

Aus der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie  
der Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. Dr. h.c. N. Roewer

**Frühe Kontroll-Computertomografien des Schädels bei beatmeten  
Polytraumapatienten mit Verdacht auf Schädel-Hirn-Trauma**

**Befunde und Einfluss auf die Intensivtherapie**

Inaugural – Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Stefan Schlereth

aus Prosselsheim

Würzburg, Oktober 2013

Referent: Prof. Dr. med. Dr. h.c. N. Roewer

Koreferent: Prof. Dr. med. W. Kenn

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 14.10.2014

Der Promovend ist Arzt.

## Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	
1.1 Definition und Einteilung des Schädel-Hirn-Trauma	2
1.2 Behandlungsprinzipien des Schädel-Hirn-Trauma	3
1.3 Bildgebende Diagnostik bei Schädel-Hirn-Trauma-Patienten	6
1.4 Spezielle Situation im untersuchten Studienkollektiv	8
1.5 Fragestellung	10
2. Methodik	
2.1 Datenerhebung	11
2.2 Auswertung	12
2.3 Statistik	15
3. Ergebnisse	
3.1 Patientenrekrutierung	17
3.2 Biometrische und verletzungsbezogene Daten des Gesamtkollektives	18
3.3 Befunde in der ersten CCT und der Kontroll-CCT	20
3.4 Einfluss der Kontroll-CCT auf Therapieentscheidungen	22
3.5 Risikofaktoren für eine Verschlechterung in der Kontroll-CCT	24
3.6 Therapieänderung in Abhängigkeit von Alter, Verletzungsschwere, GCS und Befunden in der Aufnahme-CCT	26

4. Diskussion	
4.1 Verschlechterung und neue Befunde in der Kontroll-CCT und Indikationsstellung zur Kontrolluntersuchung	28
4.2 Therapieänderung nach Kontroll-CCT	32
4.3 Vorhersagewahrscheinlichkeit für eine Verschlechterung in der Kotroll-CCT	35
4.4 Zeitlicher Abstand zwischen Aufnahme-CCT und Kotroll-CCT	40
4.5 Organisatorische Aspekte einer zusätzlichen frühen CCT	41
4.6 Umstellung der Therapie auf palliative Ziele	42
5. Zusammenfassung	44
6. Literaturverzeichnis	46
7. Verzeichnis der Abkürzungen	55

## 1 Einleitung

Bis zum frühen Erwachsenenalter stellt das Schädel-Hirn-Trauma (SHT) die häufigste Todesursache dar.<sup>1</sup> In Deutschland beträgt die jährliche Inzidenz eines SHT in der Bevölkerung 332 Fälle pro 100000 Einwohner.<sup>2</sup> Aufgrund der geringen Ischämietoleranz des Gehirns entscheiden häufig die frühe zielgerichtete Diagnostik und die rechtzeitige bedarfsadaptierte Therapie wesentlich über das Überleben und das Ausmaß der bleibenden Funktionseinschränkungen der Patienten. Das wichtigste Therapieziel in der frühen Phase der Traumaversorgung ist die Vermeidung von sekundären Hirnschädigungen. Diese Phase weist jedoch gerade bei Patienten mit SHT eine hohe Dynamik der intracraniellen Verletzungsfolgen, wie Blutungen oder Kontusionen, auf. Hierbei kann eine Verschlechterung der Befunde bei wachen Patienten an einer Veränderung des neurologischen Status, wie einer Vigilanzminderung, sensibler oder motorischer Ausfälle, oder anhand neu aufgetretener vegetativer Symptome erkannt werden.<sup>3-5</sup> Diese Befunde stehen bei sedierten Polytraumapatienten nicht oder nur in eingeschränkter Weise zur Verfügung. Um auf schlechter werdende oder neue Befunde reagieren zu können, werden bei diesen Patienten häufig in den ersten 24 Stunden nach Klinikaufnahme wiederholt cranielle Computertomografien (CCT) angefertigt, die nicht symptomgetriggert sondern zeitlich festgelegt sind. Dieses Vorgehen steht im Gegensatz zur sonst bei Polytraumatisierten angewandten Strategie des „minimal handling“, die eine Stabilisierung des Patienten durch Vermeidung zusätzlicher Aggressoren zum Ziel hat.<sup>6-8</sup> Der Transport zur CCT in der frühen Phase nach Trauma führt häufig zu pathophysiologischen Veränderungen und Komplikationen, wie Hypoxie, Verstärkung einer Azidose, Schwankungen des arteriellen Blutdruckes oder Hypothermie.<sup>9-12</sup> Außerdem geht von diesem Vorgehen ein erheblicher Aufwand an Logistik,

Personalbindung und zusätzlichen Kosten aus.<sup>13;14</sup> So ergibt sich der Zwiespalt, einerseits eine Verschlechterung eines SHT bei beatmeten Patienten nicht übersehen zu wollen, andererseits die Patienten aber durch einen zusätzlichen Transport weiteren Risiken auszusetzen.

### 1.1 Definition und Einteilung des Schädel-Hirn-Trauma

Das Schädel-Hirn-Trauma ist definiert als eine Funktionsstörung oder Verletzung des Gehirns einschließlich seiner umgebenden und versorgenden Strukturen durch äußere Gewalteinwirkung.<sup>15</sup> Meist findet sich auch eine Verletzung im Bereich des knöchernen Schädels oder der Kopfschwarte. Von der Definition ausgenommen sind singuläre Verletzungen des Schädels, die keine intracraniellen Folgen haben.

Eingeteilt wird das Verletzungsmuster in die Gruppen „offenes SHT“ und „geschlossenes SHT“. Beim offenen SHT besteht eine Verbindung des Liquorraumes nach außen durch traumatische Ruptur der Dura mater mit Austritt von cerebrospinaler Flüssigkeit, beim geschlossenen SHT ist die Dura mater intakt. Diese Einteilung ist vor allem im Hinblick auf das Auftreten von Komplikationen wie Liquorverlust oder Infektionen bis hin zur Encephalitis wichtig.

Eine weitere Einteilung, die für die Wahl des Überwachungsmodus und die Therapieerfordernisse in den ersten Tagen nach dem Trauma entscheidend ist, kann anhand des initialen Vigilanzgrades, ausgedrückt durch die Glasgow Coma Scale (GCS)<sup>16</sup>, vorgenommen werden (Tabelle 1). Hierbei werden die Gruppen „leichtes SHT“, „mittelschweres SHT“ und „schweres SHT“ unterschieden. Vom leichten SHT wird bei einem GCS-Punktwert von 13 – 15

gesprochen, von einem mittelschweren SHT bei GCS-Werten zwischen 9 und 12 Punkten. Ein schweres Schädel-Hirn-Trauma liegt laut Leitlinien für Therapie und Diagnostik in der Neurologie dann vor, wenn der initiale Wert auf der Glasgow Coma Scale kleiner als 9 Punkte ist, bzw. die posttraumatische Bewusstlosigkeit länger als 24 Stunden anhält, oder wenn es zum Auftreten von Hirnstammzeichen kommt.<sup>17</sup> Schätzungen, die in der zitierten Quelle genannt werden, gehen von 15 – 20 Patienten pro 100000 Einwohner pro Jahr für ein schweres SHT aus.

## 1.2 Behandlungsprinzipien des Schädel-Hirn-Trauma

Bei den bleibenden Schäden, die durch ein SHT entstehen, wird die primäre Hirnschädigung, die im Moment des Traumas durch die Gewalteinwirkung auf den Kopf entsteht, von den sekundären Hirnschädigungen unterschieden. Der primäre Schaden ist durch die Behandlung präklinisch und erst recht innerklinisch nicht mehr zu beeinflussen. Die Behandlung von SHT-Patienten zielt nun darauf ab, möglichst die sekundären Schäden zu minimieren. Oberstes Behandlungsziel ist es, dass möglichst wenig Hirngewebe beispielsweise durch eine Hypoxie, Azidose, Druck von raumfordernden Prozessen, oder Minderperfusion zusätzlich geschädigt wird.

Alle Patienten, die ein SHT erlitten haben, sollen neurologisch und allgemein-körperlich untersucht werden. Dies dient dem Erfassen wesentlicher neurologischer Funktionsstörungen, wie motorische oder sensible Ausfälle direkt posttraumatisch, und dem Ausschluss von bedrohlichen Begleitverletzungen. Bei allen Patienten wird die Erhebung des GCS-Wertes gefordert. Dieser erlaubt die Beurteilung des Vigilanzgrades anhand der drei

	<b>GCS Wert</b>
<b>Augenöffnen</b>	
• spontan	4
• auf Aufforderung	3
• auf Schmerzreiz	2
• keine Reaktion	1
<b>verbale Reaktion</b>	
• orientiert	5
• desorientiert	4
• unzusammenhängende Worte	3
• unverständliche Laute	2
• keine verbale Reaktion	1
<b>motorische Reaktion</b>	
• befolgt Aufforderungen	6
• gezielte Schmerzabwehr	5
• ungezielte Abwehr	4
• auf Schmerzreiz Beugesynergismen	3
• auf Schmerzreiz Streckesynergismen	2
• keine motorische Reaktion	1

**Tabelle 1: Glasgow-Coma-Scale<sup>16</sup>**

Kategorien Augenöffnen, verbale Äußerungen und motorische Reaktionen jeweils auf Reize durch den Untersucher (Tabelle 1). Der initiale Wert direkt nach dem Trauma soll möglichst schon durch den Notarzt am Unfallort erhoben und für weitere Verlaufsbeobachtungen und Entscheidungen dringend auch dokumentiert werden.

Da bei etwa 15% aller Patienten mit SHT eine Begleitverletzung der Halswirbelsäule (HWS) zu finden ist, sollen alle Patienten eine geeignete Immobilisierung der HWS erhalten bis

eine solche Verletzung radiologisch ausgeschlossen ist<sup>15</sup>. Eine Hypoxie ist bei SHT-Patienten unbedingt zu vermeiden. Das macht eine entsprechende Beobachtung der Atmung und bei erhaltener suffizienter Spontanatmung eine Sauerstoffgabe erforderlich. Bei bewusstlosen Traumapatienten und bei Patienten ohne suffiziente Spontanatmung geben die Leitlinien die Empfehlung, diese zu intubieren und kontrolliert zu beatmen, da durch diese Maßnahme das Outcome der Patienten deutlich verbessert werden kann.<sup>18-20</sup> Mehrere Studien belegen einen Vorteil für die Patienten durch die bessere Oxygenierung und den Aspirationsschutz durch definitive Sicherung des Atemweges.<sup>18,21,22</sup> Die Intubation für Verunfallte mit einem GCS kleiner 9 Punkte ist von den erwähnten Leitlinien als Grad A Empfehlung, der höchsten Empfehlungsstufe gemäß dem Programm für die Nationalen

Versorgungsleitlinien (NVL2004)<sup>23</sup>, ausgesprochen. Es wird betont, dass hierzu eine ausreichende medikamentöse Sedierung und zur Intubation eine Muskelrelaxation gefordert sind. Anzustreben ist eine arterielle Normotonie, was bedeutet, den systolischen Blutdruck möglichst nicht unter 90 mmHg absinken zu lassen<sup>18;21;22</sup>. Dieses Behandlungsprinzip gründet in der Vorstellung, dass ein ausreichender Hirnstoffwechsel nur bei aufrechterhaltener Hirndurchblutung möglich ist. Die hierfür relevante Größe ist der cerebrale Perfusionsdruck (CPP), der sich näherungsweise errechnen lässt, indem man vom arteriellen Mitteldruck (MAP) den intracraniellen Druck (ICP) abzieht.

$$(CPP = MAP - ICP)$$

Um dieses Ziel auch bei aufgehobener Autoregulation zu erreichen, muss einerseits durch aggressive Volumentherapie für eine Normovolämie gesorgt werden, andererseits müssen, wenn notwendig, auch Katecholamine zum Einsatz kommen. Zur Messung und Steuerung des ICP ist es notwendig, dass Patienten mit einer pathologischen Aufnahme-CCT und mit Nachweis eines intracraniellen Hämatoms, einer Kontusion oder Zeichen eines Hirnödems mit einer Hirndrucksonde instrumentiert werden.<sup>21;22</sup> Durch eine Lagerung mit 30 Grad erhöhtem Oberkörper kann der ICP zwar nicht langfristig erniedrigt werden, jedoch können Druckspitzen vermieden werden. Der Kopf soll streng achsengerecht und nicht gedreht gelagert werden, um den venösen Abfluss aus dem intracraniellen Stromgebiet nicht zu behindern. Durch tiefe Sedierung der Patienten wird der Gehirnstoffwechsel reduziert, was zu einem verminderten Sauerstoffverbrauch der Zellen führt. Ebenso sollen Husten und Pressen gegen den Respirator oder Einatemversuche verhindert werden, was zu einem Anstieg des ICP führen würde. Um die zellphysiologischen Bedingungen so zu optimieren, dass möglichst wenig Hirnparenchym durch Sekundärschädigung

verloren geht, ist möglichst eine metabolische Homöostase herzustellen. Parameter, die hierzu angestrebt werden sollten, sind die Einstellung des Blutzuckers auf normoglykämie Werte zur Versorgung der Zellen mit Energieträgern, die Normovolämie zur Aufrechterhaltung eines ausreichenden CPP, sowie die Normokapnie und die Normothermie. Einige Studien haben gezeigt, dass potenziell günstige Effekte einer Hypothermie für die Zellen durch andere Komplikationen dieser Behandlungsstrategie erkauft werden müssen.<sup>24;25</sup>

### 1.3 Bildgebende Diagnostik bei Schädel-Hirn-Trauma-Patienten

Erste Wahl bei der bildgebenden Diagnostik nach SHT bei allen Patienten mit mindestens einem Kriterium aus Tabelle 2 ist die cranielle Computertomografie nach Krankenhausaufnahme.<sup>15;17;19;26</sup> Durch sie lassen sich intracranielle Traumafolgen darstellen und Befunde detektieren, die eine sofortige oder

#### Obligate Indikationen:

- Bewusstseinstörung oder Koma
- Amnesie
- Neurologische Störungen
- Erbrechen, mit zeitlichem Zusammenhang zur Gewalteinwirkung
- Krampfanfall
- klinische Zeichen einer Schädelfraktur
- V. a. Impressionsfraktur oder penetrierende Verletzung
- V. a. Liquorfistel (offenes SHT)
- Hinweise auf eine Gerinnungsstörung oder Einnahme gerinnungshemmender Substanzen

#### Fakultative Indikationen:

- unklare Unfallanamnese
- starke Kopfschmerzen
- Intoxikation mit Alkohol oder Drogen
- Hinweis auf ein Hochenergietrauma

**Tabelle 2: Indikationen für eine CCT nach SHT<sup>15;26</sup>**

dringliche Intervention notwendig machen. Beispiele hierfür sind raumfordernde Pathologien, wie die traumatische Subarachnoidalblutung, das Epiduralhämatom, das Subduralhämatom sowie raumfordernde Impressionsfrakturen der Kalotte. Die Behandlungsentscheidungen bezüglich des Schädel-Hirn-Traumas werden laut Guidelines der Deutschen Gesellschaft für Neurochirurgie anhand der klinischen Verlaufsbeobachtung, hier vor allem des Vigilanzgrades, und anhand serieller cranieller Computertomografien getroffen.<sup>15;17</sup>

Wie bereits erwähnt, unterscheiden sich die Leitlinien für die Diagnostik und die Behandlungspfade des SHT anhand der Einteilung in verschiedene Schweregrade erheblich. Beim leichten SHT, das in etwa 80% der Fälle anzutreffen ist, steht die klinische Beurteilung im Vordergrund. Die Richtlinien sehen für Patienten, die nach einer kurzen stationären Akutbetreuung keine klinische Verschlechterung im Sinne der in Tabelle 3 aufgeführten

Komplikationen aufweisen, keine Kontroll-CCT mehr vor.<sup>15;17;26</sup> Gestützt werden diese Empfehlungen durch zahlreiche Studien, die Patienten mit leichtem SHT und deren Outcome untersuchten.<sup>3-5;27-30</sup> Beim schweren SHT hingegen sollen CT-Verlaufskontrollen, auch in kurzfristigem Abstand, zum

- mehrmaliges Erbrechen
- zerebraler Krampfanfall
- Intoxikation mit eingeschränkter Untersuchbarkeit
- psychopathologische Auffälligkeit
- neurologisches Defizit
- pathologischer Untersuchungsbefund (Liquorrhoe, Monokel-, Brillenhämatom, Hämatothympanon)

**Tabelle 3: Indikationen für eine Kontroll-CCT bei wachen SHT-Patienten<sup>15;26</sup>**

Einsatz kommen. Ebenfalls eine Kontroll-CCT sehen die Leitlinien der Gesellschaften für Neurologie und Neurochirurgie bei Ausbildung eines Hirnödems und Anstieg des ICP vor.<sup>15;17;19</sup> Die Bewertung der Empfehlungen beim schweren SHT und die spezielle Situation der untersuchten SHT-Patienten unserer Studie werden im folgenden Abschnitt beschrieben.

#### 1.4 Spezielle Situation im untersuchten Studienkollektiv

Am Universitätsklinikum Würzburg, einem Haus der Maximalversorgung, werden pro Jahr ca. 400 Traumapatienten über den interdisziplinären Schockraum aufgenommen. Von diesen 400 Patienten sind ca. 150 Patienten polytraumatisiert ( $ISS \geq 16$ ). Diese wurden zumeist auf der Anästhesiologischen Intensivstation weiterbehandelt. Von diesen haben nach eigenen Erhebungen 69% ein Schädel-Hirn-Trauma. Verletzungen von Thorax und Abdomen finden sich in 58% bzw. 18% der Fälle. Diese Verteilung der Verletzungsmuster bei unseren Patienten deckt sich in etwa mit den Daten aus dem Traumaregister der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) (SHT 55%, Thoraxtrauma 54%, abdominelles Trauma 16%).<sup>31</sup> Dies zeigt, dass ein SHT bei polytraumatisierten Patienten praktisch immer mit berücksichtigt werden muss. Bei ausgedehnten Begleitverletzungen des Thorax oder Abdomens sind häufig tiefe Sedierung und differenzierte Beatmung über einen längeren Zeitraum notwendig. Ebenso sehen die aktuellen Leitlinien der DGNCH, wie oben dargestellt, eine Intubation und Beatmung des Patienten zur Sicherstellung der Oxygenierung bei Bewusstlosen ( $GCS < 9$ ) möglichst schon am Unfallort für den Transport in ein Traumazentrum vor.<sup>15</sup> Bei tief sedierten Patienten fällt die Beurteilung der neurologisch-klinischen Parameter weg oder ist zumindest auf ein Minimum reduziert, wie etwa die Beurteilung der Pupillen, das Auftreten von Krämpfen, Beuge-/Strecksynergismen oder eine zentrale Kreislaufregulationsstörung.<sup>32</sup> Damit sind die Grundlagen für die Indikationsstellung zur wiederholten CCT anhand klinischer Parameter, wie sie die aktuellen Leitlinien vorsehen, stark eingeschränkt. Innerklinische Leitlinien des Universitätsklinikums Würzburg sehen deshalb vor, ca. 6 Stunden nach der Aufnahme-CCT eine frühe Kontroll-CCT anzufertigen, um etwaige

Veränderungen der intracraniellen Situation frühzeitig zu erfassen und therapeutische Maßnahmen ohne Verzögerung durchführen zu können.

Von diesem routinemäßigen Vorgehen geht ein erheblicher Aufwand an Logistik und Personalbindung aus. Es ergeben sich Konflikte mit anderen in dieser Phase der Patientenversorgung angewandten Konzepten. So müssen die Patienten gerade in der Stabilisierungsphase transportiert werden, was dem Behandlungsprinzip „damage control care“ zuwider läuft. In dieser Phase sollen Hypovolämie, Hypothermie und Azidose minimiert werden, indem möglichst wenig zusätzliche Aggressoren auf den Patienten einwirken („minimal handling“).<sup>7,8;33-35</sup> Mehrere Studien konnten zeigen, dass alleine der Transport bei intensivpflichtigen beatmeten Patienten wichtige Parameter der Therapie ändern kann. So wurden Änderungen des Blutdruckes, des Beatmungsdruckes und des ICP durch den Einfluss eines Transportes gefunden, was insgesamt mit einer erhöhten Morbidität und auch einer erhöhten Mortalität einhergeht.<sup>9-14;36;37</sup> Außerdem gilt es, bei einem innerklinischen Transport in diesem Zusammenhang auch logistische Probleme zu berücksichtigen. Unter den besonderen Bedingungen eines Transportes von Intensivpatienten bedeutet die Aufrechterhaltung der Beatmung und des invasiven Monitorings einen erhöhten Aufwand. Es muss auf Transportbeatmungsgeräte zurückgegriffen werden, die häufig im Vergleich zu Intensivrespiratoren weniger spezielle Möglichkeiten bieten und geringere Sicherheitsreserven aufweisen. Für den Transport zur Diagnostik und zurück werden Personal und technische Ressourcen gebunden, die für das Management auf der Station nicht zur Verfügung stehen. Wiederholte CT-Untersuchungen setzen die Patienten schließlich einer größeren Strahlenbelastung aus, die mit einer Erhöhung des Risikos für Gedächtnisstörungen und einem allgemein erhöhten Risiko für die Entstehung

eines Karzinoms einhergeht.<sup>38-40</sup> Nicht zuletzt kosten die Transporte durch den Mehraufwand an Personal und Ausbildung, sowie die Beschaffung und Unterhaltung des Transportmonitorings Geld.<sup>13;14</sup>

Die eben vorgetragenen Argumente, die klar gegen unnötige Transporte bei beatmeten Polytraumapatienten sprechen, müssen in Relation zu den aus der Zusatzuntersuchung gewonnenen Erkenntnissen und der daraus ableitbaren Therapieentscheidung bewertet werden. Dies führt zur Hauptfragestellung der Untersuchung.

### 1.5 Fragestellung

1. Wie häufig findet sich bei routinemäßig angefertigten frühen Kontroll-CCT bei sedierten polytraumatisierten Patienten mit Verdacht auf SHT eine Verschlechterung des Befundes oder ein neuer intracranieller Befund im Vergleich zur Aufnahme-CCT?

2. Wie häufig zieht die neue Erkenntnis aus dieser zweiten CCT eine Änderung des Therapieregimes nach sich?

Sekundär ergeben sich aus der Hauptfragestellung folgende Nebenfragen:

3. Gibt es Risikofaktoren, wie Alter, Verletzungsschwere oder einzelne Befunde in der ersten CCT, die häufiger mit einer Verschlechterung einhergehen?

4. Gibt es Patientengruppen, die es erlauben, auf eine Kontrolle zu verzichten, weil eine Verschlechterung der Befunde unwahrscheinlich ist?

## 2 Methodik

### 2.1 Datenerhebung

Mit Zustimmung der Ethikkommission der Universität Würzburg wurden die elektronischen Patientenakten von 244 Patienten der Intensivtherapiestation der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie des Universitätsklinikums Würzburg retrospektiv ausgewertet. Der Zeitraum der Behandlung dieser Patienten umfasste die Jahre 2004 bis 2006. Sie wurden alle über den interdisziplinären Schockraum des Universitätsklinikums Würzburg aufgenommen und anschließend auf der Anästhesiologischen ITS weiter behandelt.

Die eben genannten 244 Traumapatienten waren Ergebnis einer Vorauswahl und wurden auf folgende Einschlusskriterien überprüft:

- gesichertes SHT in der CCT
- Verdacht auf SHT

und

- Notwendigkeit der Beatmung und Sedierung aus anderer Ursache (z.B. Thoraxtrauma, notwendige operative Versorgung anderer Verletzungsfolgen)

Ausschlusskriterien waren folgende vor Anfertigung der zweiten CCT durchgeführten neurochirurgisch-invasiven Maßnahmen:

- Entlastungskraniektomien
- therapeutische externe Ventrikeldrainagen (EVD)

Grundlage der Datenerhebung war das elektronische Patienten-Daten-Management-System (PDMS) des Universitätsklinikums Würzburg, realisiert durch die Programme CareVue I0 (Philips Health Care, Amsterdam), dem Programmmodul i.s.h.med (GSD Siemens, Berlin) im Kontext von IS-H (SAP,

Walldorf) und Magic Web V 50 (Siemens, Berlin) für die CT-Befunde und Bilder.

## 2.2 Auswertung

Die Auswertung mittels einer Excel-Tabelle (Microsoft Office Excell 2003) erfolgte anonymisiert. Folgende Daten wurden aus dem PDMS erhoben:

- Patientenalter
- Geschlecht
- ISS
- GCS am Unfallort (sofern vom Notarzt dokumentiert)
- ITS Aufenthaltsdauer
- Beatmungstage
- klinische Hinweise auf eine Verschlechterung der intracraniellen Situation (z.B. Pupillenstörung, Krämpfe, zentrale Kreislaufregulationsstörung)
- therapeutische Konsequenz aus der Kontroll-CCT

Aus den Untersuchungsdaten des Instituts für Röntgendiagnostik des Universitätsklinikums Würzburg wurden die genauen Zeitpunkte der ersten CCT innerhalb der Klinik und der darauf folgenden Kontroll-CCT erhoben. Daraus konnte der zeitliche Abstand der beiden Untersuchungen genau ermittelt werden. Die vom Institut für Röntgendiagnostik an die behandelnden Ärzte weitergegebenen und fachärztlich supervidierten Befunde in der Aufnahme-CCT wurden auf folgende Einzelbefunde hin geprüft:

- Kontusion
- Subarachnoidalblutung (SAB)

- Subduralhämatom (SDH)
- Epiduralhämatom (EDH)
- Ventrikelblutung
- Intracerebrale Blutung (ICB)
- Schädelfraktur
- Hirnödem
- Mittellinienverlagerung
- Fremdkörper
- „kein pathologischer Befund“

Die Befunde der Kontroll-CCT, die ebenfalls fachärztlich supervidiert waren, wurden nach den gleichen Kriterien durchsucht und die Ergebnisse verbal skaliert in folgendem Schema wiedergegeben.

- Befund gleich
- Befund verbessert
- Befund verschlechtert
- neuer Befund

Für die Analyse der Daten aus diesen vier Ergebnisfällen wurden zwei Gruppen gebildet:

- **Gruppe 1:** Befunde gleich oder verbessert
- **Gruppe 2:** Befunde verschlechtert oder neue Befunde

Eine genaue Beschreibung der vom Institut für Röntgendiagnostik erhobenen Diagnosen der Kontroll-CCT und gegebenenfalls Zusatzbemerkungen wurden im Wortlaut erfasst, um bei Unklarheiten leichter auf die Fakten rückschließen zu können, diese wurden jedoch nicht in die Auswertung miteinbezogen.

Das PDMS der Anästhesiologischen ITS, das den intensivmedizinischen Verlauf, dreimal täglich ärztliche Übergabeprotokolle und sämtliche Daten über

Vitalfunktionen, Beatmung sowie das medikamentöse Regime erfasst, wurden hinsichtlich einer nach der zweiten CCT erfolgten Änderung der Therapiestrategie ausgewertet. Die Konsequenzen aus der Kontroll-CCT wurden in folgende sechs Gruppen eingeteilt:

- keine Änderung der Therapie
- operative Notfallintervention (darunter wurden nur Patienten subsummiert, die eine Entlastungskraniektomie erhielten)
- externe Ventrikeldrainage
- Implantation einer Hirndrucksonde
- Beginn einer konservativen Schädel-Hirn-Trauma-Therapie
- Umstellung auf palliative Therapie

In die Gruppe mit konservativer SHT-Therapie wurden Patienten eingeteilt, deren Behandlung aus dem Care-View-Protokoll ersichtlich ab dem Zeitpunkt der Kontroll-CCT auf ein strenges cerebroprotektives Regime umgestellt wurde. Kriterien hierfür waren:

- tiefe Sedierung, evtl. unter Einsatz von Barbituraten
- 30°-Oberkörper-Hochlagerung
- engmaschige Pupillenkontrollen
- Anhebung des MAP zur Aufrechterhaltung eines adäquaten CPP
- Normoventilation mit pCO<sub>2</sub> Werten zwischen 35 und 40 mmHg

Es wurde untersucht, ob die Therapieplanänderung in kausalem Zusammenhang mit den neu gewonnen Erkenntnissen aus der Kontrolluntersuchung stand, was anhand der Dokumentation der täglichen ärztlichen Übergaben verifiziert werden konnte. Bei der Umstellung auf eine palliative Therapie wurde in allen Fällen nach gemeinsamer Entscheidungsfindung mit Oberärzten aus der Neurochirurgischen Klinik auf eine hirnpotektive Therapie mangels Erfolg versprechender

Behandlungsoptionen verzichtet und dies auch explizit im intensivmedizinischen Verlaufsprotokoll so dokumentiert. Auch diese Entscheidung konnte mit Hilfe der schriftlichen Arzt-Arzt-Übergaben auf die neuen Informationen aus der Kontroll-CCT zurückgeführt werden.

Aus den Entlassbriefen wurde bei allen Patienten im Rahmen der Outcome-Dokumentation ein Glasgow-Outcome-Wert (GOS) erhoben.<sup>41;42</sup> Dieser ist in eine fünfstufige Skala eingeteilt, die auf unser Kollektiv, wie in Tabelle 4 dargestellt, angewandt wurde:

gute Erholung	Patienten sind im Alltag unabhängig und in das Arbeitsleben eingliederbar
mäßige Behinderung	Patienten sind im Alltag in gewohnter Umgebung unabhängig, brauchen jedoch Hilfe und besondere Bedingungen im Arbeitsleben
schwere Behinderung	Patienten brauchen dauerhaft Hilfe durch andere Personen, sind jedoch mit unterschiedlichem Vigilanzgrad bei Bewusstsein
persistierender vegetativer Status	Patienten, die nicht kontaktfähig sind
Tod	Patienten, die verstorben sind

**Tabelle 4: Glasgow-Outcome-Stadien<sup>41</sup>**

### 2.3 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit den Programmen Microsoft Excel (Microsoft Corp., Redmond) und SPSS Statistics für Windows, Release 15.1 und 17.1 (SPSS Corp., Chicago). Zur Beschreibung der Ergebnisse und zur Ermittlung von Korrelationen wurden folgende Tests angewandt: Chi-Quadrat-

Test, exakter Test nach Fisher, Mann-Withney-U-Test. Zur Beurteilung der Signifikanz von Unterschieden zwischen den Gruppen wurden P-Werte berechnet. Es wurde als signifikant eine Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p < 0,05$  angenommen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Patientenrekrutierung

Insgesamt wurden, wie oben beschrieben, 244 Patienten auf das Vorliegen der Einschlusskriterien hin überprüft. Diese in 2.1 beschriebenen Kriterien erfüllten 206 Patienten.

Acht Patienten verstarben im Verlauf zwischen der ersten und der Kontroll-CCT, sodass die Daten dieser Patienten unberücksichtigt blieben.

Aufgrund nicht einsehbarer Unterlagen und nicht rekonstruierbarer radiologisch supervidierter Befunde bei einer der beiden Computertomografien fielen weitere 41 Patienten aus der Auswertung. Ebenso konnten 4 Patienten nicht ausgewertet werden, weil anhand der vorliegenden Daten nicht differenziert werden konnte, ob auf Basis der Befunde der Kontroll-CCT eine Therapieänderung stattgefunden hat, oder ob die Therapieentscheidung durch andere Fakten gestützt, getroffen wurde.

Neurochirurgisch invasive Maßnahmen, wie Kraniektomien und therapeutische externe Ventrikeldrainagen, wurden vor der Kontroll-CCT im Anschluss an die primäre Schockraumtherapie bei 3 Patienten durchgeführt, was ebenfalls zum Ausschluss aus der Studie führte.

Bei 12 Patienten wurde nach der ersten CCT eine Hirndrucksonde implantiert und damit stand für die Steuerung der weiteren Therapie des SHT ein zusätzlicher Parameter zur Verfügung. Dennoch erhielten auch diese Patienten eine zweite CCT, die zur weiteren Therapieplanung herangezogen wurde, weshalb diese Patienten in der Auswertung belassen wurden.

Insgesamt flossen die Daten von 150 Patienten in die Ergebnisse ein.

### 3.2 Biometrische und verletzungsbezogene Daten des Gesamtkollektives

Um die Patienten, die in die Studie eingeschlossen wurden zu beschreiben und mit anderen Studien vergleichbar zu machen, wurden Alter und Geschlecht sowie weitere verletzungsbezogene Daten analysiert. Von den 150 untersuchten Patienten waren 97 männlich (64,7%) und 53 weiblich (35,3%). Die Patienten waren im Mittel 39 Jahre (+/-21,9) alt. Hier und in der weiteren Arbeit werden statistische Mittelwerte mit den Werten für die Standardabweichung nachfolgend in Klammern angeführt.

132 Patienten (86%) erlitten ein Polytrauma, das heißt, sie wurden wegen schwerer Begleitverletzungen beatmet, 16 Patienten (10,6%) erlitten ein isoliertes SHT. Bei 2 Patienten (1,3%) bestand die Notwendigkeit der Beatmung aufgrund der schlechten pulmonalen Situation. Hiervon erlitt ein Patient ein isoliertes Thoraxtrauma bei wahrscheinlich vorbestehender oder beginnender (Aspirations-)Pneumonie, bei dem eine lungenprotektive Beatmungstherapie mit inverse ratio ventilation (IRV) notwendig wurde. Der zweite dieser Patienten wurde mit dem Thorax zwischen eine Wand und ein Hubfahrzeug eingeklemmt und wurde vom Notarzt bereits asphyktisch aufgefunden. Der genaue Traumamechanismus war nicht zu klären. Letztlich konnte bei beiden der Verdacht auf ein SHT in der Initialphase durch anamnestische Daten nicht

	n (MW)	% (SD)
weiblich	53	35,3
männlich	97	64,7
Alter	(39)	(+/- 21,9)
Polytrauma	132	86
Langzeitbeatmung	3	2
Isoliertes SHT	16	10,6
ISS	(25)	(+/- 11,4)
GCS	(9)	(+/- 4,62)
ITS Aufenthalt (Tage)	(14)	(+/- 10,91)
Beatmungstage	(12)	(+/- 10,77)
ICP Sonde	12	8

**Tabelle 5: Biometrische Eigenschaften des Studienkollektivs**

ausgeräumt werden, was zur Kontrolle der intracraniellen Situation durch eine zweite CCT führte.

Die Verletzungsschwere wurde mit einem mittleren ISS von 25 (+/- 11,4) beziffert, wobei die Extremwerte mit 3 und 59 dabei sehr weit auseinander lagen.

Der Vigilanzzustand der Patienten am Unfallort wurde durch einen GCS-Wert von 8,9 (+/- 4,62) abgebildet. Die vom Notarzt am Unfallort erhobene GCS war bei 124 Patienten im Entlassbrief der Anästhesiologischen ITS dokumentiert und konnte bei weiteren 5 Patienten anhand der Notarztprotokolle ermittelt werden. Insgesamt konnte also für 129 Patienten (86%) ein initialer GCS-Wert bei Eintreffen des Notarztes angegeben werden. Bei 21 Patienten (14%) war dies wegen fehlender Dokumentation an der Einsatzstelle nicht mehr möglich.

Die mittlere Dauer des Aufenthaltes auf der Intensivtherapiestation betrug 14 Tage (+/- 10,91) und die mittlere Beatmungsdauer 12 Tage (+/- 10,77).

Der zeitliche Abstand zwischen beiden CT-Untersuchungen war im Median 5 Stunden 22 Minuten (4:25/6:50 für die 1./3. Quartile).

Die Patienten wurden engmaschig neurologisch untersucht und es zeigte sich bei 31 Patienten (20,6%) vor der zweiten CCT ein klinisch auffälliger Befund. Bei 30 (20%) war dies eine Störung der Pupillomotorik im Sinne einer Anisokorie, bei einem Patienten (0,6%) handelte es sich um einen generalisierten Krampfanfall als Ausdruck für eine progrediente intracranielle Pathologie.

Das Outcome der untersuchten Studienpatienten war nach der Glasgow Outcome Scale folgendermaßen verteilt: Mit einer gut erhaltenen oder wiederhergestellten neurologischen Funktion verließen das Krankenhaus 58 Patienten (38,67%), mäßig behindert waren 41 (27,33%), schwer behindert 23

(15,34%), nicht ansprechbar 5 Patienten (3,34%). Es verstarben im Krankenhaus 23 aller 150 Patienten, womit die Krankenhaus-Mortalität 15,34% betrug.

### 3.3 Befunde in der ersten CCT und der Kontroll-CCT

Die Befunde in der Aufnahme-CCT wurden wie oben erwähnt auf 11 Einzeldiagnosen hin abgefragt. Hierbei wiesen 49 Patienten (32,67%) keine Pathologie auf, bei 101 Patienten (67,34%) ließen sich eine oder mehrere der oben genannten Diagnosen darstellen. Die Einzelverteilung ist in Abbildung 1 gezeigt.

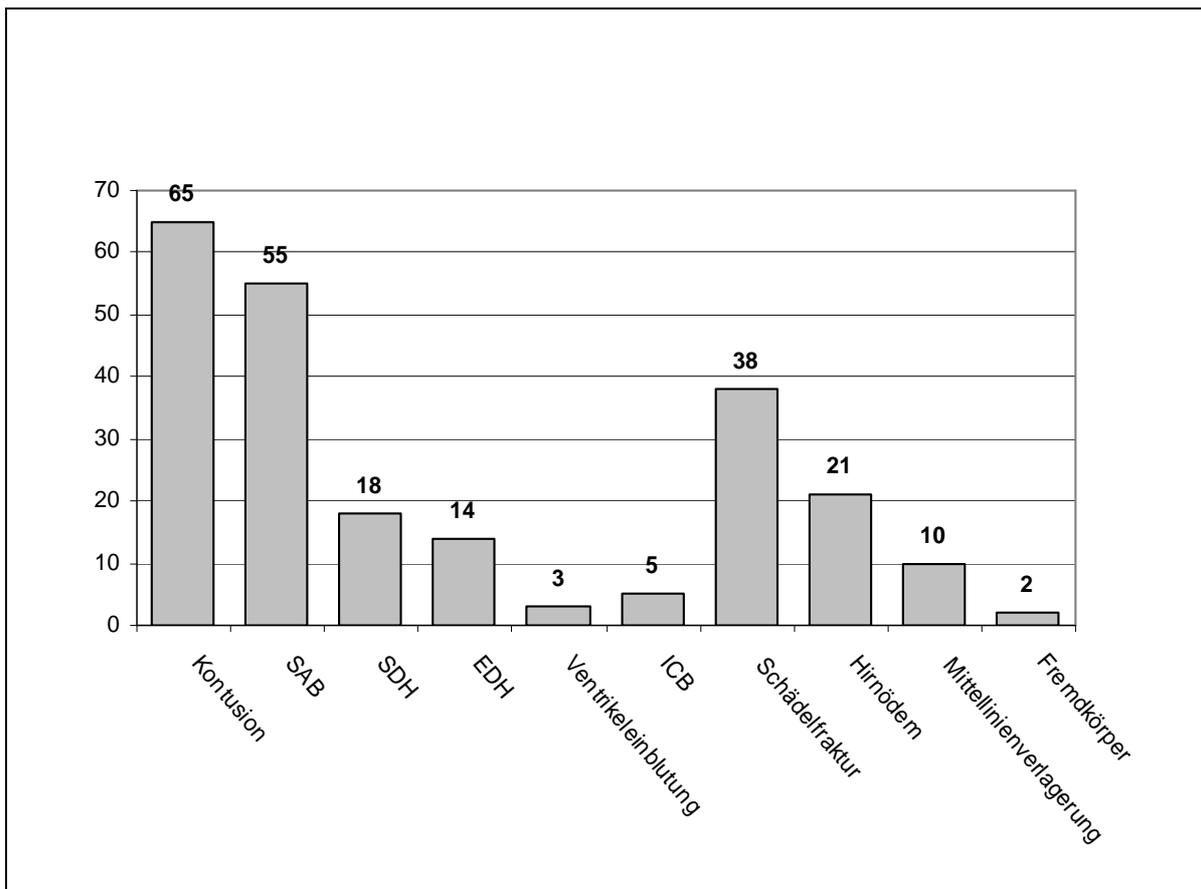
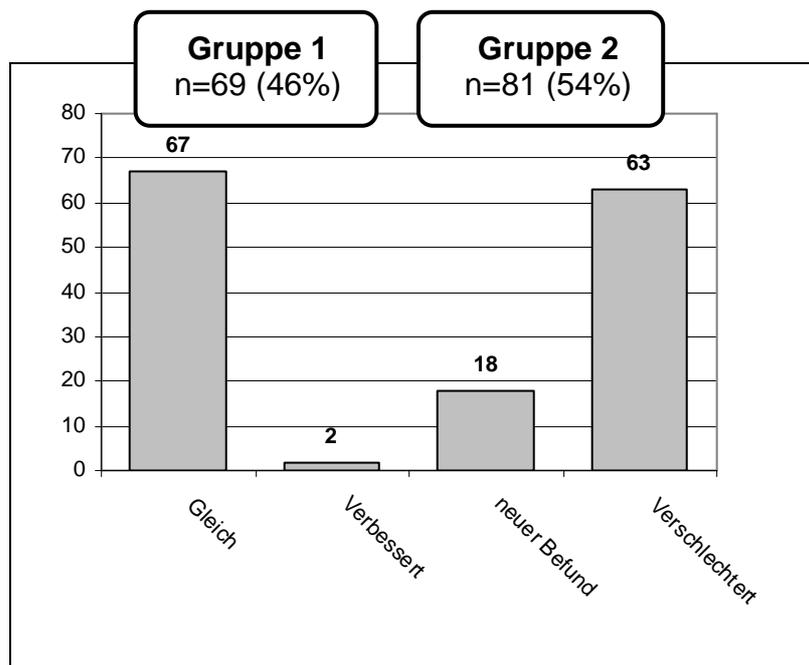


Abbildung 1: Verteilung der Einzeldiagnosen in der ersten CCT

Die Ergebnisse der folgenden Kontroll-CCT wurden in die vier im Abschnitt 2.2 beschriebenen Kategorien eingeteilt. Verbesserte Befunde aus der ersten CCT hatten in der Kontrolle 2 Patienten (1,33%), die gleichen Befunde wie in der ersten CCT-Untersuchung hatten 67 Patienten (44,67%). Verschlechtert hatten sich in der Kontroll-CCT 63 aller Patienten (42%) und 18 (12%) wiesen einen neuen Befund auf, der in der Aufnahme-CCT noch nicht vorhanden war.



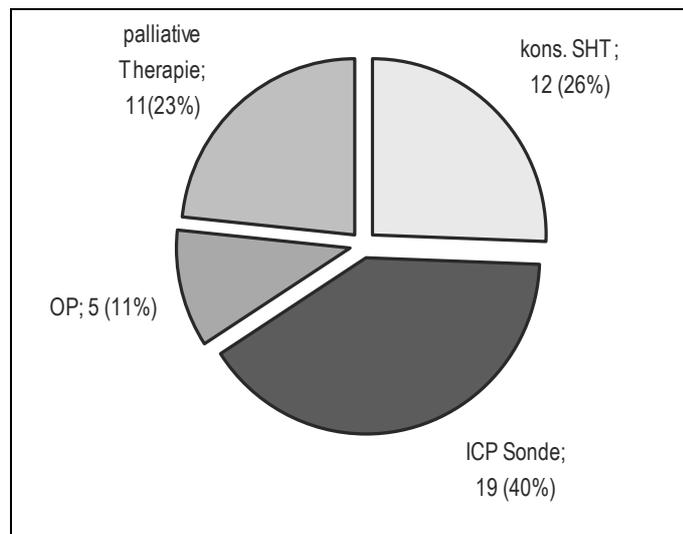
**Abbildung 2: Ergebnisse der Kontroll-CCT**

Daraus wurden zwei Gruppen gebildet, die im Folgenden gegeneinander ausgewertet und statistisch verglichen wurden. Eine Gruppe mit verbesserten oder gleich gebliebenen Befunden (Gruppe 1), der 69 Patienten (46%) angehörten und die zweite Gruppe mit verschlechterten oder neuen Befunden (Gruppe 2), der 81 Patienten (54%) zugeordnet wurden. 13 Patienten waren in der Aufnahme-CCT unauffällig und zeigten in der Kontroll-CCT einen neuen Befund. Das entspricht 27% aller 49 Patienten mit unauffälliger ersten CCT. 36 Patienten (24%) hatten sowohl bei Aufnahme als auch in der Kontrolle eine blande CCT ohne Darstellung von intracraniellen Verletzungsfolgen. Im

Folgenden soll zur Klärung der Hauptfragestellung der Einfluss der Kontrolluntersuchung auf die Behandlungsstrategie auf der Intensivtherapiestation dargestellt werden.

### 3.4 Einfluss der Kontroll-CCT auf Therapieentscheidungen

Bei insgesamt 47 aller untersuchten 150 Patienten (31,3%) erfolgte eine Umstellung der Therapie nach den neu gewonnen Erkenntnissen der Kontroll-CCT (Abbildung 3). Einzel aufgeschlüsselt waren dies bei 12 Patienten (8%) die strenge Anwendung einer konservativen SHT-Therapie, bei 19 (12,6%) wurde eine Hirndrucksonde platziert. 5 Patienten (3,3%) mussten aufgrund der Befunde der Kontrolluntersuchung im OP neurochirurgisch versorgt werden. In allen 5 Fällen handelte es sich hier um eine Entlastungstrepanation. Bei 11 Patienten (7,3%) wurde als Konsequenz aus der Kontroll-CCT die intensivmedizinische Therapie deeskaliert und auf eine palliative Therapie ohne neuroprotektive Aspekte umgestellt. 103 Patienten (68,7%) haben keine Änderung ihrer Therapie nach der zweiten CCT erfahren.



**Abbildung 3: Konsequenzen aus der Kontroll-CCT, Gesamtkollektiv**

103 Patienten (68,7%) haben keine Änderung ihrer Therapie nach der zweiten CCT erfahren.

Untersucht man die beiden oben erwähnten Gruppen getrennt voneinander, ergibt sich folgendes Bild: In Gruppe 1 mit den verbesserten oder gleich

gebliebenen Befunden erfuhren 66 (95,7%) keine Therapieänderung. Bemerkenswert ist aber, dass in dieser Gruppe bei 3 Patienten (4,3%) trotz gleich bleibender Befunde die Therapie verändert wurde. Und zwar wurde bei 2 Patienten (2,9%) die bereits begonnene konservative SHT-Therapie strenger angepasst weitergeführt, bei einem Patienten (1,45%) wurde eine ICP-Sonde gelegt. In der retrospektiven Analyse dieses Phänomens ist zu erkennen, dass bei diesen Patienten die Befunde in der Kontrolle zwar als gleich bleibend interpretiert wurden, es sich jedoch bei zwei Patienten um komplexe Hirnverletzungen mit mehr als drei Einzeldiagnosen handelte. Einer von ihnen zeigte bei der neurologischen Untersuchung eine Anisokorie. Beim dritten Patienten wurde in der ersten CCT kein pathologischer Befund erhoben, jedoch war auch er im Verlauf mit einer gestörten Pupillomotorik auffällig geworden. In Gruppe 2 wurde bei 44 Patienten (54,32%) die Therapie geändert. 37 Patienten (45,51%) erfuhren keine Änderung ihrer Therapie. Hierbei waren die einzelnen Konsequenzen folgendermaßen aufgeteilt. 10 Patienten (12,30%) wurden nach der Kontrolle konservativ nach SHT-Schema behandelt, bei 18 Patienten (22,14%) wurde eine Hirndrucksonde eingebracht, 5 Patienten (6,5%) mussten operativ entlastet werden und bei 11 Patienten (13,53%) fiel nach der Kontroll-CCT die Entscheidung zur Rücknahme der neuroprotektiven Behandlung. Vergleicht man die Gruppen statistisch, so stellt man fest, dass bei gleichen oder verbesserten Befunden in der Kontrolle statistisch signifikant weniger Therapieänderungen erfolgen ( $p < 0,001$ ).

### 3.5 Risikofaktoren für eine Verschlechterung in der Kontroll-CCT

Um Risikofaktoren für eine Verschlechterung in der Kontroll-CCT zu identifizieren, wurden die beiden Gruppen hinsichtlich Alter, Geschlecht, Verletzungsschwere, initial erhobener GCS-Werte, einzelner Diagnosen in der ersten CCT und eventueller Auffälligkeiten in der neurologischen Beobachtung untersucht. Die einzelnen Werte der beiden Gruppen sind aus Tabelle 6 ersichtlich. Ein grafischer Vergleich geht aus Abbildung 4 hervor.

Statistisch signifikante Risikofaktoren für eine Verschlechterung in der Kontroll-CCT waren eine Kontusion ( $p < 0,001$ ), eine SAB ( $p = 0,001$ ), ein Hirnödem zum Zeitpunkt der ersten CCT ( $p = 0,008$ ) und eine Auffälligkeit in der neurologischen Untersuchung ( $p < 0,001$ ). Ebenfalls einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen bieten die Verletzungsschwere gemessen als ISS-Wert ( $p = 0,013$ ) und der am Unfallort erhobene GCS-Wert ( $p = 0,012$ ).

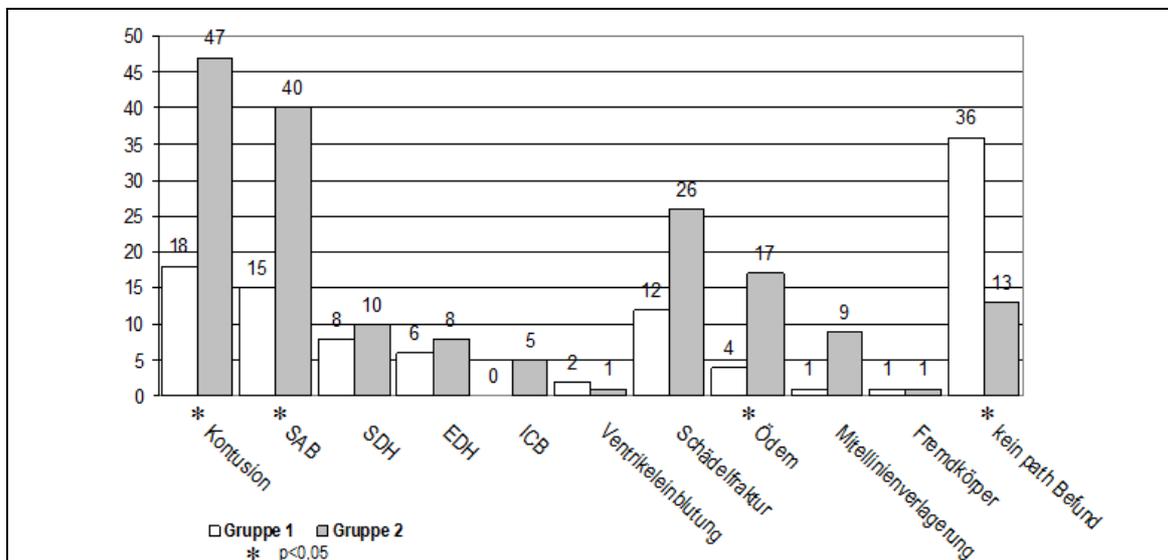


Abbildung 4: Vergleich der Gruppen 1 und 2 bezüglich der Aufnahme-CCT-Diagnosen

	Gruppe 1		Gruppe 2	
	n	%	n	%
	<b>69</b>		<b>81</b>	
männlich	43	62,35	54	66,42
weiblich	26	37,70	27	33,21
<b>Kontusion *</b>	18	26,10	47	57,81
<b>SAB *</b>	15	21,75	40	49,20
SDH	8	11,60	10	12,30
EDH	6	8,70	8	9,84
ICB	0	0,00	5	6,15
Ventrikelblutung	2	2,90	1	1,23
Schädelfraktur	12	17,40	26	31,98
<b>Ödem *</b>	4	5,80	17	20,91
Mittellinienverlagerung	1	1,45	9	11,07
Fremdkörper	1	1,45	1	1,23
<b>kein pathologischer Befund *</b>	36	52,20	13	15,99
<b>neurologische Auffälligkeit *</b>	5	7,25	26	31,98
keine neurologische Auffälligkeit	64	92,80	55	67,65
	MW+/- SD	Median	MW+/- SD	Median
Alter	36,09+/-20,7	30,00	41,85+/-22,6	38,00
<b>ISS *</b>	22,57+/-9,99	22,00	27,64+/-12,1	27,00
<b>GCS *</b>	10,05+/-4,5	12,00	8,00+/-4,6	7,00

**Tabelle 6: Vergleich der Gruppen 1 und 2 hinsichtlich einzelner Diagnosen im ersten CCT und biometrischer, sowie verletzungsbezogener Daten** \* p<0,05

### 3.6 Therapieänderung in Abhängigkeit von Alter, Verletzungsschwere, GCS und Befunden in der Aufnahme-CCT

Um Aussagen machen zu können, welche Patienten eine Umstellung des Therapieregimes aufgrund einer Kontroll-CCT erfahren haben, wurde ausgewertet, ob sich die Therapieänderung in Bezug auf die standardisierten Diagnosen in der Aufnahme-CCT unterschiedlich verhält. Ebenfalls wurden patientenbezogene Parameter, wie Alter, Verletzungsschwere und GCS-Wert am Unfallort in Korrelation zur Umstellung einer Intensivtherapie untersucht. Die einzelnen Daten im Vergleich können Tabelle 7 entnommen werden.

Merkmale	Patienten mit Merkmal			Patienten ohne Merkmal			Exakter Test nach Fisher
	n	Patienten mit Therapieänderung	%	n	Patienten mit Therapieänderung	%	
<b>Kontusion</b>	65	29	44,62	85	18	21,18	<b>0,003</b>
<b>SAB</b>	55	28	50,91	95	19	20	<b>&lt;0,001</b>
SDH	18	9	50	132	38	28,79	0,102
EDH	14	5	35,71	136	42	30,88	0,756
ICB	5	3	60	145	44	30,34	0,178
Luft-, Ventrikelblutung	3	2	66,6	147	45	30,61	0,231
<b>Schädelfraktur</b>	38	17	44,74	112	30	26,79	<b>0,045</b>
<b>Ödem</b>	21	14	66,6	129	33	25,58	<b>&lt;0,001</b>
<b>ML Verlagerung</b>	10	7	70	140	40	28,57	<b>0,011</b>
Fremdkörper	2	0	0	148	47	31,76	1,0
<b>Kein pathol. Befund</b>	49	5	10,2	101	42	41,58	<b>&lt;0,001</b>
<b>Störung der Pupillomotorik</b>	31	23	74,19	119	25	21,01	<b>&lt;0,001</b>
Männlich	97	31	31,96	53	16	30,19	0,856
Weiblich	53	16	30,19	97	31	31,96	0,856
<b>Schweres SHT</b>	62	28	45,16	67	12	17,91	<b>&lt;0,001</b>
	Patienten mit Änderung			Patienten ohne Änderung			
Alter	43,30 +/- 23,84			27,41 +/- 20,82			0,256
<b>ISS</b>	30,66 +/- 11,44			22,86 +/- 10,60			<b>&lt;0,001</b>
<b>GCS</b>	6,85 +/- 4,04			9,90 +/- 4,85			<b>&lt;0,001</b>

**Tabelle 7: Therapieänderung in Abhängigkeit von Alter, Verletzungsschwere, GCS und Befunden in der Aufnahme-CCT**

Dabei wurde gefunden, dass folgende Aufnahme-CCT-Diagnosen signifikant häufiger mit einer Änderung der Therapie nach einer Kontroll-CCT vergesellschaftet sind: Kontusion ( $p=0,002$ ), Subarachnoidalblutung ( $p<0,001$ ), Schädelfraktur ( $p=0,045$ ), Hirnödem zum Zeitpunkt der ersten CCT ( $p<0,001$ ), Mittellinienverlagerung ( $p=0,011$ ). Umgekehrt war bei den Patienten ohne einen pathologischen Befund in der Aufnahme-CCT natürlich auch die Therapieänderungsrate geringer als bei allen anderen Patienten ( $p<0,001$ ).

Bezüglich des Alters der Patienten ließ sich kein Zusammenhang mit einer Änderung der begonnenen Therapie nachweisen ( $p=0,256$ ). Ebenso hatte das Geschlecht der Patienten keinen Einfluss auf eine Änderung der Therapie des SHT ( $p=0,856$ ). Die Verletzungsschwere, gemessen als ISS-Punktwert, und der initiale Vigilanzgrad, angegeben als GCS-Wert, korrelierten statistisch signifikant mit einer höheren Rate an Therapieänderungen nach der Kontroll-CCT (jeweils  $p<0,001$ ).

## 4. Diskussion

In einer retrospektiven Studie an 150 sedierten Polytraumapatienten wurde untersucht, wie hoch bei einer frühen routinemäßig angefertigten follow up-CCT ca. 6 Stunden nach Aufnahme die Befundänderungsrate ist und ob diese neuen Erkenntnisse das Therapieregime verändern. In einer Nebenfragestellung wurde untersucht, ob es verschiedene Vorhersagekriterien dafür gibt, dass Patienten einen schlechteren oder neuen Befund aufweisen, oder ob sich eine Patientengruppe definieren lässt, bei der man auf die Kontrolle verzichten kann.

### 4.1 Verschlechterung und neue Befunde in der Kontroll-CCT und Indikationsstellung zur Kontrolluntersuchung

Von allen 150 Patienten zeigten in einer Kontroll-CCT 81 Patienten (54%) eine ungünstige Veränderung ihres initialen intracerebralen Befundes. Dabei wiesen 63 Patienten (42%) eine Verschlechterung und 18 Patienten (12%) einen neuen pathologischen Befund auf. Lediglich bei 69 Patienten (46%) blieben die Befunde gleich oder verbesserten sich. Insgesamt 36 Patienten (24%) waren sowohl in der initialen als auch in der Kontroll-CCT unauffällig. Beachtenswerterweise wiesen 13 Patienten, die in der ersten CCT keinen pathologischen Befund hatten, in der Kontrolle einen neuen Befund auf. Diese Zahlen zeigen, dass die erste Phase der Traumaversorgung nach Aufnahme auf eine ITS einen sehr dynamischen Zustand darstellt und dass bildgebende Verfahren immer nur eine Momentaufnahme eines sich entwickelnden Prozesses wiederzugeben vermögen. Die Erkenntnis, dass über die Hälfte der

von uns untersuchten Patienten eine Verschlechterung oder einen neuen Befund aufweisen, erscheint als starkes Argument für die frühe Durchführung einer Kontroll-CT des Schädels bei beatmeten und sedierten Patienten auch ohne Triggerung durch neue Symptome.

Die CCT direkt bei der Aufnahme von Patienten mit isoliertem SHT oder Polytrauma wird in breitem Konsens der an der Traumaversorgung beteiligten Disziplinen als essentiell angesehen und hat Eingang in Guidelines verschiedener Fachgesellschaften gefunden.<sup>15;17;19;26</sup> Mit Entwicklung von leistungsstärkeren, vor allem schnelleren, Spiral-CT-Geräten wird die CT-Untersuchung bei polytraumatisierten Patienten vielfach bereits in die Schockraumversorgung integriert.<sup>43-45</sup> Die erste CCT dient dem schnellen Erfassen der Verletzungsschwere und dem Nachweis von direkt versorgungsbedürftigen Verletzungsfolgen.

Der Stellenwert einer follow-up CCT wird in der Literatur hingegen kontrovers diskutiert. In einem Review-Artikel von Wang et. al. aus dem Jahr 2006 werden über 30 Studien zu diesem Thema zusammengefasst.<sup>46</sup> Es wird die Frage untersucht, ob mit routinemäßiger CCT die Patienten, die einer neurochirurgischen Intervention bedürfen, früher erkannt werden können als mit einer symptomgetriggerten Kontroll-CCT. Zur Frage der Befundänderungsrate in einer Kontroll-CCT wird das arithmetische Mittel der Verschlechterungen über alle Einzelstudien mit 38% angegeben. Mittelt man die Befundänderungsraten bei Studien mit Subgruppenanalysen von Patienten mit schwerem SHT liegt die Verschlechterungsrate mit 43% etwas höher. Die Streubreite der Werte in den einzelnen Studien kann aus Tabelle 8 entnommen werden. Hier sind nur die Untersuchungen aufgenommen, die speziell zu den Ergebnissen aus der zweiten, frühen CCT nach der Aufnahme Angaben machen.

Autor	Jahr	Patienten mit zwei CCT	Verschlechterung in der zweiten CCT [%]	neurochirurgische Interventionen [%]
Sakei <sup>47</sup>	1988	37	65	k.A.
Servadei <sup>48</sup>	1995	37	60	54
Stein, Young <sup>49</sup>	1992	253	49	k.A.
Givner <sup>50</sup>	2002	104	48	11
Stein <sup>51</sup>	1993	337	44	k.A.
Oertel <sup>52</sup>	2002	142	42	11
Stein <sup>53</sup>	1995	351	41	k.A.
Lee <sup>54</sup>	1997	94	35	0
Stein, Ross <sup>55</sup>	1992	222	32	k.A.
Huneidi <sup>56</sup>	1992	30	20	20
Sifri <sup>57</sup>	2004	202	20	2
Kaups <sup>58</sup>	2004	462	18	2

**Tabelle 8: Radiologische Verschlechterung und neurochirurgische Interventionen nach Zweit-CCT (verändert aus Wang et al. 2006<sup>46</sup>)**

Die Indikationsstellung zu einer zweiten CCT ist in den Einzelstudien in hohem Maße uneinheitlich erfasst. Einziger Konsens in vielen Untersuchungen ist die Wichtigkeit der klinischen Patientenbeobachtung. Vor allem Studien mit hohem Anteil an, oder ausschließlich wachen Patienten kommen zu dem Ergebnis, dass eine zeitlich geplante Kontrolluntersuchung keine Vorteile bringt und die Beurteilung der neurologischen Situation hinreichend genau Patienten mit einer Verschlechterung des intracraniellen Befundes detektiert. In vielen Studien wurden allerdings Patienten aller Vigilanzgrade und aller Schweregrade eines SHT miteinander ausgewertet. Deshalb können Wang et al. eine eindeutige Angabe, ob die Indikationsstellung zur Kontroll-CCT routinemäßig oder symptomgetriggert erfolgen sollte, anhand der Ergebnisse der eingeschlossenen

Studien nur für neurologisch gut beurteilbare Patienten machen.<sup>46</sup> Es könnte aus der Sicht der Autoren eine Untergruppe von Patienten geben, die von einer Routinekontrolle profitiert. Hier werden sedierte und bewusstlose Patienten genannt, bei denen eine neurologische Verschlechterung schwieriger zu erkennen ist. Dies würde, unserem Kollektiv entsprechend, unsere Ergebnisse unterstützen.

Eine Untersuchung an Patienten mit schwerem SHT von Fainardi et al. aus 2004 kann eine Quote für Befundverschlechterung oder neue Befunde in der Kontroll-CCT von 58% ermitteln.<sup>59</sup> Hierbei waren allerdings auch wache Patienten mit eingeschlossen. Die Autoren machen keine Angaben, wie häufig die neu gewonnen Informationen zu einer Konsequenz in der Therapie geführt haben. Eine weitere in diesem Zusammenhang wichtige Studie ist eine Untersuchung an 206 Patienten mit SHT von Servadei et al.<sup>60</sup> Die Autoren fanden beim schweren SHT eine bessere Korrelation der Prognose mit der frühen Kontroll-CCT als mit der initialen CCT. Die Autoren folgern, dass bei Aufnahme in die Klinik in der frühen Phase nach dem Trauma intracraniale Verletzungsfolgen oft noch nicht ausgeprägt und deshalb in der ersten CCT noch nicht zu sehen seien.<sup>60</sup>

In neueren Studien nach 2006 wird der Anteil der Patienten, die sich in der Kontrolle verschlechtern, zwischen 28% und 57% angegeben.<sup>61-66</sup> Dabei ist zu beobachten, dass die Autoren die Indikation ebenfalls eher an einer klinischen Verschlechterung festmachen und keine routinemäßig durchgeführte CCT empfehlen. Die Untersucher, die jedoch Subgruppen analysierten<sup>61-64;67;68</sup>, können für bewusstlose Patienten (GCS<8) oder Patienten mit höherer Verletzungsschwere (ISS>20) einen Nutzen der Kontroll-CCT nachweisen. Durham et al. untersuchten 268 Kinder mit SHT und teilten die Gruppe in Kinder mit high risk-lesions (SDH, SAB, EDH, Hirnödem) und low risk-

lesions.<sup>62</sup> Für die schwerer verletzten Patienten konnte eine höhere Rate an Verschlechterungen und neurochirurgischen Interventionen nachgewiesen werden.<sup>62</sup> Connon et al. untersuchen die Fragestellung 2011 in einer prospektiven Studie an 591 Patienten.<sup>69</sup> Sie finden eine Befundänderungsrate zum Schlechteren von 41% aller Patienten, die eine Routinekontrolle bekamen. Unser Ergebnis, dass 13 Patienten (27% der 49 Patienten mit unauffälligem Erst-CCT) in der follow-up CCT einen neuen Befund aufwiesen, lässt sich mit Befunden einer Studie von Muakkassa et al. aus 2012 vergleichen.<sup>70</sup> Er untersucht 281 Patienten, die bei Aufnahme nach SHT keine Pathologie im CCT zeigten, und findet 40 Patienten (14%) mit neuem Befund in der Kontrolle. Einschränkend muss erwähnt werden, dass von den 281 eingeschlossenen Patienten lediglich 38 (13%) intubiert und sediert waren. Die Gesamtverletzungsschwere war in unserer Untersuchung ebenfalls mit einem mittleren ISS von 25 (+/- 11) höher als bei Muakassa et al. (gemittelt 11,7). Die hohe Befundänderungsrate unserer Studie kann die Forderung nach einer frühen follow-up CCT bei Polytraumatisierten stützen. Insbesondere ist unsere Untersuchung die bisher einzige, die die Fragestellung an einem einheitlichen Kollektiv untersucht, da alle eingeschlossenen Patienten schwer verletzt waren (ISS $\geq$ 16) und sediert und beatmet wurden.

#### 4.2 Therapieänderung nach Kontroll-CCT

Die CT-Kontrolle der intracerebralen Situation führte im Gesamtkollektiv unserer Untersuchung in 47 Fällen (31,3%) zur Entscheidung, die bisherige Therapie zu modifizieren. Bei Patienten der Gruppe 2 wurde die Therapie gar bei 44 Patienten (54,3%) angepasst. Bei der Nutzen-Risiko-Abwägung für eine

zusätzliche Untersuchung spricht die Tatsache, dass rund ein Drittel der Therapiepläne aufgrund der neuen Informationen geändert wurden, aus unserer Sicht für eine routinemäßige Anfertigung einer Kontroll-CCT nach 6 Stunden.

In der Literatur findet man zu dieser Fragestellung in einer Übersicht von Wang et al. unterschiedliche Ergebnisse. Die Konsequenzen aus der Kontrolle werden hier im Mittel mit 6% aller untersuchten Patienten angegeben. Allerdings weisen die Werte, wie aus Tabelle 8 zu entnehmen ist, mit einem Range von 0% bis 54% eine große Breite auf. Es sind nicht in allen Studien Angaben zur Therapieänderungsrate gemacht. Wo diese verfügbar sind, sind die Definitionen für eine therapeutische Intervention nicht immer genau beschrieben und nicht einheitlich. Das gleiche Ergebnis findet sich bei neueren Untersuchungen. Hier geben mehrere Autoren eine Änderungsrate zwischen 0% und 6% an.<sup>58;63;65;71</sup> Hollingworth et al. finden bei 248 pädiatrischen Patienten mit follow-up CCT eine Quote von 43% für Verschlechterung, was in 15 von 248 Fällen (6%) zu einem neurochirurgischen Eingriff führte.<sup>63</sup> Kaups et al. berichten von 462 Patienten mit einem mittleren ISS von 26 und einer durchschnittlichen GCS von 9, was etwa mit unserem Patientenkollektiv vergleichbar ist. Einschränkend muss gesagt werden, dass von den 462 Patienten lediglich 68% der Patienten sediert und beatmet waren und 146 der Patienten wach, während in unserer Untersuchung alle Patienten sediert und beatmet waren. Die Autoren finden in 18,4% der Fälle eine Verschlechterung und lediglich in 3,46% die Notwendigkeit einer Intervention.<sup>58</sup> Hollingworth und Kaups sehen aufgrund ihrer Ergebnisse keine Indikation für eine routinemäßige CCT-Kontrolle gegeben. Ein Grund für die Differenz zu unseren Ergebnissen ist, dass beide Studien als therapeutische Konsequenz auf die follow-up CCT nur neurochirurgische Interventionen wie operative

Entlastungseingriffe und das Einbringen von Hirndrucksonden untersuchten. Die Studien machen keine Angaben zu konservativen Maßnahmen der SHT-Behandlung. In unserer Arbeit wurde jedoch auch der Beginn einer konservativen SHT-Therapie als Therapieänderung mit erfasst. Die konservative Schädel-Hirn-Traumatherapie stellt, wie in der Einleitung dargelegt, ein aufwändiges multimodales Therapiekonzept dar, dem im Rahmen der Polytraumaversorgung andere Aspekte untergeordnet werden. Insofern ist die Bezeichnung „Änderung der Therapie“ bei strenger Ausrichtung der Behandlung auf hirnprotektive Ziele gerechtfertigt.

Eine Studie, in der eine Therapieänderung als Konsequenz aus der follow-up-CCT genau definiert ist und die, unserer Untersuchung ähnlich, auch den Beginn konservativer Maßnahmen der SHT-Behandlung als Änderung wertet, ist die Untersuchung von Connon et al. aus dem Jahr 2011.<sup>72</sup> Hier wird eine Gruppe mit symptomgetriggelter Kontrolluntersuchung gegen eine Gruppe mit zeitlich getriggelter Kontrolluntersuchung verglichen. In der Routine-Gruppe resultierte daraus bei keinem Patienten eine Änderung der Therapie, in der Gruppe mit den Symptomen einer Verschlechterung wurde in 19% der Patienten die Behandlung verändert. Die Autoren geben als Unterschiede zwischen den Gruppen in der zweiten Gruppe ein jüngeres Alter und einen höheren SHT-Grad, ausgedrückt durch die GCS (11,1 vs. 9,7), an. Über die Gesamtverletzungsschwere wird keine Aussage gemacht.

Die Unterschiede in der Zusammensetzung und Beschreibung der Studienkollektive und damit die eingeschränkte Vergleichbarkeit der Ergebnisse kann ein Grund für die höhere Therapieänderungsrate in unserer Studie sein. Das Spektrum der Verletzungsschwere reicht bei allen bisher erwähnten Autoren vom leichten SHT bis zum schweren SHT. Angaben zu Begleitverletzungen, zur Notwendigkeit einer Beatmungstherapie oder weiterer

Therapie beeinflussender Faktoren bei Traumapatienten sind nicht einheitlich auszuwerten. So konnte eine Klassifizierung der Gesamtverletzungsschwere in Form eines ISS Scores auch in der Übersicht von Wang et al. nur in fünf Studien gefunden werden.<sup>51;53;58;73;74</sup> Nur 13 Autoren der eingeschlossenen 30 Studien beschreiben den Vigilanzgrad der Patienten mit einem GCS-Wert, was die Vergleichbarkeit weiter einschränkt. Hier tritt erneut der Vorteil eines einheitlichen Patientenkollektivs, wie es unsere Studienpopulation darstellt, in den Vordergrund. Für diese können wir zeigen, dass eine routinemäßig durchgeführte follow-up CCT in einem Drittel der Fälle zu einer Therapieänderung führt.

#### 4.3 Vorhersagewahrscheinlichkeit für eine Verschlechterung in der Kontroll-CCT

Die Frage, ob es Prädiktoren in der ersten CCT-Untersuchung gibt, die eine Aussage erlauben, wie wahrscheinlich eine Verschlechterung der Verletzungsfolgen ist, kann mit den von uns gefundenen Ergebnissen nicht eindeutig geklärt werden. Wir können aber in der Analyse zwischen den Gruppen für bestimmte intracranielle Verletzungen einen signifikanten Unterschied in der Wahrscheinlichkeit einer Verschlechterung zeigen. In Gruppe 2 waren häufiger Kontusionen, SAB, Hirnödeme und eine Mittellinienverlagerung zu finden. Ebenfalls statistisch häufiger waren Patienten mit schwerem SHT (GCS<9) und mit einem auffälligen Pupillenbefund. Schließlich unterschied sich in beiden Gruppen auch der durchschnittliche ISS-Wert.

Insgesamt wiesen jedoch 43,3% aller Patienten eine Kontusion auf, 36,6% eine traumatische SAB und die meisten Patienten eine Kombination aus mehreren

der untersuchten Diagnosen, sodass eine Aussage über besonders ungünstige Verläufe bei einzelnen Verletzungen schwierig ist. Hierbei ist anzumerken, dass eine Störung der Pupillomotorik zwar als Prädiktor für einen schlechteren CCT-Befunde statistisch signifikant ist, jedoch bereits ein Symptom für eine Verschlechterung der intracerebralen Situation darstellt, die eigentlich vorher vermieden werden soll. Zudem hatten 13 Patienten in der Aufnahme-CCT keine Befunde und wiesen in der Kontrolle eine intracranielle Pathologie auf (27% aller Patienten mit unauffälliger Erst-CCT). Deshalb sprechen die Gesamtergebnisse für eine zeitgetriggerte zweite CCT bei den von uns untersuchten Studienpatienten. Ob speziell eine Patientengruppe davon mehr profitiert und damit die Kontrolle dringender braucht, lässt sich auf Grundlage der vorliegenden Daten nicht beantworten. Hierfür wären größere Patientenzahlen erforderlich, bei denen eine multivariate Analyse bezüglich der Risikofaktoren aussagekräftig ist.

Bisher gibt es kaum Studien, die Risikofaktoren für eine Verschlechterung in einer CCT-Kontrolle an einer ausreichend großen, homogenen Patientengruppe untersucht haben. Zwar werden Gerinnungsstörungen, die Verletzungsschwere und Einzelverletzungen, die mit einer Raumforderung einhergehen, in manchen Studien als Risikofaktoren gefunden, jedoch nicht in allen Studien durchgängig beschrieben.<sup>61-64</sup>

Studien, die sich mit der Kontroll-CCT bei Patienten mit schwerem SHT beschäftigen, kommen zu ähnlichen Ergebnissen wie in unserer Untersuchung, je nach Fragestellung jedoch zu unterschiedlichen Schlussfolgerungen. Durham et al. finden in ihrer Studie an pädiatrischen Patienten mit SHT aller Schweregrade für SDH, EDH, Hirnödeme und ICB einen Zusammenhang mit einer Verschlechterung in der follow-up CCT.<sup>62</sup> Die Autoren schlagen deshalb vor bei Patienten mit „high-risk-lesions“ eine Kontrolle durchzuführen,

während die anderen Patienten klinisch gemonitort werden sollen. Diese Einteilung kann durch unsere Ergebnisse zwar gestützt werden, jedoch können wir nicht schlussfolgern, die Patienten mit „low-risk-lesions“ lediglich klinisch zu überwachen, da die Patienten in unserer Studie klinisch nur unzureichend neurologisch evaluiert werden können. Wie oben erwähnt, finden sich bei unserem Kollektiv in einem Viertel der Fälle trotz unauffälliger Aufnahme-CCT in einer frühen Kontrolle doch intracranielle Pathologien. Lobato et al. versuchten bei Patienten mit schwerem SHT Prädiktoren für eine Verschlechterung zu finden und eine Korrelation mit dem Outcome der Patienten zu untersuchen.<sup>75</sup> Bei 587 Patienten beschreibt er in 51,2% eine Verschlechterung. Das Outcome der Patienten korrelierte besser mit den Befunden der Kontroll-CCT als mit den Aufnahmebefunden. Dieses Ergebnis spricht für eine ausgeprägte Dynamik der Schädelhirnverletzungen in der ersten Versorgungsphase. Außerdem bedeutet dies, dass eine prognostische Aussage valider auf der Basis der Kontroll-Befunde gemacht werden kann.

Eine neuere Studie desselben Autors gibt für 56 Patienten eine Quote für Verschlechterung von 57,1% an. Befunde, die signifikant häufiger mit einer Verschlechterung einhergehen, sind nach diesen Daten Kontusionen und eine generalisierte Hirnschwellung in der ersten CCT.<sup>64</sup> Das Augenmerk dieser Untersuchung liegt auf dem Zusammenhang zwischen verschlechterten CCT Befunden und einer ICP-Erhöhung. Ob das Monitoring mit ICP-Sonde eine Verschlechterung früher anzeigen kann und eine zusätzliche bildgebende Diagnostik überflüssig macht, konnte nicht eindeutig beantwortet werden. Das heißt, Patienten, die in der follow-up CCT schlechtere Befunde hatten, wiesen keine höheren Hirndruckwerte auf oder Patienten, deren CCT-Status gleich bleibend oder besser war, hatten höhere ICP-Werte. Deshalb fordern die

Autoren bei Patienten mit einem GCS<9 frühe CCT-Kontrollen und ein ICP-Monitoring.

Verschiedene Guidelines für die Behandlung von schwer Schädel-Hirn-Verletzten sehen ein Hirndruckmonitoring an bewusstlosen Patienten bei Nachweis folgender Zustände vor:<sup>15;19;26</sup>

- intracerebrales Hämatom
- Hirnkontusion
- Hirnödem
- komprimierte basale Zisternen
- Beuge- oder Strecktendenzen bei unauffälliger CT
- systolischer Blutdruck unter 90mmHg
- Patientenalter über 40 Jahre

Trotz dieser, bei polytraumatisierten Patienten augenscheinlich häufig anzutreffenden Indikationen, wurden in unserem Studienkollektiv lediglich 12 Patienten mit einer Hirndrucksonde gemonitort. Gründe dafür, warum relativ wenige unserer Patienten innerhalb der ersten 6 Stunden eine invasive Überwachung des ICP bekamen, sind folgende: Im Rahmen der Begleitverletzungen entwickelt sich häufig eine Kreislaufinstabilität, deren Behandlung Vorrang hat. Häufig sind Polytraumapatienten hypotherm und weisen eine Koagulopathie auf, was eine Kontraindikation für die Anlage einer invasiven Hirndruckmessung darstellt. Weiters bedürfen diese häufig einer vital indizierten operativen Primärversorgung, während derer eine Anlage der ICP-Sonde nicht möglich ist und deshalb erst später erfolgt.

Wegen der, wie eben dargestellt, häufig eingeschränkten Einsatzmöglichkeit des invasiven ICP-Monitorings bei polytraumatisierten Patienten in der ersten Versorgungsphase ist deren diagnostischer Wert für dieses Patientengut aus unserer Sicht kritisch zu betrachten. In unserer Untersuchung fand sich bei den

Patienten mit ICP-Sonde vor der Kontroll-CCT keine Abweichung der mittleren Zeiten zwischen den beiden CCT-Aufnahmen (Median 6 Stunden 52 Minuten; 5 Stunden 22 Minuten im Gesamtkollektiv). Deshalb kann man bei unseren Patienten davon ausgehen, dass die Werte einer ICP-Messung nicht eine frühere Kontrolle getriggert haben oder die Kontrolle bei normalen ICP-Werten später erfolgte. Chestnut et al. untersuchen die Frage, ob SHT-Patienten, die mit ICP-Sonde gemonitort werden ein besseres Outcome haben als Patienten, die klinisch oder durch bildgebende Verfahren überwacht werden. Dabei lässt sich kein Vorteil für die Gruppe mit invasivem Druckmonitoring bei ansonsten gleicher strenger SHT-Therapie nachweisen.<sup>76</sup> Die ICP-Messung ist ein gut erprobtes Instrument, das im Verlauf bei wichtigen Therapieentscheidungen und erst recht im Rahmen einer konservativen SHT-Therapie helfen kann. Sie ist jedoch in der dynamischen frühen Phase der Polytraumaversorgung nur bedingt einsetzbar und ihre Aussagekraft kann in dieser Phase eine frühe CCT-Kontrolle nicht ersetzen.

Die Frage, ob es eine Klientel gibt, bei der auf eine Kontrolle bei voraussichtlich wenig Verschlechterungspotenzial verzichtet werden kann, muss aufgrund der Ergebnisse mit nein beantwortet werden. Rund ein Viertel aller Patienten, die in der ersten CCT keine Pathologie hatten, zeigten einen neuen Befund in der Kontrolle, was in 5 Fällen zu einer Umstellung der Therapie führte (4 mal konservative SHT-Therapie und eine Einlage einer ICP-Sonde). Diese Patienten wären ohne routinemäßige CCT-Untersuchung gar nicht oder erst durch eine mögliche klinische Verschlechterung aufgefallen, die, wie eingangs erwähnt, unter Sedierungsbedingungen erschwert zu detektieren ist. Damit hätten die Patienten möglicherweise eine Erweiterung des sekundären Hirnschadens und auch eine Verschlechterung ihres Outcome erlitten. So kann zwar eine Einteilung in eine „high risk“-Gruppe und eine „low risk“-Gruppe gemacht

werden, wie sie Durham et al.<sup>62</sup> vorschlagen, aber keiner der schwer verletzten Patienten unter Sedierungsbedingungen kommt aus unserer Sicht ohne eine zweite CCT aus.

#### 4.4 Zeitlicher Abstand zwischen Aufnahme-CCT und Kontroll-CCT

Die zeitliche Terminierung der Kontroll-CCT wird an unserem Klinikum durch einen Standard für das innerklinische Management auf etwa 6 Stunden nach der ersten CCT festgelegt. Die in unserer Untersuchung gefundenen Ergebnisse für den zeitlichen Abstand zwischen beiden Untersuchungen waren im Median 5 Stunden 22 Minuten. Limitationen der zeitlichen Forderung können nach einem Polytrauma die Vordringlichkeit der Versorgung anderer Traumafolgen, wie intraabdomineller und intrathorakaler Verletzungen oder komplexer Extremitätenverletzungen durch längere Eingriffe im OP sein. Ein nutzbringendes Vorgehen ist es hierbei aus unserer Sicht, wenn die Kontroll-CCT auf dem Rücktransport zur ITS geplant werden kann. So verlängert sich zwar die Transportzeit, es fällt jedoch kein weiterer Transport an. Andere Gründe dafür, dass die zweite CCT später als geplant erfolgt, können auch eine Kreislaufinstabilität aufgrund der Begleitverletzungen oder eine schlechte pulmonale Situation mit der Notwendigkeit einer differenzierten Beatmung sein. Es lassen sich einzelne Studien finden, die in Nebenfragestellungen eine Aussage zur zeitlichen Abfolge von Kontroll-CCT-Untersuchungen bei SHT machen.<sup>48;50;58;75;77</sup> Jedoch werden keine unterschiedlichen Zeitabstände und ihre Korrelation zum Outcome miteinander verglichen und lediglich ein sehr grober Rahmen von 2 bis 24 Stunden für eine zweite CCT empfohlen. Kaups et al. weisen nach, dass die Rate an Verschlechterungen bei der Kontroll-CCT für

verschiedene zeitliche Abstände zwischen 6 und 24 Stunden annähernd gleich bleibt und nach 24 Stunden leicht abfällt.<sup>58</sup> Hier wären weitere Studien wünschenswert, die den zeitlichen Verlauf von Verschlechterungen nach SHT abbilden und die damit bessere Aussagen für die optimalen Zeitpunkte von Routineuntersuchungen ermöglichen.

#### 4.5 Organisatorische Aspekte einer zusätzlichen frühen CCT

Wenn schon eine zweite CCT bei Polytraumatisierten, und damit Risikopatienten, in der frühen Versorgungsphase nicht vermieden werden kann, so muss sie in den Zeitplan integriert werden und der Ablauf muss so gestaltet sein, dass der Transport möglichst keine weitere Gefährdung für den Patienten beinhaltet. Wie bereits in der Einführung beschrieben, kann durch mehrere Studien belegt werden, dass durch innerklinischen Transport kritisch kranker Patienten wesentliche Therapieparameter, wie der arterielle Mitteldruck, der Beatmungsdruck und der intracranielle Druck, verändert werden.<sup>9-14,36</sup> Auch das vermehrte Auftreten von Komplikationen während der Transporte stellt eine Gefährdung der Patienten dar. Smith et al. konnten herausarbeiten, dass die Häufigkeit von Zwischenfällen bei innerklinischen Transporten mit ca. 35% erheblich höher war als bei einem Gesamtkollektiv von Intensivpatienten, die nicht transportiert wurden.<sup>9</sup> Speziell bei einem Patientenkollektiv mit SHT, das für eine Kontroll-CCT transportiert wird, finden Andrews et. al. eine Komplikationsrate von 51%. Insgesamt 28% aller von einer ITS zur CCT transportierten Patienten haben einen therapielevanten Zwischenfall, wie beispielsweise eine Erhöhung des ICP, eine arterielle Hypotonie oder eine Hypoxämie.<sup>78</sup> Die hohe Inzidenz von unerwarteten

Ereignissen und Komplikationen bei Transporten lässt andere Autoren zu dem Schluss kommen, für Transfers von beatmeten Patienten feste Leitlinien und Ausbildungsstandards für das Begleitpersonal zu fordern.<sup>10;12;36</sup> So wird neben der ärztlichen Begleitung durch einen intensivmedizinisch Erfahrenen auch Fachpflegepersonal und gegebenenfalls weiteres technisches Transportpersonal gefordert.

Um diesen Forderungen nachzukommen, ist die Vorhaltung ärztlicher und zusätzlicher pflegerischer Personalreserven notwendig, die in der Betreuung von Intensivpatienten und im Umgang mit Transportmonitoring und Transportbeatmungsgeräten Erfahrung haben. Die Erfordernisse eines Transportes von beatmeten Patienten müssen in die ärztliche Weiterbildung der intensivmedizinischen Disziplinen integriert werden und die praktische Umsetzung muss supervidiert sein. Medizinisches und technisches Personal am Zielort, hier der CT-Abteilung, muss auf die medizinischen Hintergründe hingewiesen werden, damit die logistischen und therapeutischen Besonderheiten der Intensivpatienten verstanden und umgesetzt werden können.

#### 4.6 Umstellung der Therapie auf palliative Ziele

Ein unerwarteter Aspekt, der bei der vorliegenden Arbeit als Nebenbefund gesehen wurde, ist die Tatsache, dass bei 11 Patienten (7,34%) die Erkenntnisse der zweiten CCT dazu beitrugen, dass die gehirnprotektive Therapie aufgrund einer infausten Prognose eingestellt wurde. Hierbei waren in allen Fällen mehrere Ärzte der Klinik für Anästhesiologie und der Neurochirurgischen Klinik an der Entscheidungsfindung beteiligt. In diesen Situationen hat die

Kontroll-CCT zwar auch eine Änderung der Therapie erbracht, jedoch nicht mit dem sonst verfolgten Ziel einer kurativen Therapie. Dennoch kann auch hier eine frühe follow-up-CCT helfen, die Entscheidung zu einer optimalen Anpassung der Behandlung für den Patienten klarer treffen zu können und diese besser zu begründen. Hier können die Ergebnisse der Untersuchung von Lobato et al. als Argument angeführt werden, durch die gezeigt wird, dass die Prognose und der weitere Verlauf des SHT besser mit den Befunden aus einer frühen Kontroll-CCT korreliert, als mit den Befunden aus der Aufnahme-CCT.<sup>75</sup> Im Spannungsfeld zwischen intensivmedizinischen Möglichkeiten und deren Grenzen kann eine solche Entscheidung letztlich gerade im Sinne des Patienten sein.

## 5. Zusammenfassung

Die Frage, ob polytraumatisierte Patienten mit SHT oder mit Verdacht auf ein SHT eine frühe Kontroll-CCT, die nach einem festen Zeitschema geplant wird und nicht symptomabhängig ist, erhalten sollten, wurde erstmals an einem einheitlichen Kollektiv von Patienten untersucht, die alle sediert und beatmet waren. Aus den Ergebnissen können folgende Schlussfolgerungen für die Behandlung von Polytraumapatienten mit SHT gezogen werden:

Polytraumapatienten mit SHT oder mit V.a. SHT, die intubiert und beatmet sind, sollten eine routinemäßige frühe Kontroll-CCT erhalten.

Es muss eine Infrastruktur für die reibungslose Integration der CCT-Transporte in den klinischen Alltag aufrechterhalten werden, die die zusätzliche Gefährdung für den Patienten so gering wie möglich hält.

Die Befunde der zweiten CCT müssen in das Therapieregime integriert werden und eine interdisziplinäre Entscheidung zu eventuellen Interventionen soll zeitnah getroffen werden.

Eine gute Beschreibung des neurologischen Zustandes direkt am Unfallort vor Einleitung einer Sedierung durch den Notarzt und eine gute neurologische Verlaufsbeobachtung, soweit möglich auch bei sedierten Patienten, sind unabdingbar. Auf Zeichen der neurologischen Verschlechterung wie Anisokorie, Kreislaufregulationsstörung oder Krämpfe muss geachtet werden und diese müssen sofort eine CCT zu Folge haben.

Als Ansatzpunkt für weitere Untersuchungen ergab sich die Frage, wie die zeitliche Dynamik der Verletzungsfolgen eines SHT verläuft, um hier über die Zeitabstände, in denen die Kontrolluntersuchungen stattfinden sollten, eine genauere Aussage zu machen. Für Daten zur Vorhersagbarkeit der Verschlechterung einzelner Befunde besteht wie oben beschrieben ein uneinheitliches Bild. Es zeigt sich ein Trend für manche Einzelverletzungen, für Gerinnungsstörungen, die Verletzungsschwere und eine primäre Vigilanzstörung. Um hier eine Einteilung in eine Hochrisikogruppe machen zu können, müssten Studien mit mehr Patienten durchgeführt werden, oder die Studien durch genauere Beschreibung der Patientenkollektive vergleichbar gemacht werden.

Die Bedeutung einer Routinekontrolle mittels Computertomografie beim schweren SHT besteht darin, diejenigen Patienten zu erkennen, die dringend eine Intervention für die Behandlung des SHT brauchen, bevor eine weitere sekundäre Hirnschädigung eintritt. Dadurch werden Morbidität und Mortalität der Patienten mit Polytrauma gesenkt.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Jennett B: Diagnosis and management of head trauma. *J.Neurotrauma* 1991; 8 Suppl 1: 15-19
2. Rickels, E. et al. Schädel-Hirn-Verletzung, Epidemiologie und Versorgung, Ergebnisse einer prospektiven Studie. 2011. Zuckschwert-Verlag, München-Wien-New York
3. Miller EC, Holmes JF, Derlet RW: Utilizing clinical factors to reduce head CT scan ordering for minor head trauma patients. *J.Emerg.Med.* 1997; 15: 453-457
4. Stein SC, O'Malley KF, Ross SE: Is routine computed tomography scanning too expensive for mild head injury? *Ann.Emerg.Med.* 1991; 20: 1286-1289
5. Velmahos GC, Gervasini A, Petrovick L, Dorer DJ, Doran ME, Spaniolas K, Alam HB, De MM, Borges LF, Conn AK: Routine repeat head CT for minimal head injury is unnecessary. *J.Trauma* 2006; 60: 494-499
6. Holcomb JB, Helling TS, Hirshberg A: Military, civilian, and rural application of the damage control philosophy. *Mil.Med.* 2001; 166: 490-493
7. Holcomb JB: Damage control resuscitation. *J.Trauma* 2007; 62: 36-37
8. Jansen JO, Thomas R, Loudon MA, Brooks A: Damage control resuscitation for patients with major trauma. *BMJ* 2009; 338: b1778
9. Smith I, Fleming S, Cernaianu A: Mishaps during transport from the intensive care unit. *Crit Care Med.* 1990; 18: 278-281
10. Stearley HE: Patients' outcomes: intrahospital transportation and monitoring of critically ill patients by a specially trained ICU nursing staff. *Am.J.Crit Care* 1998; 7: 282-287
11. Voigt LP, Pastores SM, Raouf ND, Thaler HT, Halpern NA: Review of a large clinical series: intrahospital transport of critically ill patients: outcomes, timing, and patterns. *J.Intensive Care Med.* 2009; 24: 108-115

12. Warren J, Fromm RE, Jr., Orr RA, Rotello LC, Horst HM: Guidelines for the inter- and intrahospital transport of critically ill patients. *Crit Care Med.* 2004; 32: 256-262
13. Hurst JM, Davis K, Jr., Johnson DJ, Branson RD, Campbell RS, Branson PS: Cost and complications during in-hospital transport of critically ill patients: a prospective cohort study. *J.Trauma* 1992; 33: 582-585
14. Indeck M, Peterson S, Smith J, Brotman S: Risk, cost, and benefit of transporting ICU patients for special studies. *J.Trauma* 1988; 28: 1020-1025
15. Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma im Erwachsenenalter. Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie.  
[http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/008-001\\_S2e\\_Schaedel-Hirn-Trauma\\_im\\_Erwachsenenalter\\_leitlinientext\\_07-2007\\_07-2012.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/008-001_S2e_Schaedel-Hirn-Trauma_im_Erwachsenenalter_leitlinientext_07-2007_07-2012.pdf)  
(12.01.2011)
16. Teasdale G, Jennett B: Assessment of coma and impaired consciousness. A practical scale. *Lancet* 1974; 2: 81-84
17. Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. 4. überarbeitete Ausgabe 2008, ISBN 978-3-13-132414-6, 654ff. Georg Thieme Verlag Stuttgart
18. Gabriel EJ, Ghajar J, Jagoda A, Pons PT, Scalea T, Walters BC: Guidelines for prehospital management of traumatic brain injury. *J.Neurotrauma* 2002; 19: 111-174
19. Brain Trauma Foundation: Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. *J.Neurotrauma* 2007; 24 Suppl 1: 1-106
20. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg., federführend et al. S 3 Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten-Behandlung  
[http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-019l\\_S3\\_Polytrauma\\_Schwerverletzten-Behandlung\\_2011-07\\_01.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-019l_S3_Polytrauma_Schwerverletzten-Behandlung_2011-07_01.pdf)  
(22.07.2013)
21. Bullock, RM., Chesnut, RM., and Clifton, GL. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2000;17: 448-628

22. Maas AI, Dearden M, Servadei F, Stocchetti N, Unterberg A: Current recommendations for neurotrauma. *Curr.Opin.Crit Care* 2000; 6: 281-292
23. Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung und Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. Programm für Nationale Versorgungsleitlinien, NVL-Klassifizierung.  
<http://www.versorgungsleitlinien.de/methodik/evidenzgrade>  
(02.01.2010)
24. Alderson P, Gadkary C, Signorini DF: Therapeutic hypothermia for head injury. *Cochrane.Database.Syst.Rev.* 2004; CD001048
25. Harris OA, Colford JM, Jr., Good MC, Matz PG: The role of hypothermia in the management of severe brain injury: a meta-analysis. *Arch.Neurol.* 2002; 59: 1077-1083
26. Maas AI, Dearden M, Teasdale GM, Braakman R, Cohadon F, Iannotti F, Karimi A, Lapierre F, Murray G, Ohman J, Persson L, Servadei F, Stocchetti N, Unterberg A: EBIC-guidelines for management of severe head injury in adults. European Brain Injury Consortium. *Acta Neurochir.(Wien.)* 1997; 139: 286-294
27. Stein SC, Ross SE: Clinical predictors of abnormality disclosed by computed tomography after mild head trauma. *Neurosurgery* 1993; 33: 339-340
28. Turedi S, Hasanbasoglu A, Gunduz A, Yandi M: Clinical decision instruments for CT scan in minor head trauma. *J.Emerg.Med.* 2008; 34: 253-259
29. Stippler M, Smith C, McLean AR, Carlson A, Morley S, Murray-Krezan C, Kraynik J, Kennedy G: Utility of routine follow-up head CT scanning after mild traumatic brain injury: a systematic review of the literature. *Emerg.Med.J.* 2012; 29: 528-532
30. Almenawer S, Bogza I, Yarascavitch B, Sne N, Farrokhyar F, Murty N, Reddy K: The Value of Scheduled Repeat Cranial Computed Tomography Following Mild Head Injury: Single-Center Series and Meta-Analysis. *Neurosurgery* 2012; Epub ahead of print

31. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie Sektion Intensiv- & Notfallmedizin, Schwerverletztenversorgung NIS. Trauma Register Jahresbericht 2011. <http://www.traumaregister.de/de/jahresbericht.htm> (02.01.2013)
32. Chesnut RM, Temkin N, Carney N, Dikmen S, Rondina C, Videtta W, Petroni G, Lujan S, Pridgeon J, Barber J, Machamer J, Chaddock K, Celix JM, Cherner M, Hendrix T: A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N.Engl.J.Med.* 2012; 367: 2471-2481
33. Friedl HP, Trentz O: [Multiple trauma: definition, shock, multiple organ failure]. *Unfallchirurgie* 1992; 18: 64-68
34. Rotondo MF, Schwab CW, McGonigal MD, Phillips GR, III, Fruchterman TM, Kauder DR, Latenser BA, Angood PA: 'Damage control': an approach for improved survival in exsanguinating penetrating abdominal injury. *J.Trauma* 1993; 35: 375-382
35. Spinella PC, Holcomb JB: Resuscitation and transfusion principles for traumatic hemorrhagic shock. *Blood Rev.* 2009; 23: 231-240
36. Löw, M and Jaschinski, U. Innerklinischer Transport des kritisch kranken Patienten. *Anaesthesist* 2009; 58: 95-108
37. Gentleman D, Jennett B: Hazards of inter-hospital transfer of comatose head-injured patients. *Lancet* 1981; 2: 853-854
38. Lund E, Halaburt H: Irradiation dose to the lens of the eye during CT of the head. *Neuroradiology* 1982; 22: 181-184
39. Ron E: Cancer risks from medical radiation. *Health Phys.* 2003; 85: 47-59
40. Vano E, Gonzalez L, Beneytez F, Moreno F: Lens injuries induced by occupational exposure in non-optimized interventional radiology laboratories. *Br.J.Radiol.* 1998; 71: 728-733
41. Jennett B, Bond M: Assessment of outcome after severe brain damage. *Lancet* 1975; 1: 480-484

42. Satz P, Zaucha K, Forney DL, McCleary C, Asarnow RF, Light R, Levin H, Kelly D, Bergsneider M, Hovda D, Martin N, Caron MJ, Namerow N, Becker D: Neuropsychological, psychosocial and vocational correlates of the Glasgow Outcome Scale at 6 months post-injury: a study of moderate to severe traumatic brain injury patients. *Brain Inj.* 1998; 12: 555-567
43. Hessmann MH, Hofmann A, Kreitner KF, Lott C, Rommens PM: The benefit of multislice CT in the emergency room management of polytraumatized patients. *Acta Chir Belg.* 2006; 106: 500-507
44. Wurmb TE, Fruhwald P, Hopfner W, Keil T, Kredel M, Brederlau J, Roewer N, Kuhnigk H: Whole-body multislice computed tomography as the first line diagnostic tool in patients with multiple injuries: the focus on time. *J Trauma* 2009; 66: 658-65
45. Wurmb TE, Quaisser C, Balling H, Kredel M, Muellenbach R, Kenn W, Roewer N, Brederlau J: Whole-body multislice computed tomography (MSCT) improves trauma care in patients requiring surgery after multiple trauma. *Emerg.Med.J* 2010; ePub
46. Wang MC, Linnau KF, Tirschwell DL, Hollingworth W: Utility of repeat head computed tomography after blunt head trauma: a systematic review. *J.Trauma* 2006; 61: 226-233
47. Sakai H, Takagi H, Ohtaka H, Tanabe T, Ohwada T, Yada K: Serial changes in acute extradural hematoma size and associated changes in level of consciousness and intracranial pressure. *J.Neurosurg.* 1988; 68: 566-570
48. Servadei F, Nanni A, Nasi MT, Zappi D, Vergoni G, Giuliani G, Arista A: Evolving brain lesions in the first 12 hours after head injury: analysis of 37 comatose patients. *Neurosurgery* 1995; 37: 899-906
49. Stein SC, Young GS, Talucci RC, Greenbaum BH, Ross SE: Delayed brain injury after head trauma: significance of coagulopathy. *Neurosurgery* 1992; 30: 160-165
50. Givner A, Gurney J, O'Connor D, Kassarian A, Lamorte WW, Moulton S: Reimaging in pediatric neurotrauma: factors associated with progression of intracranial injury. *J.Pediatr.Surg.* 2002; 37: 381-385

51. Stein SC, Spettell C, Young G, Ross SE: Delayed and progressive brain injury in closed-head trauma: radiological demonstration. *Neurosurgery* 1993; 32: 25-30
52. Oertel M, Kelly DF, McArthur D, Boscardin WJ, Glenn TC, Lee JH, Gravori T, Obukhov D, McBride DQ, Martin NA: Progressive hemorrhage after head trauma: predictors and consequences of the evolving injury. *J.Neurosurg.* 2002; 96: 109-116
53. Stein SC, Spettell CM: Delayed and progressive brain injury in children and adolescents with head trauma. *Pediatr.Neurosurg.* 1995; 23: 299-304
54. Lee TT, Aldana PR, Kirton OC, Green BA: Follow-up computerized tomography (CT) scans in moderate and severe head injuries: correlation with Glasgow Coma Scores (GCS), and complication rate. *Acta Neurochir.(Wien.)* 1997; 139: 1042-1047
55. Stein SC, Ross SE: Moderate head injury: a guide to initial management. *J.Neurosurg.* 1992; 77: 562-564
56. Huneidi AH, Afshar F: Delayed intracerebral haematomas in moderate to severe head injuries in young adults. *Ann.R.Coll.Surg.Engl.* 1992; 74: 345-349
57. Sifri ZC, Livingston DH, Lavery RF, Homnick AT, Mosenthal AC, Mohr AM, Hauser CJ: Value of repeat cranial computed axial tomography scanning in patients with minimal head injury. *Am.J.Surg.* 2004; 187: 338-342
58. Kaups KL, Davis JW, Parks SN: Routinely repeated computed tomography after blunt head trauma: does it benefit patients? *J.Trauma* 2004; 56: 475-480
59. Fainardi E, Chierigato A, Antonelli V, Fagioli L, Servadei F: Time course of CT evolution in traumatic subarachnoid haemorrhage: a study of 141 patients. *Acta Neurochir.(Wien.)* 2004; 146: 257-263
60. Servadei F, Nasi MT, Giuliani G, Cremonini AM, Cenni P, Zappi D, Taylor GS: CT prognostic factors in acute subdural haematomas: the value of the 'worst' CT scan. *Br.J.Neurosurg.* 2000; 14: 110-116

61. Brown CV, Zada G, Salim A, Inaba K, Kasotakis G, Hadjizacharia P, Demetriades D, Rhee P: Indications for routine repeat head computed tomography (CT) stratified by severity of traumatic brain injury. *J.Trauma* 2007; 62: 1339-1344
62. Durham SR, Liu KC, Selden NR: Utility of serial computed tomography imaging in pediatric patients with head trauma. *J.Neurosurg.* 2006; 105: 365-369
63. Hollingworth W, Vavilala MS, Jarvik JG, Chaudhry S, Johnston BD, Layman S, Tontisirin N, Muangman SL, Wang MC: The use of repeated head computed tomography in pediatric blunt head trauma: factors predicting new and worsening brain injury. *Pediatr.Crit Care Med.* 2007; 8: 348-356
64. Lobato RD, Alen JF, Perez-Nunez A, Alday R, Gomez PA, Pascual B, Lagares A, Miranda P, Arrese I, Kaen A: [Value of serial CT scanning and intracranial pressure monitoring for detecting new intracranial mass effect in severe head injury patients showing lesions type I-II in the initial CT scan]. *Neurocirugia.(Astur.)* 2005; 16: 217-234
65. Smith JS, Chang EF, Rosenthal G, Meeker M, von KC, Manley GT, Holland MC: The role of early follow-up computed tomography imaging in the management of traumatic brain injury patients with intracranial hemorrhage. *J.Trauma* 2007; 63: 75-82
66. Muakkassa FF, Marley RA, Paranjape C, Horattas E, Salvator A, Muakkassa K: Predictors of new findings on repeat head CT scan in blunt trauma patients with an initially negative head CT scan. *J.Am.Coll.Surg.* 2012; 214: 965-972
67. Stippler M, Smith C, McLean AR, Carlson A, Morley S, Murray-Krezan C, Kraynik J, Kennedy G: Utility of routine follow-up head CT scanning after mild traumatic brain injury: a systematic review of the literature. *Emerg.Med.J.* 2012; 29: 528-532
68. Connon FF, Namdarian B, Ee JL, Drummond KJ, Miller JA: Do routinely repeated computed tomography scans in traumatic brain injury influence management? A prospective observational study in a level 1 trauma center. *Ann.Surg.* 2011; 254: 1028-1031

69. Connon FF, Namdarian B, Ee JL, Drummond KJ, Miller JA: Do routinely repeated computed tomography scans in traumatic brain injury influence management? A prospective observational study in a level 1 trauma center. *Ann.Surg.* 2011; 254: 1028-1031
70. Muakkassa FF, Marley RA, Paranjape C, Horattas E, Salvator A, Muakkassa K: Predictors of new findings on repeat head CT scan in blunt trauma patients with an initially negative head CT scan. *J.Am.Coll.Surg.* 2012; 214: 965-972
71. Dharap SB, Khandkar AA, Pandey A, Sharma AK: Repeat CT scan in closed head injury. *Injury* 2005; 36: 412-416
72. Connon FF, Namdarian B, Ee JL, Drummond KJ, Miller JA: Do routinely repeated computed tomography scans in traumatic brain injury influence management? A prospective observational study in a level 1 trauma center. *Ann.Surg.* 2011; 254: 1028-1031
73. Brown CV, Weng J, Oh D, Salim A, Kasotakis G, Demetriades D, Velmahos GC, Rhee P: Does routine serial computed tomography of the head influence management of traumatic brain injury? A prospective evaluation. *J.Trauma* 2004; 57: 939-943
74. Figg RE, Burry TS, Vander Kolk WE: Clinical efficacy of serial computed tomographic scanning in severe closed head injury patients. *J.Trauma* 2003; 55: 1061-1064
75. Lobato RD, Gomez PA, Alday R, Rivas JJ, Dominguez J, Cabrera A, Turanzas FS, Benitez A, Rivero B: Sequential computerized tomography changes and related final outcome in severe head injury patients. *Acta Neurochir.(Wien.)* 1997; 139: 385-391
76. Chesnut RM, Temkin N, Carney N, Dikmen S, Rondina C, Videtta W, Petroni G, Lujan S, Pridgeon J, Barber J, Machamer J, Chaddock K, Celix JM, Cherner M, Hendrix T: A trial of intracranial-pressure monitoring in traumatic brain injury. *N.Engl.J.Med.* 2012; 367: 2471-2481
77. Tabori U, Kornecki A, Sofer S, Constantini S, Paret G, Beck R, Sivan Y: Repeat computed tomographic scan within 24-48 hours of admission in children with moderate and severe head trauma. *Crit Care Med.* 2000; 28: 840-844

78. Andrews PJ, Piper IR, Dearden NM, Miller JD: Secondary insults during intrahospital transport of head-injured patients. *Lancet* 1990; 335: 327-330

## 7. Verzeichnis der Abkürzungen

CCT	cranielle Computertomografie
CPP	cerebraler Perfusionsdruck
CT	Computertomografie
DGNCH	Deutsche Gesellschaft für Neurochirurgie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
EDH	Epiduralhämatom
EVD	externe Ventrikeldrainage
GCS	Glasgow Coma Scale
GOS	Glasgow Outcome Scale
HWS	Halswirbelsäule
ICB	intracerebrale Blutung
ICP	intracranieller Druck
IRV	inverse ratio ventilation
ISS	Injury Severity Score
ITS	Intensivtherapiestation
MAP	mittlerer arterieller Blutdruck
OP	Operationsabteilung
SAB	Subarachnoidalblutung
SDH	Subduralhämatom
SHT	Schädel-Hirn-Trauma
PDMS	Patienten-Daten-Management-System
V.a.	Verdacht auf

## Danksagung

Zunächst möchte ich Herrn Prof. Dr. Dr. h. c. N. Roewer danken, dem Direktor unserer Klinik, für die freundliche Überlassung des Themas meiner Arbeit. Er schuf die Rahmenbedingungen, durch die ein freies wissenschaftliches Arbeiten mit bester Ausstattung möglich war.

Weiterhin gebührt Dank Herrn Priv.-Doz. Dr. Th. Wurmb. Er betreute nicht nur mit großem Engagement und vielen entscheidenden Denkanstößen die vorliegende Arbeit, sondern war seit Beginn meiner Tätigkeit an der Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie mein Tutor, gerade auch für die klinische Arbeit als Anästhesiologe. Vielen Dank für die geduldige Unterstützung.

Ich danke Herrn Priv.-Doz. Dr. M. Kredel für die wertvolle Hilfe in statistischen Fragen, sowie vielen weiteren meiner ärztlichen Kollegen für die Hinweise und konstruktive Kritik in der Entstehungsphase meiner Arbeit.

Schließlich möchte ich auch meinen Eltern danken, ohne die meine Ausbildung und das Medizinstudium nicht möglich gewesen wären. Ich danke meiner Familie, meiner Frau und unseren Kindern, für die nicht immer leicht zu schaffenden Freiräume im Familienleben bei der Erstellung der Dissertation.