Zeit für eine Tracheotomie, die Risiken des Eingriffs und die Risiken einer verlängerten endotrachealen Intubation gegeneinander abgewogen werden [55]. Fromm et al. schlugen vor, einem kurzen Weaning eine Extubation

folgen zu lassen und, wenn dieses Vorgehen nach ein bis zwei Versuchen nicht erfolgreich verlaufen würde, eine Tracheotomie durchzuführen [25]. Eine Re-Intubation nach fehlgeschlagener Extubation ist jedoch mit einer erhöhten Sterblichkeit, einer erhöhten Tracheotomie-Rate, einem verlängerten Krankenhausaufenthalt und damit höheren Kosten verbunden [21].

Es zeigt sich, dass bisher keine standardisierten Strategien im Atemwegsmanagement bei tetraplegischen Patienten vorliegen, die auf ihre Effizienz geprüft wurden. So liegen bis heute keine allgemeingültigen Kriterien vor, die als Hilfestellung für die Entscheidung zu einer Tracheotomie oder einer endotrachealen Intubation bei diesen Patienten dienen können. Ursache ist die unsichere Datenlage.

In einer retrospektiven Untersuchung sollten die Daten zum Atemwegs-Management von akut tetraplegischen Patienten eines Zentrums für Rückenmarkverletzungen retrospektiv ausgewertet werden. Dabei sollten anhand dieser Daten insbesondere folgende Fragen beantwortet werden:

1. Welche und wie viele Patienten mussten für welche Zeit infolge einer akuten Tetraplegie beatmet werden?
2. Welche klinischen Parameter beeinflussten den Zeitraum der Beatmung bis zur Extubation?
3. Welche klinischen Faktoren beeinflussten eine erfolgreiche Extubation?
4. Welche und wie viele Patienten mussten für welchen Zeitraum tracheotomiert werden?
5. Welche Parameter beeinflussten die Notwendigkeit einer Tracheotomie?
6. Welche klinischen Parameter beeinflussten die Dauer des Tracheostomas?
7. Wie viele Patienten blieben dauerhaft auf eine Tracheotomie und Beatmung angewiesen. Wie viele Patienten konnten ohne eine Kanüle die Behandlung verlassen?

Ziel der Untersuchung sollte es sein, anhand der erhobenen Daten, Vorschläge für ein standardisiertes Atemwegs-Management bei akut tetraplegischen Patienten zu entwerfen.

2 Material und Methode

In einer retrospektiven Untersuchung wurden alle Patienten nach einer Halswirbelsäulenverletzung mit Rückenmarkbeteiligung, die zwischen dem 1.9.1997 und dem 31.12.2002 in der Klinik für Rückenmarkverletzungen am Unfallkrankenhaus Berlin behandelt wurden, anhand der Krankenakten ausgewertet.

2.1 Patienten

In die Untersuchung wurden alle Patienten eingeschlossen, bei denen die Rückenmarkverletzung nicht älter als 8 Wochen war und die sich seit der Verletzung in ununterbrochener stationärer Behandlung befanden. Ausgeschlossen wurden Patienten, deren Verletzungszeitpunkt länger zurücklag. Bei allen Patienten lag eine neurologische Schädigung im Rückenmarkabschnitt unterhalb des craniozervikalen Übergangs und oberhalb des ersten Brustwirbels vor. Für die wissenschaftliche Auswertung der Daten lag dabei eine schriftliche Einverständniserklärung vor, welche bei der Aufnahme in die Klinik durch die Patienten oder deren Betreuer unterzeichnet wurde.

2.1.1 Lähmungsursache

Die der Lähmung zu Grunde liegende Ursache wurde anhand der Anamnese durch den aufnehmenden Arzt unter Würdigung der Diagnostik bestimmt.

2.1.2 Lähmungshöhe

Die Einteilung der Läsionshöhe erfolgt nach der American Spinal Injury Association Grading Scale (ASIA). Die Untersuchung des Patienten wurde bei der Aufnahme durch einen Arzt des Behandlungszentrums für Rückenmarkverletzte vorgenommen.

2.1.3 Lähmungsausprägung

Die Bestimmung der funktionellen Ausprägung erfolgt international nach Frankel [23] (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1: Klassifikation des senso-motorischen Defizits nach Frankel

Die Klassifikation beschreibt die funktionellen Schädigungen durch die Rückenmarkverletzung [23].

Grad	Beschreibung
TA	Komplett: keine sensible oder motorische Funktion ist in den sakralen Segmenten S 4/5 erhalten
TB	Inkomplett: sensible Funktion erhalten, aber keine motorische Funktion ist unterhalb neurologischen Niveaus erhalten und dehnt sich bis in die sakralen Segmente S4/5 aus.
TC	Inkomplett: motorische Funktion ist unterhalb des neurologischen Niveaus erhalten aber die Mehrzahl der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus haben einen Muskelkraftgrad von weniger als 3.
TD	Inkomplett: motorische Funktion ist unterhalb des neurologischen Niveaus erhalten und die Mehrheit der Kennmuskeln unterhalb des neurologischen Niveaus haben einen Muskelkraftgrad größer oder entsprechend 3.
TE	Normal: sensible und motorische Funktion sind normal

2.1.4 Begleitverletzungen

Erfasst wurden bis zu 5 Begleitverletzungen, die während des stationären Aufenthalts behandelt wurden.

Für die weitere Auswertung wurde eine Unterteilung der Begleitverletzungen in Schweregrade entsprechend der Klassifikation in Tabelle 2 getroffen, wobei die Zuordnung zu den einzelnen Gruppen nach der jeweils schwersten Begleitverletzung erfolgte. Die Gewichtung erfolgte dabei nach dem Schweregrad der Einschränkung pulmonaler Fähigkeiten.

Tabelle 2: Gewichtung der Schweregrade von Begleitverletzungen

Gewichtung der Begleitverletzungen nach der Einschränkung pulmonaler Funktionen.

Schweregrad	Begleitverletzungen
0	Keine
I	Gesichtsschädelverletzung, Schädelhirntrauma I-II°
II	Extremitätenverletzungen, BWK-Fraktur, Bauchtrauma
III	Lungenkontusion, Rippenfraktur, Hämato-/Pneumothorax, SHT III°

2.1.5 Begleiterkrankungen

Erfasst wurden bis zu 5 Begleiterkrankungen, die während des stationären Aufenthalts eine therapeutische Relevanz hatten.

2.2 Therapie

2.2.1 Operative Behandlung

Alle Patienten, die als Ursache der Lähmung eine Einengung des Spinalkanals aufwiesen, wurden, sofern keine Kontraindikationen vorlagen, sofort operativ versorgt. Ziel der operativen Maßnahme war die Stabilisierung der Wirbelsäule und Entlastung des zervikalen Rückenmarks. Der operative Eingriff erfolgte indikationsabhängig von ventral, dorso-ventral oder isoliert von dorsal. Dabei wurden die Zugangswege, das jeweilige Operationsdatum und ggf. Zweiteingriffe mit ihren Indikationen erfasst.

2.2.2 Intensivbehandlung

Die Aufnahme auf der Intensivstation erfolgte zur Sicherung und Stabilisierung der Vitalparameter bzw. zur Überwachung nach Operationen oder Übernahme aus anderen Einrichtungen. Erfasst wurden Dauer und Anlass des Aufenthaltes. Die Erfassung des Aufenthaltes erfolgte in Stunden, waren mehrere Aufenthalte notwendig wurden die Aufenthalte summiert.

2.2.3 Beatmung

Eine Intubation erfolgte bei allen Patienten, die hämodynamisch instabil oder die aus pulmonalem, neurologisch-muskulärem Grund oder durch sedierende Maßnahmen nicht in der Lage waren, selbstständig eine ausreichende Oxygenierung aufrechtzuerhalten ($pO_2 \leq 60$ mm Hg, $pCO_2 \geq 10$ mm Hg).

Die Erfassung des Beatmungszeitraums erfolgte in Stunden, waren mehrere Phasen mit einer Beatmung wurden diese summiert. Als Ende der Weaningphase wurde der Zeitpunkt protokolliert, bei dem der Patient ganz von der Beatmungsmaschine entwöhnt war.

2.2.4 Tracheotomie

Die Indikation zur Tracheotomie wurde interdisziplinär durch ein Team aus Anästhesisten und Ärzten aus dem Behandlungszentrum für Rückenmarkverletzte sowie HNO-Ärzten gestellt. Die Indikation zur Tracheotomie wurde gestellt, wenn [54] :

- die Schwere der Begleitverletzungen eine Beatmung von mehr als 10 Tagen notwendig machte.

- der individuelle Verlauf des Abtrainierens von der Beatmungsmaschine erwartungsgemäß deutlich länger als 72 Stunden dauern würde.
- eine suffiziente Sekretmobilisierung durch den Patienten nicht möglich war.
- eine Schluckstörung durch rezidivierende Aspirationen zu pulmonalen Komplikationen führte.

Es wurden temporäre und plastische Tracheotomien durch die Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Kliniken durchgeführt. Punktionstracheotomien fanden sich bei Verlegungen aus anderen Kliniken.

2.2.5 Dekanülierung und Verschluss

Tracheotomierte Patienten wurden auf eine Sprechkanüle umgestellt, sobald keine durchgehende maschinelle Beatmung mehr notwendig war, die Patienten keine Zeichen einer Aspiration oder Dysphagie zeigten und die Atmung über eine Trachealkanüle subjektiv toleriert wurde.

Die Dekanülierung von der Sprechkanüle erfolgte, wenn:

- die pulmonale Situation so gefestigt war, dass der Patient nicht mehr endotracheal abgesaugt werden musste.
- keine pulmonalen Infekte mehr auftraten. Dies betraf einen Zeitraum von mindestens 4 Wochen.
- keine Hinweise auf eine Aspiration vorlagen.

Wenn kein Spontanverschluss erfolgte, wurden die Tracheostoma operativ verschlossen. Die Dauer der Tracheotomie wurde vom Zeitpunkt der Tracheotomie bis zur Entfernung der Kanüle und Verschluss des Tracheostoma gemessen. Die Erfassung erfolgte in Tagen.

2.2.6 Entlassung

Die Entlassung der Patienten erfolgte nach Beendigung der Behandlung, wenn die medizinische Situation vom Ärzte- und Pflegeteam als stabil eingeschätzt wurde. Es wurden das Entlassungsdatum mit Atemzustand des Patienten und das Vorhandensein eines Tracheostomas bei den Patienten erfasst. Bei einem Versterben des Patienten wurde der Todestag als Entlassdatum gewertet und die Todesursache erfasst. Der Zeitraum des Aufenthalts wurde aus der Distanz zwischen dem Aufnahmedatum und der Entlassung berechnet und wurde in Tagen angegeben.

2.2.7 Statistische Verfahren

Die erhobenen Daten wurden codiert und hinsichtlich ihrer absoluten und relativen Häufigkeitsverteilung untersucht. Zur statistischen Analyse wurde SPSS 11.0 (Statistical Package for the Social Sciences) verwendet. Für die Beschreibung der erhobenen Daten wurden Häufigkeit, Mittelwerte und Standardabweichungen ermittelt. Weil die meisten Daten Begriffe waren, wurden die Beziehungen in einer Kreuztabelle mit dem Chi²-Test auf dem Signifikanzniveau $p < 0,05$ geprüft.

Der Vergleich verschiedener Gruppen erfolgte mit dem parameterfreien h-Test nach Kruskal und Wallis. Dabei wurde die Nullhypothese, dass zwischen den Gruppen Gleichheit besteht, verworfen, wenn die errechnete Prüfgröße größer oder gleich dem Chi²-Wert für den Freiheitsgrad und das Signifikanzniveau von 5% war.

Mit der Diskriminanzanalyse wurde untersucht, welche Faktoren Einfluss auf die Notwendigkeit einer Tracheotomie haben. Angegeben wurde der Prozentwert der exakten Analyse.

3 Ergebnisse

3.1 Probanden

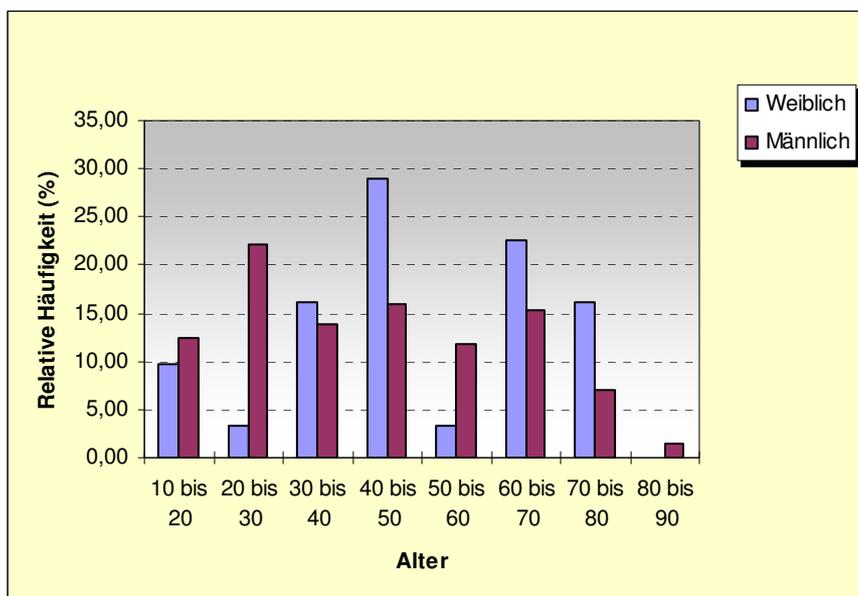
Zwischen dem 01.09.1997 und dem 31.12.2002 wurden an der Klinik für Rückenmarkverletzungen 185 Patienten mit einer Verletzung des Halsmarks behandelt. Zur Auswertung kamen 175 (94,2%) Patienten, bei denen das zu erhebende Datenmaterial vollständig vorlag. Patienten mit einer Verletzung der Halswirbelsäule ohne neurologische Defizite wurden nicht in die Untersuchung einbezogen.

3.1.1 Alters -und Geschlechterverteilung

144 (82,29%) der 175 Patienten waren männlich, 31 (17,71%) weiblich. Das Alter lag zwischen 14 und 89 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 43,45 Jahre \pm 18,98 Jahre. Männer waren bei ähnlicher Altersverteilung häufiger betroffen als Frauen (4,6:1). Die genaue Alters- und Geschlechterverteilung ist Abbildung 1 und Tabelle 10 im Anhang zu entnehmen.

Abbildung 1: Alters und Geschlechterverteilung

Dargestellt sind die Alters- und Geschlechterverteilung der untersuchten Patienten (n=175).



3.1.2 Lähmungsursache

147 (84%) Patienten erlitten eine Lähmung durch ein Trauma. Bei 73 (41,71%) Patienten lag eine Fraktur eines Wirbelkörpers vor. Bei 47 (26,86%) Patienten fanden sich zwei frakturierte Wirbelkörper und bei 16 (9,14%) Patienten Frakturen von mehr als 2 Halswirbelkörpern. 10 (5,7%) Patienten erlitten eine Contusio spinalis. In einem Fall (0,57%) wurde ein Patient durch einen Messerstich querschnittsgelähmt.

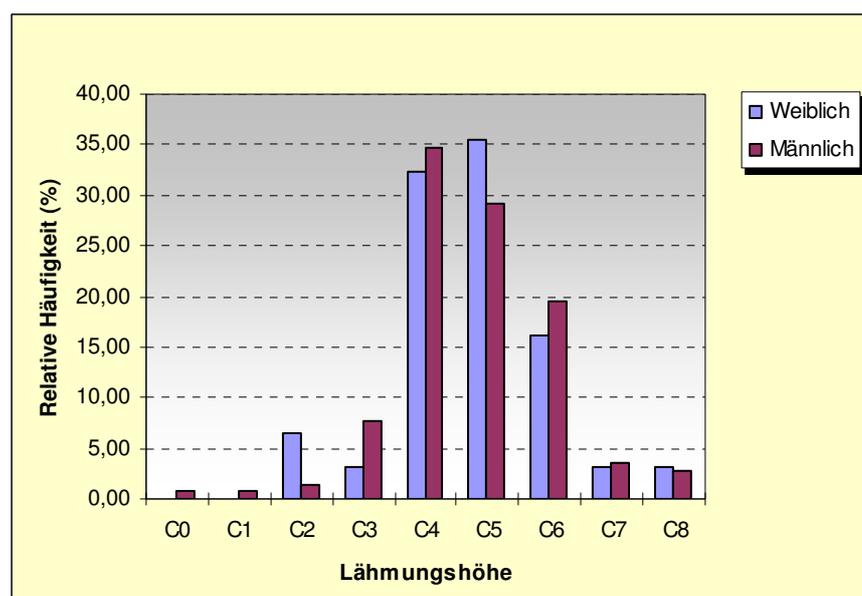
Zu den 28 (16%) Patienten ohne Trauma zählten 15 (8,57%), bei denen eine Lähmung im Rahmen einer Spondylodiszitis auftrat. Bei 5 (2,86%) Patienten lag ein tumoröses Geschehen zugrunde und bei weiteren 4 (2,29%) Patienten bestand eine Spinalkanalstenose. 3 (1,71%) Patienten erlitten eine Querschnittslähmung durch einen prolabierten Nucleus pulposus. Dieser Umstand wurde als nichttraumatische Ursache gewertet, da die Operation initial aufgrund eines degenerativen Prozesses durchgeführt wurde. Ein (0,57%) Patient erlitt postoperativ eine Querschnittslähmung. Details sind Tabelle 11 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

3.1.3 Lähmungshöhe

Die Einteilung der Lähmungshöhe wurde nach dem letzten intakten zervikalen Segment vorgenommen.

Abbildung 2: Verteilung der Lähmungshöhe nach Geschlecht

Dargestellt ist die relative Häufigkeit des Geschlechts der Patienten in den Verletzungshöhen (n=175).

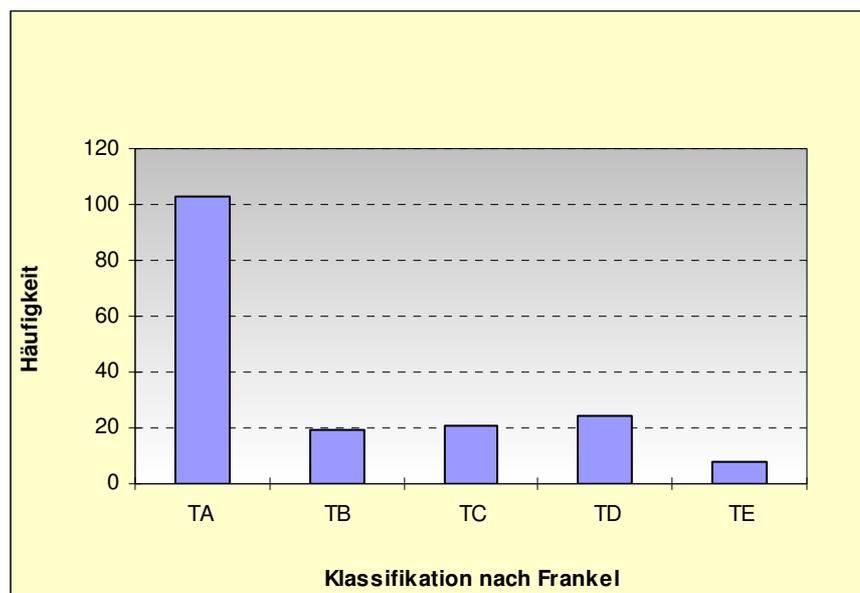


Am häufigsten betroffen waren bei beiden Geschlechtern die Segmente C4-C6. Details sind Abbildung 2 und Tabelle 12 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

3.1.4 Lähmungsausprägung

Bei Aufnahme fand sich eine komplette Lähmung entsprechend der Klassifikation nach Frankel Stufe TA bei 103 (58,86%) Patienten. 19 (10,86%) Patienten wiesen eine motorisch komplette, sensibel inkomplette Lähmung entsprechend der Stufe TB auf. Bei 21 (12,07%) Patienten lag eine funktionell komplette, motorisch inkomplette Lähmung entsprechend der Stufe TC vor. 24 (13,79%) Patienten konnten aufgrund ihrer Lähmungserscheinung kleiner als Kraftgrad 3 entsprechend TD eingestuft werden. Die übrigen 8 (4,6%) Patienten wiesen Lähmungen ohne funktionelle Relevanz entsprechend der Frankel-Klassifikation TE auf. Details sind Abbildung 3 und Tabelle 13 im Anhang zu entnehmen.

Abbildung 3: Häufigkeitsverteilung der Lähmungsausprägung nach Frankel
Dargestellt ist die Anzahl der Patienten je Klassifikation nach Frankel (n=175).



3.1.5 Begleitverletzungen

Bei 70 (47,6%) der 147 Patienten mit traumatischer Halsmarkverletzung traten Begleitverletzungen zu dem Trauma des Halsmarks auf. Dabei konnten bei 31 (21,1%) Patienten je 1, bei 12 (8,2%) weitere 2 und bei 9 (6,1%) Patienten je 3 Begleitverletzungen diagnostiziert werden. 7 (4,8%) Patienten wiesen 4 und 11 (7,5%) Patienten 5 Begleitverletzungen auf. Bei 77 (52,4%) Patienten wurden keine Begleitverletzungen festgestellt. Art und Anzahl der Begleitverletzungen

sind der Tabelle 14 im tabellarischen Anhang zu entnehmen. Tabelle 3 zeigt den Anteil der Patienten nach Gruppierung der Begleitverletzungen. Die größte Anzahl der verletzten Patienten fand sich in der höchsten Gruppierung (n=36, 20,57%).

Tabelle 3: Schweregrade der Begleitverletzungen

Aufgeführt ist jeweils die schwerste (klinisch führende) Begleitverletzung (n= 175).

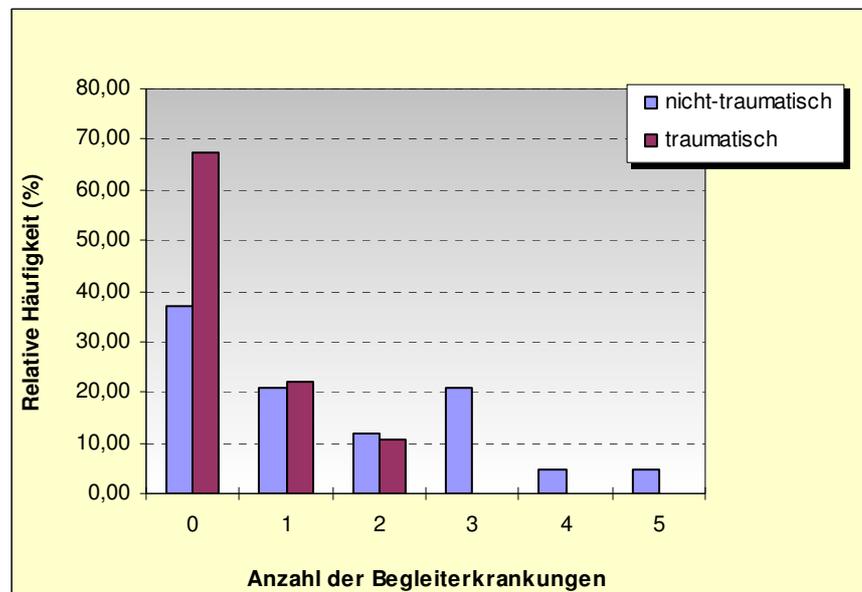
Grad	Anzahl
0	113 (64,57%)
I	12 (6,86%)
II	14 (8,00%)
III	36 (20,57%)

3.1.6 Begleiterkrankungen

70 (40%) Patienten litten zum Zeitpunkt der Aufnahme bereits an einer oder mehreren Erkrankungen. Bei 38 (21,71%) Patienten konnten je eine, bei 19 (10,86%) jeweils zwei, bei weiteren 9 (5,14%) Patienten drei Begleiterkrankungen erhoben werden. Bei zwei Patienten (1,14%) wurden vier und bei zwei (1,14%) weiteren fünf Begleiterkrankungen festgestellt. x

Abbildung 4: Anzahl der Begleiterkrankung bei der Lähmungsgenese

Dargestellt ist die Anzahl der Begleiterkrankungen in Abhängigkeit von der Genese der Erkrankung (n=175).



Am häufigsten betroffen waren bei beiden Geschlechtern die Segmente C4-C6. Details sind Abbildung 2 und Tabelle 12 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

3.2 Behandlung

3.2.1 Intubation

113 der 123 (91,85%) intensivmedizinisch überwachten Patienten wurden für 15,78 ($\pm 26,92$, 0,2-200,5) Tage intubiert und beatmet. Die Notwendigkeit einer Intubation korrelierte dabei mit der Lähmungsgenese ($\chi^2 = 47,79$, $p = 1,08 \cdot 10^{-07}$), der Anzahl der Begleitverletzungen ($\chi^2 = 12,42$, $p = 0,03$), der Klassifikation der Begleitverletzungen ($\chi^2 = 8,05$, $p = 0,046$), den Thoraxverletzungen ($\chi^2 = 6,66$, $p = 0,01$) und der Frankel-Klassifikation ($\chi^2 = 24,78$, $p = 5,57 \cdot 10^{-05}$).

3.2.2 Operative Therapie

163 (93,14%) Patienten wurden im Rahmen der Erstversorgung operativ versorgt um knöchernen Fehlstellungen oder Raumforderungen zu beseitigen und eine Entlastung des Rückenmarks zu erreichen. Dabei wurde in 134 (80,24%) Fällen ein ventraler Zugangsweg, in 22 (13,17%) Fällen ein dorsaler und in 7 (4,19%) Fällen ein kombinierter dorsoventraler Zugang gewählt (siehe Tabelle 4). 12 (6,86%) Patienten erhielten keine operative Versorgung, da es sich um eine Contusio spinalis ohne Fraktur oder diffuse Entzündungen handelte. Die operativen Zugangswege hatten keinen Einfluss auf die Tracheotomie ($\chi^2 = 4,432$, $p = 0,218$).

Tabelle 4: Zugangswege für eine operative Behandlung

Zugangswege bei der operativen Versorgung.

Zugangsweg	1. Operation (n=163)	2. Operation (n=49)
Ventral	134 (76,6%)	31 (63,2%)
Dorsal	22 (12,6%)	16 (32,6%)
Kombiniert	7 (4,%)	2 (4,1%)

49 (30%) Patienten benötigten eine zweite Operation. Ursache war bei 35 (71,42%) Patienten eine verbliebene Instabilität nach der ersten Versorgung. Bei 8 (16,3%) Patienten wurden Materiallockerungen, bei 3 (6,1%) Patienten eine spinale Enge und bei 3 weiteren Patienten ein Prolaps des Nucleus pulposus festgestellt.

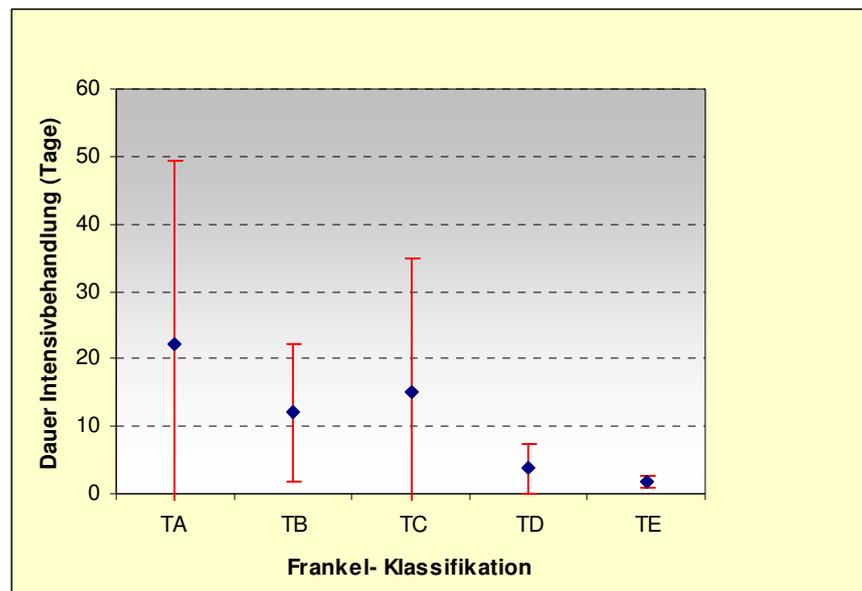
3.2.3 Intensivbehandlung

123 (70,85%, n=175) Patienten wurden während des stationären Aufenthalts intensivmedizinisch überwacht. Die Dauer der Intensivbehandlungen betrug im Durchschnitt 17,81 ($\pm 24,05$; 1-177) Tage. Bei 88 (50,28%, n=175) Patienten erfolgte eine einmalige Betreuung für im Durchschnitt 11,3 Tage, 29 (16,57%, n=175) Patienten mussten aufgrund von Komplikationen zweimalig für im Durchschnitt 32,63 Tage und 6 (3,43%, n=175) Patienten dreimalig für im Durchschnitt 39,06 Tage intensivmedizinisch behandelt werden.

Die Dauer der Intensivbehandlung korrelierte mit der Dauer der Beatmung ($\chi^2=120,83$, $p=1,16 \cdot 10^{-06}$), einer Tracheotomie ($\chi^2=90,57$, $p=1,25 \cdot 10^{-15}$) und war abhängig von der Frankel-Klassifikation. Die Unterschiede in den Behandlungszeiträumen bei den Frankel-Klassifikationen waren statistisch signifikant (h-Test=16,23, $p=0,022$) (siehe Abbildung 5 und Tabelle 16 im tabellarischen Anhang).

Abbildung 5: Dauer Intensivbehandlung und Frankel-Klassifikation

Aufgeführt sind Mittelwert und Standardabweichung der Intensivbehandlung und Frankel-Klassifikation (n=123).



Bei den Patienten mit einer nicht-traumatischen Genese der Lähmung korrelierte zusätzlich die Anzahl der Begleiterkrankungen ($\chi^2=90,63$, $p=6,57 \cdot 10^{-05}$) und die Lähmungshöhe ($\chi^2=100,03$, $p=0,02$).

3.2.4 Stationäre Behandlung und Entlassung

Die stationäre Behandlungsdauer betrug im Durchschnitt 170 ($\pm 138,35$, 1-660) Tage. Es konnten keine signifikanten Korrelationen mit der Dauer des stationären Aufenthalts gefunden werden.

Bei der Entlassung waren 144 (82,29%) der 175 Patienten ohne Tracheostoma, 4 (2,29%) mit Tracheostoma ohne Beatmung, 7 (4,00%) mit Tracheostoma und Beatmung. 20 (11,43%) Patienten verstarben während des stationären Aufenthalts, 14 (70% n=20) der verstorbenen Patienten wurden im Verlauf des Aufenthaltes tracheotomiert. Details zu den Todesursachen sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Todesursachen

Aufgeführt sind die Todesursachen der Patienten die während des stationären Aufenthalts verstarben (n= 20).

Todesursache	Anzahl
Pneumonie	11 (52,4%)
Herzinfarkt	2 (9,55%)
Sepsis anderer Ursache	2 (9,55%)
Akutes Abdomen	2 (9,55%)
Vegetative Dysregulation	1 (4,76%)
Nierenversagen	1 (4,76%)
Hirnödem	1 (4,76%)

Dabei hatten das Alter der Patienten ($\chi^2=58,41$, $p=3,13 \cdot 10^{-10}$), die Notwendigkeit einer Tracheotomie ($\chi^2=7,11$ $p=0,0077$) und die Anzahl der Begleiterkrankungen ($\chi^2=33,26$, $p=3,33 \cdot 10^{-6}$) signifikanten Einfluss auf das Versterben eines Patienten.

Bei der weiteren Analyse zeigte sich, dass die jungen Patienten meist infolge eines massiven Traumas verstarben, Patienten über 60 Jahre und litten unter einer größeren Anzahl von Begleiterkrankungen. Die Kombination der signifikanten Faktoren ermöglicht in 82,29% die Vorhersage des Versterbens der Patienten.

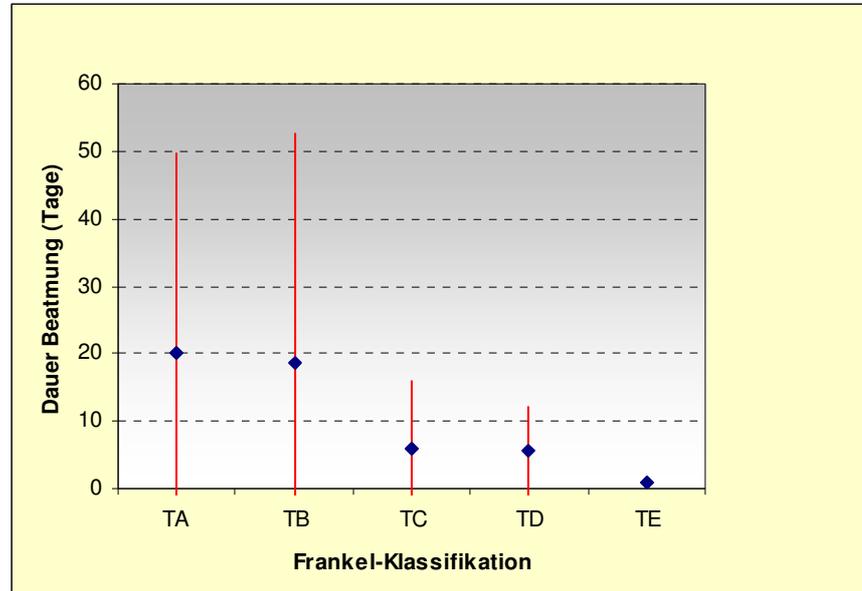
3.3 Beatmung

113 der 123 (91,85%) intensivmedizinisch überwachten Patienten wurden für 15,78 ($\pm 26,92$, 0,2-200,5) Tage intubiert und beatmet. Die Dauer der Beatmung korrelierte mit Thoraxverletzungen ($\chi^2=15,60$, $p=0,048$), einer Tracheotomie

($\chi^2=48,25$, $p=8,85 \cdot 10^{-08}$) und der Frankel-Klassifikation (h-Test=22,92, $p<0,001$) (siehe Abbildung 6 und Tabelle 17 im tabellarischen Anhang).

Abbildung 6: Dauer der Beatmung und Frankel-Klassifikation

Aufgeführt sind die Mittelwerte und die Standardabweichung der Beatmungsdauer bei der Frankel-Klassifikation (n=113).



Bei 34 (30,08%, n=113) der beatmeten Patienten erfolgte eine primäre Tracheotomie. Bei 67 Patienten wurde im Durchschnitt nach 4,74 ($\pm 9,18$; 0-67) Tagen eine Extubation unternommen, bei 22 (32,8%, n=67) der Patienten verlief die Extubation komplikationslos. Bei 45 (67,2%, n=67) der primär extubierten Patienten traten vor allem pulmonalen Komplikationen auf (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Komplikationen nach der ersten Extubation

Aufgeführt sind die Komplikationen nach der ersten Extubation. Es sind Mehrfachnennungen möglich (n=45).

Komplikation	Anzahl
Ateminsuffizienz	26 (57,7%)
Pneumonie	7 (15,5%)
Atelektase	7 (15,5%)
Pneumothorax	2 (4,4%)
Tracheo-Bronchitis	2 (4,4%)
Hirnödem	1 (2,2%)

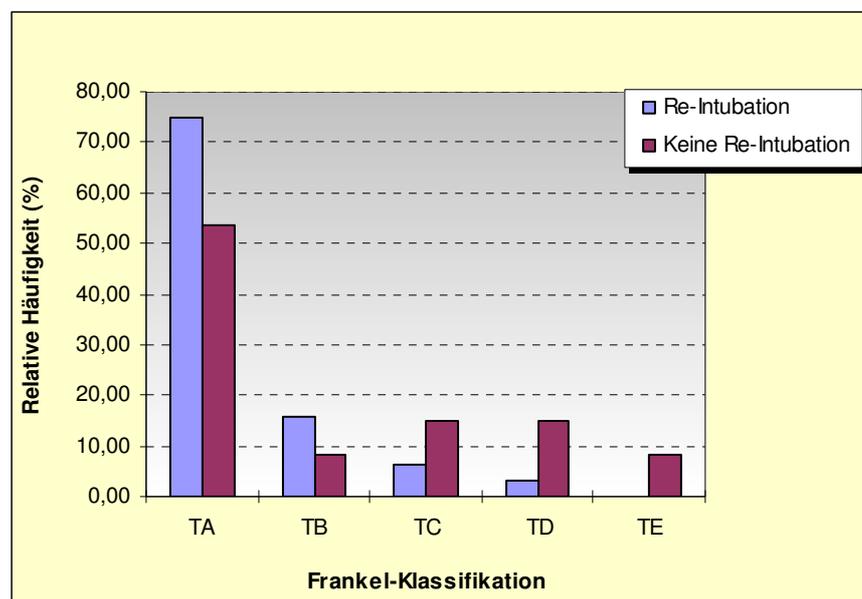
Dabei hatte das Vorhandensein eines Thoraxtraumas statistisch Einfluss auf das Auftreten einer Komplikation ($\chi^2 =17,05$; $p=0,0487$). Mit der Prüfung auf ein

Thoraxtrauma gelingt in der Diskriminanzanalyse in 65,71% die Vorhersage einer Komplikation nach einer Extubation.

Bei 33 (49,25%, n=67) der extubierten Patienten wurde nach durchschnittlich 3,26 ($\pm 6,46$; 0-30,5) Tagen eine zweite. Intubation notwendig. Der statistisch relevante Einflussfaktor für die Notwendigkeit einer Re-Intubation war die Frankel-Klassifikation ($\chi^2 = 9,695$; $p = 0,046$) (siehe Abbildung 7 und Tabelle 18 im tabellarischen Anhang). Die erneute Beatmung der Patienten erfolgte im Durchschnitt für 4,9 ($\pm 4,62$; 0-15,88) Tage.

Abbildung 7: Erste Re-Intubation und Frankel-Klassifikation

Dargestellt ist die relative Häufigkeit einer Re-Intubation bei den unterschiedlichen Frankel-Klassifikationen (n=32).



Nach der zweiten. Extubation traten bei 12 (11,8%) Patienten erneut Komplikationen auf. Auch hier überwogen die pulmonalen Probleme (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Komplikationen nach zweiter Extubation

Aufgeführt sind die Gründe für eine Re-Intubation nach der zweiten Extubation (n=12).

Komplikation	Anzahl
Ateminsuffizienz	4 (33,3%)
Atelektase	4 (33,3%)
Tracheo-Bronchitis	2 (16,8%)
Pneumonie	1 (8,3%)
Hirnödem	1 (8,3%)

Ein statistisch signifikanter Einflussfaktor auf das Auftreten einer zweiten Komplikation fand sich nicht. Die Vorhersagewahrscheinlichkeit für eine Komplikation nach der zweiten Extubation lag bei einem Thoraxtrauma am höchsten mit 78,29%.

Sieben (6,9%) der zum zweiten Mal extubierten Patienten mussten nach im Durchschnitt 2,33 ($\pm 1,85$; 1-5) Tagen erneut intubiert werden. Statistisch relevante Einflussfaktoren für die erneute Notwendigkeit einer Re-Intubation konnten aus den erhobenen Daten nicht ermittelt werden. 3 Patienten konnten nach 2,48 ($\pm 3,10$; 1-6) Tagen endgültig extubiert werden, 2 Patienten wurden tracheotomiert.

3.4 Tracheotomie

Bei insgesamt 72 (81,36%) der 113 beatmeten Patienten wurde eine Tracheotomie durchgeführt. Bei 35 (48,61%, n=72) der tracheotomierten Patienten wurde kein vorheriger Extubationsversuch unternommen. 24 (33,33%) Tracheotomien wurden nach einem und 13 (18,06%) nach zwei Extubationsversuchen angelegt.

Bei 52 (75%, n=72) Patienten wurde eine temporäre Tracheotomie durchgeführt. Die Punktionstracheotomie kam bei 11 (15,27%) Patienten zum Einsatz. Eine plastische Tracheotomie wurde bei 9 (12,5%) Patienten durchgeführt. Einzelheiten sind Tabelle 8 zu entnehmen. Klinisch relevante Komplikationen infolge der Tracheotomie traten in keinem Fall auf.

Tabelle 8: Art der Tracheotomie

Aufgeführt ist die Art der Tracheotomie bei allen Patienten (n=72).

Art Tracheotomie	Anzahl
Temporäre Tracheotomie	52 (75%)
Punktionstracheotomie	11 (15,27%)
Plastische Tracheotomie	9 (12,5%)

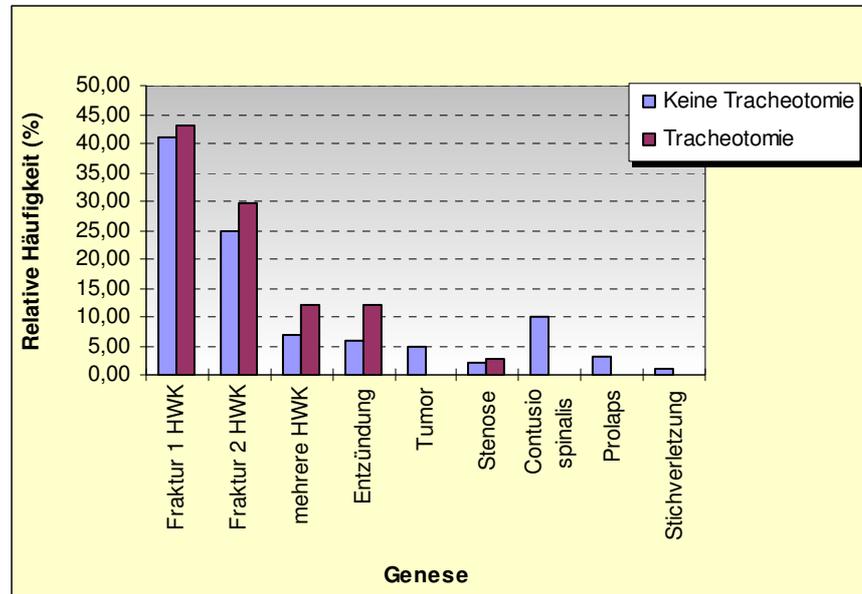
3.4.1 Tracheotomie und Lähmungsgenese

Die Ursache der Lähmung hatte Einfluss auf die Tracheotomienotwendigkeit ($\chi^2 = 18,42$; $p < 0,03$). Dabei mussten Patienten mit Frakturen der Halswirbelkörper und/oder einer Entzündung häufiger tracheotomiert werden. Details siehe Abbildung 8 und Tabelle 19 im tabellarischen Anhang. Auf Grund des Einflusses der Lähmungsursache wird im Weiteren bei der Auswertung zwischen

traumatischer (n=133, 76%) und nicht-traumatischer Genese (n=42, 25%) unterschieden.

Abbildung 8: Tracheotomie und Lähmungsursache

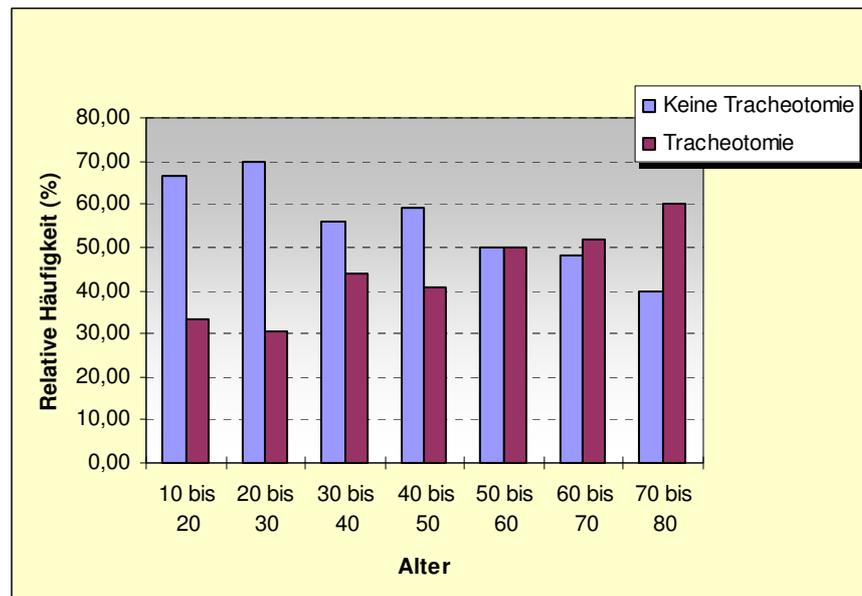
Aufgeführt sind die Ursachen der Verletzung und die relative Häufigkeit einer Tracheotomie (n=175).



3.4.2 Tracheotomie und Alters- und Geschlechterverteilung

Die Altersverteilung der Patienten mit einer Tracheotomie ist Abbildung 9 zu entnehmen. Es kam zu einem Anstieg der Tracheotomien mit zunehmendem Alter. Dieser Anstieg war statistisch nicht relevant ($\chi^2 = 7,58$, $p=0,37$). Details sind Tabelle 20 im tabellarischen Anhang zu entnehmen. Das Geschlecht der Patienten hatte ebenfalls keinen Einfluss auf die Tracheotomienotwendigkeit ($\chi^2 = 0,71$; $p=0,39$).

Abbildung 9: Altersverteilung der Patienten mit einer Tracheotomie
Die Notwendigkeit einer Tracheotomie stieg mit zunehmendem Alter an (n=74).



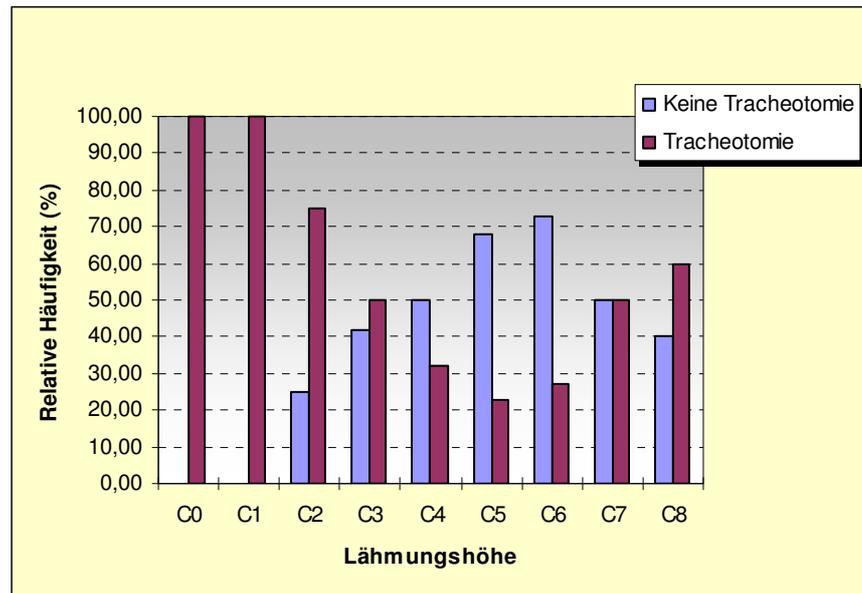
3.4.3 Tracheotomie und Lähmungshöhe

Bei der Untersuchung des Einflusses der Lähmungshöhe auf die Notwendigkeit einer Tracheotomie zeigte sich, dass mit Sinken der Lähmungshöhe es zu einer Abnahme der Tracheotomiehäufigkeit kam. Diese Tendenz kehrte sich in Höhe von C6 in der untersuchten Population um. Die Lähmungshöhe hatte statistisch keinen signifikanten Einfluss auf die Tracheotomienotwendigkeit ($\chi^2 = 13,31$; $p=0,1$). Details sind Abbildung 10 und Tabelle 21 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

Werden die Patientengruppen nach der Lähmungsgenese weiter differenziert, zeigt sich in der Gruppe der traumatischen Läsionen ein Einfluss der Lähmungshöhe auf die Tracheotomienotwendigkeit ($\chi^2 = 17,58$; $p=0,024$). Bei nicht-traumatischen Läsionen fand sich hingegen kein Einfluss ($\chi^2 = 7,64$, $p=0,47$).

Abbildung 10: Tracheotomie und Lähmungshöhe

Die Tracheotomiehäufigkeit sinkt mit der Querschnittshöhe. Diese Tendenz wendet sich in Höhe C5 (n=175).

**3.4.4 Tracheotomie und Frankel-Klassifikation**

Die Frankel-Klassifikation gibt Auskunft über das Ausmaß des sensomotorischen Defizits des Patienten. Mit sinkendem sensomotorischen Defizit sank die Tracheotomienotwendigkeit signifikant ($\chi^2=31,53$; $p<2,3\cdot 10^{-6}$) (siehe Abbildung 11 und Tabelle 22 im tabellarischen Anhang). Dies galt sowohl für eine traumatische ($\chi^2=21,92$, $p<0,0002$) als auch für eine nicht-traumatische Genese ($\chi^2=11,267$, $p=0,024$).

In einer Vielzahl von Studien wird auf eine Differenzierung der Frankel-Klassifikation verzichtet. Um einen Vergleich mit diesen Studien zu ermöglichen, wurde in einer zweiten Auswertung die Gruppe der Läsionen TB-TE zusammengefasst. Dabei zeigte sich statistisch signifikant, dass Patienten mit einer Läsion TA häufiger tracheotomiert werden mussten ($\chi^2=23,07$, $p=56\cdot 10^{-06}$). Details sind Abbildung 12 und Tabelle 23 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

Abbildung 11: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation

Mit Zunahme von Kraft und Sensibilität sinkt die Tracheotomienotwendigkeit (n=175).

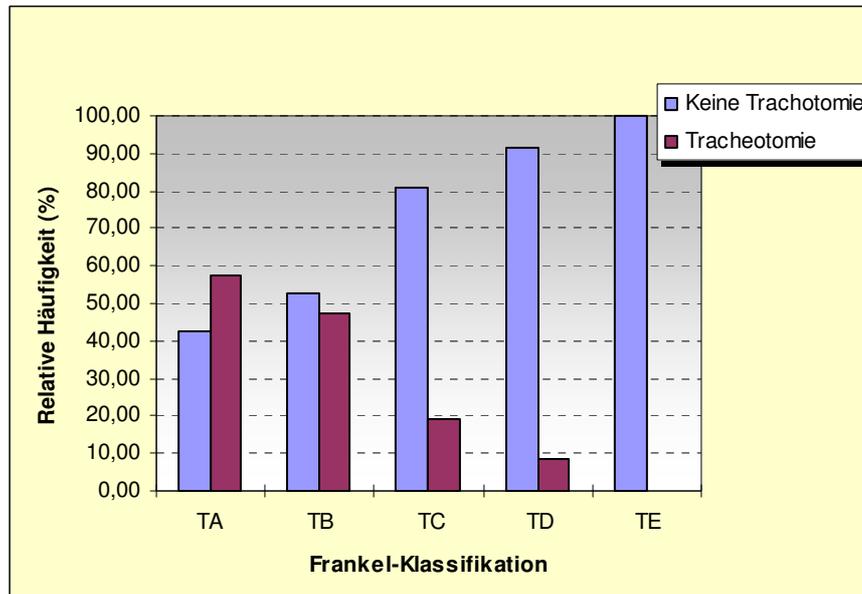
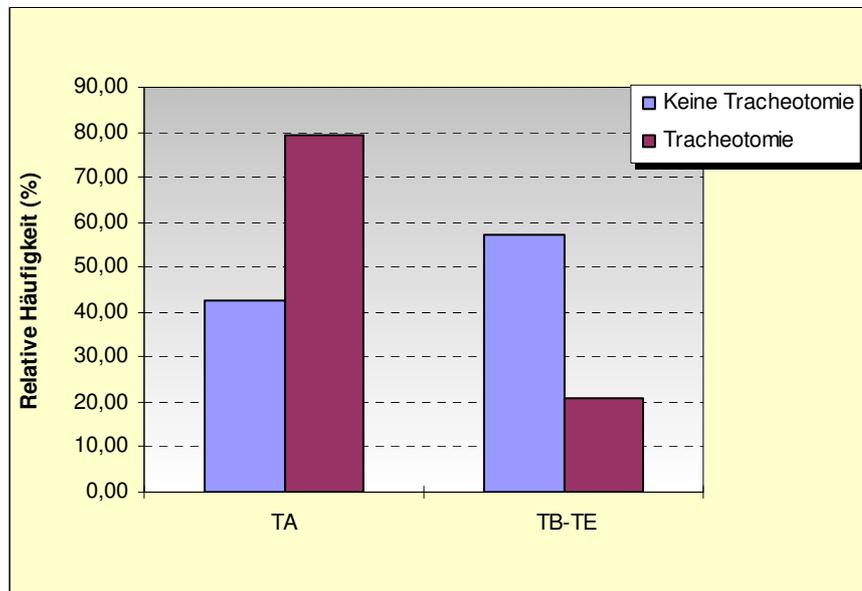


Abbildung 12: Tracheotomie und zwei-stufige Frankel-Klassifikation

Aufgeführt ist die Tracheotomienotwendigkeit bei einer zwei-stufigen Frankel-Klassifikation (n=175).

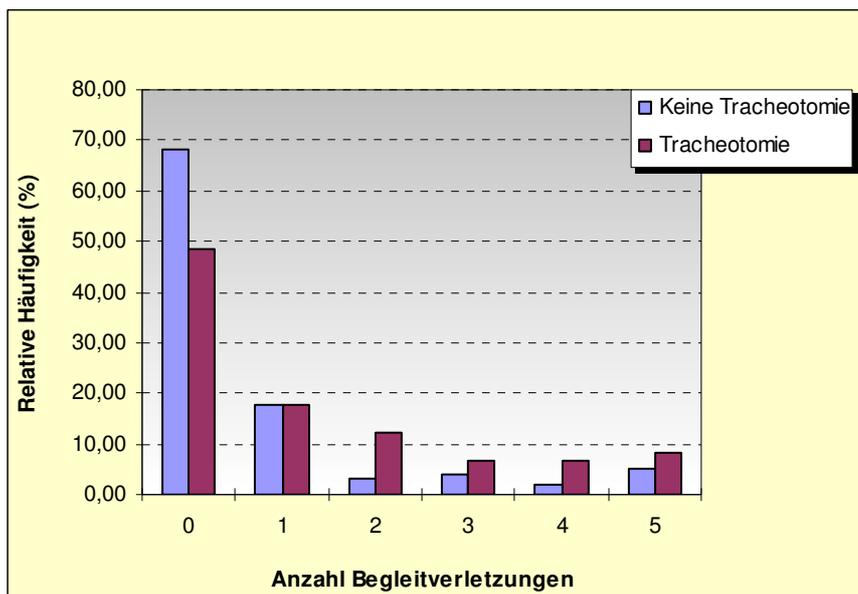


3.4.5 Tracheotomie und Begleitverletzung

Die Anzahl der Begleitverletzungen korrelierte mit der Notwendigkeit einer Tracheotomie ($\chi^2 = 11,78$; $p < 0,03$). Details sind Abbildung 13 und Tabelle 24 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

Abbildung 13: Tracheotomie und Anzahl der Begleitverletzungen

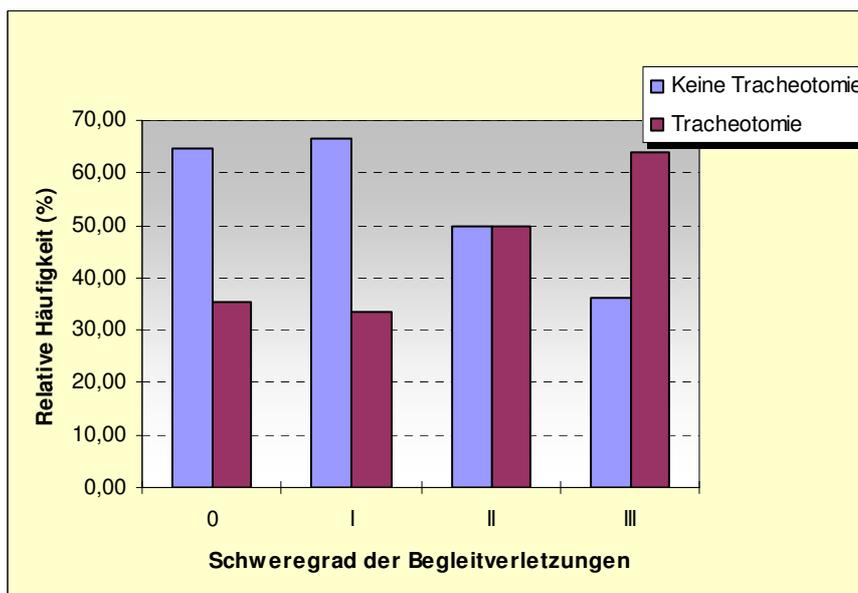
Dargestellt ist die relative Häufigkeit einer Tracheotomie bei der Anzahl der Begleitverletzungen (n=175).



Um den Einfluss von Begleitverletzungen weiter zu untersuchen, wurden sie in Gruppen verschiedener Schweregrade zusammengefasst. Es zeigte sich, dass mit steigendem Grad der Verletzung eine Zunahme der Tracheotomien auftrat (siehe Abbildung 14 und Tabelle 25 im tabellarischen Anhang).

Abbildung 14: Tracheotomie und Schweregrad der Begleitverletzungen

Mit zunehmenden Schweregrad der Begleitverletzungen stieg die Notwendigkeit einer Tracheotomie (n=175).



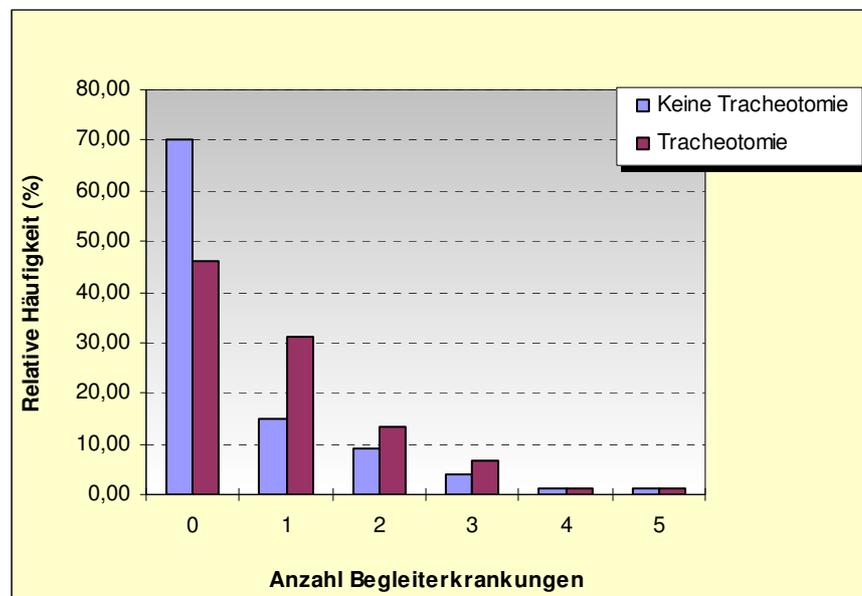
Die Gewichtung der Begleitverletzungen korrelierte mit der Notwendigkeit einer Tracheotomie ($\chi^2 = 9,81$; $p < 0,002$).

3.4.6 Tracheotomie und Begleiterkrankungen

Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Einfluss der Anzahl der Begleiterkrankungen ($\chi^2 = 10,98$; $p > 0,05$) auf die Tracheotomienotwendigkeit in der Gesamtheit aller Patienten. Dies galt auch für die Patienten mit einer nicht-traumatischen Genese ($\chi^2 = 2,38$, $p = 0,80$). Im Gegensatz dazu zeigte sich bei den Patienten mit einer traumatischen Genese ein signifikanter Einfluss der Anzahl der Begleiterkrankungen ($\chi^2 = 15,04$, $p < 0,01$). Details sind Abbildung 15 und Tabelle 26 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

Abbildung 15: Tracheotomie und Anzahl der Begleiterkrankungen

Aufgeführt sind die relative Häufigkeit einer Tracheotomie bei der Anzahl der Begleiterkrankungen ($n = 74$).

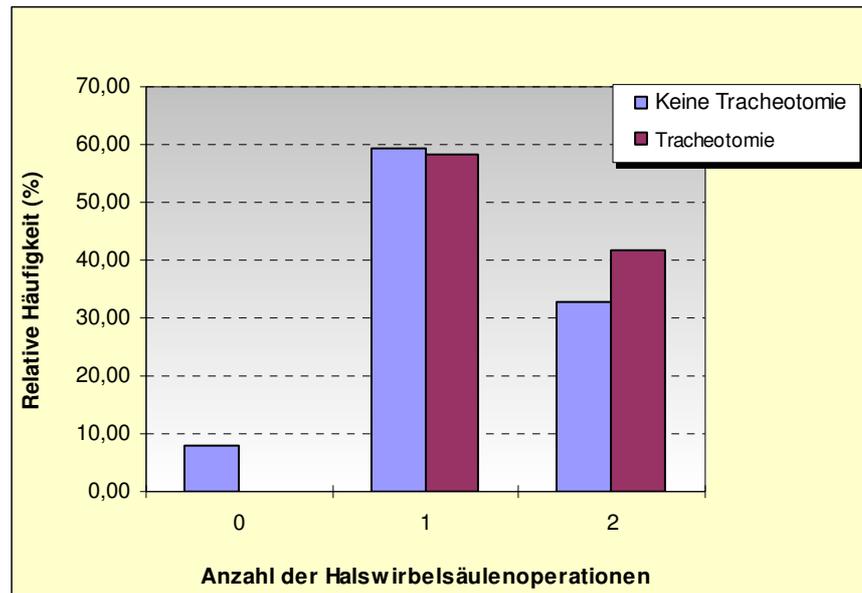


3.4.7 Tracheotomie und operative Therapie der Halswirbelsäule

In der gesamten Patientenpopulation korrelierte die Anzahl der durchgeführten Halswirbelsäulenoperationen mit der Notwendigkeit einer Tracheotomie ($\chi^2 = 6,86$; $p < 0,03$). Dies galt für die Patienten ohne traumatische Genese ($\chi^2 = 4,86$, $p < 0,006$), bei Patienten mit traumatischer Genese hatte die Anzahl keinen Einfluss ($\chi^2 = 4,86$, $p = 0,08$). Details sind Abbildung 16 und Tabelle 27 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

Abbildung 16: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen

Dargestellt ist die Notwendigkeit einer Tracheotomie in Korrelation zu der Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen (n=175).

**3.4.8 Tracheotomie und Behandlungsdauer**

Untersucht wurde der Einfluss des Zeitpunkts der Tracheotomie auf die Dauer der Behandlung. Um einen Vergleich der Gruppen zu ermöglichen, wurden im Weiteren nur Patienten mit einer Tracheotomie untersucht, die die Behandlung abschlossen und ohne ein Tracheostoma entlassen werden konnten. Patienten mit einem Tracheostoma oder Patienten, die während der Behandlung verstarben, wurden ausgeschlossen. Die Gruppe umfasste 48 Patienten, 19 (37,5%) Patienten wurden primär tracheotomiert, 20 (41,66%) Patienten nach einer ersten Extubation und 9 (18,75%) Patienten nach einer zweiten Extubation.

3.4.8.1 Dauer stationäre Behandlung

Patienten mit primärer Tracheotomie verblieben 207,58 ($\pm 103,4$), Patienten mit einer Extubation 274,35 ($\pm 153,56$) und Patienten mit mehreren Extubationen 250,33 ($\pm 154,53$) Tage in stationärer Behandlung. Der Unterschied zwischen den Gruppen war statistisch nicht signifikant (h-Test=1,43, $p=0,489$).

3.4.8.2 Dauer Intensivaufenthalt

Patienten, die primär tracheotomiert wurden, verblieben im Durchschnitt für 14,21 ($\pm 13,38$) Tage auf der Intensivstation. Patienten, die vor einer Tracheotomie ein Mal extubiert wurden, verblieben 21,87 ($\pm 12,81$) Tage, Patienten die zwei Mal

extubiert wurden, 16,47 ($\pm 14,6$) Tage auf der Intensivstation. Es fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (h-Test=0.001, $p=0,99$).

3.4.8.3 Dauer Beatmung

Patienten, die primär tracheotomiert wurden, mussten im Durchschnitt für 42,2 ($\pm 51,55$) Tage beatmet werden. Patienten mit einer Extubation vor der Tracheotomie mussten 26,01 ($\pm 15,8$) und Patienten mit zwei Extubationen 24,1 ($\pm 15,41$) Tage beatmet werden. Der Unterschied zwischen den Gruppen war statistisch nicht signifikant (h-Test 0,37, $p=0,82$.)

3.4.9 Tracheostomaverschluss

Das Tracheostoma konnte im Durchschnitt nach 70,71 ($\pm 72,6$; 9-376) Tage verschlossen werden. Bei Patienten mit einer Punktionstracheotomie wurde die Dekanülierung als Verschluss gewertet. 9 (5%) aller behandelten Patienten verließen die Klinik mit einem Tracheostoma, 7 (4,14%) waren auf eine dauerhafte maschinelle Beatmung angewiesen. Die Dauer der Tracheotomie bis zum Tracheostomaverschluss korrelierte mit keinem der geprüften Parameter.

3.4.10 Vorhersage einer Tracheotomie

Im Rahmen der Diskriminanzanalyse wurde geprüft, welche klinischen Parameter in der Lage sind, die Notwendigkeit einer Tracheotomie vorherzusagen. Dabei zeigte sich, dass mit einer Kombination der Faktoren Lähmungshöhe, Frankel-Klassifikation und dem Schweregrad der Begleitverletzungen eine Vorhersagewahrscheinlichkeit von 73,31% bei allen Patienten erreicht werden konnte. Details sind Tabelle 9 zu entnehmen. Um eine differenziertere Analyse zu ermöglichen, wurden Untergruppen an Hand der Lähmungsgenese gebildet.

Tabelle 9: Vorhersage einer Tracheotomie

Aufgeführt sind klinische Parameter und deren Kombination, die eine Vorhersage einer Tracheotomie ermöglichen sollen. Untersucht wurden die Lähmungshöhen mit der größten Patientenzahl und die Gesamtpopulation. Zusätzlich wurde zwischen traumatischer und nicht-traumatischer Läsion unterschieden.

Klinische Parameter	C4	C5	C6	Trauma	Kein Trauma	Alle
Alter	53,33%	56,60%	54,55%	57,53%	58,97%	58,86%
Anzahl Halswirbelsäulenoperationen	61,67%	58,49%	60,61%	52,05%	79,31%	56,57%
Lähmungshöhe	-	-	-	62,33%	44,83%	61,16%
Klassifikation Begleitverletzungen	53,33%	64,15%	54,55%	63,70%	-	61,16%
Frankel-Klassifikation	68,35%	69,81%	63,64%	64,38%	79,31%	66,29%
Thoraxverletzung	56,67%	67,96%	69,70%	64,38%	-	64,00%
Frankel-Klassifikation, Klassifikation Begleitverletzungen	68,33%	68,81%	63,64%	64,38%	-	66,29%
Frankel-Klassifikation, Thoraxverletzung	70%	69,81%	60,61%	65,38%	-	66,86%
Lähmungshöhe, Frankel-Klassifikation	-	-	-	63,01%	79,31%	64,57%
Lähmungshöhe, Anzahl Halswirbelsäulenoperationen				64,38%	86,21%	
Lähmungshöhe, Frankel-Klassifikation, Klassifikation Begleitverletzung	-	-	-	73,29%	-	73,31%

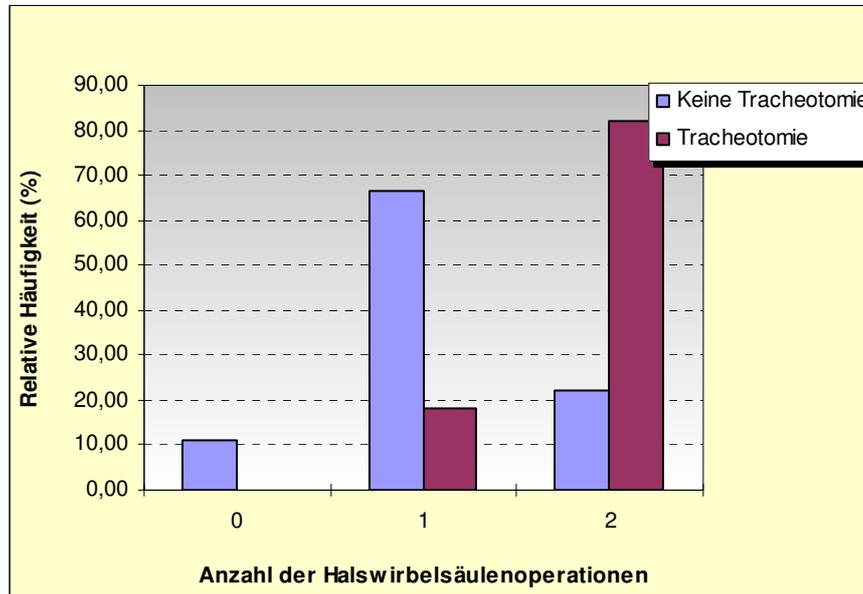
3.4.10.1 Vorhersage der Tracheotomie und Lähmungsgenese

Bei der Überprüfung der Vorhersage in den Gruppen der traumatischen und nicht-traumatischen Lähmungsgenese zeigte sich, dass die Ergebnisse der Gruppe der Patienten mit einer traumatischen Genese der Gesamtpopulation entsprach

In der Gruppe der nicht-traumatischen Patienten hat hingegen die Anzahl der Halswirbelsäulenoperation (84,6%) und die Frankel-Klassifikation (79,49%) die höchste Vorhersagewahrscheinlichkeit. Mehr als 80% der Patienten mit einer nicht-traumatischen Genese, die zwei Operationen der Halswirbelsäule benötigten, mussten tracheotomiert werden (siehe Abbildung 17 und Tabelle 28 im tabellarischen Anhang).

Abbildung 17: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese

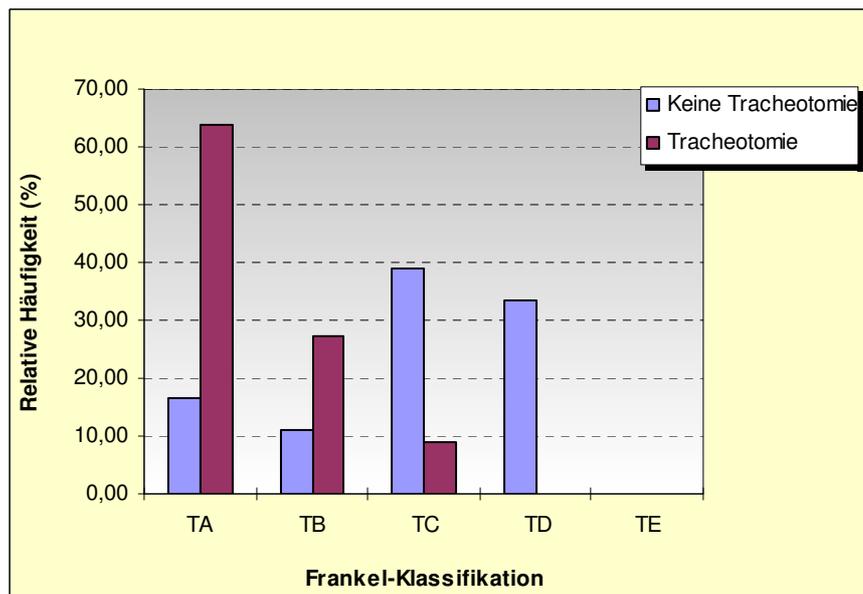
Dargestellt ist die relative Häufigkeit einer Tracheotomie in Abhängigkeit von der Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese (n=29).



Bei der Überprüfung der Notwendigkeit einer Tracheotomie und der Frankel-Klassifikation zeigte sich, dass es mit Abnahme des sensomotorischen Defizits zu einer Abnahme der Tracheotomien kam. Details sind Abbildung 18 und Tabelle 32 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

Abbildung 18: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese

Dargestellt ist die relative Häufigkeit einer Tracheotomie in Abhängigkeit von der Frankel-Klassifikation bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese (n=28).



3.4.10.2 Vorhersage der Tracheotomie und Lähmungshöhe

Für eine weitere Untersuchung wurden die Lähmungshöhen mit den größten Patientenzahlen geprüft.

3.4.10.2.1 Vorhersage der Tracheotomie bei Lähmungshöhe C4

Es zeigte sich, dass bei der Lähmungshöhe C4 die beste Aussage durch die Kombination der Frankel-Klassifikation mit der Anwesenheit einer Thoraxverletzung in 70% der Fälle möglich ist. Die weitere Analyse der Tracheotomien in Abhängigkeit von der Frankel-Klassifikation zeigt, dass mehr als 50% der Patienten mit dem Grad I tracheotomiert wurden. Für Details siehe Abbildung 19 und Tabelle 30 im tabellarischen Anhang.

Abbildung 19: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C4

Dargestellt ist die Häufigkeit einer Tracheotomie bei der Frankel-Klassifikation (n=64)

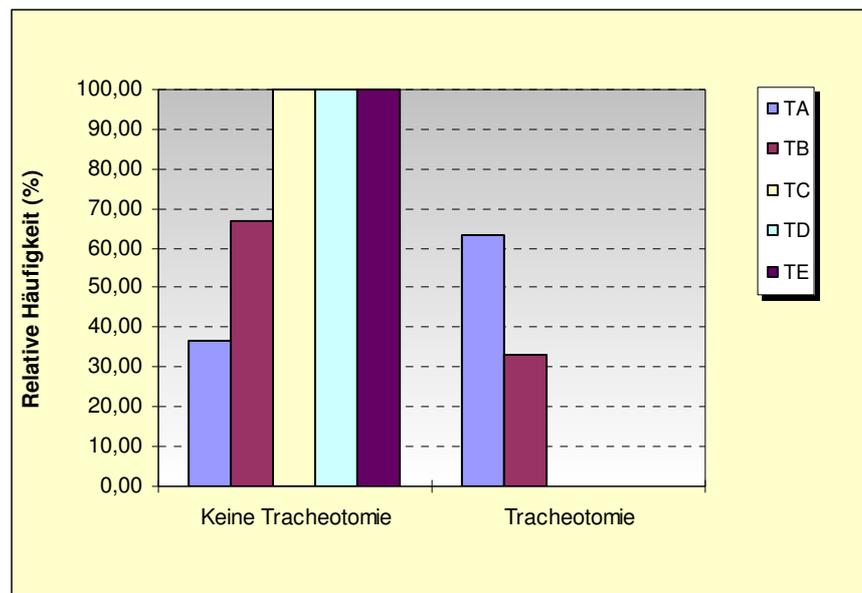
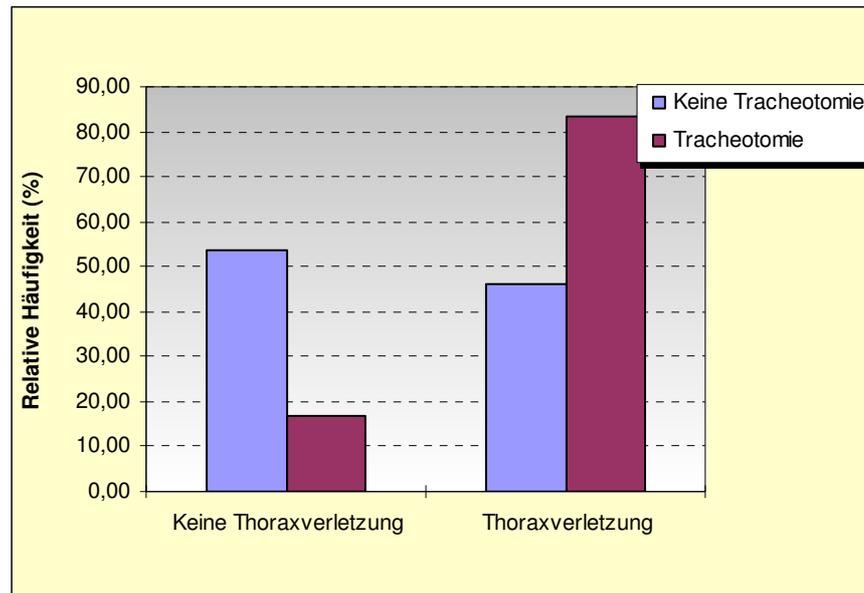


Abbildung 20: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C4

Dargestellt ist die relative Häufigkeit einer Tracheotomie bei einer Thoraxverletzung (n=60)



Bei Vorliegen einer Thoraxverletzung wurden 83% der Patienten tracheotomiert. Für Details siehe Abbildung 20 und Tabelle 31 im tabellarischen Anhang.

3.4.10.2 Vorhersage der Tracheotomie bei Lähmungshöhe C5

Bei der Lähmungshöhe C5 zeigte sich eine Vorhersagewahrscheinlichkeit von 69,81% für die Frankel-Klassifikation allein und in Kombination mit den Thoraxverletzungen. Dabei zeigte sich, dass mit steigender Frankel-Klassifikation die Notwendigkeit einer Tracheotomie abnimmt während 50% der Patienten mit einer Thoraxverletzung tracheotomiert werden müssen. Details sind Abbildung 21 und Abbildung 22 sowie Tabelle 32 und Tabelle 33 im tabellarischen Anhang zu entnehmen.

Abbildung 21: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C5

Dargestellt ist die Häufigkeit einer Tracheotomie bei der Frankel-Klassifikation (n=53)

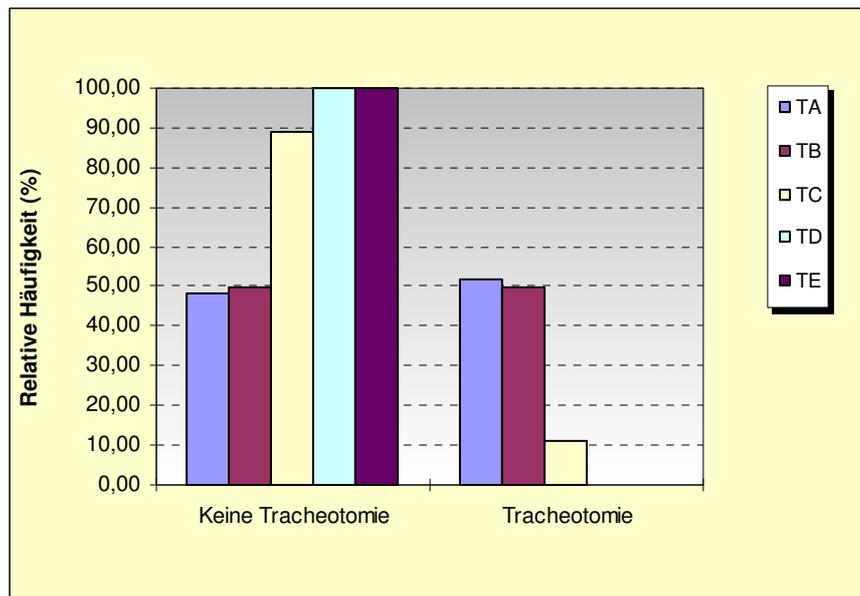
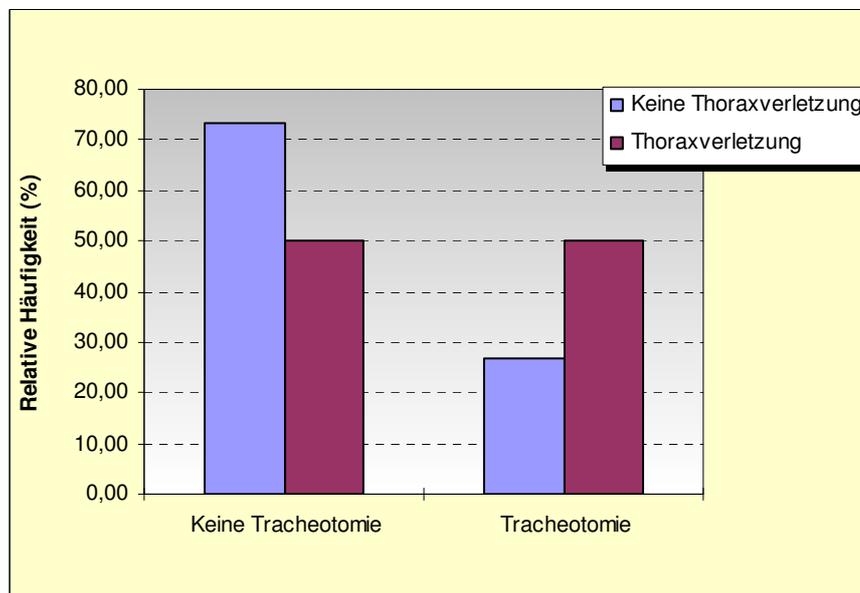


Abbildung 22: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C5

Dargestellt ist die relative Häufigkeit einer Tracheotomie bei einer Thoraxverletzung (n=53)

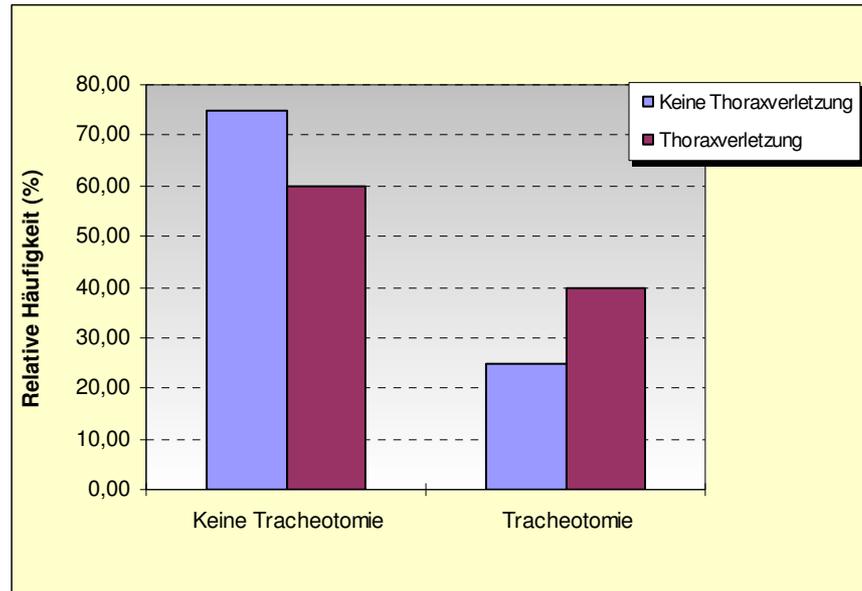


3.4.10.2.3 Vorhersage der Tracheotomie bei Lähmungshöhe C6

Bei der Lähmungshöhe C6 ermöglichen die Thoraxverletzungen eine Vorhersage der Tracheotomie in 69% der Fälle. Details sind Tabelle 9 zu entnehmen. Bei der Analyse zeigte sich, dass bei einer Thoraxverletzung in den meisten Fällen eine Tracheotomie notwendig ist (siehe Abbildung 23 und Tabelle 34 im Anhang).

Abbildung 23: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C6

Dargestellt ist die relative Häufigkeit einer Tracheotomie bei einer Thoraxverletzung (n=33).



4 Diskussion

4.1 Einleitung

Der tetraplegische Patient stellt durch die mehr oder weniger ausgeprägte permanente Einschränkung der physiologischen Atmung auf Grund seiner Verletzung besondere Ansprüche an die Sicherung der Atemwege. In den meisten Fällen erfolgt bei den akut erkrankten Patienten eine frühzeitige Intubation bereits am Unfallort. Im weiteren klinischen Verlauf wird immer wieder unterschiedlich über die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen z. B. einer Tracheotomie diskutiert. So bestehen unterschiedliche Ansichten über die Notwendigkeit, den richtigen Zeitpunkt und die Methoden einen endotrachealen Tubus gegen ein Tracheostoma zu tauschen. Die vorgeschlagenen Zeitspannen liegen dabei zwischen 3 Tagen und 3 Wochen [20, 62].

Die Befürworter einer frühzeitigen Tracheotomie geben eine Verkürzung des gesamten stationären Aufenthaltes, eine Verkürzung des Intensivaufenthaltes sowie eine Reduktion der Beatmungstage an, was außer dem Vorteil für den Patienten nicht zuletzt ein erhebliches wirtschaftliches Argument ist [57]. Andere Autoren sehen durch eine frühzeitige Tracheotomie den Weaningprozess verkürzt und die Beatmungstoleranz des Patienten erhöht, aber die Beatmungszeit und die Dauer des Intensivaufenthalts verlängert [7, 41].

Da die Tracheotomie nicht ohne Komplikationsrisiken für den Patienten ist, müssen der optimale Zeitpunkt für eine Tracheotomie, die Risiken des Eingriffs und die Risiken einer verlängerten endotrachealen Intubation gegeneinander abgewogen werden [55]. Fromm et al. schlugen vor, einem kurzen Weaning eine Extubation folgen zu lassen und, wenn dieses Vorgehen nach ein bis zwei Versuchen nicht erfolgreich verlaufen würde, eine Tracheotomie durchzuführen [25]. Eine Re-Intubation nach fehlgeschlagener Extubation ist jedoch nach Epstein mit einer erhöhten Sterblichkeit, einer erhöhten Tracheotomierate, einem verlängerten Krankenhausaufenthalt damit höheren Kosten verbunden . [21].

Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es, anhand der erhobenen Daten, Vorschläge für ein fundiertes Beatmungsmanagement bei akut tetraplegischen Patienten zu erarbeiten.

4.2 Patienten

In einer retrospektiven Untersuchung wurden 175 Patienten nach einer Halswirbelsäulenverletzung mit Rückenmarkverletzung, deren Behandlung zwischen September 1997 und Dezember 2002 in der Klinik für Rückenmarkverletzungen am Unfallkrankenhaus Berlin stattfand, einbezogen. Relevante Daten wurden anhand der Krankenakten erhoben.

4.2.1 Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter von Patienten mit einer Tetraplegie liegt, Literaturangaben zufolge zwischen 25 und 44,3 Jahren [5, 31, 34, 38, 44, 51, 66, 71]. Hofmeister und Bühren beschrieben 1999, dass 20- bis 30-Jährige doppelt so häufig betroffen sind wie andere Altersdekaden. Ein zweiter Häufigkeitsgipfel fand sich bei den 70- und 80-jährigen Patienten [34]. Vergleichbare Ergebnisse wurden bei einer Untersuchung von 28239 Querschnittsverletzten durch de Vivo 1999 gefunden. Dabei lag der überwiegende Anteil betroffener Patienten (15249, 54%) im Alter zwischen 16 und 30 Jahren. Weitere 6410 (22,7%) befanden sich in der Altersgruppe zwischen 31 und 45 Jahren [18].

In der vorliegenden Untersuchung fand sich ein Altersdurchschnitt von 43,45 Jahren ($\pm 18,98$, 14-89). Dabei überwog der Anteil männlicher Patienten in der Gruppe der 20 – 50 Jährigen (75 Patienten) mit einer Spitze bei den 20 – 30 Jährigen (32 Patienten). Abweichend von den Literaturangaben konnte ein zweiter Häufigkeitsgipfel mit 22 Patienten bei den 60 – 70 jährigen festgestellt werden. Bei den Frauen fand sich mit 9 Patientinnen ein Altersgipfel in der Gruppe der 40 – 50 jährigen und mit 7 Patientinnen in der Gruppe der 60 – 70 jährigen. Der Häufigkeitsgipfel im fortgeschritteneren Alter lässt sich aufgrund einer vermehrten Rate degenerativer Veränderungen erklären [3, 11, 15, 36].

4.2.2 Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung der tetraplegischen Patienten liegt in der Literatur zwischen 80% und 88% für den Anteil der Männer. Der Anteil betroffener weiblicher Patienten beläuft sich auf 15 % bis 20%. Männer weisen demnach ein etwa vierfaches und damit deutlich höheres Verletzungsrisiko auf als Frauen [15, 38, 44, 51]. Die Ergebnisse der eigenen Datenerhebung decken sich mit denen der Literatur.

4.2.3 Lähmungsursache

Primäre Ursache von Verletzungen der Wirbelsäule bei jungen Menschen ist der Kraftfahrzeugunfall, gefolgt vom Badeunfall und Sturz aus großer Höhe [34, 51]. Weibliche und männliche Patienten weisen ein ähnliches Verletzungsrisiko mit einem unterschiedlichen Risiko -Verhaltensmuster auf. Durch ein gesteigertes Risikoverhalten und vermehrte sportliche Aktivität ist der jüngere Mann gefährdeter. In den USA findet sich ein anderes Risikoprofil: Cifu fand 1999 bei 18% der Patienten in der Altersgruppe von 18 bis 34 Jahren Schussverletzungen und Gewalteinwirkung als Ursache von Lähmungen [15]. Andere Autoren fanden vergleichbare Zahlen [38, 51].

Im höheren Lebensalter (>65 Jahre) können aufgrund einer signifikant vermehrten Rate degenerativer Veränderungen (Osteoporose, M. Bechterew, etc.) bereits leichte Verletzungen der HWS zu schwerwiegenden Komplikationen führen [9, 11, 15, 36].

Bei 147 (84%) der 175 untersuchten Patienten unseres Patientenkollektivs lag der Verletzung, vergleichbar mit den Angaben der Literatur, ein traumatisches Geschehen zu Grunde.

4.2.4 Lähmungshöhe

International wird die Höhe einer Querschnittslähmung durch das letzte völlig intakte Rückenmarksegment beschrieben. Die Klassifikation und Verlaufsbeschreibung der Querschnittssymptomatik erfolgt nach der American Spinal Injury Association grading scale ASIA [69]. Eine Unterteilung nach der funktionellen Schädigung erfolgt in der Frankel-Klassifikation.

Die Halswirbelsäule wird in 7 Halswirbelkörper (HWK) und 8 Rückenmarksegmente (C) unterteilt, die die Lähmungshöhe der Patienten bezeichnen.

In der Literatur lässt sich keine einheitliche Einteilung der Halswirbelsäule in Abschnitte finden. Der individuelle Aufbau der HWS, insbesondere im Bereich des Kopf-Hals-Überganges, steht einer einheitlichen Verletzungsklassifikation entgegen [65]. So erfolgt die Unterscheidung in den meisten Fällen zwischen Verletzungen der oberen (C0 - C2) und der unteren HWS (C3 - C7). Gelegentlich werden auch Lähmungen innerhalb der Segmente C0-C3 zum Verletzungsmuster des oberen HWS-Abschnittes und innerhalb C4-C8 zum Verletzungsmuster des unteren HWS-Abschnittes gerechnet [34, 60]. Andere Autoren bezeichnen die HWS zwischen C1-C4 als obere HWS und zwischen C5-

C8 als untere HWS [18, 44]. Insgesamt werden 80 % aller Verletzungen der Halswirbelsäule im unteren Abschnitt C3 – C7/Th1 vorgefunden. Nach Literaturangaben sind die Lähmungshöhen sub C4-C6 am häufigsten anzutreffen. Dabei ist der Halswirbelkörper C5 der am häufigsten betroffene Wirbelkörper, das am häufigsten verletzte Segment C5/C6 [15, 18, 31, 38, 71]. Ursache für diese Häufung ist in der Anatomie zu suchen. So sind osteoligamentäre Verletzungen der unteren HWS in 73% mit einer neurologischen Komplikation vergesellschaftet, in 32% als komplette und in 41% als inkomplette Querschnittsläsionen. Ursache ist die Enge des Spinalkanals, die gute Beweglichkeit der unteren HWS sowie die große Hebelwirkung des Kopfes während der Verletzung [24, 28].

In der vorliegenden Untersuchung finden sich mit der Literatur vergleichbare Ergebnisse. Eine Häufung des Lähmungsniveaus wird in Höhe der Segmente C4-C6 ermittelt. Hier war jedoch das Segment C4 bei den männlichen Patienten am häufigsten betroffen, bei den Frauen das Segment C5 geringfügig häufiger.

4.2.5 Lähmungsausprägung

Es lassen sich nur wenige differenzierte Daten zur Lähmungsausprägung von Patienten mit Verletzungen der Halswirbelsäule und Rückenmarksbeteiligung finden. Komplette tetraplegische Patienten entsprechen der Frankel-Einteilung TA. Nur in wenigen Studien werden die Lähmungen weiter entsprechend der Frankel-Klassifikation unterteilt [3, 8, 15, 34, 38, 52]. Üblicherweise erfolgt eine Unterteilung lediglich in komplette und inkomplette Lähmungen. Die weitere Differenzierung der Frankel-Klassifikation wird als inkomplett zusammengefasst. Dabei schwanken die Zahlen zu den Lähmungsausprägungen in den einzelnen Frankel-Klassen erheblich [3, 8, 15, 34, 38, 52]. Wolf und Meiners ermittelten in ihrer Studie einen hohen Anteil an Patienten mit kompletter Lähmungsausprägung gemäß ASIA-Klassifikation A [72]. O'Keeffe berichtet in einer retrospektiven Untersuchung über 5 Jahre an einem Level 1-Traumazentrum von 20 (11,42%) TA, 1 (0,36%) TB, 13 (4,72%) TC, TD 26 (9,45%) TD und 215 (78,2%) TE [50].

In der eigenen Untersuchung wurde die Lähmungsausprägung komplett mit der Frankel-Klassifikation beschrieben. 103 (58,86%) Patienten wiesen bereits bei Aufnahme eine komplette Lähmung und damit eine Schädigung des Myelons Stufe TA auf. Im Vergleich zu anderen Untersuchungen liegt der Anteil komplett tetraplegischer Patienten deutlich höher [8, 15, 38, 44, 50]. Die Ursache hierfür

ist vor allem in der Struktur der Klinik zu suchen, die als Zentrum insbesondere schwere Verletzungen erhält.

4.2.6 Begleitverletzung

Ursache für eine Schädigung des Rückenmarkes im Halswirbelbereich ist in 60% der Fälle ein traumatisches Geschehen. Meist treten bei komplexen Unfallgeschehen Begleitverletzungen auf, so sind Kopf- und Thoraxverletzungen die häufigsten mit einer Tetraplegie assoziierten Verletzungen. Bellamy beschrieb 1973 in einer retrospektiven Untersuchung über 20 Jahre 22,5% Kopf- und 7,4% Thoraxverletzungen, die in Kombination auftretend die Atemsituation nach dem Trauma erschwerten [6]. Hofmeister und Bühren fanden bei ihrer Untersuchung in 27,5% der Fälle ein Schädelhirntrauma (SHT). Eine Thoraxverletzung konnte sogar bei 25% der Patienten diagnostiziert werden [34]. In einer älteren Untersuchung von Silver et al. aus dem Jahr 1975 wurde bei 33,3% der untersuchten Patienten ein SHT beschrieben. Thorakale Verletzungen fanden sich bei 27,5% der Patienten. In absteigender Häufigkeit gefolgt von Verletzungen von Frakturen der langen Röhrenknochen, des Beckens und abdominalen Verletzungen [61]. Regel et. al. untersuchten 3406 polytraumatisierte Patienten mit einer Wirbelsäulenverletzung retrospektiv. 69% von ihnen wiesen Kopfverletzungen und 62% der Patienten ein Thoraxtrauma auf. Bei 86% fanden sich Frakturen unterschiedlicher Lokalisation und Ausprägung. Kopfverletzungen assoziiert mit einem Thoraxtrauma war die häufigste Verletzungskombination und hatte deutlichen Einfluss auf die Beatmungsdauer und intensivmedizinische Betreuung. Art und Schwere der Verletzung spielten auch bei der Sterberate eine wesentliche Rolle [56]. Hassid zeigte, dass der Injury Severity Scale (ISS), der eine Aussage über die Schwere aller Verletzungen ermöglicht, bei Patienten mit einer kompletten Tetraplegie statistisch signifikant höher liegt als bei Patienten mit einer inkompletten Lähmung [32].

In der eigenen Untersuchung fanden sich als Begleitverletzung vor allem Thoraxverletzungen (n=56, 32%) gefolgt von Schädelhirntraumen (n=32, 18,29%). Die Zahl der Thoraxverletzungen lag damit höher als in bereits vorliegenden Studien, was auf das Krankenhaus als Traumazentrum zurückzuführen ist. Dabei hatten Thoraxverletzungen im Gegensatz zur Literatur keinen Einfluss auf die Beatmungszeit und die Dauer des stationären Aufenthaltes. Sie waren aber bestimmend für die Notwendigkeit einer Intubation, die Notwendigkeit einer Tracheotomie und der Mortalität der Patienten.

Für eine bessere Beurteilung wurde eine Klassifizierung der Begleitverletzungen durchgeführt. Ziel war es, Gruppen zu bilden, die in einem aufsteigenden Schweregrad die Einschränkung der Atmung abbilden. Dabei erhielten Thoraxverletzungen und das Schädelhirntrauma III° die schwerste Gruppierung. Dies war auch die größte Gruppe (n=38, 25,8%) und es zeigte sich, dass Patienten mit einem hohen Schweregrad der Begleitverletzungen in Einklang mit der Literatur am häufigsten tracheotomiert werden mussten.

4.2.7 Begleiterkrankungen

In der Literatur wurde bereits eine Vielzahl von Faktoren beschrieben, die die pulmonale Situation eines tetraplegischen Patienten beeinflussen. Dazu zählen vor allem pulmonale Erkrankungen und Erkrankungen, die zu einer Beeinträchtigung der Atemmechanik führen [31, 46, 47, 68]. Bellamy et al. zeigten, dass Alter, Begleitverletzungen und Begleiterkrankungen einen erheblichen Einfluss auf pulmonale Komplikationen bei tetraplegischen Patienten haben [6].

Berney et al. fanden keinen Unterschied im posttraumatischen Beatmungsverlauf bei tetraplegischen Patienten mit vorbestehenden Lungenerkrankungen oder bei Rauchern [7]. In der Arbeit von Lougheed wurde gezeigt, dass Patienten mit einer akuten Tetraplegie ohne ein erkennbares Asthma in der Anamnese nach dem Auftreten der Tetraplegie eine Bronchokonstriktion ähnlich der bei einem Asthma bronchiale entwickeln [45]. Lemmons und Wagner fanden keine Zunahme pulmonaler Komplikationen bei vorbestehender pulmonaler oder kardialer Erkrankung durch das Auftreten einer Tetraplegie. Es fand sich jedoch eine Verlängerung der Beatmungs- und Intensivzeit bei Patienten mit vorbestehenden pulmonalen Erkrankungen [44].

Harrop et al. beschrieben als prädisponierende Faktoren für die Entscheidung zu einer Tracheotomie bei einer kompletten Lähmung zwischen dem 4. und 7. Halswirbelkörper ein Alter über 45 Jahre, eine vorbestehende Lungenerkrankung sowie Begleiterkrankungen wie Diabetes mellitus und KHK. Dabei konnte in dieser Patientenpopulation kein Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines ARDS, einem direkten Lungentrauma und dem Rauchen gefunden werden [31].

Im eigenen Patientenkollektiv fand sich bei 40% der Patienten mindestens eine Begleiterkrankung. Pulmonale Vorerkrankungen konnten nur bei fünf Patienten gefunden werden. Ein statistischer signifikanter Einfluss der Begleiterkrankungen sowie der Anzahl der Begleiterkrankungen fand sich weder bei der Beatmungs- oder Intensivzeit noch bei Komplikationen nach einer Extubation. Die Ursache

für die fehlende Korrelation ist am ehesten in der Altersverteilung der untersuchten Patienten zu suchen. Da der größere Anteil der Patienten unter 50 Jahre alt war, war hier die Anzahl der Vorerkrankungen gering und hatte keinen statistischen Einfluss. Bei Patienten höheren Lebensalters hingegen fand sich ein signifikanter Einfluss der Anzahl von Begleiterkrankungen auf die Sterberate der Patienten fand sich ein signifikanter Einfluss der Anzahl der Begleiterkrankungen auf das Alter und dem Versterben von älteren Patienten.

4.2.8 Behandlungsdauer

Die Krankenhausverweildauer akut tetraplegischer Patienten lag in einer Studie von Meiner et al. aus dem Jahr 2004 zwischen 51-651 Tage mit einer mittleren Verweildauer von 226 Tagen [48]. Oakes et al. zeigten, dass eine frühzeitige Aufnahme der Patienten in einem Querschnittszentrum den stationären Aufenthalt der Patienten deutlich verkürzen kann. Lagen die stationären Zeiten bei der innerhalb von 2,94 Tagen nach dem Trauma aufgenommenen Patienten bei 131,16 Tagen, verlängerte sich die Zeit bei den Patienten, die innerhalb von 74,67 Tagen aufgenommen wurden, auf 197,28 Tagen [51]. In weiteren Studien fand sich ein stationärer Aufenthalt zwischen 90 und 100 Tagen [15, 52], wobei das Alter der Patienten keine Verlängerung des stationären Aufenthaltes nach sich zog [15, 30].

In der eigenen Patientengruppe lag die Verweildauer im Mittel bei 170 ($\pm 138,35$, 1-660) Tagen und war damit deutlich länger als in der Literatur beschrieben. Dies kann in regionalen Unterschieden und unterschiedlichen Behandlungskonzepten begründet sein. Die Behandlung der Patienten im Unfallkrankenhaus Berlin erfolgt nach den Prinzipien der umfassenden Versorgung querschnittsgelähmter Patienten begründet durch Sir Ludwig Guttmann [30]. Der Begriff der umfassenden Versorgung beschreibt im Wesentlichen die Behandlung der weitreichenden Verletzungsfolgen des motorischen, sensiblen und vegetativen Systems. Hierbei werden alle Behandlungsschritte vom Trauma bis zur Entlassung in die häusliche Umgebung von einem multiprofessionellen Team erarbeitet [15]. Erfolgt die Rehabilitation jedoch nach Abschluss der Akutversorgung in einer anderen Klinik, verkürzen sich die Behandlungszeiten erheblich. Aus diesem Grund fällt auch der Vergleich mit Studien aus anderen Ländern (z. B. USA) mit anderen medizinischen Versorgungssystemen schwer.

4.2.9 Entlassung

In einer Studie aus dem Jahr 1973 starben 40% der komplett tetraplegischen Patienten und 21% der inkomplett tetraplegischen Patienten während des stationären Aufenthalts [6]. Wicks et al. fanden bei 134 tetraplegischen Patienten von 1974 bis 1985 mit einer Langzeitbeatmung über 30 Tage, dass 43 Patienten (57%) zur Entlassung von der Beatmung entwöhnt werden konnten und 26 (35%) auf eine Beatmung angewiesen waren [71]. DeVivo et al berichteten 1999 in einer retrospektiven Studie mit einer Patientenpopulation von über 28239 Patienten, die zwischen 1978 und 1998 behandelt wurden, dass bei Entlassung 2,9% der Patienten abhängig von der Beatmungsmaschine blieben. Es traten insgesamt 496 (1,7%) Todesfälle innerhalb des ersten Jahres nach Lähmungseintritt ein. Dabei wurde in 28% der Fälle über pulmonale, in 23% über kardiale, in 7,5% über septische und in 9,7% über Embolien als Todesursache berichtet. Zusätzlich konnte gezeigt werden, dass die Wahrscheinlichkeit eines tetraplegischen Patienten, innerhalb des ersten Jahres zu versterben, zwischen 1993-1998 nur noch 33% der Wahrscheinlichkeit betrug, die Patienten mit Trauma zwischen 1973 und 1977 hatten [18]. Die deutlich gesteigerte Überlebensrate zeigt sich auch in einer weiteren Studie, Villen et al. berichteten im Rahmen einer Multizenterstudie aus Frankreich, bei der eine Überprüfung der Lebenszufriedenheit aus dem Krankenhaus entlassener tetraplegischer Patienten erfolgte, dass 98% der Patienten ohne und 2% mit einem Tracheostoma entlassen werden konnten [66].

In der eigenen Studie waren bei der Entlassung 144 (82,29%) der 175 Patienten ohne Tracheostoma, 4 (2,29%) mit Tracheostoma ohne Beatmung und 7 (4,00%) mit Tracheostoma und Beatmung. In der eigenen Studie verstarben 20 Patienten (11,83%) während des stationären Aufenthalts. Hauptursachen für die Todesfälle waren Pneumonien und pulmonale Komplikationen. Bei Verletzungen der Halswirbelsäule werden Komplikationen des Respirationstraktes als Hauptursache für Morbidität und Mortalität besonders bei Patienten mit folgender Tetraplegie angesehen [18]. 14 (66,7%) der verstorbenen Patienten waren im Verlauf des Aufenthaltes tracheotomiert worden. Dabei stimmen die eigenen Zahlen und die zu Grunde liegenden Pathomechanismen mit denen der Literatur überein.

In jüngerer Zeit hat sich durch eine verbesserte Primärintervention am Unfallort die Zahl der höher gelähmten Patienten, die das initiale Trauma überleben, vergrößert [1]. Gleichzeitig zeigen die oben aufgeführten Zahlen, dass es zu

einer deutlichen Abnahme der letalen Verläufe im stationären Bereich und zu einer Verminderung der bei der Entlassung tracheotomierten und/oder beatmeten Patienten gekommen ist. Verantwortlich für diese Ergebnisse ist zum einen, dass Patienten zunehmend in spezialisierten Einrichtungen behandelt werden. Durch die optimierte Pflege und Behandlung konnten die Ergebnisse deutlich verbessert werden. Zum andern ist es durch eine Spezialisierung der behandelnden Ärzte und Therapeuten zu einem Paradigmenwechsel gekommen. Während früher ein Patient mit einer Halsmarklähmung per se beatmungspflichtig war, ist es heute das Ziel, den Patienten so unabhängig wie möglich aus dem Krankenhaus zu entlassen. Den Erfolg dieser Strategie belegen die vorliegenden Zahlen.

4.3 Behandlung

4.3.1 Operative Therapie

In Abhängigkeit von Art und Lokalisation der Verletzung können instabile Halswirbelsäulenverletzungen durch ein vorderes, hinteres oder kombiniertes operatives Verfahren stabilisiert werden. Sind dabei vorwiegend die vorderen Anteile, d. h. Bandscheibe, Wirbelkörper und kleine Wirbelgelenke betroffen, wird die ventrale interkorporelle Spondylodese mit Beckenkamminterposition als Standardverfahren zur Entlastung des Rückenmarks und Stabilisierung der Wirbelsäule angesehen [10, 34]. Seit der Erstbeschreibung 1955 ist die ventrale Entlastung des Rückenmarks und Stabilisierung der Wirbelsäule das etablierte Verfahren [16]. So wird der ventrale Zugang empfohlen, um den letzten intakten Rumpfabschnitt, der durch einen dorsalen Operationszugang verletzt würde, zu schonen [65].

Dorsale operative Verfahren sind bei traumatisch bedingten Verletzungen Ausnahmeindikationen vorbehalten. Sie erfordern als Einzelverfahren eine intakte vordere Säule sowie ein mehrsegmentales Vorgehen. Daher empfehlen sich diese eher bei degenerativen, rheumatoiden oder tumorösen Instabilitäten und sollten möglichst bei Halsmarkverletzten zur Schonung der Nackenmuskulatur gemieden werden. Kombinierte Verfahren sind bei hochinstabilen oder speziellen Komplexverletzungen, besonders den craniozervikalen oder zerviko-thorakalen Übergang betreffend, indiziert [65]. Durch eine rasche operative Stabilisierung der Halswirbelsäule und Entlastung des Rückenmarks kann eine Reduktion, besonders neurologischer Komplikationen und damit auch längerer Immobilisierungsphasen der Patienten erreicht werden.

In der Literatur variieren die Angaben hinsichtlich des operativen Zugangsweges. So wurden 70,9% (n=73) der Patienten bei einer Untersuchung von Abel et. al von ventral operiert. Bei 18,2% der Patienten kam der kombinierte und bei 10,9% der dorsale Zugangsweg zur Anwendung [2]. Einer Untersuchung von Papadopoulos aus dem Jahre 2002 zufolge fanden sich lediglich 38% der Patienten mit einer operativen Stabilisierung der HWS von ventral, bei weiteren 43% wurde jedoch der Zugang von dorsal und bei 5% der Patienten die kombinierte Variante gewählt [52]. Bühren beschreibt den Anteil der isolierten ventralen Stabilisierung bei 84%, des dorsalen bei 13,7% liegend [12]. In der Untersuchung von Kirshblum erfolgte ein Zugang in 56,9% der Fälle von ventral, in 37,1% von dorsal und in 8% kombiniert [38].

Im eigenen Patientenkollektiv wurde bei 121 Patienten (74,2%) ein isoliert ventrales operatives Vorgehen angewandt. Bei weiteren 27 Patienten (16,5%) wurde die kombinierte Operation und bei 15 (9,2%) der isoliert dorsale Zugang gewählt. Diese Zahlen sind vergleichbar mit den Literaturangaben und zeigen eine Favorisierung des ventralen operativen Zugangsweges.

4.3.2 Intensivbehandlung

Auf Grund der komplexen Verletzungsstruktur sind tetraplegische Patienten nach dem Trauma nahezu immer überwachungspflichtig. Es kommt nach einem Trauma des Rückenmarks nahezu regelmäßig, nach einer meist klinisch nicht dokumentierten hypertensiven Phase von 2-6 Minuten, zum Bild des spinalen Schocks. Durch Ausfall der sympathischen Innervation kommt es daher zu signifikanten Bradykardien, arterieller Hypertension und autonomen Dysregulationen. Diese Phase kann Tage bis Wochen dauern [20, 66].

Nach Berney führt die Lähmung der Atemmuskulatur und Instabilität des Zwerchfells infolge der Verletzung des Rückenmarks zu einem ineffektiven Atemstoß und damit zu einer Sekretretention mit nachfolgender Atelektase und pulmonaler Infektion. Die Atmung muss aus diesem Grund post Trauma auch bei primär nicht ateminsuffizienten Patienten intensiv überwacht werden, da die Höhe der spinalen Lähmung nach dem Trauma durch ein posttraumatisches Ödem oder eine Blutung weiter aufsteigen kann [33, 63]. Durch die muskuläre Schwäche kommt es zu einer alveolären Hypoventilation, die mit der pulmonalen Morbidität und Mortalität korreliert. [36, 37].

Die in der Literatur beschriebenen mittleren Verweildauern auf der Intensivstation für tetraplegische Patienten differieren stark und liegen zwischen 6 (5-7) Tagen ohne Begleitverletzungen und Tracheotomie und 13 (9-18) mit Tracheotomie

[26]. Berney berichtete von bis zu 30,3 ($\pm 4,6$) Tagen bei komplett tetraplegischen Patienten mit Begleitverletzungen und 8,7 ($\pm 1,9$) Tagen bei Patienten mit einer inkompletten Tetraplegie [7]. Hassid berichtet in einer Gruppe von Patienten mit einer Verletzung von C5 - Th1 über $19,88 \pm 13,85$ Tage bei Patienten mit einer kompletten Lähmung und $13,38 \pm 15,82$ Tagen bei inkompletter Lähmung, wobei der Unterschied statistisch nicht signifikant ist.

Die Dauer des Intensivaufenthaltes liegt in der eigenen Patientengruppe bei $17,81 (\pm 24,05; 1-177)$ Tagen. Dabei korrelierte die Länge des Aufenthaltes auf der Intensivstation mit der Schwere der Begleitverletzungen, die damit der bestimmende Faktor für die Behandlung auf der Intensivstation sind.

Beim Vergleich mit den Literaturangaben ist zu beachten, dass das grundsätzliche Therapie-Management von beatmeten tetraplegischen Patienten in den Studien unberücksichtigt bleibt. Werden auch auf Normalstationen beatmete Patienten betreut wie in der eigenen Patientengruppe, verkürzt sich dadurch die Intensivbehandlung erheblich. Dieser Unterschied im Therapie-Management kann die Ursache für die differierenden Literaturangaben sein und erschwert einen Vergleich der Patientengruppen.

4.4 Beatmung

Da Verletzungen der Halswirbelsäule mit Beteiligung des Rückenmarks ein komplexes Krankheitsbild darstellen, wird infolge der oft vital bedrohlichen Regulationsstörungen und neurologischen Schäden eine rasche Beatmung notwendig. Diese sollte aufgrund einer möglichen zusätzlichen Schädigung des Rückenmarks durch Hypotension oder Hypoxie vor einer respiratorischen oder kardialen Dekompensation des Patienten erfolgen [36].

Lemons und Wagner berichteten 1994, dass 80% der komplett gelähmten Tetraplegiker in ihrer Studie beatmet werden mussten. Dabei belief sich die Beatmungsdauer auf $19,0 \pm 4,4$ Tage. 27% der Tetraplegiker mit inkompletter Lähmung wurden für $3,6 \pm 1,7$ Tage beatmet [44]. Die Beatmungsdauer bei Patienten mit kompletter Lähmung lag bei Berney zwischen 4,7 (3,13-6,3) und 12,7 (7,79-17,64) Tagen und damit gering niedriger. Alle Patienten mit Begleitverletzungen wurden bei dieser Untersuchung jedoch ausgeschlossen [7]. Die Angabe der Beatmungsdauer bei Ross und White lag zwischen 4 und 78 Tagen. Sie konnten jedoch nur auf fünf Patienten zurückgreifen [59]. Abel et al. berichteten während ihrer Untersuchung von einer mittleren Beatmungsdauer der Patienten von 24 Tagen [2]. In der Untersuchung von Hassid wurde die

Beatmungszeit von kompletten ($25,52 \pm 18,53$) und inkompletten Lähmungen ($22,08 \pm 40,86$) gegenübergestellt. Ein signifikanter Unterschied konnte nicht gesehen werden [32].

Die eigenen Beatmungszeiten unterschieden sich ebenfalls je nach der Lähmungsausprägung. Dieser Unterschied, der differenzierter geführt wird, ist statistisch signifikant. Dabei ist die Dauer der Beatmungszeiten mit denen der vorliegenden Studien vergleichbar.

Die Extubation von tetraplegischen Patienten gewinnt durch die bestehende Lähmungssituation einen besonderen Stellenwert und stellt daher einen besonderen Schwierigkeitsgrad dar [68]. Es muss einer Extubation eine Weaning-Phase vorangehen, die durch ein vorsichtiges Umstellen der Atemarbeit von der Beatmungsmaschine auf den Patienten gekennzeichnet ist [64]. Frustrane, zu frühe Extubationsversuche erschöpfen die Patienten pulmonal und fördern Komplikationen wie eine Pneumonie. Daraus folgen verlängerte respiratorpflichtige Zeiten, eine höhere Mortalität, höhere Kosten und eine größere Tracheotomierate [58, 35, 66]. So wird bei einem intensivpflichtigen neurologischen Patientengut von einer Re-Intubationsrate von 22% berichtet [40].

Peterson et al. fanden bei kontinuierlich ansteigenden beatmungsfreien Intervallen eine doppelt so große Erfolgsrate wie bei einem Weaning über einen SIMV (synchronized intermittent mandatory ventilation) durch ein Beatmungsgerät. Es konnten sogar 71% der Patienten mit einem fehlgeschlagenen SIMV-Weaning über beatmungsfreie Intervalle vom Beatmungsgerät abtrainiert werden. Eine rasche Extubation ermöglicht dem Patienten dieses „Erlernen“ der Atmung nicht und es kommt zu pulmonalen Komplikationen [53]. Der schrittweise Übergang wird auch von weiteren Autoren empfohlen [4, 14].

Bei der eigenen Untersuchung beinhalten die Ergebnisse Patienten mit allen Lähmungsausprägungen. Dabei findet sich ein hoher Anteil an komplett gelähmten Patienten. 113 der 123 intensivmedizinisch überwachten Patienten wurden im Mittel für $15,78 (\pm 26,92, 0,2-200,5)$ Tage beatmet. Diese Ergebnisse sind mit denen der Literatur vergleichbar. Dabei hatte die Zahl der Re-Intubationen keinen Einfluss auf die Dauer des stationären Aufenthalts, die Beatmungszeit aber auf die Tracheotomierate. Allerdings ist es naheliegend, dass die Zahl der Patienten, die re-Intubiert wurden, auch eine größere Anzahl an Tracheotomien benötigten. Nach den eigenen Daten korrelierte die Notwendigkeit einer Re-Intubation mit der Lähmungsausprägung und den

Thoraxverletzungen.. Damit ist eine Re-Intubation in der Schwere der Grunderkrankungen begründet, die dann eine Tracheotomie notwendig macht. Es sollte versucht werden, die Patienten, die eine Re-Intubation benötigen, früh zu erkennen, damit hier zeitnah eine Tracheotomie durchgeführt werden kann.

4.4.1 Tracheotomie und Altersverteilung

Über den Einfluss des Alters bei der Indikation zu einer Tracheotomie bei tetraplegischen Patienten liegen zurzeit nur wenige verlässliche Daten vor. In einer Untersuchung von Alander zeigte sich, dass es erhebliche Unterschiede in den klinischen Problemen, der Länge der Beatmungsdauer und Krankenhausverweildauer zwischen Patienten über und unter 50 Jahren gab [3]. So findet Harrop et al. auch für ältere Querschnittsverletzte eine größere Wahrscheinlichkeit der Notwendigkeit einer Tracheotomie als bei jüngeren. Er begründete das mit der altersbedingten Einschränkung der Lungenfunktion in Kombination mit dem querschnittsbedingten Verlust der Atemhilfsmuskulatur, die ein Weaning deutlich erschwert [31]. Im Gegensatz wurde dazu von Lemons und Wagner ein Einfluss des Alters auf pulmonale Komplikationen bei tetraplegischen Patienten auch bei einer differenzierten Unterscheidung der Gruppen in komplette und inkomplette Lähmungen nicht gefunden [44].

Bei der eigenen Patientengruppe fand sich mit zunehmendem Alter eine Zunahme der relativen Tracheotomiehäufigkeit, die jedoch statistisch nicht signifikant war. ($\chi^2 = 7,58$; $p=0,37$). Allerdings zeigte sich ein signifikanter Einfluss des Alters auf die Mortalität.

4.4.2 Tracheotomie und Lähmungshöhe

Die Lähmungshöhe bestimmt neben der Frankel-Klassifikation die Höhe des muskulären Defizits und damit die Einschränkung der Atemmechanik. Oberhalb von C3 ist der Patienten bei einem kompletten senso-motorischen Defekt auf eine Beatmung angewiesen. Dies zeigt sich auch in verschiedenen Studien. So berichtet Harrop, dass bei einem Kollektiv von komplett gelähmten tetraplegischen Patienten alle mit einer Verletzung sub C2 und C3 tracheotomiert werden mussten. Unterhalb von C4-C5 mussten zu 75% tracheotomiert werden. Bei einer Lähmung unterhalb von C6 und C7 wurden nur noch 39,4% tracheotomiert [31]. Como berichtete über einen signifikanten Unterschied zwischen zwei Gruppen, die in Höhe C5/6 getrennt wurde. Von den Patienten mit einer Verletzung bis in Höhe C5 mussten 84% tracheotomiert werden, ab C6 und tiefer mussten 53% tracheotomiert werden [17]. In einer Studie aus dem Jahr

1973 findet sich eine größere Anzahl an Tracheotomien. So berichtet Bellamy, dass 77% der komplett tetraplegischen Patienten tracheotomiert wurden. Das heißt, dass 100% der Verletzten sub C3, 85% der Patienten sub C4, 84% der Patienten sub C5, 50% der Patienten sub C6 und 66% der Patienten sub C7 mit einem Tracheostoma versorgt wurden [70].

In dem eigenen untersuchten Patientenkollektiv zeigte sich von C0 bis C5 eine Abnahme der Tracheotomiehäufigkeit, von C6 bis C8 jedoch ein Anstieg. Ein statistisch signifikanter Einfluss der Lähmungshöhe auf die Tracheotomie fand sich nicht ($\chi^2=13,31$; $p=0,1$).

4.4.3 Tracheotomie und Lähmungsausprägung

Bellamy et al. berichten, dass in ihrer Untersuchung 77% der komplett tetraplegischen Patienten tracheotomiert werden mussten. Bei den in dieser Studie nicht weiter differenzierten inkompletten Lähmungen waren es 40% der Patienten [6]. In einer neueren Studie aus dem Jahr 2004 berichten Harrop et al. über eine Tracheotomierate von 69% bei der Lähmungsausprägung Frankel TA [31]. In einer Studie von Biering-Sørensen mit einer Aufteilung der Patienten entsprechend der Frankel-Klassifikation wird berichtet, dass 23% der komplett gelähmten (TA), 17% in der Ausprägung TB, 26% bei TC, 14% bei TD und 3% bei TE [39] tracheotomiert werden mussten [8]. Diese Ergebnisse konnten in den eigenen Untersuchungen bestätigt werden. Auch hier lag die Zahl der Patienten, die eine Tracheotomie benötigten, in der Gruppe mit dem geringeren sensorischen Defizit unter der Gruppe mit den kompletten Verletzungen. Dieser Effekt war statistisch signifikant.

4.4.4 Tracheotomie und Begleitverletzung

Da die Hauptursache für Verletzungen der Halswirbelsäule traumatischen Ursprungs ist, haben Begleitverletzungen, die eine zusätzliche Einschränkung des Atemantriebs und der Atemmechanik zur Folge haben, einen besonderen Stellenwert in der Behandlung von akut tetraplegischen Patienten.

So gehört es zum Konzept der Behandlung eines schweren Schädelhirntraumas Grad III wegen fehlender Schutzreflexe, Aspirationsgefahr und arterieller Hypoxie, eine primäre Intubation durchzuführen und häufig auf Grund des Verlaufs später eine Tracheotomie, und zwar unabhängig von weiteren Verletzungen [56]. Durch den verminderten Atemantrieb beim Schädelhirntrauma in Summation mit einer schlechteren Ventilation, die durch die gelähmte Atemmuskulatur hervorgerufen wird, kommt es zu einer weiteren

Verschlechterung der Eigenatmung, als bei jeder anderen Einzelverletzung [61]. Harrop et al. schlossen aus diesem Grund in einer Studie Patienten mit Schädelhirntrauma und die, die innerhalb von 14 Tagen verstarben, aus und fanden eine Erhöhung der Tracheotomienotwendigkeit bei vorbestehender Lungenerkrankung und keinen Zusammenhang mit einem direkten Lungentrauma [31].

Zum Behandlungskonzept des komplexen Thoraxtraumas mit ein- oder beidseitiger Thoraxverletzung gehört in jedem Fall die primäre Intubation zur Aufrechterhaltung einer suffizienten Oxygenierung. Dabei fordern verschiedene Autoren eine möglichst frühzeitige Tracheotomie [37, 67]. Dies wurde bereits in einer Vielzahl von Studien geprüft. Dabei zeigte eine Meta-Analyse keine Verbesserung in der Mortalität, aber eine verkürzte Beatmungszeit und Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation [29]. Der besondere Stellenwert der Begleitverletzungen und hier insbesondere der Thoraxverletzungen konnten in der eigenen Studie bestätigt werden. So haben Thoraxverletzungen einen signifikanten Einfluss auf die Komplikationen nach einer Extubation, sind verantwortlich für die Dauer der Intensivbehandlung und die Mortalität der Patienten.

4.4.5 Tracheotomie und Begleiterkrankung

Der Einfluss von Begleiterkrankungen auf den Verlauf von akuten Tetraplegien wurde bereits mehrfach untersucht. In der Studie von Harrop konnte gezeigt werden, dass Patienten mit einer vorbestehenden Lungenerkrankung häufiger eine Tracheotomie benötigen als Patienten ohne diese Begleiterkrankungen [31]. Lemmons et al. wiesen in einer Untersuchung bei einer kompletten Lähmung keine höhere Komplikationsrate bei vorbestehender kardio-pulmonaler Erkrankung nach, jedoch eine insgesamt längere Beatmungszeit [44]. Inwiefern diese Verlängerung Einfluss auf die Tracheotomierate hat, wurde nicht beschrieben.

In der eigenen Patientengruppe zeigte sich kein statistisch signifikanter Einfluss der Anzahl der Begleiterkrankungen auf eine Tracheotomie ($\chi^2 = 10,98$; $p > 0,05$). In der Untergruppe der Patienten mit einer traumatischen Lähmungsgenese fand sich ein Zusammenhang zur Tracheotomienotwendigkeit. Dabei hat die Begleiterkrankung, obwohl ihre absolute Zahl, insbesondere bei den jungen Patienten, eher gering war, dann als zusätzliches Problem einen signifikanten Einfluss.

4.4.6 Tracheostomaverschluss

Fromm fasste die veröffentlichten Indikatoren für das Dekanülieren von tracheotomierten Patienten zusammen [25]. Es sind:

- 24-48 Stunden Atmung ohne geblockten Cuff,
- ein effektiver Atemstoß mit der Fähigkeit, Sekret zu mobilisieren,
- ein erfolgreiches Weaning,
- $\text{SaO}_2 > 90\%$ über 24 Stunden,
- keine Schluckstörungen,
- keine Tracheaobstruktionen.

Biering-Sørensen berichten über eine Dauer bis zur Dekanülierung von 31 Tagen im Median (3-167), in diese Studie wurden allerdings auch paraplegische Patienten eingeschlossen und von den tetraplegischen Patienten waren nur 23% komplett gelähmt [8].

Das Tracheostoma konnte in der eigenen Studie im Durchschnitt nach 70,71 ($\pm 72,6$; 9-376) Tage verschlossen werden. 9 (5%) aller behandelten Patienten verließen die Klinik mit einem Tracheostoma, 7 (4,14%) waren auf eine dauerhafte maschinelle Beatmung angewiesen. Ein signifikanter Einfluss auf die Dauer bis zum Verschluss des Tracheostoma fand sich nicht. Das ist wohl darauf zurückzuführen, dass der Verschluss nicht immer gleich stattfand, wenn er nach den oben genannten Kriterien medizinisch möglich wäre. In vielen Fällen brauchten die Patienten einen gewissen Zeitraum, um wieder die Sicherheit zu erlangen, sich an die eigene Atmung ohne eine Unterstützung durch ein Tracheostoma zu gewöhnen.

4.5 Atemwegsmanagement bei akuten Tetraplegien

Das Atemwegsmanagement von tetraplegischen Patienten ist für den Verlauf und den Outcome des Patienten von entscheidender Bedeutung. Im Verlauf der letzten Jahrzehnte hat es bei der Behandlung bereits bedeutende Verbesserungen gegeben, so hat sich die Mortalitätsrate der Patienten erheblich verringert und eine immer größere Anzahl an Patienten mit schwerwiegenden neurologischen Schäden kann nach Haus entlassen werden. Dabei erfolgt das Management der Atemwege jedoch weiterhin vor allem auf Grund der Erfahrung der behandelnden Ärzte, da es an reliablen Daten zum klinischen Verlauf und seiner Einflussfaktoren fehlt.

50% der Patienten mit einer kompletten Läsion des zervikalen oder thorakalen Rückenmarkes entwickeln Atelektasen oder Pneumonien innerhalb der ersten 30

Tage nach der Verletzung mit der höchsten Inzidenz in den ersten 3-5 Tagen [13, 22]. 69-77% der Patienten mit kompletter Tetraplegie (TA) werden im Laufe des primären stationären Aufenthaltes zur pulmonalen Unterstützung, Weaning oder Schutz der Atemwege tracheotomiert [6, 31]. Kane et al. beschrieben ein deutlich ansteigendes Pneumonierisiko mit der Dauer der Intubation und empfehlen eine Tracheotomie innerhalb von 2 Tagen zur Reduktion der Pneumonierate, sehen einen Vorteil der Frühtracheotomie beim Traumpatienten, aber auch die Schwierigkeit der Entscheidung, ob eine verlängerte Intubation beim Patienten nötig sein wird [37]. Andere Autoren postulieren, dass Patienten, die länger als 36 Stunden eine kontrollierte Langzeitbeatmung benötigen, spätestens nach dieser Zeit tracheotomiert werden beziehungsweise, wenn bereits innerhalb der ersten 24 Stunden eine mehrtägige Intubation erwartet wird, die Indikation bereits früher gestellt werden soll [19, 39, 43]. In der Konsensuskonferenz von 1989 wurde empfohlen, dass bis zu erwartender Beatmung von 21 Tagen translaryngeal intubiert werden sollte und ab einer zu erwartenden Beatmungszeit von über drei Wochen tracheotomiert werden sollte. Dazwischen sollte die Entscheidung nach individuellen Kriterien erfolgen [54].

Dabei wurde mehrfach untersucht, inwiefern eine Tracheotomie Einfluss auf das postoperative Heilungsergebnis nach einer Operation der Halswirbelsäule hat. Es konnte gezeigt werden, dass es keine höhere Komplikationsrate gibt, auch wenn die Tracheotomie während der definitiven Versorgung durchgeführt wird [49]. Allerdings wird in den meisten Studien ein Abstand von mehreren Tagen zwischen der Operation der Halswirbelsäule und der Tracheotomie empfohlen [50].

Es herrscht relative Einigkeit darüber, dass die Inzidenz von pulmonalen Infekten nach Tracheotomie deutlich abnimmt bzw. mit steigender Dauer der endotrachealen Intubation die Rate an pulmonalen Infekten zunimmt [44], es gibt jedoch keine Daten, die eine prospektive Einschätzung erlauben, welcher Patient eine Tracheotomie benötigt [25]. Klockgether-Radke fassen zusammen, dass die Entscheidung zur Tracheotomie bei langzeitbeatmeten Patienten auf Erfahrung und weniger auf konkreten Daten beruht und es in Metaanalysen bisher nicht gelungen ist nachzuweisen, dass frühzeitig tracheotomierte Patienten leichter von einer Beatmungsmaschine zu entwöhnen sind [39].

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, Handlungsvorschläge für ein differenziertes Atemwegs-Management bei Patienten mit einer akuten Tetraplegie zu entwickeln. Patienten mit einer akuten Tetraplegie haben neben den vorbestehenden Erkrankungen und den Folgen des Traumas, das Ursache

der akuten Tetraplegie ist, unter den Einschränkungen der Atemwegsmuskulatur zu leiden. Durch die akute Verletzung des Halsmarks kommt es in Abhängigkeit von der Lähmungshöhe zu einem Ausfall der Atemmuskulatur, was erhebliche Einschränkungen in der Atemmechanik zur Folge hat.

In der vorliegenden Untersuchung wurden retrospektiv klinische Parameter geprüft, die Einfluss auf das Atemvermögen der Patienten haben. Als signifikante Einflussgrößen auf die Notwendigkeit einer Tracheotomie zeigten sich:

- die Lähmungshöhe,
- die Lähmungsprägung,
- die Anzahl der notwendigen Halswirbelsäulenoperationen,
- die Lähmungsursache,
- die Anzahl der Begleitverletzungen,
- die Schwere der Begleitverletzungen sowie
- die Anzahl der Begleiterkrankungen.

So haben die Lähmungshöhe und die Lähmungsprägung Einfluss auf eine Tracheotomie. Es gilt, je höher und ausgeprägter die Verletzung, desto größer die Einschränkung des Patienten, das gleiche für die Verletzungen der Halswirbelsäule und damit der Zahl der notwendigen Halswirbelsäulenoperationen.

Für die Beschreibung der weiteren Faktoren ist es sinnvoll, nach der Lähmungsursache zu unterscheiden. So haben bei traumatischen Lähmungen die Begleitverletzungen und hier insbesondere die Thoraxverletzungen sowie zusätzlich vorbestehende Begleiterkrankungen Einfluss. Bei den nicht-traumatischen Verletzungen hat vor allem die Zahl der Halswirbelsäulenoperationen als Ausdruck der Ausdehnung der traumatischen Schädigung Einfluss.

In den bisher vorliegenden Untersuchungen wurde der Stellenwert von Begleitererkrankungen und -verletzungen nur in seltenen Fällen differenziert untersucht. Das Hauptaugenmerk in der Diskussionen wurde auf die Folgen der Lähmung auf die Atemmechanik gerichtet [17, 32, 50, 44]. In der eigenen Untersuchung zeigte sich, dass die Begleitverletzungen und Begleiterkrankungen ebenfalls das Atemwegs-Management bestimmen. Dieser Aspekt erscheint aus der klinischen Erfahrung naheliegend, es ist aber erstaunlich, dass frühere Untersuchungen diesem Punkt kaum Aufmerksamkeit schenken. Inwiefern dies auf das besondere Patientenkollektiv zurückzuführen ist, das in der vorliegenden Studie untersucht wurde, kann nicht bestimmt werden.

In dem untersuchten Patientenkollektiv konnte im Gegensatz zu bereits vorliegenden Studien kein Vor- oder Nachteil einer frühzeitigen Tracheotomie auf die Aufenthaltsdauer des Patienten auf der Intensivstation, die Beatmungsdauer oder die Krankenhausverweildauer gefunden werden. Dies zeigte sich bereits in einer Meta-Analyse, die den Stellenwert des Tracheotomiezeitpunkts untersuchte [29].

Eine Re-Intubation führte zu keinem nachweisbaren Nachteil für den Patienten oder seine Behandlung. Komplikationen infolge einer Tracheotomie traten nicht auf. Damit ist in unklaren Fällen ein Extubationsversuch nach einem Weaning in jedem Fall zu vertreten.

Auf Grundlage dieser Überlegungen wurden folgende Vorschläge für das Atemwegsmanagement bei akut tetraplegischen Patienten formuliert:

- Patienten sub C1-C3 mit Frankel-Stadium TA/TB sollten primär tracheotomiert werden.
- Frühzeitig tracheotomiert werden sollten Patienten Frankel TA/TB und
 - mit einem Trauma und Begleitverletzungen/Begleiterkrankungen und/oder
 - mit einem komplexen HWS-Trauma, das ein kombiniertes operatives Verfahren erfordert und/oder
 - die eine Beatmung von mehr als 10 Tagen erfordern.
- Ein Extubationsversuch sollte erfolgen bei Patienten mit
 - einem Trauma und Frankel TC, TD, TE,
 - Verletzungen sub C7-C8.
- Nach einem fehlgeschlagenen Extubationsversuch sollte in Abhängigkeit von der Lähmungsausprägung und dem Vorhandensein eines Thoraxtraumas eine Tracheotomie erfolgen.

Die vorliegende Studie ist eine retrospektive Untersuchung und hat damit methodische Einschränkungen. Mit den Untersuchungsergebnissen können keine sicheren Aussagen über die Prognose gemacht werden, es werden nur die Beziehungen zwischen einzelnen Variablen beschrieben. Dabei wurden nur die Parameter eines Zentrums gesammelt. Um eine bessere Aussage zu ermöglichen, müssen mehrere Zentren zusammengefasst werden. Prospektive Studien sind nur schwer möglich, diese könnten nur anhand der bisher erhobenen Daten erneut beobachtend erfolgen. Um den Stellenwert der Begleiterkrankungen und Begleitverletzungen genauer zu studieren, wären Fall-Kontrollstudien sinnvoll, die Patienten mit vergleichbaren Verletzungsmustern mit und ohne eine zusätzliche Verletzung des Halsmarks untersuchen.

Dabei bleibt zu diskutieren, inwiefern es Möglichkeiten für eine Besserung der Therapieoptionen bei tetraplegischen Patienten mit Begleitverletzungen gibt. Eine Verminderung der Folgen des Traumas ist nur durch präventive Maßnahmen möglich und scheidet damit aus. Eine weitere Möglichkeit wäre es, die Folgen der Lähmung auf die Atemmechanik durch das senso-motorische Defizit zu mindern, um damit Komplikationen wie eine Pneumonie zu verhindern und die Beatmungszeit zu verkürzen. Dies könnte durch eine elektrische Stimulation der Bauchmuskulatur erfolgen. Sie ist in der Lage, als unterstützende Maßnahme den Hustenstoß zu stärken und die Atmung zu intensivieren. Gollee et al. beschrieben dabei in ihrer Arbeit eine Möglichkeit, die Bauchmuskulatur mit einer durch den Atemstrom getriggerten elektrischen Stimulation zu unterstützen [27]. Inzwischen konnte dieser Ansatz in einer Einzelfallstudie bestätigt werden [42].

5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, Vorschläge für ein Evidenz basiertes Atemwegs-Management von akut tetraplegischen Patienten zu entwerfen. In einer retrospektiven Studie wurden die Daten der Patienten, die mit einer Verletzung des Halsmarks am Unfallkrankenhaus Berlin in dem Zeitraum vom 1.9.1997 – 31.12.2002 behandelt wurden, untersucht. In die Untersuchung eingeschlossen wurden Patienten, bei denen die Rückenmarkverletzung mit einem neurologischen Defizit nicht älter als 8 Wochen war und die sich seit der Verletzung in ununterbrochener stationärer Behandlung befanden.

In dem beschriebenen Zeitraum wurden 185 Patienten mit einer Verletzung des Halsmarks behandelt. Zur Auswertung kamen 175 (94,59%) Patienten, bei denen das Datenmaterial vollständig vorlag. 144 (82,29%) der 175 Patienten waren männlich, 31 (17,71%) weiblich (Verhältnis 4,6:1). Das Alter lag zwischen 14 und 89 Jahren (43,45 Jahre \pm 18,98 Jahre) mit einem Gipfel bei 20-30 Jahren und über 60 Jahren. Am häufigsten betroffen waren die Segmente C4-C6. 147 (84%) Patienten erlitten eine Lähmung durch ein Trauma.

Bei 73 (41,71%) Patienten lag eine Fraktur genau eines Wirbelkörpers vor. Bei Aufnahme fand sich eine komplette Lähmung entsprechend der Frankel Stufe TA bei 103 (58,86%) Patienten. 19 (10,86%) Patienten wiesen eine motorisch komplette, sensibel inkomplette Lähmung entsprechend der Stufe TB auf. Bei 21 (12,07%) Patienten lag eine funktionell komplette, motorisch inkomplette Lähmung entsprechend der Stufe TC vor. 163 (93,14%) Patienten wurden im Rahmen der Erstversorgung operativ versorgt, dabei wurde in 134 (80,24%) Fällen ein ventraler Zugangsweg, in 22 (13,17%) Fällen ein dorsaler und in 7 (4,19%) Fällen ein kombinierter dorsoventraler Zugang gewählt.

123 (70,28%, n=175) Patienten wurden während des stationären Aufenthalts intensivmedizinisch überwacht. Die Dauer der Intensivbehandlungen betrug im Durchschnitt 17,81 (\pm 24,05; 1-177) Tage. 113 der 123 (91,85%) intensivmedizinisch überwachten Patienten wurden für 15,78 (\pm 26,92, 0,2-200,5) Tage intubiert und beatmet. Die Notwendigkeit einer Intubation korrelierte mit der Lähmungsgenese ($\chi^2 = 47,79$, $p = 1,08 \cdot 10^{-07}$), der Anzahl der Begleitverletzungen ($\chi^2 = 12,42$, $p = 0,03$), den Thoraxverletzungen ($\chi^2 = 6,66$, $p = 0,01$) und der Frankel-Klassifikation ($\chi^2 = 24,78$, $p = 5,57 \cdot 10^{-05}$).

Bei 67 der intubierten Patienten wurden nach im Durchschnitt 4,74 (\pm 9,18; 0-67) Tagen eine Extubation unternommen, 45 (67,2%, n=67) der extubierten

Patienten litten vor allem unter pulmonalen Komplikationen. Einfluss auf eine Re-Intubation hatten Thoraxverletzungen und die Lähmungen, eingeteilt nach der Frankel-Klassifikation.

Bei insgesamt 72 (81,36%) der 113 beatmeten Patienten (41,14%, n=175) wurde eine Tracheotomie durchgeführt. Einfluss auf die Tracheotomienotwendigkeit hatten die Lähmungsursache ($\chi^2 = 18,42$; $p < 0,03$), die Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen ($\chi^2 = 6,86$; $p < 0,03$) und die Anzahl der Begleitverletzungen ($\chi^2 = 11,78$; $p < 0,03$). Mit sinkendem senso-motorischen Defizit sank die Tracheotomienotwendigkeit signifikant ($\chi^2 = 31,53$; $p < 2,3 \cdot 10^{-6}$). Bei den Patienten mit einer traumatischen Genese hatte die Anzahl der Begleiterkrankungen zusätzlichen Einfluss ($\chi^2 = 15,04$, $p < 0,01$).

Die Lähmungshöhe hatte statistisch keinen signifikanten Einfluss auf die Tracheotomienotwendigkeit ($\chi^2 = 13,31$; $p = 0,1$). Die Durchführung einer Tracheotomie hatte keinen Einfluss auf Behandlungsdauer, Beatmungsdauer, oder Dauer des Intensivaufenthalts der Patienten.

Die stationäre Behandlung betrug im Durchschnitt 170 ($\pm 138,35$, 1-660) Tage. Es konnten keine signifikanten Korrelationen der erhobenen Parameter mit der Dauer des stationären Aufenthalts gefunden werden.

Das Tracheostoma konnte im Durchschnitt nach 70,71 ($\pm 72,6$; 9-376) Tagen verschlossen werden. Bei der Entlassung waren 144 (82,29%) der 175 Patienten ohne Tracheostoma, 4 (2,29%) mit Tracheostoma ohne Beatmung, 7 (4,00%) mit Tracheostoma und Beatmung. 20 (11,43%) Patienten verstarben während des stationären Aufenthalts. Dabei hatten das Alter der Patienten ($\chi^2 = 58,41$, $p = 3,13 \cdot 10^{-10}$), die Notwendigkeit einer Tracheotomie ($\chi^2 = 7,11$ $p = 0,0077$) und die Anzahl der Begleiterkrankungen ($\chi^2 = 33,26$, $p = 3,33 \cdot 10^{-6}$) signifikanten Einfluss auf die Mortalität.

Im Rahmen der Diskriminanzanalyse zeigte sich, dass mit einer Kombination der Faktoren Lähmungshöhe, Frankel-Klassifikation und dem Schweregrad der Begleitverletzungen eine Vorhersagewahrscheinlichkeit von 73,31% bei allen Patienten erreicht werden konnte.

Grundsätzlich zeigt sich, dass eine Intubation und folgende Tracheotomie bei einer akuten Tetraplegie begründet ist durch

- senso-motorische Defizite im Rahmen der Rückenmarkverletzung,
- die lokale Ausdehnung der Verletzung und
- Begleitverletzungen und/oder Erkrankungen.

Auf Grundlage der Ergebnisse können folgende Vorschläge für das Atemwegsmanagement bei akut tetraplegischen Patienten formuliert werden:

- Patienten sub C1-C3 mit Frankel-Stadium TA/TB sollten primär tracheotomiert werden.

Frühzeitig tracheotomiert werden sollten

- Patienten gemäß der Frankel-Klassifikation TA/TB und
 - mit einem Trauma und Begleitverletzungen/Begleiterkrankung und/oder
 - mit einem komplexen HWS-Trauma das ein kombiniertes operatives Verfahren erfordert und/oder
 - die eine Beatmung von mehr als 10 Tagen erfordern.
- Ein Extubationsversuch sollte erfolgen bei Patienten mit
 - einem Trauma und Frankel TC, TD, TE,
 - Verletzungen sub C7-C8.
- Nach einem fehlgeschlagenen Extubationsversuch sollte in Abhängigkeit von der Lähmungsausprägung und dem Vorhandensein eines Thoraxtraumas eine Tracheotomie erfolgen.

6 Tabellarischer Anhang

Tabelle 10: Alters- und Geschlechterverteilung

Dargestellt sind die Anzahl und die Häufigkeit.

Altersgruppe	Männlich	Weiblich
10 bis 20	18 (12,50%)	3 (9,68%)
20 bis 30	32 (22,22%)	1 (3,23%)
30 bis 40	20 (13,89%)	5 (16,13%)
40 bis 50	23 (15,97%)	9 (29,03%)
50 bis 60	17 (11,81%)	1 (3,23%)
60 bis 70	22 (15,28%)	7 (22,58%)
70 bis 80	10 (6,94%)	5 (16,13%)
80 bis 90	2 (1,39%)	0 (0,00%)

Tabelle 11: Lähmungsursache

Aufgeführt sind Anzahl und Prozent der Ursachen für die Lähmungen (n= 175).

Ursache	Anzahl
Fraktur 1 Halswirbelkörper	73 (41,71%)
Fraktur 2 Halswirbelkörper	47 (26,86%)
Fraktur mehrere Halswirbelkörper	16 (9,14%)
Entzündung	15 (8,57%)
Contusio spinalis	10 (5,71%)
Tumorerkrankung	5 (2,86%)
Spinalkanalstenose	4 (2,29%)
Nucleus pulposus prolaps	3 (1,71%)
Postoperativ	1 (0,57%)
Stichverletzung	1 (0,57%)

Tabelle 12: Verteilung Lähmungshöhe und Geschlecht

Dargestellt sind die Anzahl und die Häufigkeit (n=175).

Höhe	Männlich	Weiblich
C0	1 (0,69%)	0 (0,00%)
C1	1 (0,69%)	0 (0,00%)
C2	2 (1,39%)	2 (6,45%)
C3	13 (9,03%)	1 (3,23%)
C4	48 (33,33%)	10 (32,26%)
C5	42 (29,17%)	11 (35,48%)
C6	28 (19,44%)	5 (16,13%)
C7	5 (3,47%)	1 (3,23%)
C8	4 (2,78%)	1 (3,23%)

Tabelle 13: Lähmungsausprägung

Dargestellt sind die Anzahl und die Häufigkeit (n=175).

Frankel	Anzahl
TA	103 (58,86%)
TB	19 (10,86%)
TC	21 (12,00%)
TD	24 (13,71%)
TE	8 (4,57%)

Tabelle 14: Anzahl und Art der Begleitverletzungen

Dargestellt sind Anzahl und Prozent der bei der Aufnahme vorhandenen Begleitverletzungen (bezogen auf die Patienten mit Begleitverletzung n= 70). Es sind Mehrfachverletzungen aufgeführt.

Verletzung	Anzahl
Lungenkontusion einseitig	23 (35,38%)
Lungenkontusion beidseitig	17 (26,15%)
BWK Fraktur	17 (26,15%)
Hämatothorax / Pneumothorax	16 (24,6%)
Fraktur obere Extremität	14 (21,5%)
SHT I°	14 (21,5%)
Rippenserienfraktur > 2 Rippen	13 (20%)
SHT III°	13 (20%)
Fraktur untere Extremität.	13 (20%)
Bauchtrauma	7 (10,7%)
Gesichtsschädelverletzungen	6 (9,2%)
SHT II°	3 (4,6%)
Hypoxischer Hirnschaden	2 (3,07%)

Tabelle 15: Anzahl und Art der Begleiterkrankungen

Dargestellt sind Anzahl und Prozent der bei der Aufnahme vorhandenen Begleiterkrankungen.

Begleiterkrankung	Anzahl
Hypertonus	21 (17,36%)
KHK	14 (11,57%)
Diabetes	14 (11,57%)
M. Bechterew	10 (8,26%)
Depression	8 (6,61%)
Alkoholerkrankung	8 (6,61%)
Tumorerkrankung	6 (4,96%)
Nikotinabusus	6 (4,96%)
COLD	5 (4,13%)
Hypothyreose	3 (2,48%)
Asthma	1 (0,83%)
M. Parkinson	1 (0,83%)
Neurolues	1 (0,83%)
Hirnfarkt	1 (0,83%)

Tabelle 16: Dauer Intensivbehandlung und Frankel-Klassifikation

Aufgeführt sind die die Mittelwerte (MW) und die Standardabweichung (Std) der Intensivbehandlung (n=123)

Frankel	Anzahl	MW	Std
TA	82	22,06	27,19
TB	15	11,99	10,32
TC	10	15,22	19,78
TD	11	3,73	3,66
TE	5	1,67	0,85

Tabelle 17: Beatmungsdauer und Frankel-Klassifikation

Aufgeführt sind die Mittelwerte (MW) und die Standardabweichung (Std) der Beatmungsdauer (n=113).

Frankel	Anzahl	MW	Std
TA	68	20,04	29,58
TB	15	18,65	33,91
TC	12	5,86	10,17
TD	12	5,48	6,66
TE	6	0,77	0,32

Tabelle 18: Erste Re-Intubation und Frankel-Klassifikation

Aufgeführt ist die relative Häufigkeit einer Re-Intubation in Abhängigkeit von der Frankel-Klassifikation (n=105)

Frankel	Re-Intubation	Keine Re-Intubation
TA	24 (75,00%)	39 (53,42%)
TB	5 (15,63%)	6 (8,22%)
TC	2 (6,25%)	11 (15,07%)
TD	1 (3,13%)	11 (15,07%)
TE	0 (0,00%)	6 (8,22%)

Tabelle 19: Tracheotomie und Lähmungsgenese

Aufgeführt ist die Anzahl der Tracheotomie bei den verschiedenen Lähmungsursachen.

Ursache	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
Fraktur 1 HWK	42 (41,00%)	32 (43,24%)
Fraktur 2 HWK	25 (25,00%)	22 (29,73%)
Fraktur mehrere HWK	7 (7,00%)	9 (12,16%)
Entzündung	6 (6,00%)	9 (12,16%)
Tumor	5 (5,00%)	0 (0,00%)
Spinalkanalstenose	2 (2,00%)	2 (2,70%)
Contusio spinalis	10 (10,00%)	0 (0,00%)
Nucl.pulp.prol.	3 (3,00%)	0 (0,00%)
Stichverletzung	1 (1,00%)	0 (0,00%)

Tabelle 20: Tracheotomie und Altersverteilung

Es findet sich eine Zunahme der Tracheotomien mit steigendem Alter.

Altersgruppe	Anzahl (n=173)	Tracheotomie (n=74)
10 bis 20	21 (12%)	7 (33,33%)
20 bis 30	33 (18,86%)	10 (30,30%)
30 bis 40	25 (14,29%)	11 (44%)
40 bis 50	32 (18,29%)	13 (40,63%)
50 bis 60	18 (10,29%)	9 (50%)
60 bis 70	29 (16,57%)	15 (51,72%)
70 bis 80	15 (8,57%)	9 (60%)

Tabelle 21: Tracheotomie und Lähmungshöhe

Aufgeführt ist die Anzahl der Patienten, die eine Tracheotomie bei den Lähmungshöhen erhielten (n=175).

Lähmungshöhe	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
C0	1 (0,57%)	1 (100%)
C1	1 (0,57%)	1 (100%)
C2	4 (2,29%)	3 (75%)
C3	12 (6,86%)	7 (50%)
C4	60 (34,29%)	30 (32,08%)
C5	53 (30,29%)	17 (22,97%)
C6	33 (18,86%)	9 (27,27%)
C7	6 (3,43%)	3 (50%)
C8	5 (2,86%)	3 (60%)

Tabelle 22: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation

Mit Zunahme von Kraft und Sensibilität sinkt die Tracheotomienotwendigkeit (n= 175).

Frankel	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
TA	103 (58,86%)	59 (57,28%)
TB	19 (10,86%)	9 (47,37%)
TC	21 (12,00%)	4 (19,05%)
TD	24 (13,71%)	2 (8,3%)
TE	8 (4,57%)	0 (0%)

Tabelle 23: Tracheotomie und zwei-stufigen Frankel-Klassifikation

Aufgeführt ist die Anzahl der Tracheotomien in einer zwei-stufigen Frankel-Klassifikation (n=175).

Frankel	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
TA	44 (42,72%)	57 (79,17%)
TB-TE	59 (57,28%)	15 (20,83%)

Tabelle 24: Tracheotomie und Anzahl der Begleitverletzungen

Aufgeführt sind die Anzahl der Begleitverletzungen und die Notwendigkeit einer Tracheotomie (n=175).

Anzahl	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
0	69 (68,32%)	36 (48,65%)
1	18 (17,82%)	13 (17,57%)
2	3 (2,97%)	9 (12,16%)
3	4 (3,96%)	5 (6,76%)
4	2 (1,98%)	5 (6,76%)
5	5 (4,95%)	6 (8,11%)

Tabelle 25: Tracheotomie und Schweregrad der Begleitverletzungen

Mit steigendem Schweregrad steigt die Notwendigkeit einer Tracheotomie (n= 175).

Grad	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
0	75 (64,60%)	41 (35,40%)
I	12 (66,67%)	11 (33,33%)
II	3 (50,00%)	3 (50,00%)
III	11 (36,11%)	19 (63,89%)

Tabelle 26: Tracheotomie und Anzahl der Begleiterkrankungen

Aufgeführt sind die Anzahl der Begleiterkrankungen und die Tracheotomien (n=175).

Anzahl	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
0	71 (70,30%)	34 (45,95%)
1	15 (14,85%)	23 (31,08)%
2	9 (8,91%)	10 (13,51%)
3	4 (3,96%)	5 (6,76%)
4	1 (0,99%)	1 (1,35%)
5	1 (0,99%)	1 (1,35%)

Tabelle 27: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen

Aufgeführt sind die Anzahl der Operationen an der Halswirbelsäule und Tracheotomien (n=175).

Anzahl	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
0	8 (7,92%)	0 (0,00%)
1	60 (59,41%)	43 (58,11%)
2	33 (32,67%)	31 (41,89%)

Tabelle 28: Tracheotomie und Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese

Aufgeführt sind die Anzahl der Tracheotomien und die Anzahl der Halswirbelsäulenoperationen bei einer Lähmungsursache nicht-traumatischer Genese (n=29)

Anzahl	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
0	2 (11,11%)	0 (0,00%)
1	12 (66,67%)	2 (18,18%)
2	4 (22,22%)	9 (81,82%)

Tabelle 29: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation bei nicht-traumatischer Lähmungsgenese

Aufgeführt sind die Anzahl der Tracheotomien und Frankel-Klassifikation bei einer Lähmungsursache nicht-traumatischer Genese (n=29)

Frankel	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
TA	3 (16,67%)	7 (63,64%)
TB	2 (11,11%)	3 (27,27%)
TC	7 (38,89%)	1 (9,09%)
TD	6 (33,33%)	0 (0,00%)
TE	0 (0,00%)	0 (0,00%)

Tabelle 30: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C4

Aufgeführt sind die Tracheotomien und die Frankel-Klassifikation (n=64).

Frankel	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
1	15 (36,59%)	26 (63,41%)
2	8 (66,67%)	8 (66,67%)
3	4 (100,00%)	0 (0,00%)
4	2 (100,00%)	0 (0,00%)
5	1 (100,00%)	0 (0,00%)

Tabelle 31: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C4

Aufgeführt sind die Tracheotomien und die Thoraxverletzungen (n=60).

	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
Keine Thoraxverletzung	29 (53,70%)	1 (16,67%)
Thoraxverletzung	25 (46,30%)	5 (83,33%)

Tabelle 32: Tracheotomie und Frankel-Klassifikation in Höhe C5

Aufgeführt sind die Tracheotomien und die Frankel-Klassifikation (n=53).

Frankel	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
1	14 (48,28%)	15 (51,72%)
2	1 (50,00%)	1 (50,00%)
3	8 (88,89%)	1 (11,11%)
4	9 (100,00%)	0 (0,00%)
5	4 (100,00%)	0 (0,00%)

Tabelle 33: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C5

Aufgeführt sind die Tracheotomien und die Thoraxverletzungen (n=53).

	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
Keine Thoraxverletzung	30 (73,17%)	11 (26,83%)
Thoraxverletzung	6 (50,00%)	6 (50,00%)

Tabelle 34: Tracheotomie und Thoraxverletzung in Höhe C6

Aufgeführt sind die Tracheotomien und die Thoraxverletzungen (n=53).

	Keine Tracheotomie	Tracheotomie
Keine Thoraxverletzung	21 (75,00%)	7 (25,00%)
Thoraxverletzung	3 (60,00%)	2 (40,00%)

7 Literatur

- [1] . (2005) Respiratory management following spinal cord injury: a clinical practice guideline for health-care professionals. *J Spinal Cord Med* 28:259-93
- [2] Abel R, Ruf S, Spahn B (2004) Cervical spinal cord injury and deglutition disorders. *Dysphagia* 19:87-94
- [3] Alander DH, Andreychik DA, Stauffer ES (1994) Early outcome in cervical spinal cord injured patients older than 50 years of age. *Spine* 19:2299-301
- [4] Bach JR (1995) Indications for tracheostomy and decannulation of tracheostomized ventilator users. *Monaldi Arch Chest Dis* 50:223-7
- [5] Baydur A, Adkins RH, Milic-Emili J (2001) Lung mechanics in individuals with spinal cord injury: effects of injury level and posture. *J Appl Physiol* 90:405-11
- [6] Bellamy R, Pitts FW, Stauffer ES (1973) Respiratory complications in traumatic quadriplegia. Analysis of 20 years' experience. *J Neurosurg* 39:596-600
- [7] Berney S, Stockton K, Berlowitz D, Denehy L (2002) Can early extubation and intensive physiotherapy decrease length of stay of acute quadriplegic patients in intensive care? A retrospective case control study. *Physiother Res Int* 7:14-22
- [8] Biering-Sorensen M, Biering-Sorensen F (1992) Tracheostomy in spinal cord injured: frequency and follow up. *Paraplegia* 30:656-60
- [9] Bigenzahn W, Piehslinger E, Denk DM (1999) Anatomische und physiologische Grundlagen des Schluckens. In: Bigenzahn W, Denk DM (Hrsg) *Oropharyngeale Dysphagien*. Thieme Verlag, Stuttgart, New York
- [10] Blauth M, Schmidt U, Bastian L, Knop C, Tscherne H (1998) Die ventrale interkorporelle Spondylodese bei Verletzungen der Halswirbelsäule. Indikationen, Operationstechnik und Ergebnisse. *Zentralbl Chir* 123:919-29
- [11] Bracken MB, Freeman DHJ, Hellenbrand K (1981) Incidence of acute traumatic hospitalized spinal cord injury in the United States, 1970-1977. *Am J Epidemiol* 113:615-22
- [12] Buhren V, Potulski M, Jaksche H (1999) Chirurgische Versorgung bei Tetraplegie.
- [13] Carter RE (1987) Respiratory aspects of spinal cord injury management. *Paraplegia* 25:262-6
- [14] Christopher KL (2005) Tracheostomy decannulation. *Respir Care* 50:538-41

- [15] Cifu DX, Seel RT, Kreutzer JS, McKinley WO (1999) A multicenter investigation of age-related differences in lengths of stay, hospitalization charges, and outcomes for a matched tetraplegia sample. *Arch Phys Med Rehabil* 80:733-40
- [16] Cloward RB (1958) The anterior approach for removal of ruptured cervical discs. *J Neurosurg* 15:602-617
- [17] Como JJ, Sutton ERH, McCunn M, Dutton RP, Johnson SB, Aarabi B, Scalea TM (2005) Characterizing the need for mechanical ventilation following cervical spinal cord injury with neurologic deficit. *J Trauma* 59:912-6; discussion 916
- [19] Deane RS, Mills EL (1970) Prolonged nasotracheal intubation in adults: a successor and adjunct to tracheostomy. *Anesth Analg* 49:89-97
- [18] DeVivo MJ, Krause JS, Lammertse DP (1999) Recent trends in mortality and causes of death among persons with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 80:1411-9
- [20] Dunham CM, LaMonica C (1984) Prolonged tracheal intubation in the trauma patient. *J Trauma* 24:120-4
- [21] Epstein SK (2004) Extubation failure: an outcome to be avoided. *Crit Care* 8:310-2
- [22] Fishburn MJ, Marino RJ, Ditunno JFJ (1990) Atelectasis and pneumonia in acute spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 71:197-200
- [23] Frankel HL, Hancock DO, Hyslop G, Melzak J, Michaelis LS, Ungar GH, Vernon JD, Walsh JJ (1969) The value of postural reduction in the initial management of closed injuries of the spine with paraplegia and tetraplegia. I. *Paraplegia* 7:179-92
- [24] Frankel HL, Montero FA, Penny PT (1980) Spinal cord injuries due to diving. *Paraplegia* 18:118-22
- [25] Fromm B, Hundt G, Gerner HJ, Baer GA, Exner G, Botel U, Naumann CP, Baumberger ME, Zach G (1999) Management of respiratory problems unique to high tetraplegia. *Spinal Cord* 37:239-44
- [26] Gardner BP, Watt JW, Krishnan KR (1986) The artificial ventilation of acute spinal cord damaged patients: a retrospective study of forty-four patients.
- [27] Gollee H, Hunt KJ, Allan DB, Fraser MH, McLean AN (2008) Automatic electrical stimulation of abdominal wall muscles increases tidal volume and cough peak flow in tetraplegia. *Technol Health Care* 16:273-81

- [28] Griffiths ER (1980) Spinal injuries from swimming and diving treated in the spinal department of Royal Perth Rehabilitation Hospital: 1956-1978. *Paraplegia* 18:105-17
- [29] Griffiths J, Barber VS, Morgan L, Young JD (2005) Systematic review and meta-analysis of studies of the timing of tracheostomy in adult patients undergoing artificial ventilation. *BMJ* 330:1243
- [30] Guttman L (1976) *Spinal cord injuries: comprehensive management and research*. Blackwell Scientific Publications, Oxford
- [31] Harrop JS, Sharan AD, Scheid EHJ, Vaccaro AR, Przybylski GJ (2004) Tracheostomy placement in patients with complete cervical spinal cord injuries: American Spinal Injury Association Grade A. *J Neurosurg* 100:20-3
- [32] Hassid VJ, Schinco MA, Tepas JJ, Griffen MM, Murphy TL, Frykberg ER, Kerwin AJ (2008) Definitive establishment of airway control is critical for optimal outcome in lower cervical spinal cord injury. *J Trauma* 65:1328-32
- [33] Heffner JE, Zamora CA (1990) Clinical predictors of prolonged translaryngeal intubation in patients with the adult respiratory distress syndrome. *Chest* 97:447-52
- [34] Hofmeister M, Bühren V (1999) Therapiekonzept für Verletzungen der unteren HWS. *Orthopade* 28:401-13
- [35] Illgner A, Haas N, Tscherne H (1991) A review of the therapeutic concept and results of operative treatment in acute and chronic lesions of the cervical spine: the Hannover experience.
- [36] Irwin ZN, Arthur M, Mullins RJ, Hart RA (2004) Variations in injury patterns, treatment, and outcome for spinal fracture and paralysis in adult versus geriatric patients. *Spine* 29:796-802
- [37] Kane TD, Rodriguez JL, Luchette FA (1997) Early versus late tracheostomy in the trauma patient. *Respir Care Clin N Am* 3:1-20
- [38] Kirshblum S, Johnston MV, Brown J, O'Connor KC, Jarosz P (1999) Predictors of dysphagia after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 80:1101-5
- [39] Klockgether-Radke AP, Neumann P, Quintel M (2004) Tracheotomie - Luftweg der Wahl für den langzeitbeatmeten Patienten? *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 39:335-43
- [40] Koh WY, Lew TW, Chin NM, Wong MF (1997) Tracheostomy in a neuro-intensive care setting: indications and timing. *Anaesth Intensive Care* 25:365-8

- [41] Kollef MH, Ahrens TS, Shannon W (1999) Clinical predictors and outcomes for patients requiring tracheostomy in the intensive care unit. *Crit Care Med* 27:1714-20
- [42] Lee BB, Boswell-Ruys C, Butler JE, Gandevia SC (2008) Surface functional electrical stimulation of the abdominal muscles to enhance cough and assist tracheostomy decannulation after high-level spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 31:78-82
- [43] Lee W, Koltai P, Harrison AM, Appachi E, Bourdakos D, Davis S, Weise K, McHugh M, Connor J (2002) Indications for tracheotomy in the pediatric intensive care unit population: a pilot study. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 128:1249-52
- [44] Lemons VR, Wagner FCJ (1994) Respiratory complications after cervical spinal cord injury. *Spine* 19:2315-20
- [45] Loughheed MD, Flannery J, Webb KA, O'Donnell DE (2002) Respiratory sensation and ventilatory mechanics during induced bronchoconstriction in spontaneously breathing low cervical quadriplegia. *Am J Respir Crit Care Med* 166:370-6
- [46] Lucke KT (1998) Pulmonary management following acute SCI. *J Neurosci Nurs* 30:91-104
- [47] Mansel JK, Norman JR (1990) Respiratory complications and management of spinal cord injuries. *Chest* 97:1446-52
- [48] Meiners T, Bohm V, Schluter E (2004) Analyse von FIM-Werten während der stationären Behandlung nach akuter Querschnittlahmung.
- [49] Northrup BE, Vaccaro AR, Rosen JE, Balderston RA, Cotler JM (1995) Occurrence of infection in anterior cervical fusion for spinal cord injury after tracheostomy.
- [50] O'Keefe T, Goldman RK, Mayberry JC, Rehm CG, Hart RA (2004) Tracheostomy after anterior cervical spine fixation. *J Trauma* 57:855-60
- [51] Oakes DD, Wilmot CB, Hall KM, Sherck JP (1990) Benefits of early admission to a comprehensive trauma center for patients with spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 71:637-43
- [52] Papadopoulos SM, Selden NR, Quint DJ, Patel N, Gillespie B, Grube S (2002) Immediate spinal cord decompression for cervical spinal cord injury: feasibility and outcome. *J Trauma* 52:323-32
- [53] Peterson W, Charlifue W, Gerhart A, Whiteneck G (1994) Two methods of weaning persons with quadriplegia from mechanical ventilators. *Paraplegia* 32:98-103

- [54] Plummer AL, Gracey DR (1989) Consensus conference on artificial airways in patients receiving mechanical ventilation.
- [55] Quintel M, Roth H (1999) Tracheostomy in the critically ill: clinical impact of new procedures. *Intensive Care Med* 25:326-8
- [56] Regel G, Lobenhoffer P, Grotz M, Pape HC, Lehmann U, Tscherne H (1995) Treatment results of patients with multiple trauma: an analysis of 3406 cases treated between 1972 and 1991 at a German Level I Trauma Center. *J Trauma* 38:70-8
- [57] Rodriguez JL, Steinberg SM, Luchetti FA, Gibbons KJ, Taheri PA, Flint LM (1990) Early tracheostomy for primary airway management in the surgical critical care setting. *Surgery* 108:655-9
- [58] Rosenfeld JF, Vaccaro AR, Albert TJ, Klein GR, Cotler JM (1998) The benefits of early decompression in cervical spinal cord injury. *Am J Orthop* 27:23-8
- [59] Ross J, White M (2003) Removal of the tracheostomy tube in the aspirating spinal cord-injured patient. *Spinal Cord* 41:636-42
- [60] Saboe LA, Reid DC, Davis LA, Warren SA, Grace MG (1991) Spine trauma and associated injuries. *J Trauma* 31:43-8
- [61] Silver J, Morris W, Otfinowski J (1975) Associated injuries in patients with spinal injury. *The British Journal of Accident Surgery* 12:219-224
- [62] Stauffer JL, Olson DE, Petty TL (1981) Complications and consequences of endotracheal intubation and tracheotomy. A prospective study of 150 critically ill adult patients. *Am J Med* 70:65-76
- [63] Steinbruck K, Paeslack V (1980) Analysis of 139 spinal cord injuries due to accidents in water sports.
- [64] Torg JS, Pavlov H, Genuario SE, Sennett B, Wisneski RJ, Robie BH, Jahre C (1986) Neurapraxia of the cervical spinal cord with transient quadriplegia. *J Bone Joint Surg Am* 68:1354-70
- [65] Ulrich C, Bühren V (2006) Verletzungen der Halswirbelsäule. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date* 1:415-441
- [66] Ville I, Crost M, Ravaud J (2003) Disability and a sense of community belonging. A study among tetraplegic spinal-cord-injured persons in France. *Soc Sci Med* 56:321-32
- [67] Walker WE, Kapelanski DP, Weiland AP, Stewart JD, Duke JHJ (1985) Patterns of infection and mortality in thoracic trauma. *Ann Surg* 201:752-7
- [68] Wang AY, Jaeger RJ, Yarkony GM, Turba RM (1997) Cough in spinal cord injured patients: the relationship between motor level and peak expiratory flow.

- [69] Waters RL, Adkins RH, Yakura JS (1991) Definition of complete spinal cord injury. *Paraplegia* 29:573-81
- [70] Whitecloud T (1983) Management of radiculopathy and myelopathy by the anterior approach. In: Cervical Spine Research Society (Hrsg) *The Cervical Spine*. JB Lippincott, Philadelphia, S 411-424
- [71] Wicks AB, Menter RR (1986) Long-term outlook in quadriplegic patients with initial ventilator dependency. *Chest* 90:406-10
- [72] Wolf C, Meiners TH (2003) Dysphagia in patients with acute cervical spinal cord injury. *Spinal Cord* 41:347-53

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

Erklärung

„Ich, Diana Wolf, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: Retrospektive Untersuchung zum Atemwegs-Management nach Verletzungen der Halswirbelsäule mit Rückenmarkverletzungen“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Die Dissertation wurde ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und stellt auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dar“.

Diana Wolf

Gummersbach, den

Danksagung

Mein Dank gilt in erster Linie Herrn Prof. Dr. med. Arneborg Ernst, Direktor der Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde des Unfallkrankenhauses Berlin, für die Überlassung des Themas, die organisatorische Betreuung, die Korrektur der Arbeit sowie die motivierende Zusammenarbeit.

Ebenfalls gilt mein besonderer Dank Herrn Dr. med. Rainer O. Seidl, Stellvertretender Direktor der Klinik für Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde des Unfallkrankenhauses Berlin für den intensiven Beistand, die zahlreichen wertvollen Anregungen und Hinweise bei der praktischen Durchführung sowie für die unermüdliche Geduld und Unterstützung bei der Fertigstellung der Dissertation.

Des Weiteren möchte ich mich bei Dr. Andreas Niedeggen, Chefarzt des Zentrums für Rückenmarkverletzungen des Unfallkrankenhauses Berlin für die konstruktive Zusammenarbeit bedanken, dessen Mitarbeit wesentlich zur Vervollständigung und Vollendung der Arbeit beitrug.

Danke an alle Freunde und Bekannte für wertvolle Tipps, Unterstützung und die unermüdliche Motivation.