

Aus der Chirurgischen Klinik und Poliklinik - Innenstadt der
Ludwig - Maximilians - Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. W. Mutschler

**Die Thoraxdrainage im Rahmen der Schwerverletztenversorgung -
Eine Analyse der Häufigkeit von Fehllagen in Abhängigkeit vom Zugangsweg**

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Achim Ehrt

aus
München

2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. Karl-Georg Kanz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Uwe Kreimeier
Prof. Dr. med. Hans-Joachim Andreß
Priv. Doz. Dr. med. Martin Angele

Mitbetreuung durch den
Promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Stefan Huber-Wagner

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 05.03.2009

Aufgrund der Relevanz der Ergebnisse wurden Teile der vorliegenden Arbeit 2007 mit Genehmigung des Dekanats bereits vorab veröffentlicht:

*Huber-Wagner S, Körner M, Ehrt A, Kay MV, Pfeifer K-J, Mutschler W, Kanz K-G
Emergency chest tube placement in trauma care – which approach is preferable?
Resuscitation 2007, 72, 226-233*

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
2.	Die Thoraxdrainage.....	5
2.1.	Historisches.....	5
2.2.	Indikation.....	6
2.3.	Kontraindikationen.....	6
2.4.	Technik.....	6
2.5.	Zugangswege.....	9
2.6.	Komplikationen.....	10
3.	Material und Methode.....	13
3.1.	Datenerhebung.....	13
3.2.	Statistik.....	15
4.	Ergebnisse.....	16
5.	Diskussion.....	24
6.	Zusammenfassung.....	35
7.	Literaturverzeichnis.....	37
	Danksagung.....	44
	Curriculum vitae.....	45

1. Einleitung

Im Rahmen der präklinischen Notarzttätigkeit sowie zum Aufgabenbereich einer chirurgischen Notaufnahme mit Schockraum gehört die Versorgung von Schwerverletzten, bzw. polytraumatisierten Patienten, zu einem der zentralen Tätigkeitsfelder.

Abhängig vom Einsatzgebiet und der Art des Rettungsmittels wird die Häufigkeit chirurgischer Notfälle für notarztbesetzte Rettungsmittel zwischen 13 und 35% angegeben. Im Luftrettungsdienst liegt der Anteil der Notfälle, bei denen polytraumatisierte Patienten zu versorgen sind, bei 14% (65).

Häufigste Ursache für eine Polytraumatisierung sind dabei Verkehrsunfälle (55%), gefolgt von Arbeits- bzw. Freizeitunfällen (24%), und Stürzen aus großer Höhe (14%) (44).

Generell hat dabei das Thoraxtrauma erhebliche Bedeutung, denn bei ca. 10% aller Unfallverletzten ist diese Körperregion traumatisiert (6, 76). Im Rahmen der Polytraumatisierung weisen sogar zwischen 40 und 66% der Patienten eine Thoraxverletzung auf. Dabei überwiegt in Europa das stumpfe Trauma. Im Gegensatz dazu dominiert in Afrika oder dem angloamerikanischen Raum die penetrierende Thoraxverletzung, vor allem die Schuss- und Stichverletzung (56, 76).

Im Rahmen von Mehrfachverletzungen sind Verletzungen des Thorax fast ebenso häufig wie Schädel-Hirn-Traumen (39,2 - 66,8%) oder Verletzungen der Extremitäten (42,1 - 67%) (5, 65, 74).

Die Inzidenz des Pneumothorax, als häufigste Thoraxverletzung, wird mit 9 - 41% angegeben (11, 17, 30, 32, 40, 75). Waydhas weist in einer Übersichtsarbeit darauf hin, dass lediglich 17 - 25% aller Patienten mit einem gesicherten Thoraxtrauma einen relevanten, d.h. behandlungsbedürftigen Pneumothorax aufweisen (78). Weiterhin sind Hämatothorax, kombinierter Hämatothorax, Spannungspneumothorax, Rippenfrakturen und vor allem auch die Lungenkontusion als wichtige Thoraxverletzungen anzuführen.

Die Gesamtmortalität des Thoraxtraumas wird in der Literatur mit 5 - 25% angegeben. Für mehrfachverletzte Patienten beträgt die Letalität sogar 20 - 40% (6, 32, 74). Kshetry stellte in seiner Untersuchung an Verkehrsunfalltoten fest, dass bei über der Hälfte der Patienten ein Thoraxtrauma vorhanden war. Bei 25% der untersuchten Leichen war es sogar die Todesursache (51).

Gleichzeitig weisen Mehrfachverletzte mit Thoraxtrauma signifikant häufiger posttraumatische Organfunktionsstörungen bis hin zum Multiorganversagen auf, verglichen mit Patienten gleicher Verletzungsschwere ohne Thoraxtrauma (69). Aus diesem Grund wird

eine sichere und möglichst frühzeitige Diagnosestellung mit daraus abgeleiteter Therapie gefordert (74).

Es konnte in vielen Studien gezeigt werden, dass die Computertomographie (CT) der konventionellen Röntgenthoraxuntersuchung deutlich überlegen ist, sowohl in der Diagnostik von Verletzungen per se, als auch in der Beurteilung der richtigen Lage einer eingebrachten Thoraxdrainage (9, 20, 41, 68, 74). Denn gerade die anterior-posteriore Röntgenaufnahme des Thorax lässt, vor allem wenn sie im Liegen angefertigt wurde, nur ungenaue Aussagen über die Lagebeziehungen im Thorax zu. Selbst bei Kombination der Frontalaufnahme mit einer Aufnahme im seitlichen Strahlengang kann bei weitem nicht die Genauigkeit und Aussagekraft einer Computertomographie des Thorax erzielt werden. Aus diesem Grund wird empfohlen, bereits im Rahmen der Schockraumdiagnostik bei Verdacht auf Thoraxtrauma eine CT-Untersuchung des Thorax, soweit möglich, durchzuführen (50, 74). In dieser Hinsicht bieten moderne Mehrzeilen CT-Geräte die Möglichkeit, in einem standardisierten Untersuchungsgang, so genannten „Polytrauma-Spiralen“, in kurzer Zeit, Informationen über Verletzungen im Thoraxraum zu erhalten.

Präklinisch dagegen muss die Diagnose „Thoraxtrauma“ anhand des Unfallhergangs, sowie einiger Symptome und Untersuchungsbefunde, wie abgeschwächtem Atemgeräusch, hypersonorem Klopfeschall, steigendem Beatmungsdruck, Kreislaufinsuffizienz bei gleichzeitig gestauten Halsvenen oder Krepitationen, gestellt werden. Wichtig ist es dabei, Zustände, die mit einem Kollaps einer oder beider Lungenflügel einhergehen, zu erkennen. Dem Auskultationsbefund des Thorax kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Fehlende bzw. abgeschwächte Atemgeräusche erlauben mit einer Spezifität von 93 – 98% und einem positiv prädiktiven Wert von 86 - 97% das Vorliegen eines Pneumothorax zu diagnostizieren. In Kombination mit den Symptomen „Dyspnoe“ und „Thorakaler Schmerz“ beträgt die Wahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines Pneumo- bzw. Hämatothorax sogar mehr als 99%, vorausgesetzt, alle drei Befunde sind positiv (78).

Trotz dieser Daten weist Aufmkolk in einer Studie daraufhin, dass häufig die Schwere des Thoraxtraumas vom Notarzt am Unfallort falsch eingeschätzt wird. In einer Auswertung der Datenbank der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie konnte er zeigen, dass nur in 49% der Fälle eine richtige Einschätzung der Thoraxverletzung durch den Notarzt vorlag. Eine deutliche Überschätzung der Verletzungsschwere lag bei 20%, eine Unterschätzung bei 17% vor. Ursachen hierfür könnten nach Aufmkolk vor allem Stress, eingeschränkte Untersuchungsbedingungen, wie auch z.B. hoher Umgebungslärm sein (5).

Dennoch ist, trotz einer gewissen diagnostischen Unschärfe, eine präklinische Therapie, insbesondere die des Spannungspneumothorax, von enormer Bedeutung. Durch die sich rasch entwickelnde Herz-Kreislauf-Insuffizienz ist die Letalität des am Unfallort nicht behandelten Spannungspneumothorax hoch. Da sich auch ein normaler Pneumothorax, vor allem unter maschineller Beatmung, rasch zu einem Spannungspneumothorax entwickeln kann, fordern viele Autoren unter Berücksichtigung der Umstände und des Transportmittels, die Indikation für invasive Therapiemaßnahmen großzügig zu stellen. Nach allgemeinem Konsens ist hierfür die Anlage einer Thoraxdrainage die Therapie der Wahl. Als weitere Therapiemöglichkeiten werden noch die stumpfe Thorakozentese ohne Einlage einer Thoraxdrainage oder aber die Entlastungspunktion mittels großlumigen Kanülen genannt. In diesem Zusammenhang wird die Entlastungspunktion häufig als Therapie der ersten Wahl genannt, der aber zwingend die definitive Versorgung mittels Drainage folgen sollte (1, 5-10, 12, 13, 15, 24, 32, 36, 44, 49, 52, 55-57, 65, 66, 70, 72, 73, 76, 78, 79, 81).

Generell sind zwei Zugangswege für die Anlage einer Thoraxdrainage beschrieben. Zum einen der ventrale Zugang nach Monaldi im 2. bzw. 3. Interkostalraum (ICR) in der Medioclavicularlinie, zum anderen der laterale Zugang nach Bülow im 3. bis 6. ICR in der vorderen bis mittleren Axillarlinie (10, 15, 79). Für die Entlastungspunktion mittels Kanüle wird zumeist der ventrale Zugang empfohlen (6). Bei der Versorgung mit Drainagen empfehlen manche Autoren für die Therapie des Pneumo- bzw. Spannungspneumothorax den ventralen und für einen Hämatothorax den lateralen Zugang, basierend auf der Überlegung, dass sich Luftansammlungen beim liegenden Patienten ventral, Flüssigkeiten eher dorsal sammeln (55, 76).

Im Gegensatz dazu bevorzugen viele Autoren generell den lateralen Zugang analog zu den ATLS[®]-Richtlinien (6, 44, 52, 72, 73). Eine tatsächliche Überlegenheit für einen der beiden Zugangswege im Rahmen des Thoraxtraumas ist nicht bewiesen (79).

Für beide Zugangswege werden in der Literatur zahlreiche Komplikationen genannt. Diese reichen von massiven Blutungen bei Verletzung von Gefäßen und Organen, über eine fehlerhafte Lage mit insuffizienter Funktion bis hin zu Spätkomplikationen wie Empyeme und Abszesse. Zum Teil wird eine Abhängigkeit von der Anlagetechnik postuliert (6, 9, 79). Angaben über die Häufigkeit der verschiedenen Komplikationen schwanken stark und reichen von 2 bis 60%. Die generelle Häufigkeit aller Komplikationen wird um die 20% angesetzt (7, 31, 60, 66, 72, 73, 79).

Ziel dieser Untersuchung ist es zu klären, ob einer dieser beiden Zugangswege im Hinblick auf die Häufigkeit von Fehltagen Vorteile besitzt. Denn es gilt zu bedenken, dass gerade im

Rahmen der präklinischen Versorgung, aufgrund der Gegebenheiten vor Ort, unter Umständen nicht beide Zugangswege möglich sind. Als Beispiele seien verschüttete Patienten oder aber Patienten, die in einem Fahrzeugwrack eingeklemmt sind, genannt. In der Literatur finden sich keine einheitlichen Daten in bezug auf Komplikationsrate, Fehllagenrate, bzw. die potentielle Überlegenheit einer der beiden Zugangswege.

2. Die Thoraxdrainage

2.1 Historisches

Die Geschichte der invasiven Therapie von Thoraxerkrankungen lässt sich bis in die griechische Antike zurückverfolgen. Schon Hippokrates wies auf Erkrankungen des Brustkorbs, wie z.B. das Empyem, hin. Er beschrieb auch als erster die Symptome der Tuberkulose und betonte gleichzeitig den Stellenwert der Thoraxauskultation. Zudem soll er schon damals versucht haben Empyeme mittels Inzision der Thoraxwand und gleichzeitigem Einbringen eines Metallröhrchens zu drainieren und zu behandeln (43, 46).

Die Idee, Flüssigkeiten aus dem Pleuraraum abzuleiten, wurde erst in der Mitte des 19. Jahrhunderts wieder aufgegriffen. Hunter entwickelte eine Subcutannadel, die zu Punktions- und Drainagezwecken gedacht war (55).

1875 entwickelte der Engländer Playfair ein Unterwasserschloss für die Anwendung bei Thoraxdrainagen, welches eine kontinuierliche Ableitung aus dem Thorax ermöglichen sollte. Hewitt beschreibt 1876 ein geschlossenes System zur Anwendung bei Pleuraempyemen (43, 55, 70).

Der Hamburger Internist Gotthard Bülow führte dann 1891 die Saugdrainage als Routinebehandlung bei Pleuraempyemen, vor allem in der Tuberkulosetherapie, ein (43). Der Durchbruch dieser Behandlungsmethode gelang allerdings erst im Rahmen der Grippeepidemie 1917 (55, 70). Damit konnte die hohe Mortalität von 30%, welche die bis dato übliche Behandlung von Empyemen durch Rippenresektion und offene Drainage hatte, auf rund 3% Mortalität bei der Behandlung mittels geschlossener Saugdrainage gesenkt werden (43).

Ab 1938 setzten die beiden italienischen Pulmonologen Monaldi und Tentativi direkte Punktion und Drainage therapieresistenter, intrapulmonaler Tuberkulosekavernen ein (42).

In die Thoraxchirurgie hielt die Saugdrainage Einzug, als Lilienthal (1922) und Brunn (1929) ihre Anwendung für den postoperativen Gebrauch beschrieben (43, 55, 70). Obwohl schon während des Zweiten Weltkriegs die Thoraxdrainagen für die postoperative Versorgung in der Thoraxchirurgie als Standard galt, konnte sich diese Therapiemethode für Patienten mit Thoraxtrauma im Bereich der präklinischen und frühklinischen Traumaversorgung erst während des Korea-Krieges (1950 - 53) etablieren (42, 55).

In der heutigen Zeit ist die Einlage einer Thoraxdrainage und Ableitung von Luft oder Flüssigkeiten aus der Pleurahöhle aus der modernen Medizin nicht mehr weg zu denken und

wird sowohl in der Chirurgie, der Notfall- und Intensivmedizin als auch der Therapie internistischer Lungenerkrankungen angewendet.

2.2 Indikation

Die gängigen Indikationen zur Anlage einer Thoraxdrainage sind:

- Spannungspneumothorax
- Pneumothorax (traumatisch, spontan, iatrogen)
- Hämatothorax
- Hämato-pneumothorax
- Drainagepflichtiger Pleuraerguss
- Chylothorax
- Maligner Hydrothorax
- Pleuraempyem
- Postoperativ nach Thoraxeingriffen

Bei der Behandlung von traumatisierten Patienten spielen lediglich die vier erstgenannten Indikationen eine Rolle. Gleichzeitig wird präklinisch eine großzügige Indikationsstellung gefordert. Insbesondere bei geplantem Transport des Patienten mittels Hubschrauber (6, 10, 15, 44, 76, 79). Generell sollte jeder maschinell beatmeter Patient, mit auskultatorisch diagnostiziertem Pneumothorax, mit einer Thoraxdrainage versorgt werden (72, 73).

2.3 Kontraindikationen

Per se gibt es für den Einsatz der Thoraxdrainage keine harten Kontraindikationen. Allerdings muss das erhöhte Blutungsrisiko bei Einnahme von gerinnungshemmenden Substanzen bzw. bei Gerinnungsstörungen bedacht und das Nutzen-Risiko-Verhältnis sorgfältig abgewogen werden. Für den innerklinischen Bereich sollte, soweit vertretbar, eine Normalisierung der Gerinnungsparameter angestrebt werden (52, 55, 72).

2.4 Technik

In der Literatur werden im wesentlichen zwei Techniken beschrieben.

Als Standardverfahren gilt die Minithorakotomie mit anschließender Drainageeinlage. Hierbei wird am Oberrand der den Interkostalraum begrenzenden unteren Rippe eine horizontale zu dieser verlaufende Schnittinzision durchgeführt. Damit werden Verletzungen der am

Unterrand von Rippen verlaufenden Nerven und Gefäße vermieden. Nach Durchtrennen der Haut wird mit Hilfe von spreizenden Bewegungen einer Schere oder einer Klemme die Muskulatur zur Seite gedrängt. Alternativ kann die stumpfe Präparation mit dem Finger geschehen. Das parietale Pleurablatt wird dann ebenfalls mit dem Finger durchdrungen und die Pleurahöhle ausgetastet. Dabei ist auf Adhäsionen der Lunge an die Thoraxwand zu achten. Anschließend wird die Thoraxdrainage, unter Zuhilfenahme des Fingers, in den Thorax eingeführt, positioniert und mittels Annaht fixiert (70).

Einige Autoren empfehlen die Schnittinzision einen Interkostalraum tiefer als die gewünschte Höhe durchzuführen, um über die schräge, verlängerte Thoraxwandpassage eine bessere Fixierung der Drainage zu erreichen (63, 79).



Abb. 1: Stumpfe Präparation und Einlage der Drainage.

Die zweite, ehemals weit verbreitete Technik ist die Punktion der Pleurahöhle mittels Trokar. Dazu wird die Thoraxwand unter Zuhilfenahme eines vorne angespitzten Metalltrokars, ohne vorherige Präparation, penetriert. Dabei gilt ebenfalls zu beachten, dass die Punktion am Oberrand der unteren Rippe des gewünschten Interkostalraumes geschieht, um eine Verletzung der am Unterrand der Rippe verlaufenden Gefäße und Nerven zu vermeiden. Wenn der Pleuraraum eröffnet ist, wird die Thoraxdrainage, den Trokar als Führungsstab benutzend, vorgeschoben. Nach entsprechender Positionierung wird der Trokar entfernt und die Drainage in ihrer Position am Thorax fixiert. Aufgrund der häufigeren, schwerwiegenden

Komplikationen (11,0% vs. 1,6%) wie Punktion der Lunge, des Herzens oder aber der großen Gefäße, wird diese Technik, auch im Rahmen der Notfalltherapie, nicht mehr empfohlen (6, 10, 44, 47, 56, 59, 63, 70, 72, 76, 79).

Neben diesen beiden Haupttechniken sind zahlreiche weitere Variationen in der Literatur erwähnt, welche aber in der Praxis, gerade in der Notfallmedizin, wenig Bedeutung haben. Hier ist beispielsweise die Einlage von Pigtail-Kathetern, die Anlage mittels Seldinger-Technik oder aber die endoskopische Einführung der Thoraxdrainage zu nennen (2, 4, 64, 77).

Einzig und allein die Punktion mittels großlumiger Kanülen, vor allem im Rahmen der präklinischen Versorgung von Traumapatienten, muss in diesem Zusammenhang noch als akzeptierte Alternative zu einer Versorgung mit Thoraxdrainage erwähnt werden. Die ATLS[®]-Richtlinien empfehlen sogar, bei präklinischem Verdacht auf das Vorliegen eines Spannungspneumothorax, die primäre Entlastung der Pleurahöhle mittels Punktion des Thorax durch eine großlumigen Venenverweilkanüle als lebensrettende Maßnahme durchzuführen. Diese sollte dabei in Monaldi - Position erfolgen (1).

In Studien konnte gezeigt werden, dass bei Anwendung dieser Punktionstechnik die Erfolgsraten im Rahmen der Therapie eines Pneumothorax bzw. Spannungspneumothorax ähnlich hoch sind, wie bei der Anwendung einer Thoraxdrainage. Als Vorteile sind eine sehr geringe Komplikationsrate bei gleichzeitig höherem Patientenkomfort zu nennen (3, 13, 29, 36, 45, 58). Einschränkend muss jedoch erwähnt werden, dass traumatische Pneumothoraces in einem Teil dieser Studien ausgeschlossen waren.

Cullinane dagegen postuliert in einer Studie mit traumatisch bedingten Pneumothoraces dagegen keinen Vorteil der Entlastungspunktion gefunden zu haben, wobei allerdings die Studienpopulation mit n = 19 sehr gering ausfällt (26).

In Anbetracht der Studienlage wird deswegen, gerade für traumatische Pneumothoraces, überwiegend gefordert, im Anschluss an eine Entlastungspunktion mittels Kanüle, in jedem Fall eine definitive Versorgung mit Anlage einer Thoraxdrainage durchzuführen (6, 24, 76, 81).

Die Größe der Drainage sollte zwischen 8 und 40 French liegen. Dabei kann man sagen, dass mit zunehmender Viskosität der abzuleitenden Flüssigkeit die Dicke der Drainage zunehmen sollte.

Mittlerweile ist in der Literatur ein Trend zu dünneren Drainagen zu finden. Conces et al. zeigten in einer Untersuchung, dass von 84 Pneumothoraces 87% zufrieden stellend mit einer 9 French Drainage versorgt werden konnten. Die Studienpopulation bestand ausschließlich

aus nicht traumatologischen Patienten (25). In einer weiteren Studie konnten Delius et al. zeigen, dass selbst bei isoliertem Thoraxtrauma mit Pneumothorax bei 75% mit einem 8 French Katheter eine ausreichende Drainage möglich war (29).

Dennoch werden in der gängigen Literatur für die Anlage einer Drainage im Rahmen eines Thoraxtraumas überwiegend 28 - 36 French Drainagen empfohlen. Hierfür wird die Annahme zu Grunde gelegt, dass in bis zu 30% der Thoraxtraumatas ein kombinierter Hämato-pneumothorax vorliegt. Um eine Verstopfung durch Blutkoagel zu vermeiden, sollten deswegen kaliberstärkere Drainagen verwendet werden (14, 47, 52, 79).

Nach Anlage und Fixation der Thoraxdrainage muss diese endständig mit einem Ventil konnektiert werden, um einerseits den Rücklauf von Flüssigkeit oder Luft zu verhindern und andererseits eine Kontamination der Pleurahöhle mit Keimen zu vermeiden. Am weitesten verbreitet ist dafür ein 2 bis 3 Kammersystem mit Wasserschlossventil. Zeitgleich kann ein Sog von ca. 10 bis 20 cm Wassersäule angelegt werden, wofür high volume/low pressure Pumpen verwendet werden sollten (52, 63, 70, 73).

Gerade in der präklinischen Notfallmedizin gestaltet sich die Anwendung dieser Mehrkammersysteme schwierig, da der Wasserkasten immer unterhalb des Drainageniveaus liegen muss und nicht gekippt werden darf, um einen Rückfluss von Flüssigkeit aus dem Drainagekasten in den Thorax zu verhindern. In der Luftrettung sind solche Systeme, aus physikalischen Gründen wie Lageänderungen der Standfläche durch Flugmanöver und vor allem wegen wechselnder atmosphärischer Drücke, problembehaftet. Als Alternative ist das Heimlich-Ventil zu nennen. Dieses System hat allerdings im Vergleich zum Wasserschlosssystem eine höhere Versagensrate, was auf eine leichtere Okklusion durch Blut oder andere Substanzen zurück geführt werden kann (10, 15, 63, 79).

Bei maschinell beatmeten Patienten kann auf den Anschluss an ein Ventil oder einen Sog verzichtet werden. Auf jeden Fall muss trotzdem die Hygiene gewahrt bleiben und eine Kontamination der Drainage und somit der Thoraxhöhle verhindert werden (6, 10, 79).

2.5 Zugangswege

In der Literatur wird überwiegend der Zugang nach Monaldi, d.h. im 2. - 3. ICR in der Medioclavicularlinie, sowie der Zugang nach Bülow im 4. - 6. ICR in der vorderen bis mittleren Axillarlinie, beschrieben. Dabei galt früher die Regel, dass für Pneumothoraces der Zugang nach Monaldi empfohlen wurde, in der pathophysiologischen Annahme, dass sich die Luft beim liegenden Patienten ventrokranial sammelt. Für Flüssigkeitsansammlungen jeder Art wurde dagegen der Zugang nach Bülow empfohlen (35, 55, 76).

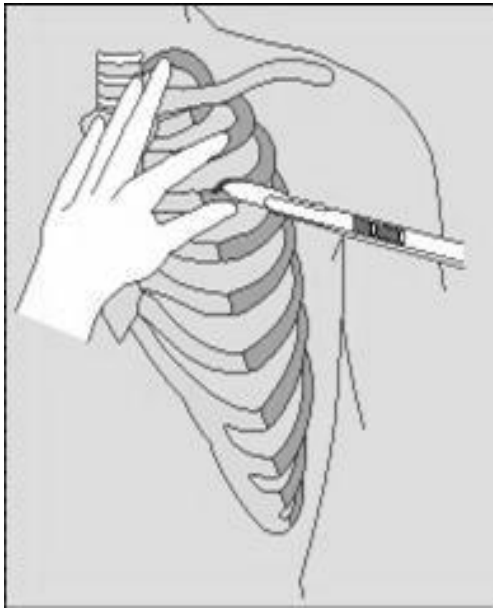


Abbildung 2: Ventraler Zugang (Monaldi) - 2.-3. Interkostalraum, Medioclavicularlinie



Abbildung 3: Lateraler Zugang (Bülau) - 4.-5. Interkostalraum, vordere Axillarlinie

Derzeit wird dagegen überwiegend die Drainage im „triangel of safty“ empfohlen, welches der Bülau - Position entspricht (1, 6, 15, 44, 52, 56, 63, 72, 73). Dies wird durch die anatomischen Landmarken lateraler Rand des M. pectoralis als ventrale Grenze, mittlere Axillarlinie als dorsale Grenze und der Intermammillarlinie als kaudale Begrenzung definiert. Die Argumente hierfür sind weitere Zwischenrippenräume, geringeres Blutungsrisiko und geringere Verletzungsgefahr der weiblichen Brustdrüse und der Pectoralismuskulatur. Des Weiteren wird die dickere Gewebeschicht, die bei der Präparation des ventralen Zugangs durchdrungen werden muss, angeführt. Schlussendlich soll für den Patienten das kosmetische Ergebnis besser und der Komfort größer sein. Außerdem kann die Drainage sowohl ventrokranial als auch dorsokaudal platziert werden (52, 72, 73).

Dieses Vorgehen entspricht Expertenmeinungen (Evidenz-Level 5), die nicht durch aussagkräftige Studien belegt sind.

2.6 Komplikationen

Es existiert eine große Bandbreite von Früh- und Spätkomplikationen bei der Thoraxdrainagenanlage. Die Komplikations- und Fehllagenhäufigkeit wird mit bis zu 60% angegeben (7, 66, 72, 79).

Eine der häufigsten Komplikation ist die anatomische Fehllage der Drainagespitze mit oder ohne Drainageninsuffizienz. Waydhas nennt in einer Metaanalyse eine Versagensrate von im Mittel 11,2% (5,4 bis 21%). Der Begriff „Versagensrate“ bedeutet hier, dass die Anlage einer weiteren Thoraxdrainage nötig war (79).

In der Literatur werden Fehllagen der Drainagespitze im Interlob als auch im Lungenparenchym beschrieben (20, 39, 41, 79). Letzteres wird oftmals in Zusammenhang mit Pleuraverwachsungen (55), gehäuft auch bei der Anwendung der Trokarteknik, gesehen (31, 70). Im Rahmen einer Verletzung des Lungenparenchyms durch die Drainage ist das seltene Auftreten von bronchopleuralen Fisteln beschrieben (73). Weiterhin ist auch die extrathorakale Lage zu nennen (20, 41). In diesem Fall hat die Drainage die Thoraxwand nicht durchdrungen. Ebenso muss die intraabdominelle Fehlplatzierung der Thoraxdrainage erwähnt werden (20, 41, 55). Dabei ist die Verletzung von intraabdominellen Organen möglich (20, 41, 73). Auch diese Komplikation wird häufig der Verwendung eines spitzen Trokars zugeschrieben (70). Verletzungen von Bauchorganen können ebenso bei korrekter Platzierung der Drainage auftreten, wenn im Rahmen einer Zwerchfellruptur diese Organe nach intrathorakal verlagert sind.

Für beide Zugangswege sind Verletzungen der Interkostalgefäße und –nerven, des Ductus thoracicus sowie des N. thoracicus longus beschrieben (55, 72, 73, 79).

Eine Penetration des Herzens, sowohl der Ventrikel als auch der Vorhöfe, ist mehrfach kasuistisch berichtet (23, 28, 33, 54, 61, 67). Zudem sind Verletzungen des Ösophagus (41), des Mediastinums (41, 62) und des N. phrenicus (79) erwähnt worden. Auch die Möglichkeit einen kontralateralen Pneumothorax zu induzieren sollte stets bedacht werden (62, 79).

Daneben sind auch Komplikationen zu nennen, die zugangswegspezifisch beschrieben sind. Für den ventralen Zugangsweg muss zuallererst die Verletzung der A. mammaria interna (52, 56), die Verletzung der weiblichen Brustdrüse (52, 73) bzw. von Silikonimplantaten (72) und des M. pectoralis (41) genannt werden. Auch das Auftreten von arteriovenösen Fisteln ist für den ventralen Zugangsweg erwähnt (79).

Für den Zugang nach Bülow ist neben der Verletzung der V. cava (38, 41, 61) das Auftreten eines Horner Syndroms beschrieben (16). Diese wird durch direkten Druck der Drainagespitze auf das Ganglion stellatum bedingt. Weiterhin sind Stenosen der A. subclavia zu nennen (31).

Neben den genannten Komplikationen ist auch die Möglichkeit zu erwähnen, dass in der Akutsituation die Drainagespitze nicht in die korrekte Richtung vorgeschoben wurde und somit der zu drainierende Bereich verfehlt wird. Dies hat zur Folge, dass trotz Lage der

Drainagenspitze im Pleuraraum, keine suffiziente Drainage möglich ist. Ebenso kann bei zu weitem Verschieben der Drainage, die Spitze im Winkel zwischen Wirbelsäule und Mediastinalorganen zu liegen kommen, was ebenfalls eine korrekte Ableitung behindern kann (20). Eine weitere Komplikation ist in der Entstehung von subkutanen Emphysemen zu sehen, welche zum einen durch den Pneumothorax selbst bedingt sein können, als auch durch die Anlage einer Thoraxdrainage (48).

Als verzögerte bzw. Spätkomplikation ist zum einen die Lungenabszessbildung, als auch die Entstehung eines Pleuraempyems zu nennen (7, 73). Beides sind schwerwiegende Komplikationen. Die Häufigkeit ihres Auftretens ist unabhängig davon, ob die Drainage präklinisch oder klinisch eingebracht wurde (66). Vielmehr wird diese Komplikation einer ungenügenden Ableitung zugeschrieben (70). Aus diesem Grund wird die prophylaktische Gabe eines Antibiotikums kontrovers diskutiert (55, 72).

3. Material und Methode

3.1 Datenerhebung

Der Studienzeitraum erstreckte sich vom 01.01.2000 bis zum 30.06.2004. Entsprechend der Fragestellung wurden nur polytraumatisierte Patienten mit einem Injury Severity Score (ISS) ≥ 16 eingeschlossen, welche über den Schockraum der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse der LMU München, einem Level 1 Traumazentrum, aufgenommen worden sind. Erfolgte die Aufnahme im Rahmen einer sekundären Zuverlegung, galt dies als Ausschlusskriterium.

Weiterhin mussten folgende Kriterien erfüllt sein:

- Anlage einer Thoraxdrainage entweder präklinisch oder im Rahmen der Schockraumversorgung.
- Durchführung einer Computertomographie des Thorax im Rahmen der Schockraumversorgung.

Die Computertomographie des Thorax wurde mit Kontrastmittel und einem Vierzeilen Multi Slice CT (Somatom Volume Zoom, Siemens, Erlangen, Deutschland) durchgeführt.

Der die Drainage anlegende Mediziner war an kein Randomisierungsprotokoll gebunden. Somit konnte er den Zugangsweg nach seinen Präferenzen, bzw. praktischen Fertigkeiten auswählen und durchführen.

In einem ersten Arbeitsschritt wurde, anhand der Schockraumaufnahmebücher, die Anzahl der Patienten festgestellt, die in oben genanntem Zeitraum über den Schockraum aufgenommen wurden.

Anhand dieser Liste ist im nächsten Arbeitsschritt geprüft worden, für welche Patienten CT-Aufnahmen im Rahmen der Schockraumbehandlung vorlagen. Da die Speicherung der radiologischen Daten ausschließlich digital erfolgt, konnte sichergestellt werden, dass die entsprechenden CT-Aufnahmen zur Verfügung standen. Im Rahmen einer ersten Durchsicht der gefundenen CT-Sequenzen wurde registriert, bei welchen Patienten eine CT-Thorax durchgeführt wurde. Sofern eine Bildsequenz des Thorax vorlag, wurden gleichzeitig all jene Sequenzen herausgefiltert, bei denen eine Thoraxdrainage abgebildet war.

Anschließend wurde in Zusammenarbeit mit erfahrenen Radiologen die Beurteilung der anatomischen Lage der Thoraxdrainagenspitze durchgeführt.

Entsprechend der gängigen Literatur wurden folgende fünf radiologischen Befunde unterschieden:

1. „Korrekte Lage“ der Spitze; definiert als Lage der Spitze in der dorsalen oder ventralen Pleurahöhle, der Pleura parietalis direkt anliegend.
2. „Drainage liegt im Interlob“; definiert als Lage der Spitze im Bereich eines interlobären Spaltes (erschließt sich aus der Durchsicht der vollständigen Sequenz). Optimalerweise ist die Pleura visceralis abzugrenzen.
3. „Drainage penetriert das Lungenparenchym“; definiert als Lage der Spitze im Bereich des Lungenparenchyms, aber ohne direkten Bezug zu einem interlobären Spalt. Unter Umständen findet sich als Hinweis auf ein Hämatom ein hypodenses Areal um die Thoraxdrainage.
4. „Drainage liegt im Abdomen“; definiert als Lage der Spitze unterhalb des Diaphragmas und innerhalb des Abdomens, d.h. das Peritoneum ist perforiert.
5. „Drainage liegt extrathorakal“; definiert als Lage der Spitze außerhalb der Pleurahöhle als auch des Abdomens, d.h. weder Pleura parietalis noch Peritoneum sind durchdrungen.

Punkt zwei bis fünf wurden entsprechend der Literatur als anatomische Fehllage gewertet (9, 20, 41, 79).

Weiterhin wurden, ebenfalls durch CT-Auswertung, folgende Parameter erhoben:

- Betroffene Thoraxhälfte
- Der Zugangsweg, entweder lateral, d.h. im Bereich der vorderen Axillarlinie (= Zugang nach Bülau) oder ventral, d.h. im Bereich der Medioclavicularlinie (= Zugang nach Monaldi). Als Kriterium diente die Position, in welcher die Thoraxwand durchdrungen wurde.
- Interkostalraum, durch welchen die Drainage eingebracht wurde. Zu diesem Zweck wurden die Interkostalräume bei der Durchsicht der CT-Thorax-Sequenzen abgezählt, um eine sichere Beurteilung zuzulassen. Begonnen wurde bei der einwandfrei zu identifizierenden ersten Rippe und dem darauf folgenden Zwischenrippenraum.

Ferner wurden epidemiologische Daten wie Alter, Geschlecht, Traumamechanismus (stumpf/spitz) erfasst.

Um eine genauere Charakterisierung des Patientengutes vornehmen zu können, sind nach vollständiger Diagnostik der Injury Severity Score (ISS) und der Abbreviated Injury Scale (AIS) des Thorax, der Wert der Glasgow Coma Scale (GCS) des Patienten am Unfallort, der Zeitpunkt der Intubation (präklinisch/klinisch), der Zeitpunkt der Thoraxdrainagen-Anlage (präklinisch/klinisch), die Notwendigkeit einer Korrektur der Drainage, die Diagnose, welche

für die Anlage der Thoraxdrainage ursächlich war, das Vorliegen einer Ruptur des Diaphragma und die Durchführung einer Thorakotomie in der Datenbank erfasst worden. Des Weiteren wurde die Aufenthaltsdauer auf der Intensivstation, die Anzahl der Tage mit maschineller Beatmung, Gesamtklinikaufenthaltsdauer, sowie die Rate der überlebenden Patienten in der Datenerhebung berücksichtigt. Zudem wurde nach Komplikationen wie Verletzungen von Organen oder Gefäßen, Infektionen oder Empyeme gesucht.

Diese Daten sind den Notarzteinsatzprotokollen (DIVI-Protokolle), den standardisierten Schockraumprotokollen sowie den Krankenakten entnommen worden.

Wie bereits oben erwähnt, wurde in einem letzten Arbeitsschritt durch eine weitere Auswertung der CT-Thorax-Sequenzen, der Schockraumprotokolle und der Patientenakten die klinische Funktion der Thoraxdrainagen erfasst. Somit konnte eine Subgruppe mit der Bezeichnung „Thoraxdrainagen mit funktioneller Fehllage“ gebildet werden.

Für diese Gruppe galten als Einschlusskriterium:

- Ineffiziente Drainage, radiologisch dokumentiert
- Veränderung der Thoraxdrainagen-Lage (z.B. durch Zurückziehen der Drainage)
- Entfernung der Thoraxdrainage
- Neuanlage einer Thoraxdrainage

Der Zeitraum, in welchem diese Maßnahmen auf eine funktionelle Fehllage zurückgeführt wurden, ist mit maximal 48 Stunden ab Klinikaufnahme definiert worden.

3.2 Statistik

Aus den epidemiologischen Daten wurden Mittelwerte samt Standardabweichung errechnet.

Die statistisch vergleichende Fragestellung wurde, aufgrund der Größe des Kollektivs, mittels dem zweizeitigen exakten Test nach Fischer berechnet. Das Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ festgelegt. Zudem wurde das „relative risk“ (RR), die „number needed to treat“ (NNT) sowie 95% Konfidenzintervalle (CI) berechnet.

4. Ergebnisse

Im Zeitraum vom 01.01.2000 bis zum 30.06.2004 wurden 851 Patienten über den Schockraum der Chirurgischen Klinik Nussbaumstrasse der Ludwig Maximilians Universität München aufgenommen. 68 Patienten mit n=101 Thoraxdrainagen erfüllten die Einschlusskriterien. Die Anlage der Drainage erfolgte entweder am Unfallort oder im Rahmen der Schockraumversorgung.

Das Durchschnittsalter der Studienpopulation betrug $40,8 \pm 16,7$ Jahre. Dabei ergab sich eine zweigipflige Verteilung. Der erste Altersgipfel lag in der Altersdekade von 31 - 40 Jahre, der zweite Gipfel in der Dekade von 51 - 60 Jahre.

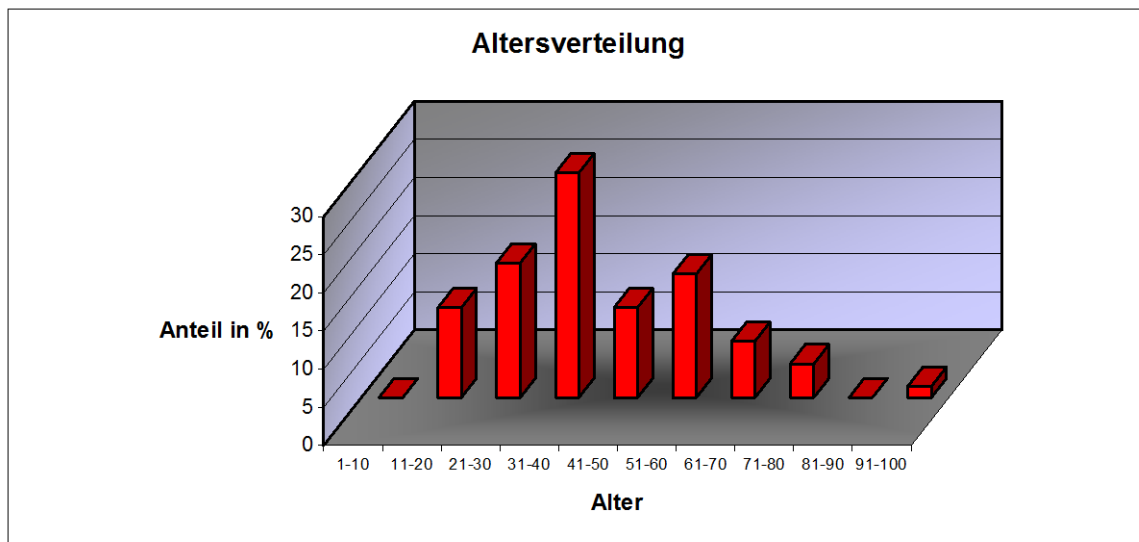


Abbildung 4: Verteilung der Altersgruppen auf das Gesamtkollektiv

Von den 68 in die Studie eingeschlossenen Patienten waren 55 (80,9%) männlich.

Im Gegensatz zu Studien aus dem angloamerikanischen Raum, bei denen die Anzahl der Patienten mit penetrierenden Thoraxverletzungen oftmals überwiegt, erlitten 97,1% aller Patienten der eigenen Untersuchung ihre Verletzungen im Rahmen eines stumpfen Traumas.

Der durchschnittliche ISS betrug $38,1 \pm 14,0$, der Mittelwert des AIS Thorax lag bei $3,9 \pm 0,8$. Der GCS-Wert am Unfallort betrug im Mittel $9,5 \pm 4,7$.

48 Patienten (70,6%) wurden bereits an der Unfallstelle vom Notarzt intubiert, weitere 17 im Schockraum. Lediglich ein Patient ist im Rahmen seines Aufenthaltes zu keinem Zeitpunkt intubationspflichtig geworden (ausgenommen dem Zeitraum der operativen Versorgung).

Die Gesamtmortalität, definiert als Tod innerhalb des Klinikaufenthaltes, lag bei 32,4%.

Die Gesamtaufenthaltsdauer erreichte im Mittel $30,5 \pm 25,8$ Tage.

Auf der Intensivstation sind dabei durchschnittlich $22,2 \pm 16,0$ Tage verbracht worden, wovon die Patienten durchschnittlich $19,7 \pm 14,5$ Tagen beatmet wurden (Tabelle 1).

Parameter	Mittelwert \pm SD oder %
Alter	$40,8 \pm 16,7$
Traumamechanismus	97,1% stumpfes Trauma
ISS	$38,1 \pm 14,0$
AIS Thorax	$3,9 \pm 0,8$
Intubationsrate	98,5%
Intubation am Unfallort	70,6%
Intubation im SR	25,0%
GCS am Unfallort	$9,5 \pm 4,7$
Tage auf Intensivstation	$22,2 \pm 16,0$
Beatmungstage	$19,7 \pm 14,5$
Krankenhaustage	$30,5 \pm 25,8$
Mortalität	32,4%
Tod im SR	11 (16,2%)

Tabelle 1: Charakteristika der Studienpopulation (68 Patienten)
(AIS: abbreviated injury scale; GCS: Glasgow coma scale;
ISS: injury severity score; SD: Standardabweichung;
SR: Schockraum)

Von den 101 in die Studie eingeschlossenen Thoraxdrainagen wurden 21 (20,8%) über den ventralen Zugang nach Monaldi platziert, 80 Drainagen (79,2%) sind lateral eingebracht worden.

40 Patienten sind mit einer Drainage versorgt worden, 16 benötigten bilaterale Drainagen. Bei weiteren 12 Patienten sind bis zu drei Drainagen in einer Thoraxhälfte platziert worden.

24 Drainagen (23,8%) wurden bereits am Notfallort gelegt. Von diesen präklinisch eingebrachten Thoraxdrainagen waren 5 (20,8%) ventral platziert, womit kein Unterschied in der Frequenz dieses Zugangsweges im Vergleich zu klinisch platzierten Drainagen festgestellt werden konnte. Beide Thoraxseiten waren gleichhäufig betroffen (Tabelle 2).

Seite	Lateral		Ventral	
	Präklinisch	Klinisch	Präklinisch	Klinisch
Rechts	10	32	2	7
Links	9	29	3	9

Tabelle 2: Verteilung bezogen auf den Anlagezeitpunkt und Lokalisation der Drainagen.

Die Höhe des Zwischenrippenraumes, durch den die Thoraxdrainage eingeführt wurde, entsprach überwiegend den aus den Standards gängigen Höhen, d.h. 2. ICR bei den ventral gelegten und 4. und 5. ICR bei lateral platzierten. Bei Zugang nach Monaldi wurde fast ebenso häufig der 1. wie der 2. ICR durchdrungen.

Im Gesamtkollektiv wurden 22 radiologisch gesicherte Fehllagen nachgewiesen (21, 8%).

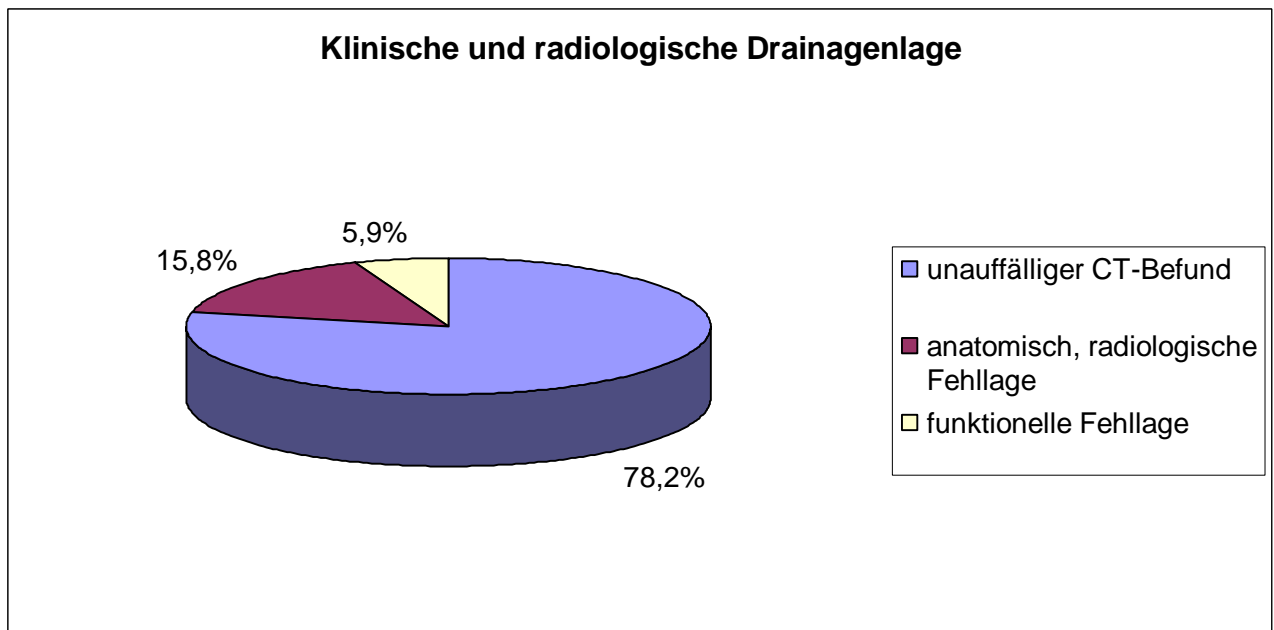


Abbildung 5: Verteilung der klinisch-radiologischen Befunde.

In dem Subkollektiv der Patienten mit radiologischer Fehllage lag das Durchschnittsalter bei $41,5 \pm 20,2$ Jahren, der ISS bei $43,9 \pm 15,3$ und der AIS Thorax bei $4,3 \pm 0,7$. Somit war die Gruppe mit Fehllagen tendenziell schwerer verletzt als die Patienten ohne Fehllagen.

Aus Tabelle 3 sind die festgestellten Fehllagen ersichtlich.

Lage	rechts	Links
Interlobär	12	5
Extrathorakal	1	0
Parenchym	2	2
Abdominell	0	0

Tabelle 3: Aufschlüsselung der radiologischen Fehllagen.

Dabei wurden 8 Thoraxdrainagen präklinisch fehlplatziert (38,1% aller präklinisch gelegten Thoraxdrainagen) und 14 klinisch (17,5% aller klinisch gelegten Thoraxdrainagen). Durch die CT-Thorax konnten 2 (9,5%) anatomische Fehllagen bei ventral platzierten Drainagen und 20 (25%) bei den lateral eingebrachten identifiziert werden. Bei Anwendung des exakten Test nach Fischer ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,15$). Für die am Notfallort gelegten Thoraxdrainagen ($n = 24$) wurden bei 5 ventral eingebrachten Drainagen keine Fehllage (0%) und bei 19 lateral gelegten Drainagen 8 radiologisch anatomische Fehllagen (42,1%) nachgewiesen. Hier gibt es ebenfalls kein signifikantes Ergebnis ($p = 0,13$; exakter Test nach Fischer).

17 von 22 radiologisch fehlplatzierten Drainagen (77,3%) lagen im interlobären Spalt, womit dies die häufigste Fehlpositionierung darstellte. Da in allen Fällen der interlobären Lage die Drainage lateral eingebracht wurde, ist somit die Wahrscheinlichkeit für eine solche Fehlplatzierung der Drainage beim Zugang nach Bülau signifikant höher als beim ventralen Zugang ($p = 0,013$; exakter Test nach Fischer). 7 der 17 Fälle traten bei präklinisch platzierter Drainage auf. Ferner überwog die interlobäre Fehllage bei Drainage der rechten Thoraxhälfte (12 vs. 5).

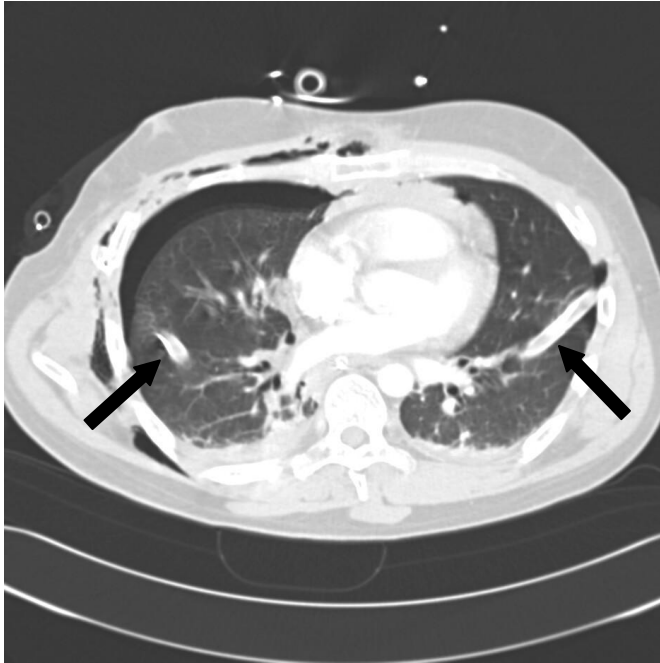


Abbildung 6: 27 Jahre alter, männlicher Patient, Z.n. PKW-Frontalzusammenstoß, ISS 38, AIS Thorax 5. Beidseits Lage der Drainage im interlobären Spalt (Pfeile).

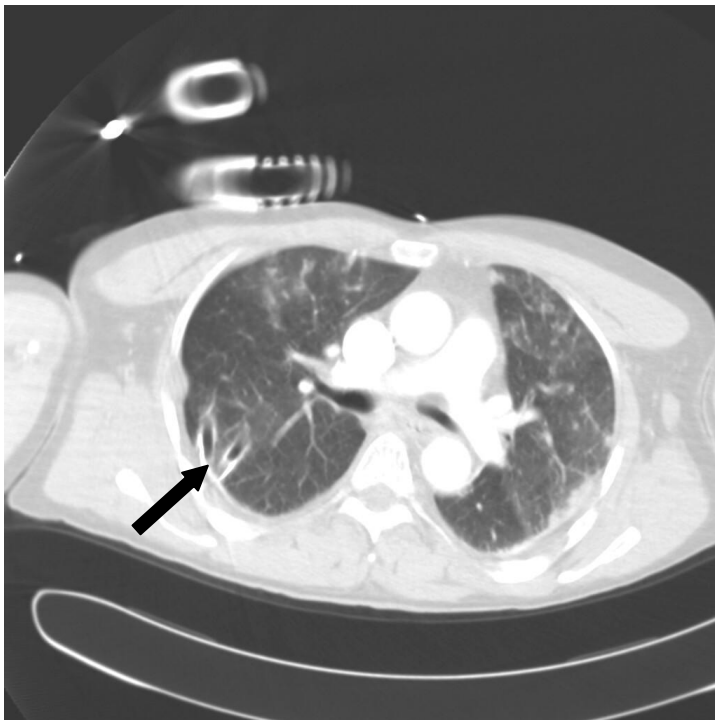


Abbildung 7: 47 Jahre alter, männlicher Patient, Z.n. PKW-Anprall gegen Baum, ISS 29, AIS Thorax 4. Lage der rechts lateral eingebrachten Drainage im Lungenparenchym. Nebenbefundlich Knickbildung der Drainage an der hinteren Thoraxwand (Pfeil).

Von den verbleibenden 5 radiologischen Fehllagen entfielen 4 auf eine Lage der Drainage im Lungenparenchym mit einem signifikant höheren Risiko bei ventralem Zugangsweg ($p = 0,045$).

Zusätzlich wurde in einem Fall die Thoraxwand nicht durchdrungen, die Spitze lag subkutan, also außerhalb des knöchernen Brustkorbs.

Eine Perforation des Zwerchfell bzw. abdominelle Fehllagen traten nicht auf.

Es wurden ebenfalls keine Verletzungen von sonstigen Organen, wie z. B. Herz oder Gefäßverletzungen festgestellt. Auch mögliche Spätkomplikationen, wie z.B. Empyeme oder Infektionen sind im Studienkollektiv nicht aufgetreten.

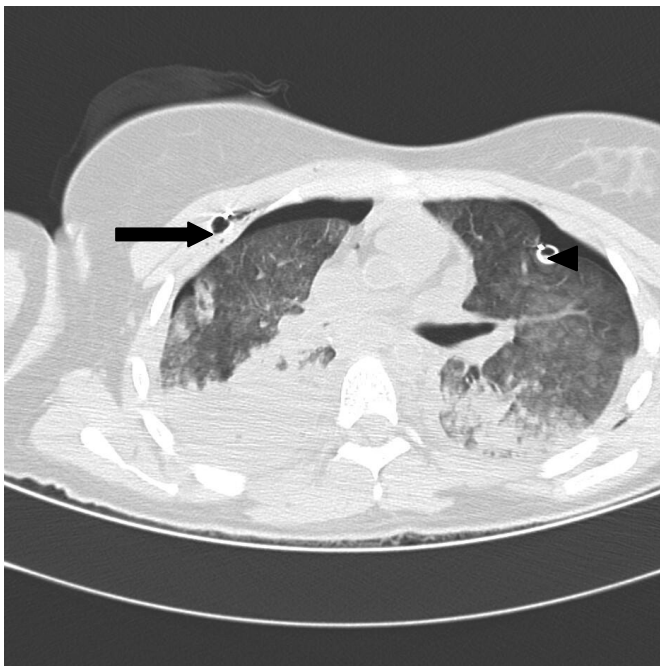


Abbildung 8: 16 Jahre alte, weibliche Patientin, Z.n. PKW-Unfall, ISS 59, AIS Thorax 4. Subkutane Lage der rechts ventral eingebrachten Drainage (Pfeil). Korrekte Lage der links lateral gelegten Drainage (Pfeilspitze).

Das relative Risiko (RR) bei Anlage der Drainage über den ventralen Zugang eine Fehllage zu erzeugen betrug 38,1% (CI 95% 9,7 - 150,2%) im Vergleich zum lateralen Zugang. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass bei einem Risiko von 100% für eine Fehllage bei lateralem Zugang dasjenige für den ventralen Zugangsweg nur 38,1% beträgt. Die Number Needed to Treat (NNT) betrug 6 (CI 95% 0 - 383), d.h. es bedarf sechs ventral positionierter Thoraxdrainagen, um eine Fehlplatzierung bei lateralem Zugang zu vermeiden.

Die Rate von klinisch relevanten Fehllagen, also mit Bedarf für eine Neuanlage bzw. Korrektur, war mit 5,9% aller untersuchten Drainagen deutlich geringer als die Rate aller

radiologischen Fehllagen (21,8%). Lediglich sechs Thoraxdrainagen mussten korrigiert bzw. zurückgezogen werden. Von diesen war eine Drainage über den ventralen Zugangsweg eingebracht, die anderen fünf über den Lateralen ($p = 0,66$). Diese klinisch relevanten Fehllagen wurden als funktionelle Fehllagen bezeichnet.

Für funktionelle Fehllagen betrug das relative Risiko (RR) bei ventralem Zugang im Vergleich zum lateralen Zugang 76,2% (CI 95% 9,4 - 617,6%). Die NNT lag dabei bei 67 (CI 95% 8 - ∞)

Der Pneumothorax war die häufigste Indikation für die Anlage einer Thoraxdrainage. 76 mal wurde diese Diagnose gestellt (55,9% bei 136 möglichen Thoraxhälften von 68 Patienten). Die Diagnose Hämatothorax war noch in 46 Fällen (33,8%) und die Diagnose Spannungspneumothorax in 7 Fällen (5,2%) gestellt worden. Mehrfachnennungen waren möglich.

Diagnose	Anzahl	Prozentualer Anteil (%)	Lateraler Zugang (%)
Pneumothorax	76	55,9	81,6
Spannungspneumothorax	7	5,2	100
Hämatothorax	46	33,8	82,6

Tabelle 4: Verteilung der Diagnosen, die zur Anlage einer Thoraxdrainage geführt haben (Daten bezogen auf 136 mögliche Thoraxhälften bei 68 Patienten; Mehrfachnennung möglich)

Lediglich bei einem Patienten konnte eine Ruptur des Diaphragmas diagnostiziert werden (1/68, 1,4%). Bei diesem Patienten sind zwei Drainagen komplikationslos über den lateralen Zugang platziert worden.

In 9 Fällen musste eine Notfallthorakotomie durchgeführt werden. Bei zwei Patienten ist im Verlauf der Intensivbehandlung eine Thorakotomie aufgrund eines ausgeprägten Hämatothorax notwendig gewesen. Die Ursache für diese Hämatothoraces stand in keinem Zusammenhang mit den gelegten Thoraxdrainagen.

Parameter	Gesamtanzahl	Ventraler Zugang	Lateraler Zugang	p	RR für ventralen Zugang	NNT für ventralen Zugang
Thoraxdrainagen	101	21 (20,8%)	80 (79,2%)			
Radiologische Fehllage	22 (21,8%)	2 (9,5%)	20 (25,0%)	0,15*	38,1% (CI 95%: 9,7 - 150,2%)	6 (CI 95%: 0 - 383)
extrathorakal	1 (0,9%)	1 (4,8%)	0	0,42*	n.a.	-
Abdominell	0	0	0	1,00.	n.a.	-
Lungenparenchym	4,0	1 (4,5%)	3 (3,8%)	0,045*	127,0% (CI 95%: 13,9 - 1159,4%)	99 (CI 95%: 9 - ∞)
Interlob	17 (16,8%)	0	17 (21,3%)	0,013*	n.a.	-
Funktionelle Fehllage^a	6 (5,9%)	1 (4,5%)	5 (6,3%)	0,66*	76,2% (CI 95%: 9,4 - 617,6%)	67 (CI 95%: 8 - ∞)

Tabelle 5: Aufschlüsselung der gelegten Thoraxdrainagen und Fehlpositionierungen. (RR: relatives Risiko; NNT: number needed to treat; a: funktionelle Fehllage definiert als klinische Notwendigkeit zur Korrektur der Drainage oder Neuanlage; *: Signifikanzniveau, errechnet im exakten Test nach Fisher; n.a.: nicht anwendbar)

5. Diskussion

Nach der gängigen Literatur ist die einzig wirklich sinnvolle und definitive Therapie eines traumatisch bedingten Pneumo-, Hämato- oder Spannungspneumothorax die Anlage einer Thoraxdrainage und gilt somit als Standardtherapie im Rahmen der ärztlichen Versorgung des schweren Thoraxtraumas, bzw. anderer pathologischer Prozesse, die mit einer vermehrten Luft- oder Flüssigkeitsansammlung im Thorax und somit mit eingeschränkter Lungenfunktion einhergehen (41, 44, 52, 55, 70, 72, 73, 79). Barton konnte in seiner Studie an Schweinen zeigen, dass ein Spannungspneumothorax zügig zu einer Herz-Kreislaufinsuffizienz führt, welche durch eine Entlastung des Druckes im Thorax reversibel ist (12). Daher ist zu fordern, dass bei Verdacht auf einen Spannungspneumothorax bereits präklinisch eine Entlastung durchgeführt wird. Waydhas klassifiziert in seinem Review die sofortige Entlastung eines Spannungspneumothorax mit Empfehlungsgrad C (80).

Auch wenn wenige Autoren der Nadeldekompression bei Pneumo- oder Spannungspneumothorax im Rahmen der präklinischen Versorgung den Vorzug geben, so wird diese Maßnahme überwiegend als Therapieoption für das nichtärztliche Rettungsdienstpersonal gesehen, welcher eine definitive Versorgung mittels Drainage spätestens in der Klinik zu folgen hat (1, 12, 19, 26, 36, 79, 81).

Lediglich für okkulte Pneumothoraces, bei nicht maschinell beatmeten Patienten, kann bei ausreichender Kontrolle eine abwartende Haltung ohne Anlage einer Drainage Anwendung finden (18, 37).

Dabei findet man in der Literatur zwei typische Zugangswege für die Anlage einer Thoraxdrainage. Zum einen den Zugang nach Monaldi, bei dem von ventral her in den Thorax eingegangen wird und zum anderen den Zugang nach Bülow, bei dem über die laterale Thoraxwand eingegangen wird. Die Meinungen, welcher Zugangsweg zu bevorzugen sei, gehen dabei auseinander.

Tang et al. stellten in einer Umfrage unter britischen Medizinern fest, dass fast die Hälfte der befragten Notfallmediziner, sofern es gilt, Luft aus dem Pleuraraum zu drainieren, eine apikale Positionierung der Drainage bevorzugten. Bei der Fraktion der Thoraxchirurgen waren es sogar 93%. Es lässt sich allerdings nicht nachvollziehen, ob eine „apikale Positionierung“ gleichzeitig auch einem Zugang nach Monaldi entsprach (71).

Da entsprechende vergleichende oder randomisierte Untersuchungen fehlen, geben die Aussagen in verschiedenen Leitlinien lediglich Expertenmeinungen wider (79).

Auf der einen Seite sind dies die Aussagen der ATLS[®]-Richtlinien, die von vielen Seiten zitiert werden. Diese geben dem lateralen Zugangsweg deutlich den Vorzug, indem sie das „triangle of safety“ als bevorzugte Zugangsregion definieren (1). Die Hauptargumente sind zum einen eine geringere Blutungsgefahr, weniger Muskel- und Weichteilschäden sowie die höhere Akzeptanz durch den Patienten (52, 73). Dabei werden auch für diesen Zugangsweg weitreichende Komplikationen beschrieben (16, 21, 28, 39, 72, 73).

Auf der anderen Seite gibt es Autoren, die bei einem Pneumo- oder Spannungspneumothorax klar den ventralen Zugang bevorzugen (55, 76). Die ATLS[®]-Richtlinien fordern, dass er nur von entsprechend ausgebildeten Thoraxchirurgen angewendet werden sollte. Befürworter des ventralen Zugangs führen als Hauptargument an, dass bei einem liegenden Patienten die Luft sich ventral im Pleuraraum sammeln würde und somit einfacher und effizienter mit einer Drainage in Monaldi - Position zu erreichen sei. Wie schon erwähnt, findet man auch für diesen Zugang in der Literatur gewichtige Komplikationen (39, 41, 52, 70, 72, 73, 79).

Beiden Zugangswegen gemeinsam sind verzögerte Komplikationen wie Empyeme, Lungenabszesse, die Ausbildung eines subkutanen Emphysems, sowie die Drainageinsuffizienz aufgrund einer Fehlplatzierung.

Dabei werden Komplikationsraten von 2 bis 60% angegeben (7, 9, 27, 31, 66, 79).

Ein Problem stellt die Verifizierung der fehlplatzierten Drainage dar. Eine einfache Röntgenthoraxaufnahme im anterior-posterioren Strahlengang lässt in den seltensten Fällen einen Rückschluss auf eine Fehllage zu. Selbst unter Hinzuziehen einer Aufnahme mit seitlichem Strahlengang ist es schwierig, eine Fehllage sicher zu erkennen. Um die Aussagekraft solcher konventionellen Röntgenaufnahmen zu erhöhen, versuchten Maurer et al., 1982, mit Hilfe von röntgendichten Markierungen bestimmter Länge und Ausmessen der Abstände zwischen diesen Markierungen, im Röntgenbild eine Fehllage im interlobären Spalt von einer korrekten Platzierung zu unterscheiden (53).

Zahlreiche Autoren konnten die Überlegenheit der CT in der Diagnose von Drainagenfehllagen gegenüber konventionellen Röntgenaufnahmen des Thorax nachweisen (20, 41, 68). Unter anderem aus diesem Grund ist die Durchführung einer Computertomographie des Thorax, bei Traumapatienten, als Goldstandard anzusehen. Der zusätzliche Erkenntnisgewinn, nicht nur über die Lage der Drainage, sondern auch über pathologische Prozesse im Thorax, kann die Therapie eines Patienten entscheidend beeinflussen. Trupka et al. zeigten, dass bei 65% von 103 Patienten mit Thoraxtrauma die CT-Thorax deutlich mehr Informationen lieferte als konventionelle Röntgenaufnahmen. Vor allem Kontusionsherde und ventral gelegene, bzw. nicht vollständig entlastete

Pneumothoraces wurden signifikant häufiger diagnostiziert. Laut dieser Studie konnten dadurch wesentliche Konsequenzen für die weitere klinische Behandlung gezogen werden (74).

Wie oben erwähnt, haben die Empfehlungen zum Zugangsweg bei der Anlage einer Thoraxdrainage lediglich den Charakter von Expertenmeinungen (Evidence based medicine Level 5, Empfehlungsgrad C). In zahlreichen Studien wurde gezeigt, dass Fehllagen der Thoraxdrainagen auch mit einem erhöhten Risiko für persistierende Pneumo- und Hämatothoraces sowie Spätkomplikationen, wie z.B. Empyeme, einhergehen (9, 68). Einige Autoren beschreiben sogar die Möglichkeit einer Entwicklung eines Spannungspneumothorax bei anatomisch fehlplatzierte Drainage (9, 22). Zudem zeigten Stark et al. in einer Arbeit, dass Patienten mit insuffizienter Drainage längere Liegezeiten im Krankenhaus aufweisen (68). In Anbetracht dieser Ergebnisse ist die Fragestellung, ob und welcher Zugangsweg ein erhöhtes Risiko für Fehlpositionierungen trägt, von elementarer Bedeutung.

In der Literatur existieren zwar zahlreiche Studien zum Thema „Thoraxdrainage“, allerdings bezogen viele Studien traumatisierte Patienten nicht mit ein.

Auch das Thema „Fehllage“ einer Thoraxdrainage wurde dabei in einigen Studien untersucht. Curtin et al. richteten den Focus ihrer Studie auf eine Lage der Drainage im Interlob. Die Studienpopulation bestand aus rein traumatisch verursachten Brustkorbverletzungen, wobei bei 66 angelegten Thoraxdrainagen 58% im Interlob lagen. Eine Differenzierung zwischen den verschiedenen Zugangswegen fand nicht statt (27). Ebenso untersuchten Schmidt et al. die Häufigkeit von Fehllagen bei präklinisch gelegten Thoraxdrainagen, jedoch fanden sich in seinem Patientengut ausschließlich lateral platzierte Drainagen. Zudem wurden im Rahmen der klinischen Diagnostik lediglich konventionelle Röntgenaufnahmen durchgeführt (66). Auch Bailey machte die Komplikationsrate bei traumatisch bedingten Thoraxdrainagen zum Untersuchungsgegenstand, wobei ebenfalls keine Differenzierung zwischen den Zugangswegen erfolgte. Des Weiteren sind radiologische Fehlpositionierungen der Drainagenspitze nicht weiter aufgeschlüsselt worden (7).

Somit sind in der aktuellen Literatur lediglich zwei Arbeiten zu finden, die einen Unterschied zwischen ventralem und lateralem Zugang in Hinblick auf die Rate der Fehlpositionierungen erwähnen und zusätzlich auf einem reinem Traumapatientenkollektiv basieren.

Duponselle hat in seiner Arbeit von 1980 als Nebenergebnis bei 163 Drainagen 22 (13,5%) „unbefriedigende“ Ergebnisse gefunden. Dabei sind diese Drainagen als Drainagen mit funktioneller Fehllage zu sehen. Es wurde keine statistische Differenz zwischen dem ventralen und dem lateralen Zugangsweg gefunden. Eine Aussage über den tatsächlichen

Lageort der Drainagenspitze wurde nicht gemacht. Zudem wurden diese Drainagen nur anhand von konventionellen Röntgenbildern beurteilt, sodass ein Vergleich zur eigenen Studie nur sehr eingeschränkt möglich ist. Weiterhin bestand das Patientengut ausschließlich aus männlichen Patienten mit penetrierenden Brustkorbverletzungen. Primäres Ziel der Studie war, das Ergebnis einer Studie von Hegarty zu bestätigen (35). Dieser postulierte, dass der Zugangsweg der Thoraxdrainage keinen Einfluss auf das Drainageergebnis hat, bezogen auf die unterschiedlichen Indikationen wie Pneumothorax und Hämatothorax.

Auch die Studie von Baldt et al. umfasste ausschließlich Drainagen, welche unter Notfallbedingungen gelegt wurden. Es konnte gezeigt werden, dass lateral gelegte Drainagen häufiger eine Fehlpositionierung aufweisen als ventral eingebrachte. Allerdings ist dies nur ein Nebenergebnis und wird nicht systematisch bearbeitet oder statistisch ausgewertet. Hauptintention war es, ein potentiell erhöhtes Komplikationsrisiko präklinisch eingebrachter Thoraxdrainagen zu beweisen. Die Fragestellung begründete sich durch die Erfahrung Baldts, welche er mit präklinischen Drainagen gemacht hat (9).

Im Rahmen einer Medline - Literaturrecherche wurde keine Studie gefunden, die systematisch die möglichen Unterschiede zwischen beiden Zugangswegen untersuchte. Die Suche erfolgte nach den folgenden Stichworte: „chest tube, thorax drain, complications, malposition“.

Aufgrund anatomischer Überlegungen erscheint die Wahrscheinlichkeit eine laterale Thoraxdrainage interlobär zu platzieren höher, als bei der ventralen Drainagenanlage.

Die rechte Lunge weist zwei Interlobärspalten auf. Zum einen die Fissura obliqua, welche von dorsal oben nach ventral unten verläuft und den Unterlappen von Ober- und Mittellappen trennt. Die Fissura horizontalis trennt den Mittel- vom Oberlappen und läuft von ventral leicht ansteigend bis zum Lungenhilus und seitlich bis zur Axillarlinie, wo sie auf die Fissura obliqua trifft. In der linken Lunge trennt die Fissura obliqua den Ober- vom Unterlappen, deren Verlauf dem der Fissura obliqua der rechten Lunge gleicht (34).

Aus dieser Überlegung heraus wurden in der vorliegenden Arbeit gezielt die Unterschiede zwischen dem lateralen und ventralen Zugangsweg in Hinblick auf die Rate der Fehlplatzierungen untersucht. Ein weiteres Augenmerk lag dabei auf der Korrelation radiologischer Fehllagen und klinisch relevanter Fehlfunktion.

Entsprechend der gängigen Literatur erfolgte die Klassifizierung bei der vorliegenden Untersuchung in „Fehllage“ oder aber „korrekte Position“ anhand der im Schockraum angefertigten CT-Thoraxsequenzen. Das Patientenkollektiv bestand ausschließlich aus polytraumatisierten Patienten mit schweren Thoraxverletzungen. Als Marker dafür dienten

hohe Durchschnittswerte beim Injury Severity Score (ISS) und beim Abbreviated Severity Score Thorax (AIS Thorax).

Die prospektiv ausgewerteten Daten sind dabei vergleichbar mit anderen Studien. Während Baldt et al. sowie Duponselle zu diesen Parametern keine Angaben machen, geben Di Bartolomeo et al., für die Subgruppe der polytraumatisierten Patienten mit Pneumothorax, einen durchschnittlichen ISS von 37,3 an (32). Schmidt et al. deren Patientengut ebenfalls aus traumatisierten Patienten mit präklinisch eingebrachte Thoraxdrainage bestand, geben einen durchschnittlichen AIS des Thorax von 3,4 an (66). Im eigenen Kollektiv beträgt der durchschnittliche ISS 38,1 und der AIS des Thorax 3,9.

Ebenso verhält es sich mit dem Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten. Deneuille fand in seiner Studie zu Thoraxdrainagen bei traumatisierten Patienten einen Anteil der männlichen Patienten von 86% (31), während bei Barton et al. zwar ebenfalls dieses Geschlechterverhältnis allerdings einen niedrigerer ISS und deutlich kürzere Verweilzeiten auf der ICU, zu finden sind (13). Sogar bei nicht traumatisch bedingten Pneumothoraces fanden Noppen et al. ein Verhältnis von männlichen zu weiblichen Patienten von 4:1 (58). Auch die Diagnosen und die Häufigkeiten der Thoraxverletzungen sind vergleichbar mit anderen Traumakollektiven.

Dadurch, dass die teilnehmenden Ärzte an kein striktes Protokoll gebunden waren und somit die Thoraxdrainage in der ihnen am vertrautesten Technik legen konnten, zeigte sich eine starke Bevorzugung des lateralen Zugangs. In der Arbeit von Baldt et al. wurden von 77 Drainagen 54 (70,1%) lateral platziert (9). Ähnliche Daten konnten in anderen Studien bestätigt werden. In der Untersuchung von Duponselle wurden lediglich 13 von 163 (8%) Thoraxdrainagen ventral platziert (35). Waksman gab für sein Studienkollektiv an, dass von 43 aufgrund eines Thoraxtraumas gelegten Drainagen 42 (98%) von lateral platziert wurden (77).

Sämtliche in der vorliegenden Untersuchung ausgewerteten Drainagen wurden unter Notfallbedingungen gelegt. Das bedeutet, dass die Anlage entweder bereits am Notfallort durch den anwesenden Notarzt erfolgte, oder aber im Schockraum durch einen der anwesenden Traumatologen. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Arbeit weitestgehend von der Literatur. Zum einen ist dies bedingt durch arztbesetzte Rettungsmittel, eine Besonderheit überwiegend des deutschen Sprachraumes. Im angloamerikanischen Sprachraum ist eher das Modell der präklinischen Versorgung durch so genannte Paramedics, also nichtärztliches Personal, die Regel. Des Weiteren ist eine relativ starke Präferenz für die notfallmäßige Nadeldekompression im angloamerikanischen Sprachraum vorhanden.

Zudem rekrutiert sich bei vielen Studien zum Thema Thoraxdrainage das Patientengut aus Patienten mit nicht traumatisch verursachter Lungenschädigung. Bei dieser Art von Studien kommen überwiegend Thoraxdrainagen zur Auswertung, welche unter optimalen klinischen Bedingungen angelegt wurden. Dies bedeutet, dass vor Anlage die Diagnose schon radiologisch gesichert ist, der pathologische Prozess lokalisiert wurde und der Patient optimal gelagert und vorbereitet werden kann.

Die Definition für eine Fehllage der Thoraxdrainage entspricht den in der Literatur zu findenden Kriterien und beinhaltet die Lage im Interlob, im Lungenparenchym und eine intraabdominelle Lage der Drainagenspitze. Ebenso wurden Drainagen, welche die Thoraxwand nicht durchdrungen haben, als Fehllage definiert (9, 20, 41, 79).

Betrachtet man die Gesamthäufigkeit von nicht korrekt platzierten Drainagen, so findet man in der Literatur bei Autoren, die für die Klassifizierung der Drainagenlage eine Computertomographie benutzt haben, vergleichbare Angaben (9, 68, 79).

Fokussiert man nun die Rate an Fehllagen auf Untersuchungen, bei denen die Indikation für die Anlage einer Thoraxdrainage traumatischer Natur war, und vergleicht diese mit Studien, in denen die Drainage aufgrund einer internistischen Indikation gelegt wurde, so findet man keinen Unterschied.

Baldt et al. haben in ihrer Studie mit polytraumatisierten Patienten (51 Patienten, 77 Drainagen) eine Fehllagenhäufigkeit von 29% für Drainagen, die mittels Trokar eingebracht wurden und 19% für solche, die durch stumpf Präparation gelegt wurden, womit sich eine Gesamthäufigkeit von 26% ergibt (9). Bei Patienten mit internistischer Grunderkrankung fanden Stark et al. neun von 26 Drainagen (= 34,6%), die nicht korrekt platziert waren (68). Im eigenen Kollektiv betrug die Fehllagenhäufigkeit 21,8%. In einer Metaanalyse, die sowohl Studien mit traumatisch bedingten Thoraxverletzungen als auch internistisch bedingten Thoraxdrainagen einbezieht, gibt Waydhas eine Versagensrate für Thoraxdrainagen von im Mittel 11,2% (5,4 bis 21%) an, was bedeutet, dass mit dieser Häufigkeit eine Neuanlage einer Drainage nötig war (79).

Die Tatsache, dass die Rate an Fehllagen sowohl bei traumatischem Patientenkollektiv als auch bei Patienten mit internistischer Ursache für die Anlage einer Thoraxdrainage in etwa auf selbem Niveau liegt, lässt den Schluss zu, dass eine Traumatisierung des Thorax als Indikation für die Anlage einer Thoraxdrainage allenfalls geringen Einfluss auf das Risiko einer Fehlplatzierung der Drainage hat.

Auf der Suche nach Ursachen für Fehlplatzierungen von Thoraxdrainagen kann man die These aufstellen, dass die Fehllagenhäufigkeit primär vor allem durch den Zugangsweg und die Anlagetechnik beeinflusst wird.

In punkto Anlagetechnik ist die Studienlage ausreichend und eindeutig, so dass aufgrund des deutlich erhöhten Risikos eine Fehllage bzw. Verletzung zu erzeugen, das Einbringen der Drainage mittels Trokar in der Literatur generell nicht empfohlen wird. Empfohlen wird hingegen die Anlage der Drainage mittels Minithorakotomie und stumpfer Präparation. Somit rückt der Focus für die Ursache einer Fehllage einer Thoraxdrainage auf den Zugangsweg.

Nach der Auswertung aller in die vorliegende Studie eingeschlossenen CT-Sequenzen, bezüglich der oben genannten Fehllagen, zeigte sich eine höhere Rate von Fehllagen für lateral eingebrachte Drainagen im Vergleich zu den von ventral platzierten. Insgesamt traten 22 Fehllagen auf. Von diesen 22 waren 20 lateral eingebracht, was bedeutet, dass $\frac{1}{4}$ aller lateral gelegten Drainagen in der Computertomographie eine radiologisch gesicherte Fehllage aufweisen. Im Gegensatz dazu beträgt bei den ventralen Thoraxdrainagen die Quote nur $\frac{1}{10}$. Mit einem p-Wert von 0,15 ist dieser Unterschied jedoch nicht statistisch signifikant und zeigt lediglich einen Trend an.

Ähnliche Daten sind in der Studie von Baldt et al. zu finden. Dieser konnte in seinem Kollektiv 2 Fehllagen bei 23 ventral platzierten Drainagen (= 8,7%) und 18 Fehllagen bei 54 lateralen Drainagen (= 33,33%) detektieren. Anhand seiner Daten errechnet sich, im Gegensatz zu den eigenen, sogar ein statistisch signifikantes Ergebnis zwischen den beiden Zugangswegen ($p = 0,02$, chi-quadrat-Test). Allerdings ist eine weitere Aufschlüsselung seiner Daten nicht möglich und lässt daher keinen Vergleich mit den weiteren Subgruppen der eigenen Studie zu.

Ebenso konnte im eigenen Kollektiv kein signifikanter Unterschied zwischen Drainagen, die am Notfallort angelegt wurden und solchen, die im Schockraum gelegt wurden, gefunden werden. Vergleichsdaten von anderen Studien fehlen hierzu.

In diesem Zusammenhang ist es ebenfalls interessant, dass in Hinblick auf Spätkomplikationen kein Unterschied zwischen den unterschiedlichen Zeitpunkten der Drainagenanlage existiert.

Es traten keine gravierenden Komplikationen, wie Infektionen oder aber Verletzungen von Organen bzw. größeren Gefäßen auf. In der Literatur sind für entzündliche Komplikationen, wie Empyem oder Abszess Raten bis zu 25% angegeben (7). Waydhas dagegen nennt in seiner Metaanalyse eine mittlere Häufigkeit von 1,6% (0 - 3,9%) für Infektionen bei präklinischen Drainagen (79). Eine Rate von 0% wird in anderen Studien mit präklinisch

gelegten Drainagen gefunden, weswegen von einer generellen prophylaktischen Antibiotikagabe abgeraten wird (13, 66). Entsprechend wurde auch in der vorliegenden Studie darauf verzichtet, lediglich aus Gründen einer präklinischen Anlage einer Thoraxdrainage, Antibiotika zu verabreichen. Allerdings erhielten zahlreiche Patienten aufgrund der Polytraumatisierung und der damit verbundenen operativen Therapie, entsprechend den allgemeingültigen Standards, Antibiotika, um Wundinfektionen zu vermeiden. Somit kann man die Aussage anderer Autoren, dass präklinisch angelegte Drainagen, soweit sie unter aseptischen Bedingungen gelegt wurden, kein erhöhtes Infektionsrisiko im Vergleich zu innerklinisch gelegten Drainagen aufweisen (13, 24), nochmals bestätigen.

Auffallend ist die Tatsache, dass die rechte Thoraxhälfte tendenziell mehr Fehlplatzierungen aufwies als die Linke (15 vs. 7) bei annähernd gleicher Verteilung der Gesamthoraxdrainagen auf beide Thoraxhälften (51 re. vs. 50 li.). Davon entfielen 12 Fehllagen rechts auf das Interlob im Vergleich zu fünf links. Schlüssige Antworten für diese Beobachtung gibt es nicht, ebenso wenig sind Vergleichsdaten in anderen Studien zu finden. Aus anatomischen Überlegungen heraus besteht durch die Tatsache, dass es rechtsseitig die Fissura obliqua und die Fissura horizontalis gibt, eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Fehllage im Interlob, bei Anlage der Drainage in der rechten Thoraxhälfte, im Vergleich zur Linken.

Die Wahrscheinlichkeit, die Drainage bei ventralem Zugang im Lungenparenchym zu platzieren, ist signifikant höher, als bei lateralem Zugang ($p = 0,045$). Aufgrund der relativ geringen Fallzahl ist diese Aussage nur eingeschränkt zu werten.

Betrachtet man nur die interlobären Fehllagen, so zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Zugangswegen. Wie schon zu Beginn der Untersuchung vermutet, ist die Häufigkeit einer solchen Fehllage für den Zugang nach Bülow deutlich größer. Während die Gruppe der ventral platzierten Drainagen keine interlobäre Lage gefunden wurde, so waren es bei den lateral platzierten Drainagen 17 (0% ventral vs. 28,3% lateral; $p = 0,013$).

Generell wird für die interlobäre Lage der Thoraxdrainage eine hohe Inzidenz angegeben. 1982 stellten Maurer et al. die These auf, dass ein häufiger Grund für eine klinisch relevante Fehlfunktion von Thoraxdrainagen, die Lage im interlobären Spalt ist (68). Baldt et al. fanden in ihrer Studie bei 77 Drainagen 9 (= 11,7%), die im Interlob platziert wurden. Insgesamt mussten von 20 radiologischen Fehllagen 16 (80%) neu platziert, bzw. gelegt werden (9). Stark et al. gaben in einer Studie sogar eine Rate von 38,1% für Fehllagen im Interlob an. Hier lag die Quote von Neuanlagen bei 57,1% (68). Im Gegensatz dazu beschreiben Curtin et al., dass durch die Lage der Drainage im Interlob keine Verschlechterung der Prognose, der Funktion der Drainage, sonstiger Komplikationen oder der Liegedauer gefunden wurden.

Dabei liegt in dieser Studie die Quote für interlobäre Fehllagen sogar bei 58% (27). In keiner dieser Studien wurde zwischen lateral oder ventral platzierten Drainagen unterschieden, so dass die Vergleichsmöglichkeiten eingeschränkt sind.

In vielen Studien wird zwischen radiologischer Fehllage und funktioneller Fehllage unterschieden. Denn es hat sich gezeigt, dass nicht jede Drainage, die radiologisch nicht korrekt liegt, gleichzeitig auch mit unbefriedigender Funktion einhergehen muss. Im Gegensatz dazu finden sich auch korrekt platzierte Drainagen, welche trotzdem, aufgrund von insuffizienter Funktion, durch neue Drainagen ersetzt, bzw. zusätzliche Drainagen angelegt werden müssen. Häufig genannte Gründe sind die Verlegung des Lumen durch Blutkoagel, Pus oder aber Fibringerinsel. Ebenso kann eine ausgeprägte bronchopulmonale Fistel ein großes Airleak bedingen, welches durch eine einzelne Drainage nicht ausreichend drainiert werden kann. Im eigenen Kollektiv ist die Zahl der fehlplatzierten Drainagen, welche wegen ungenügender Funktion durch Neuanlage ersetzt werden mussten, gering. Von den 22 Fehllagen mussten lediglich sechs durch neue Drainagen ersetzt oder aber die Lage korrigiert werden. Dies entspricht einer Quote von 27,3%. Bezogen auf alle Drainagen liegt die Rate für „echte“ Fehllagen bei 5,9% und ist somit gering. Dabei mussten nur drei der interlobären Fehllagen korrigiert, bzw. neu angelegt werden (17,6%). In dieser Hinsicht weisen die Daten dieser Studie eher in Richtung der Untersuchung von Curtin et al. Deutlich höher liegen die Ergebnisse in den Studien von Maurer bzw. Stark. In beiden Studien mussten 57% aller radiologisch gesicherten Fehllagen durch eine Neuanlage einer Drainage korrigiert werden (53, 68). Bei Baldt et al. mussten sogar 80% aller Fehllagen bzw. 32% aller Drainagen korrigiert werden. In diesen 32% sind dabei auch 9 Drainagen enthalten, die radiologisch vollkommen korrekt platziert waren. Im eigenen Patientengut sind keine derartigen Fälle aufgetreten.

Einschränkend muss man hierzu aufführen, dass von den 20 Patienten mit fehlplatzierten Drainagen, sechs im Schockraum verstorben sind (7 von 22 Drainagen) und somit die Zahl der klinisch relevanten Fehllagen möglicherweise falsch niedrig ausfällt.

Eine weitere Einschränkung dieser Untersuchung ist die relativ kleine Patienten- bzw. Drainagenzahl von 68 bzw. 101. Auch wenn diese Zahlen vergleichbar mit zahlreichen anderen hier zitierten Studien sind, so sollte doch, um ein statistisch aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen, die Fallzahl höher liegen.

Würde man im Rahmen einer weiteren Untersuchung die Aussagekraft der Daten erhöhen wollen und gleichzeitig die in dieser Arbeit erhaltene Rate an Fehllagen der Thoraxdrainage zugrunde legen, so müsste man dazu mindestens 179 Drainagen einschließen. ($\alpha = 0,05$ und 1

- $\beta = 0,80$), vorausgesetzt jegliche radiologisch fassbare Fehllage wird als eine Fehllage gewertet. Bei einer Fokussierung auf die klinisch relevanten Fehlfunktionen wären sogar 7360 Drainagen nötig. In dieser Hinsicht möchte diese Studie als Pilotuntersuchung gesehen werden, welche die Grundlagen für weitere, aussagekräftigere Studien bildet.

Eine weitere Einschränkung ist die fehlende Randomisierung. Die Tatsache, dass jeder Arzt den Zugangsweg selbst entscheiden konnte, lässt natürlich eine mögliche Verfälschung des Ergebnisses zu. Denn zumeist wird jeder, gerade in Situationen erhöhter Anforderung, wie es zweifelsohne eine Notfallsituation ist, die Methode bevorzugen, mit welcher er besser vertraut ist.

Zudem kommt noch die Tatsache, dass gerade durch die Vielzahl von teilnehmenden Ärzten, es waren sowohl Notärzte, als auch Ärzte der eigenen Klinik, ein heterogenes Ausbildungslevel in Bezug auf die Anlage einer Thoraxdrainage bestand. Aus diesem Grund ist die Vermutung zulässig, dass dieser unterschiedliche Trainings- und Ausbildungsstand einen gewissen Einfluss auf die Qualität und etwaige Komplikationen dieser Maßnahme hat.

Letztendlich zeigt sich in dieser Studie ein Trend zu der Aussage, dass Drainagen, die von ventral platziert wurden, seltener fehlplatziert wurden, als solche, die von lateral gelegt wurden. Trotz fehlender statistischer Signifikanz spiegelt sich dieses Ergebnis im relativen Risiko eine Fehllage zu erzeugen wider. Dies liegt für ventral platzierte Drainagen bei 38,1% im Vergleich mit den lateral platzierten. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass bei einem Risiko von 100% für eine Fehllage bei lateralem Zugang dasjenige für den ventralen Zugangsweg nur 38,1% beträgt.

Anschaulicher ausgedrückt, müsste man sechs Drainagen von ventral, statt von lateral, einbringen, um eine Fehllage im Gesamtkollektiv zu vermeiden ($NNT = 6$).

Errechnet man jetzt die gleichen Parameter für klinische Fehllagen, also solche, die mit einer klinischen Fehlfunktion einhergehen, so nivelliert sich dieses Ergebnis nahezu. Das relative Risiko für ventrale Drainagen liegt nur noch bei 76,2% im Vergleich zu den Lateralen. Das bedeutet bei einem 100% Risiko für eine Drainagenfehllage in Bülow-Position läge das Risiko eine Fehllage bei Anlage in Monaldi-Position zu erzeugen noch bei 76,2%. Man müsste somit 67 laterale geplante Drainagen durch ventral eingebrachte Drainagen ersetzen, um eine klinische relevante Fehlpositionierung zu vermeiden ($NNT = 67$).

In Zeiten in denen das Bestreben besteht, nach Kriterien der evidence based medicine vorzugehen, mutet es seltsam an, dass eine potentiell lebensrettende Maßnahme, gerade bei schwer thoraxverletzten Patienten mit Spannungspneumothorax, in Hinblick auf den Zugangsweg, derart unkritisch hinterfragt und durch Expertenmeinungen ohne

studiengestütztes Fundament vertreten wird. Dabei sind die möglichen Nachteile, die von den meisten Autoren für den ventralen Zugang aufgeführt werden, als eher gering einzuschätzen. Das Risiko bei korrekt gewähltem Zugang, die A. mammaria interna zu verletzen ist anatomisch betrachtet gering. Ebenso das Argument, ventral wären die Zwischenrippenräume zu schmal um die Drainage sicher einzubringen, konnte anhand der Literatur nicht nachvollzogen werden.

Demgegenüber sollte man auch den speziellen Belangen der präklinischen Notfallmedizin Rechnung tragen. Im Gegensatz zu klinischen Bedingungen liegt dort nicht jeder Patient, der dringend einer Thoraxentlastung bedarf, auf dem Rücken, noch kann jeder optimal gelagert werden. Vielmehr muss die Tatsache beachtet werden, dass bei polytraumatisierten Patienten in der Initialphase oftmals kein optimaler Zugang zum Patienten besteht. Als Beispiel seien hier Verschüttete oder aber bei einem Verkehrsunfall eingeklemmte Patienten angeführt. Gerade bei letzteren ist teilweise nur der Zugang von ventral her, quasi durch die Frontscheibe, möglich.

Natürlich gilt es auch die weitere Verfahrensweise im Krankenhaus zu bedenken. Dabei sind ventral platzierte Drainagen durchaus, was die Lagerung des Patienten angeht, etwas schwieriger zu handhaben. Zudem ist der Komfort für den Patienten bei von lateral platzierten Drainagen höher. Jedoch sollte dies ein zweitrangiges Argument sein, vor allem in bezug auf am Notfallort gelegte Drainagen.

Als Kernergebnis der hier durchgeführten Untersuchung lässt sich festhalten, dass

1. der laterale Zugang häufiger zu Fehllegen führt als der ventrale
2. in Bezug auf Funktion der Thoraxdrainage kein wesentlicher Unterschied beider Zugangswege festgestellt werden konnte.

Das heißt, dass aufgrund der hier vorgelegten Daten beide Zugangswege möglich und auch sicher sind und somit für die Anlage einer Thoraxdrainage unter Notfallbedingungen geeignet sind.

6. Zusammenfassung

Die Anlage einer Thoraxdrainage ist aufgrund der zahlreichen chirurgischen und internistischen Indikationen eine häufig angewendete, invasive Therapiemaßnahme. Im Laufe der Entwicklung etablierten sich zwei verschiedene Zugangswege. Zum einen der Zugang nach Monaldi im 2. Interkostalraum in der Medioclavicularlinie und zum anderen der Zugang nach Bülow im 4. oder 5. Interkostalraum in der vorderen Axillarlinie. Beide Zugangsformen haben neben den allgemeinen Risiken auch zugangswegspezifische Risiken, weswegen es bislang keinen Konsens über den zu bevorzugenden Zugangsweg gibt. Außerdem entsprechen alle Empfehlungen zum Zugangsweg lediglich Expertenmeinungen (Evidence based medicine Level 5, Empfehlungsgrad C).

Hinzu kommt die Möglichkeit einer Fehllage der Thoraxdrainage, d.h. die Drainage liegt im Lungenparenchym, im interlobären Spalt, abdominell oder aber extrathorakal. In der Literatur findet man Häufigkeiten für eine Fehlpositionierung einer Thoraxdrainage von bis zu 60%. Unterschiede zwischen den beiden Zugangswegen in Bezug auf die Fehllagenrate wurden bisher nicht untersucht.

In dieser Untersuchung wurden thorakale Computertomographiesequenzen von polytraumatisierten Patienten ($ISS \geq 16$) vom 01.01.2000 bis zum 30.06.2004 ausgewertet und die Häufigkeit von Fehllagen für beide Zugangswege erfasst.

68 Patienten mit $n = 101$ Drainagen wurden eingeschlossen. 80 Thoraxdrainagen wurden lateral eingebracht, 21 Drainagen ventral.

Die Fehllagenhäufigkeit für lateral eingebrachte Drainagen betrug 25% (20 Drainagen), bei den ventral platzierten Thoraxdrainagen 9,5% (2 Drainagen). Dieses Ergebnis war statistisch nicht signifikant. Eine weitere Aufgliederung in die verschiedenen Fehllagenuntergruppen brachte lediglich für die interlobäre Fehllage einen signifikanten Vorteil des Zugangs nach Monaldi gegenüber dem Zugang nach Bülow. Somit müsste man sechs Drainagen ventral statt lateral platzieren, um eine Fehllage bei lateralem Zugang zu vermeiden.

Die Rate an Fehllagen, die sich funktionell auswirken und somit eine Lagekorrektur oder Neuanlage einer Thoraxdrainage bedingen war mit 5,9% gering. Hier konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Zugangswegen gefunden werden.

Abschließend lässt sich feststellen, dass beide Zugangswege anwendbar und sicher sind. Eine Überlegenheit eines der beiden Zugangswege konnte nicht gefunden werden, wenn gleich der Zugangsweg nach Monaldi tendenziell weniger Fehllagen aufwies. Somit kann keine Empfehlung für die Bevorzugung eines Zugangsweges ausgesprochen werden.

Sowohl der Zugang nach Monaldi als auch der Zugangsweg nach Bülau erscheinen in Hinblick auf die Fehllagenhäufigkeit gleichberechtigt anwendbar zu sein.

7. Literaturverzeichnis

1. Advanced Trauma Life Support - Reference Manual.
6th Edition ed. Chicago: American College of Surgeons; 1997.
2. **Altman E, Ben-Nun A, Curtis W, Jr., Best LA.**
Modified Seldinger technique for the insertion of standard chest tubes.
Am J Surg 2001;181(4):354-5.
3. **Andrivet P, Djedaini K, Teboul JL, Brochard L, Dreyfuss D.**
Spontaneous pneumothorax. Comparison of thoracic drainage vs immediate or delayed
needle aspiration.
Chest 1995;108(2):335-9.
4. **Argall J, Desmond J.**
Seldinger technique chest drains and complication rate.
Emerg Med J 2003;20(2):169-70.
5. **Aufmkolk M, Ruchholtz S, Hering M, Waydhas C, Nast-Kolb D.**
[The value of subjective estimation of the severity of thoracic injuries by the emergency
surgeon].
Unfallchirurg 2003;106(9):746-53.
6. **Aul A, Klose R.**
Präklinische Thoraxdrainage - Indikation und Technik.
Notfall & Rettungsmedizin 2005;8:49 - 56.
7. **Bailey RC.**
Complications of tube thoracostomy in trauma.
J Accid Emerg Med 2000;17(2):111-4.
8. **Bailey RC, Esberger D.**
Development of tension pneumothorax after chest drain insertion.
J Accid Emerg Med 1998;15(2):128.
9. **Baldt MM, Bankier AA, Germann PS, Poschl GP, Skrbensky GT, Herold CJ.**
Complications after emergency tube thoracostomy: assessment with CT.
Radiology 1995;195(2):539-43.
10. **Bardenheuer M, Carlsson J, Tebbe U, Sturm J.**
Das stumpfe Thoraxtrauma. Präklinisches und frühklinisches Management.
Notfall & Rettungsmedizin 1999;1:117 - 31.
11. **Bardenheuer M, Obertacke U, Waydhas C, Nast-Kolb D.**
[Epidemiology of the severely injured patient. A prospective assessment of preclinical
and clinical management. AG Polytrauma of DGU].
Unfallchirurg 2000;103(5):355-63.
12. **Barton ED.**
Tension pneumothorax.
Curr Opin Pulm Med 1999;5(4):269-74.

13. **Barton ED, Epperson M, Hoyt DB, Fortlage D, Rosen P.**
Prehospital needle aspiration and tube thoracostomy in trauma victims: a six-year experience with aeromedical crews.
J Emerg Med 1995;13(2):155-63.
14. **Beall AC, Jr., Bricker DL, Crawford HW, Noon GP, De Bakey ME.**
Considerations in the management of penetrating thoracic trauma.
J Trauma 1968;8(3):408-17.
15. **Beck A, Gebhard F, Kinzl L.**
Notärztliche Versorgung des Traumapatienten.
Notfall & Rettungsmedizin 2002;5:57 - 71.
16. **Bell RL, Atweh N, Ivy ME, Possenti P.**
Traumatic and iatrogenic Horner syndrome: case reports and review of the literature.
J Trauma 2001;51(2):400-4.
17. **Blostein PA, Hodgman CG.**
Computed tomography of the chest in blunt thoracic trauma: results of a prospective study.
J Trauma 1997;43(1):13-8.
18. **Brasel KJ, Stafford RE, Weigelt JA, Tenquist JE, Borgstrom DC.**
Treatment of occult pneumothoraces from blunt trauma.
J Trauma 1999;46(6):987-90; discussion 90-1.
19. **Britten S, Palmer SH, Snow TM.**
Needle thoracocentesis in tension pneumothorax: insufficient cannula length and potential failure.
Injury 1996;27(5):321-2.
20. **Cameron EW, Mirvis SE, Shanmuganathan K, White CS, Miller BH.**
Computed tomography of malpositioned thoracostomy drains: a pictorial essay.
Clin Radiol 1997;52(3):187-93.
21. **Campbell P, Neil T, Wake PN.**
Horner's syndrome caused by an intercostal chest drain.
Thorax 1989;44(4):305-6.
22. **Campbell-Smith TA, Bendall SP, Davis J.**
Tension pneumothorax in the presence of bilateral intercostal chest drains.
Injury 1998;29(7):556-7.
23. **Casillas JA, de la Fuente A.**
Right atrium perforation by a pleural drain. Report of a case with survival.
Thorac Cardiovasc Surg 1983;31(4):247-8.
24. **Coats TJ, Wilson AW, Xeropotamous N.**
Pre-hospital management of patients with severe thoracic injury.
Injury 1995;26(9):581-5.

25. **Conces DJ, Jr., Tarver RD, Gray WC, Pearcy EA.**
Treatment of pneumothoraces utilizing small caliber chest tubes.
Chest 1988;94(1):55-7.
26. **Cullinane DC, Morris JA, Jr., Bass JG, Rutherford EJ.**
Needle thoracostomy may not be indicated in the trauma patient.
Injury 2001;32(10):749-52.
27. **Curtin JJ, Goodman LR, Quebbeman EJ, Haasler GB.**
Thoracostomy tubes after acute chest injury: relationship between location in a pleural fissure and function.
AJR Am J Roentgenol 1994;163(6):1339-42.
28. **de la Fuente A, Sanchez R, Suarez J, Sarraj A, Moriones I.**
Left ventricular perforation by a pleural drainage tube. Report of a case with survival.
Tex Heart Inst J 1994;21(2):175-6.
29. **Delius RE, Obeid FN, Horst HM, Sorensen VJ, Fath JJ, Bivins BA.**
Catheter aspiration for simple pneumothorax. Experience with 114 patients.
Arch Surg 1989;124(7):833-6.
30. **Demartines N, Kiener A, Scheidegger D, Harder F.**
[Thoracic drainage at the accident site].
Helv Chir Acta 1990;57(2):273-7.
31. **Deneuille M.**
Morbidity of percutaneous tube thoracostomy in trauma patients.
Eur J Cardiothorac Surg 2002;22(5):673-8.
32. **Di Bartolomeo S, Sanson G, Nardi G, Scian F, Michelutto V, Lattuada L.**
A population-based study on pneumothorax in severely traumatized patients.
J Trauma 2001;51(4):677-82.
33. **Dominguez Fernandez E, Neudeck F, Piotrowski J.**
[Perforation of the heart wall--a rare complication after thoracic drainage treatment].
Chirurg 1995;66(9):920-2.
34. **Duncker H-R.**
9. Atemapparat.
In: Drenckhahn D, Zenker W, eds. Benninghoff Anatomie, Band 1 Zellen- und Gewebelehre, Entwicklungsbiologie, Bewegungsapparat, Herz-Kreislauf-System, Immunsystem, Atem- und Verdauungsapparat.
München, Wien, Baltimore: Urban und Schwarzenberg; 1994:529 - 87.
35. **Duponselle EF.**
The level of the intercostal drain and other determinant factors in the conservative approach to penetrating chest injuries.
Cent Afr J Med 1980;26(3):52-5.
36. **Eckstein M, Suyehara D.**
Needle thoracostomy in the prehospital setting.
Prehosp Emerg Care 1998;2(2):132-5.

37. **Enderson BL, Abdalla R, Frame SB, Casey MT, Gould H, Maull KI.**
Tube thoracostomy for occult pneumothorax: a prospective randomized study of its use.
J Trauma 1993;35(5):726-9; discussion 9-30.
38. **Eriksson A.**
Fatal iatrogenic exsanguination from pleural drain insertion into the inferior cava.
Thorac Cardiovasc Surg 1982;30(3):191-3.
39. **Fraser RS.**
Lung perforation complicating tube thoracostomy: pathologic description of three cases.
Hum Pathol 1988;19(5):518-23.
40. **Gaillard M, Herve C, Mandin L, Raynaud P.**
Mortality prognostic factors in chest injury.
J Trauma 1990;30(1):93-6.
41. **Gayer G, Rozenman J, Hoffmann C, et al.**
CT diagnosis of malpositioned chest tubes.
Br J Radiol 2000;73(871):786-90.
42. **Goldberg E.**
Emphysema and bullous disease.
In: Griffith Pearson F, et al., eds. Thoracic surgery.
New York: Churchill Livingstone Inc.; 1995:561 - 86.
43. **Gregoire J, Deslauriers J.**
Surgical Techniques Closed Drainage and Suction Systems.
In: Griffith Pearson F, et al. , eds. Thoracic surgery.
New York: Curchill Livingstone Inc.; 1995:1121 - 35.
44. **Gries A, Bernhard M, Aul A.**
Interdisziplinäres Polytraumamanagement Teil 1: Präklinisches
Polytraumamanagement.
Notfall & Rettungsmedizin 2003;6:489 - 500.
45. **Harvey J, Prescott RJ.**
Simple aspiration versus intercostal tube drainage for spontaneous pneumothorax in
patients with normal lungs.
British Thoracic Society Research Committee. Bmj 1994;309(6965):1338-9.
46. **Hippocrates.**
Genuine Works.
New York: William Wood and Company; 1886.
47. **Hyde J, Sykes T, Graham T.**
Reducing morbidity from chest drains.
Bmj 1997;314(7085):914-5.
48. **Jones PM, Hewer RD, Wolfenden HD, Thomas PS.**
Subcutaneous emphysema associated with chest tube drainage.
Respirology 2001;6(2):87-9.

49. **Kanz KG, Sturm JA, Mutschler W.**
[Algorithm for prehospital blunt trauma management].
Unfallchirurg 2002;105(11):1007-14.
50. **Kreitner K-F, Mildenerger P, Reuter M, Lott C, Thelen M.**
Interdisziplinäres Polytraumamanagement. Teil 3: Radiologisches Management des Polytrauma.
Notfall & Rettungsmedizin 2004;7:48-54.
51. **Kshetry VR, Bolman RM,**
3rd. Chest trauma. Assessment, diagnosis, and management.
Clin Chest Med 1994;15(1):137-46.
52. **Laws D, Neville E, Duffy J.**
BTS guidelines for the insertion of a chest drain.
Thorax 2003;58 Suppl 2:ii53-9.
53. **Maurer JR, Friedman PJ, Wing VW.**
Thoracostomy tube in an interlobar fissure: radiologic recognition of a potential problem.
AJR Am J Roentgenol 1982;139(6):1155-61.
54. **Meisel S, Ram Z, Priel I, Nass D, Lieberman P.**
Another complication of thoracostomy--perforation of the right atrium.
Chest 1990;98(3):772-3.
55. **Miller KS, Sahn SA.**
Chest tubes. Indications, technique, management and complications.
Chest 1987;91(2):258-64.
56. **Mussack T, Schmidbauer S, Lackner CK, Schweiberer L.**
Präklinisches Management bei der penetrierenden thorako-abdominellen Kombinationsverletzung.
Notfall & Rettungsmedizin 1998;1:355 - 66.
57. **Nerlich M, Maghsudi M.**
[Polytrauma management. Preclinical and shock room management].
Unfallchirurg 1996;99(8):595-606.
58. **Noppen M, Alexander P, Driesen P, Slabbynck H, Verstraeten A.**
Manual aspiration versus chest tube drainage in first episodes of primary spontaneous pneumothorax: a multicenter, prospective, randomized pilot study.
Am J Respir Crit Care Med 2002;165(9):1240-4.
59. **Peek GJ, Firmin RK.**
Reducing morbidity from insertion of chest drains. Patients must be disconnected from positive airways pressure before insertion of drains.
Bmj 1997;315(7103):313.
60. **Peters S, Wolter D, Schultz JH.**
[Dangers and risks of thoracic drainage at the accident site].
Unfallchirurg 1996;99(12):953-7.

61. **Rashid MA, Acker A.**
Cardiac herniation with catheterization of the heart, inferior vena cava, and hepatic vein by a chest tube.
J Trauma 1998;45(2):407-9.
62. **Rashid MA, Wikstrom T, Ortenwall P.**
Mediastinal perforation and contralateral hemothorax by a chest tube.
Thorac Cardiovasc Surg 1998;46(6):375-6.
63. **Regli B.**
Thoraxdrainage
In: Burchardi H, Larsen R, Schuster H-P, Suter PM, eds. Intensivmedizin.
Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag; 2001:391 - 7.
64. **Roberts JS, Bratton SL, Brogan TV.**
Efficacy and complications of percutaneous pigtail catheters for thoracostomy in pediatric patients.
Chest 1998;114(4):1116-21.
65. **Schlechtriemen T, Schaefer S, Stolpe E, Altemeyer KH.**
[Preclinical care of trauma patients in air rescue. Results of the medical quality management for patients with severe head injury and polytrauma in the years 2000 and 2001].
Unfallchirurg 2002;105(11):974-85.
66. **Schmidt U, Stalp M, Gerich T, Blauth M, Maull KI, Tscherne H.**
Chest tube decompression of blunt chest injuries by physicians in the field: effectiveness and complications.
J Trauma 1998;44(1):98-101.
67. **Shih CT, Chang Y, Lai ST.**
Successful management of perforating injury of right atrium by chest tube.
Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei) 1992;50(4):338-40.
68. **Stark DD, Federle MP, Goodman PC.**
CT and radiographic assessment of tube thoracostomy.
AJR Am J Roentgenol 1983;141(2):253-8.
69. **Stellin G.**
Survival in trauma victims with pulmonary contusion.
Am Surg 1991;57(12):780-4.
70. **Symbas PN.**
Chest drainage tubes.
Surg Clin North Am 1989;69(1):41-6.
71. **Tang A, Hooper T, Hasan R.**
A regional survey of chest drains: evidence-based practice?
Postgrad Med J 1999;75(886):471-4.

72. **Tang AT, Velissaris TJ, Weeden DF.**
An evidence-based approach to drainage of the pleural cavity: evaluation of best practice.
J Eval Clin Pract 2002;8(3):333-40.
73. **Tomlinson MA, Treasure T.**
Insertion of a chest drain: how to do it.
Br J Hosp Med 1997;58(6):248-52.
74. **Trupka A, Kierse R, Waydhas C, et al.**
[Shock room diagnosis in polytrauma. Value of thoracic CT].
Unfallchirurg 1997;100(6):469-76.
75. **Trupka A, Waydhas C, Hallfeldt KK, Nast-Kolb D, Pfeifer KJ, Schweiberer L.**
Value of thoracic computed tomography in the first assessment of severely injured patients with blunt chest trauma: results of a prospective study.
J Trauma 1997;43(3):405-11; discussion 11-2.
76. **Viereck H-J, Sefrin P.**
Thorax und Abdomen.
In: Sefrin P, ed. Notfalltherapie:
Urban & Schwarzenberg; 1999:311 - 28.
77. **Waksman I, Bickel A, Szabo A, Weiss M, Eitan A.**
Use of endoscopic trocar-cannula for chest drain insertion in trauma patients and others.
J Trauma 1999;46(5):941-3.
78. **Waydhas C, Sauerland S.**
Thoraxtrauma und Thoraxdrainage: Diagnostik und Therapie - Ein systematisches Review - Teil 1: Diagnostik.
Notfall & Rettungsmedizin 2003;6:541-8.
79. **Waydhas C, Sauerland S.**
Thoraxtrauma und Thoraxdrainage: Diagnostik und Therapie - Ein systematisches Review - Teil 2: Therapie.
Notfall & Rettungsmedizin 2003;6:627-39.
80. **Waydhas C, Sauerland S.**
Pre-hospital pleural decompression and chest tube placement after blunt trauma: A systematic review.
Resuscitation 2007;72(1):11-25.
81. **Ziegenfuss T.**
[Polytrauma. Preclinical early support and shock management].
Anaesthesist 1998;47(5):415-31.

Danksagung

Mein Dank gilt meinem Doktorvater PD Dr. med. Karl-Georg Kanz für die Überlassung des Themas und die Möglichkeit zur Nutzung der Infrastruktur der Klinik.

Weiterhin danke ich Herrn Dr. med. Stefan Huber-Wagner für die konstruktive Betreuung und die Unterstützung gerade in Bezug auf organisatorisch Belange.

Herrn Dr. med. Markus Körner möchte ich für die Mühen danken mir die Interpretation der CT-Sequenzen zu lernen.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name	Achim Manfred Norbert Ehrh
Geburtsdatum	11.05.1976
Geburtsort	München

Schulbildung

1982 – 1996	Grundschule, Hauptschule und Gymnasium in München
1996	Erwerb der allgemeinen Hochschulreife

Hochschulausbildung

SS 1999 - WS 2000/01	Studium der Humanmedizin, vorklinischer Abschnitt, Ludwig-Maximilians-Universität München
März 2001	Ärztliche Vorprüfung
SS 2001 - WS 2004/05	Studium der Humanmedizin, klinischer Abschnitt, Technische Universität München
März 2002	1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
März 2004	2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
April 2005	3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

Beruflicher Werdegang

Seit Juli 2005	Assistenzarzt am Institut für Anästhesie und Intensivmedizin, Klinikum Ingolstadt
----------------	--

Publikationen

Huber-Wagner S, Körner M, Ehrh A, Kay MV, Pfeifer K-J, Mutschler W, Kanz K-G
Emergency chest tube placement in trauma care – which approach is preferable?
Resuscitation 2007, 72, 226-23

