



Ostfalia

Hochschule für angewandte
Wissenschaften

Fakultät Gesundheitswesen

**Erfolgs- und Komplikationsrate der
Nadeldekompression bei Anwendung durch nicht
ärztliches Personal im Rettungsdienst**

Bachelorarbeit

zur Erlangung des Grades „Bachelor of Sciences“ (B.Sc.)

Erstprüfer: Dipl.-Kfm. (FH) Tobias Immenroth M.A.

Zweitprüferin: Prof. Dr. med. Nicole Stübiger

Schips, David Niklas

Fernwald, den 12.10.2020

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	IV
Textteil	1
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Forschungsfrage	3
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2 Material und Methoden	5
2.1 Strategie der Literatursuche	5
2.2 Durchführung der Literatursuche.....	8
2.3 Zuordnung eines Evidenzlevels (LoE).....	11
2.4 Auswertung und Beurteilung der ausgewählten Literatur	12
2.5 Statistische Darstellung der Daten	14
3 Ergebnisse.....	15
3.1 Komplikationsraten der Nadeldekompression	15
3.2 Erfolgsraten der Nadeldekompression	16
3.3 Erfolgs- und Komplikationsrate in Abhängigkeit zur Kathetergröße	17
4 Diskussion.....	19
4.1 Komplikationsrate in Bezug zum Erfolg.....	19
4.2 Durchführung der Nadeldekompression.....	21
4.3 Behandlungsalgorithmen für Notfallsanitäter	23
4.4 Bedeutung der Qualifikation	26
4.5 Alternativen zur notfallmäßigen Thoraxdekompression.....	27
4.5.1 Minithorakotomie	27

4.5.2	Thoraxdrainage.....	29
4.6	Aussicht.....	31
4.7	Limitation.....	32
5	Schlussfolgerung.....	32
6	Zusammenfassung	33
6.1	Abstract.....	33
6.2	Kritische Reflexion.....	34
6.2.1	Inhaltlich.....	34
6.2.2	Methodisch	35
	Literaturverzeichnis	VI
	Anhang	XII
	Ehrenwörtliche Erklärung.....	XVIII

Abkürzungsverzeichnis

MeSH	Medical Subject Headings
ROSC	Return of spontaneous circulation
ITLS	International Trauma Life Support
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
BGBI	Bundesgesetzblatt
NotSanG	Notfallsanitättergesetz
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften
ÄZQ	Ärztliches Zentrum für Qualität in der Medizin
ICR	Intercostalraum
MCL	Medioclavicularlinie
AAL	anteriore Axillarlinie
MAL	mediale Axillarlinie
DBRD	Deutscher Berufsverband Rettungsdienst

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Ergebnis der Komplikationsrate ärztlich vs. nicht ärztlich.....	16
Abb. 2 Ergebnis der Erfolgsrate ärztlich vs. nicht ärztlich.....	17
Abb. 3 Ergebnis der Erfolgsrate <50mm vs. >50mm	18
Abb. 4 hessischer Algorithmus zur Thoraxdekompression.....	26

Tabellenverzeichnis

Tab. 1 Recherchematrix	6
Tab. 2 Literatursuche über PubMed	9
Tab. 3 Literatursuche über LIVIVO	10
Tab. 4 Einteilung der Evidenzgrade.....	12

Tab. 5 Ergebnisse aus der Literaturrecherche	13
Tab. 6 Algorithmen für Notfallsanitäter zur Thoraxdekompression nach Bundesland	24
Tab. 7 Arbeitstabelle zu untersuchten Veröffentlichungen	XII

Textteil

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Der Spannungspneumothorax stellt einen akut lebensbedrohlichen Notfall dar. Mit einem Anteil von 0,2–1,7% aller präklinisch versorgten Patienten ist er ein relativ seltenes Notfallbild.¹ Ausgelöst wird er durch ein stumpfes oder penetrierendes Thoraxtrauma im Rahmen von Verkehrsunfällen, Stürzen aus großer Höhe oder Gewalttaten, seltener auch als Folge eines Spontanpneumothorax.

Bei inneren und äußeren Verletzungen der Thoraxwand kann es zu einem Pneumothorax kommen, bei dem der Pleuraspalt, ein Raum zwischen Rippen- und Lungenfell, welcher normalerweise durch den negativen intrapleurale Druck aneinander liegt, mit Luft gefüllt wird. Der betroffene Lungenflügel kollabiert und kann nicht mehr am Gasaustausch teilnehmen. Durch überlagerndes Gewebe kann es nun zum Ventilmechanismus kommen, sodass eindringende Luft nicht mehr aus dem Pleuraspalt entweichen kann. Der zunehmende Druck innerhalb des Thorax bewirkt neben der Komprimierung der betroffenen Lungenareale auch ein Abdrücken der leicht zu verformenden Vena Cava inferior und superior sowie des rechten Vorhofes. Die Vorlast des Herzens bricht zusammen und durch fehlendes zum Herzen zurückfließendes Blut kommt es zum Schock.² Dadurch handelt es sich bei einem Spannungspneumothorax immer um einen besonders zeitkritischen Notfall, der einer unverzüglichen Therapie bedarf. Unbehandelt führt er in aller Regel innerhalb von wenigen Minuten zum Tod des Patienten.

Trotz seiner Seltenheit gilt der Spannungspneumothorax als häufigste reversible Ursache des traumatisch bedingten Herz-Kreislauf-

¹ Vgl. Ball et al. 2010, S. 184f.

² Vgl. Huch/Jürgens (Hrsg.) 2013, S. 317f.

Stillstandes.³ Auch bei Herz-Kreislauf-Stillständen mit pulsloser elektrischer Aktivität ließen sich durch die Behandlung eines potenziellen Spannungspneumothorax positive Outcome erzeugen.⁴ Das Thoraxtrauma allgemein ist für 25% der Traumasterblichkeit verantwortlich.⁵

Die einzige und alternativlose Therapie ist die Dekompression des Thorax. Dazu existieren unterschiedliche Vorgehen über die eine Druckentlastung stattfinden kann. In aktuellen Empfehlungen werden die Einlage einer Thoraxdrainage, die Minithorakotomie oder auch Fingerthorakotomie, sowie die Nadeldekompression empfohlen.⁶

Die Nadeldekompression hat sich als einfache, schnell zu erlernende und effektive Maßnahme herausgestellt. Über Skilltests konnte bei militärischen Ersthelfern zu verschiedenen Zeiten der Ausbildung ein signifikanter Anstieg im Wissen um die Anwendung dokumentiert werden.⁷ Auch die Selbsteinschätzung zur korrekten Durchführung konnte schnell über ein gestaffeltes Ausbildungssystem gesteigert werden.⁸ Besonders im militärischen Bereich nimmt die Thoraxentlastungspunktion schon lange einen hohen Stellenwert ein, sodass auch Soldaten in der Anwendung geschult werden.

Allerdings existieren derzeit unterschiedliche Aussagen hinsichtlich der Durchführung der Nadeldekompression und die dafür zu verwendenden Katheter. Das International Trauma Life Support (ITLS) Kurssystem empfiehlt neben der 14-Gauge Venenverweilkanülen, auch die mit 6-9 cm längere Thoraxpunktionsnadel bei muskulösen oder adipösen Patienten.⁹ Die für Deutschland relevante Polytraumaleitlinie der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) empfiehlt einen möglichst großen Durchmesser (12-14-Gauge), entzieht sich aber einer abschließenden Empfehlung hinsichtlich der Katheterlänge und des

³ Vgl. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) 2019, S. 74

⁴ Vgl. Castle et al. 2005, S. 103f.

⁵ Vgl. Ball et al. 2010, S. 184f.

⁶ Vgl. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) 2019, S. 74

⁷ Vgl. Sztajnkrycer 2008, S. 554

⁸ Vgl. Studer et al. 2013, S. 1220

⁹ Vgl. Campbell/Alson 2018, S. 163f.

Punktionsortes. Auch hier wird der Erfolg gegenüber möglichen Komplikationen, die durch längere Katheter ausgelöst werden könnten, abgewogen.¹⁰

Wegen der Vorteile wird die Nadeldekompression auch durch präklinisch tätiges, nicht ärztliches Personal angewendet. In Deutschland sind Notfallsanitäter durch die für sie geltenden Versorgungs- und Ausbildungsalgorithmen in ihrer Therapie gelenkt.¹¹ Die übrigen Entlastungsmaßnahmen sind in Deutschland Notärzten vorbehalten.

Immer wieder steht die Maßnahme in der Kritik. Sie sei zum einen häufig ineffektiv, zum anderen gefährlich für den Patienten, da es zu iatrogenen Verletzungen kommen kann.¹² Unter den drei Therapieoptionen gilt die Nadeldekompression, anders als die Thoraxdrainage und die Minithorakotomie nicht als definitive Behandlung. Für Notfallsanitäter stellt sie allerdings derzeit überwiegend die einzige zulässige, potenziell lebensrettende Therapieoption des kritischen Patienten mit Verdacht auf einen Spannungspneumothorax dar. Unklar bleibt wie sicher und effektiv sie tatsächlich von Notfallsanitätern angewendet wird.

1.2 Forschungsfrage

Die dieser Arbeit zugrunde liegende Forschungsfrage lautet:

Inwieweit hat die Durchführung der Nadeldekompression zur Behandlung des Spannungspneumothorax, durch nicht ärztliches Personal im Rettungsdienst, Einfluss auf die Erfolgs- und Komplikationsrate der Maßnahme und wie lassen sich in diesem Kontext Alternativen einordnen?

Ziel ist es, die Nadeldekompression hinsichtlich ihrer Effektivität und möglicher iatrogenen Komplikationen zu untersuchen und eine Aussage

¹⁰ Vgl. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) 2019, S. 83

¹¹ Gesetz über den Beruf der Notfallsanitäterin und des Notfallsanitäters (Notfallsanitätergesetz – NotSanG), BGBl. I 2013, S. 1350

¹² Vgl. Waydhas/Sauerland, 2007, S. 11-25

dazu zu treffen, wie sicher sie von Notfallsanitätern in der präklinischen Versorgung eines Spannungspneumothorax durchgeführt wird.

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit folgt dem Aufbau einer systematischen Metaanalyse. Sie ist in sechs Kapitel untergliedert. Thematisch behandelt sie einen Teilbereich der Therapie des Spannungspneumothorax.

Zu Beginn wird, wie bereits stattgefunden, die zugrundeliegende Problemstellung geschildert. Aus der Problemstellung ergibt sich die unter 1.2 beschriebene Forschungsfrage.

In Kapitel 2 wird dann die Methodik der Untersuchung dargestellt.

Im dritten Teil der Arbeit wird auf die Forschungsergebnisse, genauer der Erfolgs- und Komplikationsrate der Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax von nicht ärztlichem gegenüber ärztlichem Personal, sowie dem Einfluss der Katheterlänge eingegangen.

In Kapitel 4 werden die Ergebnisse diskutiert und wichtige zusammenhängende Punkte thematisiert. Der besondere Fokus wird dabei auf die Maßnahme im Verhältnis zur Qualifikation des Notfallsanitäters und die Durchführung gelegt.

Darauf folgt die Schlussfolgerung in Kapitel 5.

Im letzten Teil werden neben der Zusammenfassung auch Grenzen und mögliche Forschungsprobleme der durchgeführten Untersuchung beschrieben.

2 Material und Methoden

2.1 Strategie der Literatursuche

Zur Datengewinnung wurde eine systematische Datenbankrecherche durchgeführt. Über die Datenbanken *PubMed* und *LIVIVO* wurde gezielt nach Literatur zur Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax gesucht. Die Datenbanken wurden bewusst gewählt, da diese eine Vielzahl an medizinischer Literatur aus Deutschland und dem internationalen Ausland enthalten.

International werden medizinische Forschungen derzeit in den meisten Fällen in Englisch übersetzt und publiziert. Aus diesem Grund sollte die Suche neben deutschen Texten vor allem auch englischsprachige Texte zu Tage fördern.

Da die Forschung Ergebnisse generieren sollte, die auf die aktuelle Situation schließen lassen, wurden nur Ergebnisse ab dem 01.01.2000 bis einschließlich 2020 mit einbezogen. Ältere Veröffentlichungen wurden ausgeschlossen.

Zur Erarbeitung der für die Datenbankrecherche notwendigen Suchbegriffe wurde eine Recherchematrix erstellt. Diese hat den Zweck, nach der Definition von Kernbegriffen des zu behandelnden Themas, strukturiert anhand der Fragestellung Schlagwörter zu bestimmen. Wie in Tab. 1 zu sehen, wurden für die jeweiligen Kernbegriffe Synonyme bestimmt, anschließend einem Oberthema zugeordnet und Unterbegriffe mit dem Thema in Verbindung gebracht. Um den Suchradius noch erweitern zu können, wurden auch verwandte Begriffe notiert. Zuletzt wurden ausgewählte Suchbegriffe in Englisch übersetzt.

Da die Literatursuche auch über die Datenbank *PubMed* stattfinden sollte, wurden zudem sogenannte Medical Subject Headings (MeSH) - terms definiert. MeSH-terms, oder auch -Begriffe, sind Teil eines Thesaurus zur strukturierten Suche von medizinischer Literatur. Erstellt und gepflegt werden sie durch die United States National Library of

Medicine. Jede über *PubMed* abrufbare Literatur bekommt passende terms zugeteilt. Sie sind in verschiedenen Stufen geordnet und gliedern sich absteigend von je einer Hauptkategorie weiter in spezifischere Unterkategorien. Der Vorteil liegt in präziseren Suchergebnissen.

Für die spätere Datenbankrecherche wurden die Schlagwörter und MeSH-Begriffe systematisch miteinander kombiniert, um einen breiteren Suchradius erzeugen zu können.

Tab. 1 Recherchematrix¹³

Thema bzw. Fragestellung	Inwieweit hat die Durchführung der Nadeldekompression zur Behandlung des Spannungspneumothorax, durch nicht ärztliches Personal im Rettungsdienst, Einfluss auf die Erfolgs- und Komplikationsrate der Maßnahme und wie lassen sich in diesem Kontext Alternativen einordnen?			
Kernbegriff des Themas	Nadeldekompression	Spannungspneumothorax	nicht ärztliches Personal im Rettungsdienst	Komplikationsrate
Synonyme	Entlastungspunktion, Thoraxdekompression	Thoraxtrauma, BIG-5 Thoraxschmerz	Notfallsanitäter, Rettungsassistenten	Beeinträchtigung, Problem, Schwierigkeiten, Aggravation, Verschlimmerung
Oberbegriffe	Katheter, Entlastungsnadel	Pneumothorax	Rettungsdienst, Präklinik	Häufigkeit von Verschlimmerungen
Unterbegriffe	Chirurgie, Medizinprodukt, invasiv	Druck, pathologisch	Ausbildung, Freigaben, Training	Fehler, Messungen, Protokoll
Verwandte Begriffe	Thoraxdrainage Minithorakotomie	Druckanstieg, Ventilmechanismus, Mediastinalverschiebung	SOP, Algorithmen, Berufsausbildung	Checkliste, Fehlerkultur
Fremdsprachige Begriffe	Needle decompression	tension pneumothorax	Paramedic, EMT, Ambulance, prehospital	complication rate
MeSH-terms (pubmed)	Needles*, Decompression thoracostomy	pneumothorax, tension pneumothorax, pressure pneumothorax, thorax, thoracic injuries, multiple trauma, heart arrest	Emergency medical technicians, Allied Health Personal, Ambulances, critical care	complications, mortality

Stand 09.06.2020

¹³ Eigene Darstellung

Für die tabellarische Auswertung der gefundenen Veröffentlichungen wurde das PICO-Schema¹⁴ verwendet. Es dient der Entschlussfindung und Definition von Ein- und Ausschlusskriterien. PICO ist ein Akronym. P steht für Population, I für Intervention, C für Comparison oder auch Vergleichsgruppe und das O für Outcome.

Als Population wurden für diese Arbeit erwachsene Traumapatienten (Alter > 18 Jahre) mit Vorliegen eines Spannungspneumothorax, ausgelöst durch ein Thoraxtrauma oder anderen pathologischen Veränderungen, sowie bei traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand, die präklinisch durch nicht ärztliches Personal diagnostiziert und therapiert wurden festgelegt. Ausgeschlossen wurden Studien mit überwiegend pädiatrischen Patienten, wobei auch Studien eingeschlossen wurden, die bei einer überwiegenden Gruppe an Erwachsenen Patienten vereinzelt jugendliche Patienten dokumentierten. Tierstudien wurden ausgeschlossen.

Die Intervention wurde als Nadeldekompression des Thorax festgelegt.

Als Vergleichsgruppe dienten ebenso erwachsene Traumapatienten (Alter > 18 Jahre), welche dieselben Voraussetzungen erfüllten wie die gewählte Ausgangspopulation mit dem Unterschied, dass die Diagnosen und Therapien durch Ärzte stattfanden. Dabei war es irrelevant ob diese präklinisch oder innerklinisch durchgeführt wurde. Ebenso wurden ergänzend auch Patienten mit Spontanpneumothorax oder ausgedehntem Pneumothorax die behandlungspflichtig waren eingeschlossen.

Das Outcome wurde als genereller Erfolg der Maßnahme definiert. Erfolgreich war die Punktion dann, wenn der Katheter den Pleuraraum erreichte, der Patienten mit Herz-Kreislauf-Stillstand ein Return of spontaneous circulation (ROSC) zeigte oder beim kritisch kranken Patienten mit respiratorischer oder hämodynamischer Instabilität eine Verbesserung der Vitalparameter stattfand, außerdem ob iatrogene Komplikationen auftraten.

¹⁴ Vgl. Richardson et al. 1995

Bei allen durch die Datenbankrecherche gefundenen Veröffentlichungen wurde das Abstract gelesen und gemäß den vorher festgelegten Ein- und Ausschlusskriterien bewertet. Erfüllten die Veröffentlichungen die Einschlusskriterien, wurden sie als Volltext beschafft. Es wurde nicht nach einem speziellen Studiendesign differenziert. Dadurch wurden retrospektive Kohortenstudien, randomisierte oder nicht randomisierte prospektive Studien, Experimente, Fallberichte und Expertenmeinungen berücksichtigt.

Sollte eine Veröffentlichung beim Durcharbeiten des Volltextes nicht für die Fragestellung relevant sein oder Ausschlusskriterien erfüllen, wurde sie im Nachhinein ausgeschlossen.

2.2 Durchführung der Literatursuche

Am 09.06.2020 und 15.06.2020 wurde eine systematische, computergestützte Datenbankrecherche durchgeführt.

Über MeSH-Begriffen, sowie Schlagwörtern wurde am 09.06.2020 auf der Datenbank *PubMed* eine Literatursuche durchgeführt. Der Tab. 2 sind die Kombinationen, sowie die Anzahl ihrer jeweiligen Treffer zu entnehmen. Nach jedem Suchschritt wurden die Abstracts gelesen und nach Ein- und Ausschlusskriterien bewertet. Erfüllten sie die Einschlusskriterien wurden sie als relevante Treffer vermerkt. Die im Verlauf zunehmende doppelt aufgeführte Literatur wurde ebenfalls immer separat als relevanter Treffer vermerkt, allerdings zu einem späteren Zeitpunkt von den Ergebnissen abgezogen.

Insgesamt erbrachte die Suche auf *PubMed* 675 Veröffentlichungen. Die Suchkombination der MeSH-Begriffe *pneumothorax†* UND *complications†* zeigte 0 Ergebnisse. Auf die Suchkombination des MeSH-Begriffs *pneumothorax†* UND des Schlagwortes *complications* entfielen 3645 Veröffentlichungen. Aufgrund der enorm hohen Anzahl an Ergebnissen wurde diese einzelne Suche nicht bewertet.

Nach dem Lesen der Abstracts wurden insgesamt 93 Veröffentlichungen als relevant eingestuft. Nach Abzug der doppelt aufgeführten verbleiben 33 Literaturquellen, die im Volltext beschafft wurden.

Tab. 2 Literatursuche über PubMed¹⁵

Schlagwörter und MeSH – Begriffe			Anzahl Treffer	relevante Treffer	Datum d. Suche
pneumothorax†	needles†		115	17	09.06.2020
pneumothorax†	decompression†		2	0	09.06.2020
pneumothorax†	decompression		159	24	09.06.2020
pneumothorax†	complications†		0		09.06.2020
pneumothorax†	complications		3645		09.06.2020
pneumothorax†	needles†	emergency treatment†	5	2	09.06.2020
pneumothorax†	needles†	emergency medical service†	17	9	09.06.2020
tension pneumothorax†	needles†		115	17	09.06.2020
needle decompression†	thoracic injuries†		1	0	09.06.2020
needle decompression	thoracic injuries†		21	8	09.06.2020
needle decompression	complications†		0		09.06.2020
needle decompression	complications		238	15	09.06.2020
thoracic injuries†	needles†	emergency treatment†	2	1	09.06.2020
Gesamt			675	93	

† = MeSH-Begriffe

Äquivalent zur vorangegangenen Suche, wurde am 15.06.2020 eine Literatursuche über die Datenbank *LIVIVO* durchgeführt. In Tab. 3 sind die zur systematischen Recherche kombinierten Schlagwörter dargestellt. Bei dieser Suche wurden Schlagwörter auch mittels Trunkierung ergänzt, um gleiche Wörter mit zusätzlichen Anhängseln in die Suche mit einschließen zu können. Außerdem wurden Trunkierungen

¹⁵ Eigene Darstellung

eingesetzt, um eine Mehrwortsuche mit der genauen Zeichenfolge zu erhalten.

Auch hier wurden nach jedem Suchschritt die Abstracts gelesen und nach Ein- und Ausschlusskriterien bewertet. Erfüllten sie die Einschlusskriterien wurden sie als relevante Treffer vermerkt. Die im Verlauf zunehmende Anzahl doppelt aufgeführter, sowie die bereits über *PubMed* gefundene Literatur wurde wieder separat als relevanter Treffer vermerkt und zu einem späteren Zeitpunkt von den Ergebnissen abgezogen.

Nach dem Lesen der Abstracts wurden insgesamt 40 Veröffentlichungen als relevant eingestuft. Nach Abzug der doppelt aufgeführten verbleiben 12 Literaturquellen, die im Volltext beschafft wurden.

Tab. 3 Literatursuche über LIVIVO¹⁶

Schlagwörter			Anzahl Treffer	relevante Treffer	Datum d. Suche
Nadeldekompression	Pneumothorax		122	16 (6)	15.06.2020
Nadeldekompression	Komplikationen		30	6 (0)	15.06.2020
Nadeldekompression	Paramedic		4	2	15.06.2020
pneumothorax	"emergency treatment"	Needle	24	4	15.06.2020
pneumothorax	complication*		34818		15.06.2020
pneumothorax	complication*	"emergency medical service"	10	2	15.06.2020
pneumothorax	thoracostomy	"emergency medical service"	4	2	15.06.2020
"needle thoracostomy"	complication*		26	8	15.06.2020
Gesamt			220	40	

"..." = Phrasen Suche

* = Trunkierung

¹⁶ Eigene Darstellung

Nach Abschluss der Literatursuche über die genannten Datenbanken, wurden die 45 als relevant eingestuften Veröffentlichungen als Volltexte beschafft. Dazu standen vereinzelt Veröffentlichungen im Open Access der Verlage zur Verfügung. Ein Großteil der Texte konnte durch Hochschullizenzen der Ostfalia direkt freigeschaltet werden, sodass sie als PDF heruntergeladen werden konnten. Der letzte Teil wurde über Fernleihe bei der Bibliothek der Ostfalia am Standort Wolfsburg am 17.06.2020 bestellt. Die erworbenen Aufsatzkopien wurden gesammelt ausgegeben.

2.3 Zuordnung eines Evidenzlevels (LoE)

Den Ergebnissen der Literaturrecherche wurde gemäß des Leitlinien-Manuals der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) und des Ärztlichen Zentrum für Qualität in der Medizin (ÄZQ) zur systematischen Evidenz-Recherche, ein Evidenzgrad (LoE) zugeordnet. Durch diese Einordnung lässt sich direkt auf die Qualität und den Empfehlungswert einer Therapiestudie schließen. Hierbei wurden das Studiendesign, die Nachvollziehbarkeit der Informationsquellen, die Suchstrategie und die Methoden zur Interpretation der Ergebnisse bewertet.

Die Einteilung der Evidenzgrade gliedert sich, wie in Tab. 4 dargestellt, in sechs Stufen, wobei I a die höchste und IV die niedrigste Validität beschreibt.

Tab. 4 Einteilung der Evidenzgrade¹⁷

Evidenzgrad	Übertragung auf Therapiestudien
I a	Evidenz aufgrund von Metaanalysen randomisierter, kontrollierter Studien
I b	Evidenz aufgrund mindestens einer randomisierten, kontrollierten Studie
II a	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, kontrollierten Studie ohne Randomisierung
II b	Evidenz aufgrund mindestens einer gut angelegten, quasi experimentellen Studie
III	Evidenz aufgrund einer gut angelegten, nicht experimentellen deskriptiven Studie
IV	Evidenz aufgrund von Berichten/Meinungen von Expertenkreisen, Konsensus-Konferenzen und/oder klinischer Erfahrung anerkannter Autoritäten

2.4 Auswertung und Beurteilung der ausgewählten Literatur

Zur besseren Übersichtlichkeit wurde die aus der Datenbankrecherche generierte Literatur in einer Tabelle aufgeführt. Die Inhalte der im Anhang beigefügten Tab. 7 sind Autor und Erscheinungsjahr, die bestimmte Evidenz, sowie eine Zusammenfassung der Kernaussagen.¹⁸

Die für die statistische Auswertung relevanten Ergebnisse, das heißt die Erfolgs- und Komplikationsraten der Nadeldekompressionen, wurden differenziert nach ärztlicher und nicht ärztlicher Anwendung, zusammen

¹⁷ Eigene Darstellung in Anlehnung an AWMF/ÄZQ 2001, S. 41

¹⁸ Eigene Darstellung im Anhang, S.XII

mit der verwendeten Katheterlänge und des Punktionsortes in einer weiteren Tabelle (Tab. 5) gesammelt.

Tab. 5 Ergebnisse aus der Literaturrecherche¹⁹

Autor	n1=	n2=	Anwender	Katheterlänge	Punktionsort	Erfolgsrate	Komp-rate
Aho et al.	70	12	nicht ärztlich	80mm	2 ICR MCL	83,00%	0%
		29	nicht ärztlich	50mm	2 ICR MCL	75,00%	0%
		29	ärztlich	50mm	2 ICR MCL	20,70%	0%
Axtmann et al.	59	63	nicht ärztlich	43-80mm	2 ICR MCL	5,90%	12,70%
Ball et al.	101	26	nicht ärztlich	32mm	2 ICR MCL	35%	0%
		75	ärztlich	45mm	2 ICR MCL	96%	0%
Blaivas, M. Camuset et al.	57	59	nicht ärztlich	?	2 ICR MCL	100%	0%
	35	35	ärztlich	50mm	2 ICR MCL	69%	11,40%
Cantwell et al.	22	?	nicht ärztlich	45-75mm	2 ICR MCL	86%	0%
	10	?	ärztlich	45-75mm	2 ICR MCL	100%	0%
	7	?	nicht ärztlich	45mm	2 ICR MCL	28,60%	0%
	74	?	nicht ärztlich	75mm	2 ICR MCL	86,40%	0%
	4	?	ärztlich	45-75%	2 ICR MCL	100%	0%
Chen et al.	111	min. 154					
	49		ärztlich	80mm	2 ICR MCL	84%	0%
	10		nicht ärztlich	80mm	2 ICR MCL	90%	0%
	13		nicht ärztlich	80mm	2 ICR MCL	85%	0%
	39		?	80mm	2 ICR MCL	?	?
Davis et al.	81	89	nicht ärztlich	50mm	2 ICR MCL	60%	0%
Dickson et al.	50	50	nicht ärztlich	50mm	2 ICR MCL 5 ICR MAL	?	0%
Dominguez et al.	41	47	nicht ärztlich	50mm	2 ICR MCL	?	0%
Hohenberger et al.	82	130	ärztlich	50mm	2 ICR MCL	?	9,20%
		34	nicht ärztlich	50mm	2 ICR MCL	?	12%
Kaserer et al.	24	17	nicht ärztlich	33-50mm	2 ICR MCL	18%	0%
Mistry et al.	37	1	nicht ärztlich	?	?	100%	0%
Thelle et al.	64	64	ärztlich	40mm	2 ICR MCL	50%	0%
		24	ärztlich	40mm	2 ICR MCL	46%	0%
Tien et al.	134	15	nicht ärztlich	?	2 ICR MCL	?	0%
Warner et al.	39	13	nicht ärztlich	50mm	2 ICR MCL	70%	0%
Weichenthal et al.	169	160	nicht ärztlich	50mm	2 ICR MCL	?	0%
		9	ärztlich	50mm	2 ICR MCL	?	0%

¹⁹ Eigene Darstellung

Nach Abschluss der Bearbeitung der Volltexte wurden sieben Veröffentlichungen ausgeschlossen. Sie erfüllten nicht die Einschlusskriterien oder waren für die Beantwortung der Fragestellung irrelevant. Somit ergaben sich 38 berücksichtigte Veröffentlichungen.

2.5 Statistische Darstellung der Daten

Die statistische Berechnung der Daten geschah über die Statistik- und Analyse-Software SPSS (IBM).

Aus der zugrundeliegenden Tabelle (Tab. 5) wurden die von den verschiedenen Autoren jeweils festgestellten Daten dazu genutzt, um die Erfolgsrate der Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax durch nicht ärztliches Personal mit der von ärztlichem Personal zu vergleichen. Danach wurden auf dieselbe Weise die Komplikationsraten verglichen.

Im Vorfeld wurden die Gruppen ärztlich und nicht ärztlich, mittels Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung hin geprüft. Da sich bei beiden Gruppen keine Normalverteilung zeigte, wurde für alle Berechnungen der Mann-Whitney-U-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt.

Anschließend wurden auch für die verwendeten Kathetergrößen die Erfolgs- und Komplikationsrate berechnet. Dazu wurden die Katheter in zwei Gruppen aufgeteilt: Gruppe 1 = bis einschließlich 50 mm Gruppe 2 = über 50 mm.

Die Aufteilung wurde gewählt, da die empfohlenen großlumigen Venenverweilkanülen max. 50 mm lang sind und es sich bei Kathetern über 50 mm um spezielle Thoraxentlastungsnadeln handelt.

Weil einzelne Veröffentlichungen Katheter beider Gruppen verwendet haben, diese allerdings nicht getrennt betrachtet haben, mussten die

Studien von Axtmann et al. (43-80 mm)²⁰ und Cantwell et al. (jeweils 45-75 mm)²¹ aus der Auswertung ausgeschlossen werden.

Da es sich bei der Kathetergröße ebenso um zwei Gruppen, wie bei Ärzten/nicht Ärzten handelt, wurden auch diese durch Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Auch hier lag keine Normalverteilung vor, woraufhin der Mann-Whitney-U-Test durchgeführt wurde.

Allgemein gingen aus den Studien die mit n1 bezeichneten jeweiligen Patientenanzahlen hervor. Da manche Patienten bilaterale Punktionen erhielten wurde unter n2 die Anzahl der Punktionen insgesamt vermerkt. Für die Berechnung wurden die Werte nach n2 gewichtet.

Bei Cantwell et al. ist keine Gesamtzahl der Punktionen aufgeführt, nur die Anzahl der Patienten. Bei Chen et al. liegt die Zahl der Verfahren höher als die Patientenzahl.²² Welche Patienten aus welcher Gruppe beidseitige Punktionen erhalten haben, ließ sich nicht ermitteln.

Als Signifikanzniveau wurde für $p=0.05$ festgelegt.

3 Ergebnisse

3.1 Komplikationsraten der Nadeldekompression

Ein Mann-Whitney-U-Test wurde gewählt, um zu prüfen, ob bei der Komplikationsrate der Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax zwischen ärztlichem und nicht ärztlichem Personal Unterschiede vorliegen.

Es ergab sich eine signifikant höhere Komplikationsrate für die Gruppe ärztliches Personal $M_{\text{Rang}}=779,92$, gegenüber dem nicht ärztlichem Personal $M_{\text{Rang}}=620,55$, $U=242352,00$; $p<0.001$.

²⁰ Axtmann et al. 2019, S. 1138-1142

²¹ Cantwell et al. 2014, S. 71-76

²² Chen et al. 2015, S. 118-124

Abb. 1 zeigt die grafische Darstellung der Ergebnisse der Berechnung.

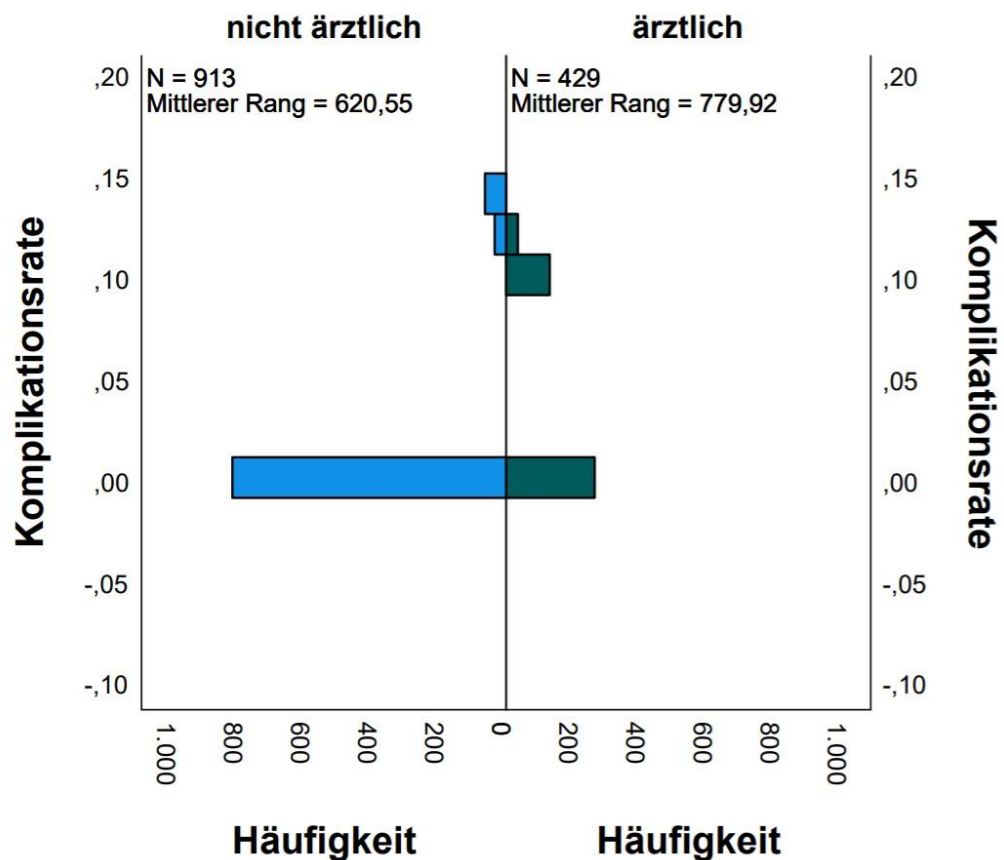


Abb. 1 Ergebnis der Komplikationsrate ärztlich vs. nicht ärztlich²³

3.2 Erfolgsraten der Nadeldekompression

Der Mann-Whitney-U-Test wurde ebenfalls gewählt, um zu prüfen, ob bei der Erfolgsrate der Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax zwischen ärztlichem und nicht ärztlichem Personal Unterschiede vorliegen.

Es gab keine signifikanten Unterschiede der Erfolgsrate bei nicht ärztlichem Personal $M_{Rang}=395,51$ gegenüber ärztlichem Personal $M_{Rang}=387,38$, $U=70145,00$; $p=0.626$.

²³ SPSS

In Abb. 2 ist die grafische Darstellung der Daten zu sehen.

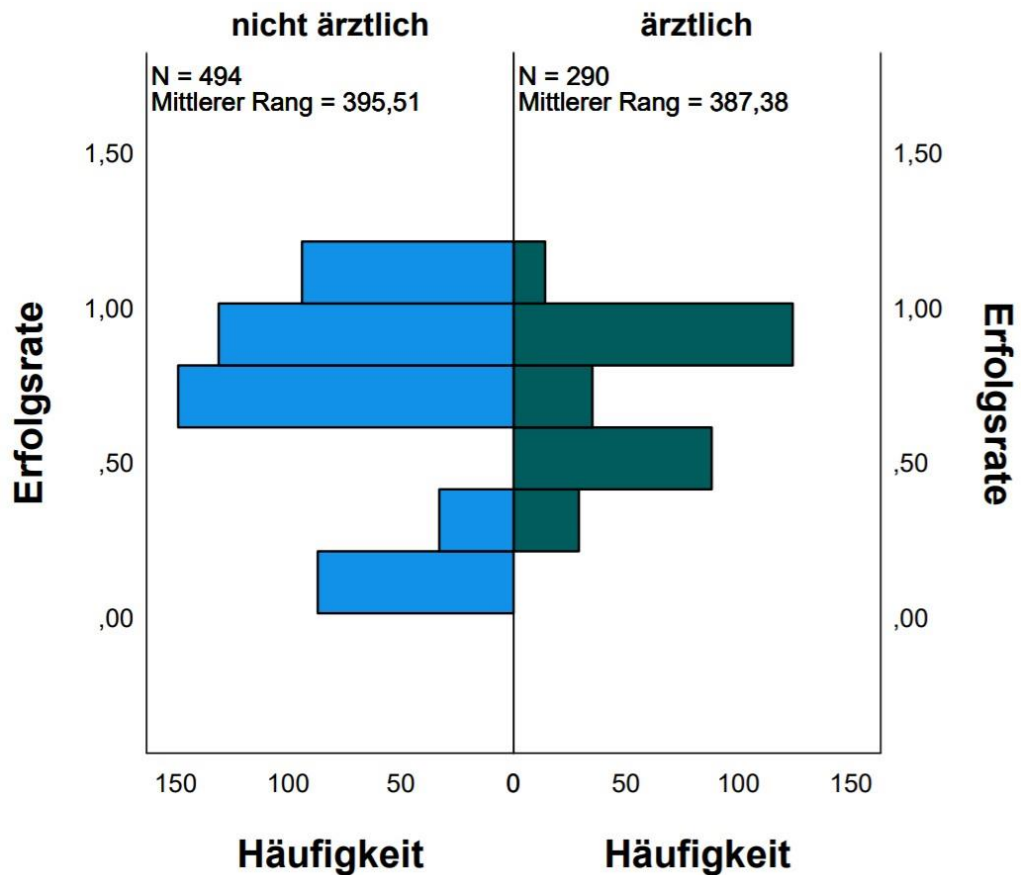


Abb. 2 Ergebnis der Erfolgsrate ärztlich vs. nicht ärztlich²⁴

3.3 Erfolgs- und Komplikationsrate in Abhängigkeit zur Kathetergröße

Auch für die Betrachtung der Erfolgs- und Komplikationsrate in Abhängigkeit zu den Katheter Größen bis einschließlich 50mm gegenüber größer 50mm, wurden zwei Mann-Whitney-U-Tests berechnet.

²⁴ SPSS

Die Komplikationsrate der Katheter größer 50mm war durchgängig 0, wodurch sich in der Berechnung ein signifikanter Unterschied gegenüber den Kathetern bis 50mm ergab, $U=51982.00$, $p<0.001$.

Ebenso ergab die zweite Berechnung einen signifikant höheren Erfolg für die Katheter größer 50mm gegenüber den Kathetern bis 50mm, $U=56564$, $p<0.001$. Abb. 3 zeigt die Verteilung der Erfolgsrate und den Erfolg der Katheter größer als 50mm.

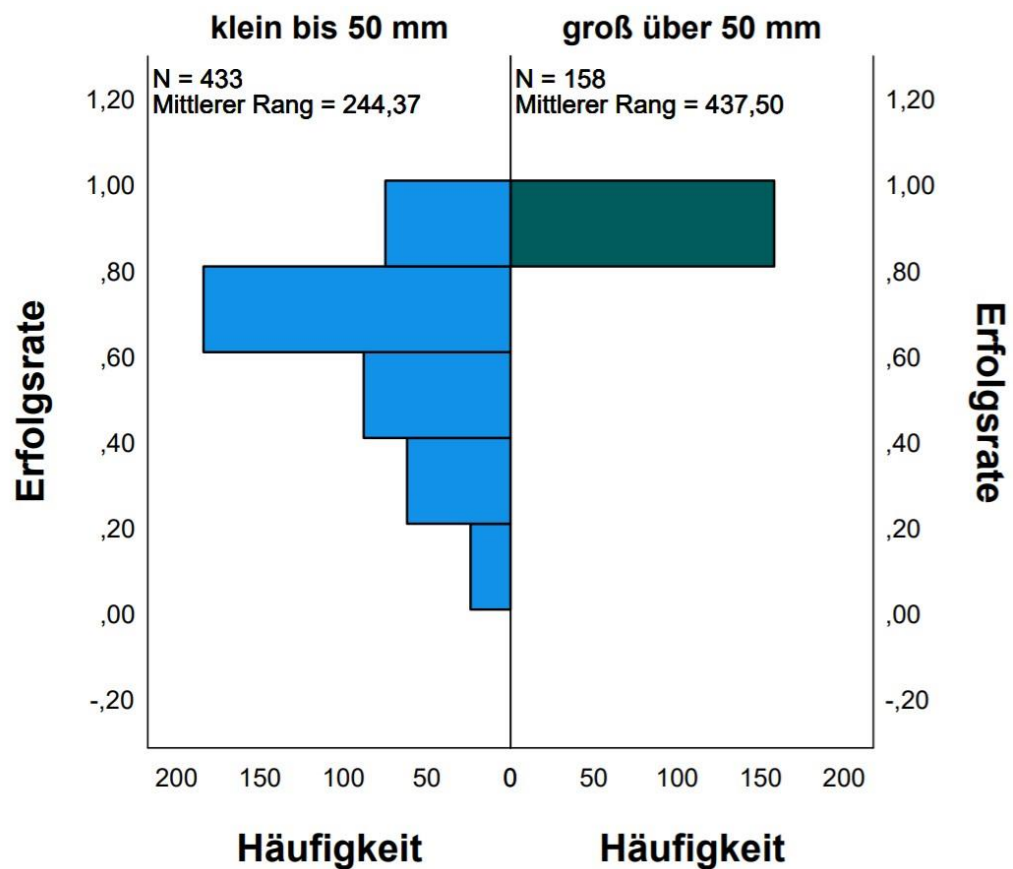


Abb. 3 Ergebnis der Erfolgsrate <50mm vs. >50mm²⁵

²⁵ SPSS

4 Diskussion

4.1 Komplikationsrate in Bezug zum Erfolg

Bisher wurde in dieser Arbeit die Erfolgsrate stets getrennt zur Komplikationsrate betrachtet. Sie stellen jeweils zwei wichtige Parameter einer Therapie dar. Der Erfolg der Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax liegt in der auf die Maßnahme folgenden respiratorischen oder hämodynamischen Stabilisierung und einer Verbesserung der Vitalparameter des betroffenen Patienten. Ebenso ist der ROSC ein Erfolgszeichen bei einem bis zur Thoraxdekompression nicht erfolgreich reanimierten Herz-Kreislauf-Stillstand.

Dagegen treten Komplikationen und iatrogene Verletzungen auf, wenn der Katheter andere anatomische Strukturen erreicht als die Pleurahöhle. Es kann zu Atelektasen, Nerven- und Gefäßschäden, Pneumonien und zu durch Blutungen verursachten Hämatothoraces kommen.²⁶

Hecker et al. konnte in einer retrospektiven Untersuchung von CT-Bildern versorgter Traumapatienten, durch Messung der mittleren Entfernung zwischen vorgesehenem Punktionsort und Gefäß, die potenzielle Gefahr der Punktion der Arteria thoracica interna feststellen. Diese verläuft als ein Ast der Arteria subclavia mit einer durchschnittlichen Entfernung von 5,7 cm rechts und 5,5 cm links, jeweils medial zum 2. ICR MCL und versorgt in weiteren Verzweigungen die Intercostalmuskulatur, das Zwerchfell und die Brustdrüse.²⁷ Die Lunge kann ebenso direkt betroffen sein. So dokumentierte Rawlins et al. drei Fälle in denen sich bei den Patienten nach einer Nadeldekompression ein massiver Hämatothorax, durch die Punktion apikaler Lungenanteile, entwickelte.²⁸ Die häufigsten Blutungen resultieren aus der Schädigung von Lungengewebe. Jedoch kann auch die Punktion der A. subclavia zu einem Hämatothorax führen. Durch Fehlidentifikation wurde in einem Fall

²⁶ Vgl. Wernick et al. 2015, S. 160-169

²⁷ Vgl. Hecker et al. 2016, S. 121

²⁸ Vgl. Rawlins et al. 2003, S. 383

der 1. ICR MCL punktiert, an dieser Stelle ist die Gefahr von Komplikationen höher.²⁹

Unterschiedliche Studien konnten zeigen, dass die Identifikation des richtigen Punktionsortes am 2. ICR MCL schwieriger ist als am lateralen Zugangsweg. Inaba et al. beschreibt, dass der 2. ICR MCL gegenüber dem 5. ICR AAL signifikant schwieriger aufzufinden sei ($p < 0.001$), die Punktion des 5. ICR AAL außerdem signifikant leichter durchzuführen wäre ($p = 0.031$).³⁰ Bei Hohenberger et al. kam es auch häufig zu Fehlpositionierungen. Auch hier wurden Punktionen der A. thoracica interna und A. intercostales dokumentiert.³¹

Neben den iatrogenen Verletzungen stellt das Versagen der Maßnahme allerdings das eigentliche Hauptproblem dar. Durch insuffiziente Katheterlänge, Fehlpositionierung, Verschluss oder Abknicken des Katheters, sowie kontralateraler oder nur einseitiger Entlastung aufgrund von mangelhafter Diagnose, gelingt die Thoraxentlastung meist nicht.

Bei einer prospektiven Studie zeigten sich von 51 Patienten, die ein Kontroll-CT nach der Prozedur erhielten bei 48 (94,1%), dass der Katheter außerhalb des Pleuraspaltes lag. In der Vielzahl der Fälle reichte er lediglich in subkutanes Gewebe (72,9%).³²

Der Erfolg einer Therapiemaßnahme ist also maßgeblich vom Auftreten von Komplikationen abhängig.

Aufgrund von einer relativ hohen Anzahl an unentdeckten Spannungspneumothoraces, wurden in einem australischen Rettungsdienstbereich die Algorithmen dahingehend umgestellt, dass durch eine umfangreichere Indikationsstellung mehr potenzielle Spannungspneumothorax mittels Nadeldekompression entlastet wurden. Die Zahl der unentdeckten Fälle sank innerhalb der Zeiträume signifikant von 10 auf 4. Bei einer enormen Zunahme an Prozeduren von

²⁹ Vgl. Riwoe/Poncica 2011, S. 651f.

³⁰ Vgl. Inaba et al. 2015, S. 1046

³¹ Vgl. Hohenberger et al. 2017, S. 1890

³² Vgl. Axtmann et al. 2019, S. 1139

32 auf 85, blieb die Anzahl der Komplikationen annähernd gleich (10 vs. 15) und es traten weiterhin keine iatrogenen Verletzungen auf.³³

Erfolgreich war auch die Anpassung der in einem Rettungsdienstbereich präklinisch verwendeten Katheterlänge. Die rein präklinische Erfolgsrate von 8 cm langen Kathetern gegenüber 5 cm verbesserte sich leicht, allerdings nicht signifikant (8 cm=83%, 5 cm=62%; $p=0.28$). Im gleichen Zeitraum gab es im klinischen Umfeld, mit der gleichbleibenden Katheterlänge, keine Veränderung (28,6% versus 0,0%; $p=0.15$). Trotzdem zeigte sich im direkten Vergleich zueinander, dass 8 cm Katheter signifikant effektiver waren als 5 cm (83% versus 41%; $p=0.01$).³⁴

Der langfristige Erfolg kann nur dann gewährleistet werden, wenn alle notwendigen Anpassungen an einer Prozedur getätigt werden, um sie zukünftig möglichst komplikationsarm und damit potenziell erfolgreich zu machen.

4.2 Durchführung der Nadeldekompression

Die Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax ist verhältnismäßig einfach, dennoch gibt es Schritte die zu beachten sind. Wie bereits erläutert gibt es verschiedene Orte, an denen eine Punktion durchgeführt werden kann. Der klassische Zugangsweg nach Monaldi liegt im zweiten Intercostalraum medioclavikular. Daneben kann auch der vierte/fünfte Intercostalraum der Anterioaxillar- bis Medioaxillarlinie verwendet werden. Dieser Bereich ist bereits als gängiger Ort für eine Thoraxdrainage bekannt. Internationale Kursprogramme, wie beispielsweise ITLS und die deutsche Polytraumaleitlinie der DGU legen sich hier allerdings nicht fest. Sie erkennen die Vor- und Nachteile der

³³ Vgl. Cantwell et al. 2014, S. 71ff.

³⁴ Vgl. Aho et al. 2016, S. 275

Punktionsorte an, empfehlen aber aufgrund der zurzeit fehlenden Datenlage zum bisher überwiegend genutzten 2. ICR MCL.³⁵

Laan et al. zeigt, dass die Brustwandstärke am 4./5. ICR AAL im Mittel (95% CI) mit 34,33 mm am geringsten ist, gegenüber dem 4./5. ICR MAL mit 39,85 mm und dem 2. ICR MCL mit 42,79 mm.³⁶ Die unterschiedliche Stärke der Brustwand ist mit ein Grund für Misserfolge bei Punktionen durch zu kurze Katheter.

Die vorgesehenen Katheter reichen von normalen 14-Gauge, 5 cm langen Venenverweilkanülen bis zu 8 cm langen Thoraxpunktionsnadeln. Clemency et al. ermittelte, dass um in 95% der Fälle erfolgreich die Pleurahöhle am 2. ICR-MCL zu erreichen, ein Katheter mit einer Länge von mindestens 6,44 cm notwendig war. Ein 5 cm langer Katheter wäre in lediglich 72% der Fälle erfolgreich gewesen.³⁷ Hinsichtlich der zu wählenden Katheter überlassen es die Leitlinien auch hier dem Anwender zu beurteilen, ob eine lange Thoraxpunktionsnadel notwendig ist, beispielsweise bei besonders adipösen oder muskulösen Patienten, sowie bei Frauen. Zengerink et al. konnte zeigen, dass Frauen eine signifikant dickere Brustwand als Männer haben ($p < 0.0001$). Eine 5 cm lange Kanüle hätte bei Männern in 81-90%, bei Frauen in nur 75% der Fälle Erfolg gehabt.³⁸ Auch postmortale Messungen bei Soldaten zeigte bei einer ausgeprägteren Brustmuskulatur eine über dem Durchschnitt liegende mittlere Brustwandstärke von 5,36 cm.³⁹

Die Ergebnisse dieser Untersuchung haben gezeigt, dass längere Katheter am 2. ICR MCL signifikant erfolgreicher ($p < 0,001$), sowie signifikant komplikationsärmer waren ($p < 0,001$). Die vermeintlich hohe Gefahr iatrogenen Verletzungen, die von größeren Kathetern ausgeht, zeigte sich hier nicht.

³⁵ Vgl. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) 2019, S. 74; Campbell/Alson 2018, S. 163f.

³⁶ Vgl. Laan et al. 2016, S. 800

³⁷ Vgl. Clemency et al. 2015, S. 250-252

³⁸ Vgl. Zengerink et al. 2008, S. 112f.

³⁹ Vgl. Harcke et al. 2007, S. 1261

Sind Punktionsort und Katheter ausgewählt, ist der Punktionsort mit einem Hautantiseptikum zu desinfizieren. Anschließend wird der Katheter perpendikular, also senkrecht zur Haut, im vorgesehenen Zwischenrippenraum, oberhalb der tiefer liegenden Rippe eingeführt. Das verhindert Verletzungen der unterhalb einer Rippe verlaufenden Gefäße und Nerven. Bei der Thoraxpunktionsnadel wird danach der Stahlmandrin entfernt. Wird eine Venenverweilkanüle verwendet, muss zum Schutz vor dem Abknicken der Mandrin liegen bleiben.

Die Nadeldekompression gilt nicht als definitive Behandlung eines Pneumothorax, weshalb nach erfolgreicher Entlastung eine Minithorakotomie mit oder ohne Einlage einer Thoraxdrainage notwendig wird.⁴⁰

4.3 Behandlungsalgorithmen für Notfallsanitäter

In Deutschland unterliegen Notfallsanitäter strengen Behandlungsalgorithmen, welche sie in einem begrenzten Rahmen zur Ausübung invasiver Maßnahmen befähigen, so auch zur Thoraxdekompression. Die Freigabe dieser Algorithmen obliegt dem Ärztlichen Leiter Rettungsdienst eines Landkreises oder einer kreisfreien Stadt. Dadurch existieren in Deutschland sehr unterschiedliche Behandlungsrichtlinien. Sie orientieren sich jedoch alle mehr oder weniger an den derzeit vorliegenden Ausbildungsalgorithmen für Notfallsanitäterauszubildende, die zumeist auf Landesebene erstellt werden. Im Rahmen ihres Staatsexamens werden Notfallsanitäter auf diese Algorithmen geprüft. Zu einem späteren Zeitpunkt sind es die Maßnahmen dieser Algorithmen, die als erlernt und sicher anwendbar vorausgesetzt werden, unabhängig von landkreisspezifischen Freigaben.

⁴⁰ Vgl. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) 2019, S. 79

Eine in Tab. 6 zu sehende Aufstellung der derzeit vorhandenen Ausbildungs- oder landesweiter Versorgungsalgorithmen zeigt größtenteils Übereinstimmung. So sind es allerdings auch nur der von Berlin und dem Deutschen Berufsverband Rettungsdienst (DBRD) erstellte Behandlungspfad, der die Punktion auch lateral im 4. ICR AAL bzw. 4./5. ICR AAL/MAL vorsieht. In manchen Fällen ist auch vom 2. bis 3. ICR MCL zu lesen, wobei der 3. ICR MCL in bisherigen Veröffentlichungen nicht untersucht wurde. Immerhin vier Algorithmen schreiben Thoraxpunktionsnadeln vor, zwei sprechen von mindestens 5 cm, bzw. 5-8 cm langen Kanülen. Fünf Bundesländer geben keine Vorgaben bzgl. der Kathetergröße heraus und für Hamburg und das Saarland existieren erst gar keine zu ermittelnden landesweiten Algorithmen.

Tab. 6 Algorithmen für Notfallsanitäter zur Thoraxdekompression nach Bundesland⁴¹

Bundesland	Indikationen	Kontraindikationen	Nadel-länge	Punktionsort
Hessen	Reanimation mit V.a. Spannungspneumothorax	Pneumothorax ohne hämodynamische Instabilität und akut lebensbedrohliche Situation	größte Venenverweilkanüle, ggf. Thoraxnadel	2. ICR MCL
Berlin	traumatischer Spannungspneumothorax (min. 3 Indikationen)/ traumatische Reanimation	keine	Thoraxnadel	2-3. ICR MCL oder 4 ICR AAL
Hamburg				
Bremen	V.a. Spannungspneumothorax, min. 2 von 3 Entlastungskriterien	keine	nn	nn
Niedersachsen				
Brandenburg	Thoraxdrainage bei V.a. Pneumothorax	nn	nn	nn
Mecklenburg-Vorpommern	Spannungspneumothorax mit rasch zunehmender hämodynamischer und respiratorischer Instabilität	keine	5-8 cm	2. ICR MCL
Sachsen				
Nordrhein-Westfalen				
Sachsen-Anhalt				

⁴¹ Eigene Darstellung

Schleswig-Holstein	V.a. Pneumothorax mit hämodynamischer und respiratorischer Instabilität	Pneumothorax	nn	2-3. ICR MCL
Rheinland-Pfalz	Spannungspneumothorax	Pneumothorax ohne Beeinträchtigung der Vitalfunktion oder Spannungszeichen	min. 5 cm	2. ICR MCL
Baden-Württemberg	V.a. Spannungspneumothorax	nn	nn	nn
Bayern	Spannungspneumothorax mit hämodynamischer und respiratorischer Instabilität	keine	nn	nn
Saarland				
Thüringen	Pneumothorax mit hämodynamischer und respiratorischer Beeinträchtigung/ Abwägung wahrscheinlich vs. Unwahrscheinlich	Pneumothorax ohne Beeinträchtigung der Vitalfunktion	Thoraxna- del	2. ICR MCL
DBRD	Pneumothorax mit hämodynamischer und respiratorischer Beeinträchtigung/ Abwägung wahrscheinlich vs. Unwahrscheinlich	Pneumothorax ohne Beeinträchtigung der Vitalfunktion	großlumige Venener- weilkanüle	2-3. ICR MCL oder 4-5. ICR AAL-MAL

Stand 24.09.2020

Auch Hessen nimmt eine Sonderrolle ein. Wie die Abb. 1 des hessischen Ausbildungsalgorithmus zeigt, ist es das einzige Bundesland, welches in ihren Ausbildungsalgorithmen die Nadeldekompression nur im Rahmen der Reanimation mit Verdacht auf Spannungspneumothorax freigegeben hat. Bei allen anderen Patienten mit einem Verdacht auf dieses lebensbedrohliche Ereignis, werden Notfallsanitäter in ihrem Handeln beschränkt.

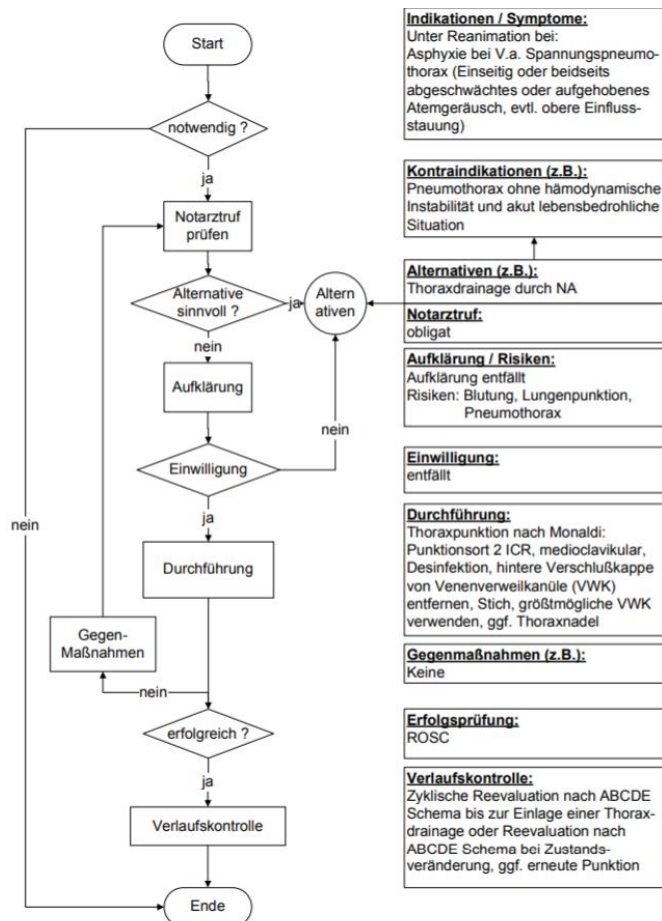


Abb. 4 hessischer Algorithmus zur Thoraxdekompression⁴²

4.4 Bedeutung der Qualifikation

Eine große Rolle bei der Freigabe von invasiven Maßnahmen spielt die Qualifikation. Aus Mangel an freigegebenen Alternativen, nimmt die Nadeldekompression im Ausbildungscurriculum des Notfallsanitäters eine größere Rolle ein, die regelmäßig geübt werden sollte. Hingegen ist das Wissen um anatomische Strukturen auf ärztlicher Seite deutlich ausgeprägter, was die Identifikation des richtigen Punktionsortes begünstigt und so iatrogene Verletzungen vorbeugen kann.

In der Notfallsituation ist es unabhängig von der Qualifikation notwendig, die Maßnahme richtig anwenden zu können und ein positives Outcome für den Patienten zu bewirken.

⁴² Hessisches Ministerium für Soziales und Integration 2018, S. 34

Die Ergebnisse zeigen, dass es keine signifikanten Unterschiede in der Erfolgsrate der Nadeldekompression bei Ärzten gegenüber nicht ärztlichem Personal gibt ($p=0,626$). Für die richtige Anwendung der Nadeldekompression ist es also irrelevant ob sie von einem Arzt oder einem Notfallsanitäter durchgeführt wird. Unabhängig von der Qualifikation besteht auch weiterhin die wichtige Notwendigkeit Maßnahmen zur notfallmäßigen Therapie regelmäßig zu üben, um so die Erfolgsrate hoch zu halten.

Im Gegensatz zur Erfolgsrate, zeigte sich die Komplikationsrate von ärztlichem Personal signifikant höher als die von nicht ärztlichem Personal ($p=0,001$). Weshalb es zu dieser höheren Komplikationsrate kam, ist vorerst unklar. Die Maßnahme wurde in den betrachteten Veröffentlichungen häufiger durch nicht ärztliches Personal, als durch ärztliches Personal angewendet.

4.5 Alternativen zur notfallmäßigen Thoraxdekompression

4.5.1 Minithorakotomie

Anders als die Nadeldekompression, gilt die Minithorakotomie ohne Einlage einer Thoraxdrainage als definitive Behandlung eines Spannungspneumothorax.⁴³ Ziel der Nadeldekompression ist es nicht eine vollständige Evakuierung der Luft aus dem Pleuraspalt zu bewirken, viel wichtiger ist das Absenken der Druckspitze, welche auf das Mediastinum wirkt.

Doch auch die Minithorakotomie ist für eine schnelle und erfolgreiche präklinische Anwendung geeignet.

Massarutti et al. dokumentierte einen signifikanten Anstieg der Sauerstoffsättigung sowie des mittleren systolischen Blutdruckes als Folge der Maßnahme.⁴⁴

⁴³ Vgl. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (Hrsg.) 2019, S. 79

⁴⁴ Vgl. Massarutti et al. 2006, S. 277f.

In einer von Dickson et al. durchgeführten Untersuchung im Rahmen des traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstandes, zeigten sich keine signifikanten Unterschiede gegenüber der Kontrollgruppe, welche durch Nadeldekompressionen versorgt wurden, hinsichtlich eines ROSC: 9/50 Nadeldekompression vs. 14/57 Minithorakotomie ($p=0.4833$) und auch hinsichtlich der Krankenhausentlassung 0/50 vs. 4/57 ($p=0.1212$).⁴⁵

Peters et al. stellt heraus, dass zur Anwendung nur einfachstes chirurgisches Basiswissen notwendig ist. Auf die Desinfektion folgt ein Inzisionsschnitt von 5 cm Länge auf Höhe des Übergangs 5. ICR AAL/MAL mit einem Skalpell mit abgerundeter Klinge. Nach stumpfer Präparation wird die Pleurahaut mit dem Finger durchstoßen. Anschließend findet eine sterile Abdeckung mit Öffnung zu einer Seite statt.

Eine bilaterale Minithorakotomie im Zuge eines traumatischen Herz-Kreislauf-Stillstands bietet einen schnelleren Zugang als eine bilaterale Drainageneinlage. Im Vergleich zur Nadeldekompression stellt die Minithorakotomie zwar eine definitive Versorgung dar, ist aber auch mit einem deutlich höheren Aufwand verbunden. Die Gefahr für Selbstverletzung ist höher, konnte dort allerdings nicht bestätigt werden.⁴⁶

Die Maßnahme hat zudem den großen Nachteil, dass es zur erfolgreichen Anwendung notwendig ist, den Patienten druckkontrolliert zu beatmen. Durch den fehlenden Sog einer Drainage, ist der sich von innen auswirkende Druck einer druckkontrollierten Beatmung notwendig, damit die Luft aus dem Pleuraspalt entweicht. Anwendung findet diese Maßnahme deshalb hauptsächlich im Rahmen von traumatischen Herz-Kreislauf-Stillständen.

⁴⁵ Vgl. Dickson et al. 2018, S. 367

⁴⁶ Vgl. Peters et al. 2017, S. 97f.

4.5.2 Thoraxdrainage

Als Konsequenz auf eine Thoraxentlastung durch Nadeldekompression folgt bei tatsächlichem Vorhandensein eines Pneumothorax zwingend die definitive Behandlung, zur vollständigen Evakuierung der im Pleuraspalt vorhandenen Luft. Vor allem die Einlage einer Thoraxdrainage hat sich zum Goldstandard entwickelt. Präklinisch findet sie seltener Anwendung, da sie aufwendig und zeitraubend ist. Auch Dominguez et al. beschreibt die Einlage einer Thoraxdrainage als zwingend notwendig. 36 von 41 (88%) der untersuchten Patienten benötigten diese.⁴⁷

Allerdings sollte dieses Vorgehen nicht blind bei allen Patienten erwogen werden. In einer durch Blaivas durchgeführten prospektiven Untersuchung konnten unter 57 Patienten, die präklinisch durch eine Nadeldekompression versorgt wurden, 15 Patienten mit unauffälligen Lungenbewegungen bei der initialen Ultraschall Kontrolle ermittelt werden. Nach Entfernung der Katheter zeigte keiner dieser Patienten zu einem späteren Zeitpunkt, auch in der nachgelagerten CT Kontrolle, einen Pneumothorax.⁴⁸ Für die Einlage einer Thoraxdrainage hätte keine Indikation bestanden. Viele Komplikationen und längere Krankenhausaufenthalte können durch eine vorangehende Kontrolle vermieden werden.

In einer randomisierten Untersuchung der Nadeldekompression im Vergleich zur Thoraxdrainage zeigten sich für die Thoraxdrainage signifikant längere Krankenhausbehandlungstage (4,6 vs. 2,4 Tage; $p < 0.001$). Die mit der Thoraxdrainage einhergehende Komplikationsrate war zudem hoch. Bei 16 Patienten musste aufgrund von Fehllage oder Blockade eine neue Drainage eingelegt werden.⁴⁹

⁴⁷ Vgl. Dominguez et al. 2013, S. 330

⁴⁸ Vgl. Blaivas 2010, S. 1287

⁴⁹ Vgl. Thelle et al. 2017, S. 4f.

Im Vergleich zur Nadeldekompression zeigte die Thoraxdrainage allerdings signifikant häufiger Erfolg (68,5% vs. 93%).⁵⁰

Im Rahmen einer Erhebung durch Davis et al. wurden 136 Prozeduren (89 Nadeldekompressionen und 47 Thoraxdrainagen) an 81 Patienten festgestellt. Die Nadeldekompression zeigte in 60% ein Ergebnis und ging in 32% der Fälle mit einer Verbesserung der Vitalparameter einher. Im Gegensatz dazu waren es bei der Thoraxdrainage 74,5% und eine Verbesserung der Vitalzeichen zeigte sich in 59,5%. Am Einsatzort verging bis zur Entscheidung und Durchführung einer der Maßnahmen jedoch weniger Zeit bei der Nadeldekompression als bei der Thoraxdrainage (22 vs. 27 min; $p=0.042$).⁵¹

Trotz zusätzlicher Faktoren, welche die Maßnahme präklinisch beeinflussen können, unterscheidet sich die notfallmäßige Einlage einer Thoraxdrainage nicht, hinsichtlich ihrer Komplikationsrate gegenüber anderen Studien mit innerklinisch eingelegten Thoraxdrainagen.⁵²

In Deutschland ist die Thoraxdrainage eine rein ärztliche Maßnahme. Zurecht erfordert sie aufgrund von hohen Komplikationsraten und einer aufwendigeren Einlage eine gewisse klinische Routine, die von Notfallsanitätern nicht erfüllt werden kann. Die Thoraxdrainage steht als Therapieoption nicht in Konkurrenz zur Nadeldekompression, vielmehr ergänzen sie sich und weisen beide Vor- wie auch Nachteile auf, die gemeinsam zur effektiven und sicheren Behandlung von Traumapatienten notwendig sind.

⁵⁰ Vgl. Waydhas/Sauerland 2007, S. 20

⁵¹ Vgl. Davis et al. 2005, S. 193

⁵² Vgl. Heng et al. 2004, S. 421ff.

4.6 Aussicht

Schon heute sieht man, wie sich Anpassungen der präklinischen Versorgungsalgorithmen der Thoraxdekompression, bei gleichbleibend niedriger Komplikationsrate, positiv auf die Erfolgsrate auswirken. Es ist notwendig mehr Daten zu sammeln, um eine genauere Aussage hinsichtlich des Punktionsortes treffen zu können. Die schon länger diskutierte Frage der Katheterlänge, scheint derweil beantwortet zu sein. Auch die Ergebnisse dieser Studie bestätigen den Erfolg langer Thoraxpunktionsnadeln.

Umso wichtiger ist es dieses Wissen in bestehenden Versorgungsalgorithmen für Notfallsanitäter umzusetzen.

Ebenso scheint die gegenseitige Ergänzung aller Maßnahmen sinnvoll. Die präklinische Nadeldekompression ist richtig angewendet ein effektives Mittel, doch bei wiederholtem Misserfolg, sollte der kritische Patient nicht erst innerklinisch entlastet werden. Viel wichtiger ist es, Notfallsanitätern schon am Einsatzort Möglichkeiten bereit zu stellen, um auf einen sich verändernden Zustand des Patienten reagieren zu können. Besonders die Minithorakotomie stellte sich als schnelle und unkomplizierte, aber gleichsam erfolgreiche Maßnahme dar. Zwar existieren schon Untersuchungen aus dem europäischen Ausland, bei denen die Minithorakotomie bei traumatischen Herz-Kreislauf-Stillständen durch nicht ärztliches Personal erfolgreich durchgeführt wurde, dennoch ist es notwendig zur Evaluierung der Erlernbarkeit der Minithorakotomie durch Notfallsanitäter, sowie zur sinnvollen Ergänzung bestehender deutscher Algorithmen, weitere Untersuchungen durchzuführen.

Die Ursache für die signifikant höhere Komplikationsrate von ärztlichem Personal bleibt zu diesem Zeitpunkt unklar. Es ist notwendig weitere Untersuchungen zu diesem Thema durchzuführen.

4.7 Limitation

Die Veröffentlichungen, aus denen sich die Komplikationsraten für diese Forschung ergaben, hatten in der überwiegenden Anzahl nicht das ursprüngliche Ziel diese zu untersuchen. In den meisten Fällen wurde nur der Erfolg der Nadeldekompression untersucht, nicht spezifisch die Komplikationen. Es bleibt unklar, ob dadurch tatsächlich stattgefundenen Komplikationen übersehen wurden, da diese nicht näher betrachtet und nur bei offensichtlichen Verletzungen und Schäden gezählt wurden. Potenziell fehlten in den meisten Studien eindeutige Maßnahmen zur Detektion von Komplikationen.

Die Aussagekraft des Erfolgs ist zudem durch unterschiedliche Katheterlängen limitiert. Es gab keine einheitliche Größe unter den Veröffentlichungen. Andersherum fehlt die Aussagekraft für den Erfolg am lateralen Zugangsweg des 4./5. ICR AAL/MAL, da bis auf eine Ausnahme, Punktionen nur am 2. ICR MCL durchgeführt wurden.

Die verwendeten Studiendesigns sind hauptsächlich retrospektive Kohortenstudien, selten prospektiv und nur einmal randomisiert.

Zuletzt liegen keine Informationen hinsichtlich der tatsächlichen Qualifikation für die Anwender der Nadeldekompression vor. Unabhängig davon, ob durch ärztliches oder nicht ärztliches Personal durchgeführt, wird kein Bezug auf das Wissen und die Erfahrung im Umgang mit der Maßnahme genommen.

5 Schlussfolgerung

Die Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax ist eine Maßnahme, die in der Präklinik regelmäßig angewendet wird. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass es zurzeit hinsichtlich des Erfolges der Maßnahme keinen Unterschied macht, durch wen die Thoraxpunktion

stattfindet. Gleichzeitig zeigen die Daten die überaus geringe Komplikationsrate der Maßnahme. In der überwiegenden Anzahl der Fälle konnten keine Komplikationen festgestellt werden. Gleichzeitig lässt das Ergebnis die Vermutung zu, dass trotz durchgeführter Kathetereinlage kein Pneumothorax entstehen muss. Zurückhaltung bei der Nadeldekompression ist deshalb ungerechtfertigt.

Außerdem bestärken die Ergebnisse die bestehende Tendenz zu längeren Kathetern >50 mm, im Rahmen der viel diskutierten Frage nach der richtigen Kathetergröße. Wiederholt zeigten sich Thoraxpunktionsnadeln sowohl bei der Erfolgsrate, als auch bei den Komplikationen, den Venenverweilkanülen bis 50 mm überlegen.

Die präklinische Nadeldekompression sollte auch weiterhin frühzeitig beim kritischen Patienten mit Verdacht auf ein Spannungspneumothorax durchgeführt werden. Die in Deutschland immer noch bestehenden unterschiedlichen Versorgungsalgorithmen müssen dann allerdings mit Blick auf den Erfolg längerer Katheter angepasst werden.

Die Ergebnisse zeigen wie handlungsfähig und anwendungssicher Notfallsanitäter bei der Durchführung der Nadeldekompression sind und stärken deren Kompetenz für die Durchführung dieser erlernten invasiven Maßnahme. Ihre weitere Anwendung ist überaus notwendig und sinnvoll.

6 Zusammenfassung

6.1 Abstract

Ziel dieser Arbeit war es, die im Rahmen der Notfallversorgung eines Thoraxtraumas mit Spannungspneumothorax notwendigen Thoraxentlastung über Nadeldekompression hinsichtlich ihrer Erfolgs- sowie Komplikationsrate zu untersuchen. Dazu wurde eine systematische Metaanalyse bereits bestehender Studien zum Thema Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax durchgeführt. Die

über die Datenbankrecherche gefundene Literatur wurde erfasst und darin enthaltene Erfolgs- und Komplikationsraten statistisch miteinander verglichen. Dazu wurden vier Berechnungen über den Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Die Berechnungen zeigen im Vergleich von Ärzten gegenüber nicht ärztlichem Personal signifikante Unterschiede bei der Komplikationsrate. Hinsichtlich des Erfolges unterscheiden sich die Anwendergruppen nicht. Daneben zeigten sich Thoraxpunktionsnadeln sowohl im Erfolg als auch bei auftretenden Komplikationen, normalen Venenverweilkanülen signifikant überlegen. Bei der Diskussion der Ergebnisse wurde besonderer Wert auf die Qualifikation, alternative Maßnahmen und die Durchführung der Nadeldekompression gelegt. Mit Blick auf die Ergebnisse zeigt sich die Sicherheit, mit der Notfallsanitäter erlernte invasive Maßnahmen anwenden konnten und deshalb unbedingt in präklinischen Versorgungsalgorithmen weiterhin dazu zu befähigen sind. Obwohl sich bestehende Leitlinien derzeit nicht auf eine Nadellänge festlegen, muss die Tatsache, dass längere Kanülen wiederholt besser abschnitten, kritisch in die Ausarbeitung neuer Empfehlungen einfließen. Die Nadeldekompression ist eine sichere und schnelle Maßnahme, die im Vergleich zu Alternativen einfach zu erlernen ist. Obwohl sie nicht den Erfolg wie eine Thoraxdrainage aufweisen kann, hat sie ihren Stellenwert in der präklinischen Versorgung und muss auch zukünftig als eine wichtige invasive Therapie in Betracht gezogen werden.

6.2 Kritische Reflexion

6.2.1 Inhaltlich

Die tatsächliche Qualifikation für die Maßnahme der Thoraxentlastung durch Nadeldekompression hätte zusätzlich ermittelt werden können. Ein interessanter Zusammenhang der weiterhin ungeklärt bleibt ist, wie die Anwender tatsächlich auf die Maßnahme vorbereitet und trainiert wurden und welche theoretischen, sowie praktischen Anteile ihnen in diesem Zusammenhang vermittelt worden sind. Das bietet die Möglichkeit auch

neben bestehenden Curricula der Notfallsanitäterausbildung und des Medizinstudiums den persönlichen Eindruck und die gefühlte Sicherheit im Umgang mit der Maßnahme zu bewerten.

Ebenso interessant wäre es heraus zu arbeiten, weshalb in vielen Fällen die Anwender vor der Nadeldekompression zurückschrecken und in manchen Rettungsdienstbereichen nur sehr vereinzelt Thoraxdekompressionen durch Notfallsanitäter durchgeführt werden, obwohl sie notwendig gewesen wären. Motivation, Hemmnisse, Angst und Zweifel an eigenen Können, sowie die Teilnahme an Fortbildungen und Qualifizierung zur sicheren Anwendung sind Parameter, die in eine zusätzliche Untersuchung mit einfließen könnten. Denn ebenso unklar bleibt, ob sich diese Rettungsdienstbereiche hinsichtlich ihrer Ausbildung oder der Versorgungsalgorithmen unterscheiden.

In dieser Untersuchung wurden überwiegend Studien bearbeitet, die den 2. ICR MCL als Punktionsort dokumentierten. Allerdings ist es für eine allgemeingültigere Aussagekraft auch wichtig, die Erfolge und Komplikationen nach Nadellänge und nach den unterschiedlichen Punktionsorten zu bewerten.

6.2.2 Methodisch

Das gewählte methodische Vorgehen in dieser Untersuchung erfüllte die Wünsche und Erwartungen an die definierten Ziele der Forschung. Durch die systematische Datenbankrecherche konnten umfassende Erkenntnisse generiert werden. Dennoch sollten für abweichende, zusätzliche Fragestellungen vorrangig auch weitere Verfahren eingesetzt werden. So können die individuellen Erfahrungen von Notfallsanitätern und Ärzten mit der Nadeldekompression und der erhaltenen Ausbildung zusätzlich in einem umfassenden Fragebogen erfasst werden. Neben wichtigen demografischen Daten muss eine Unterscheidung nach ärztlichem oder nicht ärztlichem Personal im Rettungsdienst, also in der Regel Notfallsanitätern und Ärzten, mit jeweiliger Berufserfahrung

möglich sein. Beim Fragebogen spielen Fragen in Richtung individuelle Erfahrung mit der Nadeldekompression, erlebte Grenzen, Komplikationen und Erfolg, sowie Häufigkeit der Durchführung eine entscheidende Rolle.

Auch interessant wäre die Durchführung einer prospektiven randomisierten Studie, bei der die unterschiedlichen Punktionsorte und Katheterlängen zufällig auf Ärzte und Notfallsanitäter verteilt werden.

In dieser Untersuchung wurden die Kathetergrößen nur in zwei Gruppen, nämlich bis 50 mm und über 50 mm eingeteilt. Da neben den Venenverweilkanülen aber nicht nur 80 mm lange Thoraxentlastungsnadeln verwendet wurden, macht eine genauere Unterscheidung der Zwischenlängen und der dadurch erzielten Erfolgsraten durchaus Sinn.

Literaturverzeichnis

Aho, J. M., et al. (2016): Needle thoracostomy: Clinical effectiveness is improved using a longer angiocatheter, in: *The journal of trauma and acute care surgery* 80, 2, S. 272–277.

Axtman, B. C., et al. (2019): Prehospital needle thoracostomy: What are the indications and is a post-trauma center arrival chest tube required?, in: *American journal of surgery* 218, 6, S. 1138–1142.

Ball, C. G., et al. (2010): Thoracic needle decompression for tension pneumothorax: clinical correlation with catheter length, in: *Canadian journal of surgery. Journal canadien de chirurgie* 53, 3, S. 184–188.

Blaivas, M. (2010): Inadequate needle thoracostomy rate in the prehospital setting for presumed pneumothorax: an ultrasound study, in: *Journal of ultrasound in medicine official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine* 29, 9, S. 1285–1289.

Campbell, J. E./Alson, R. L. (2018): *Präklinische Traumatologie*, Bern.

Camuset, J., et al. (2006): Needle aspiration as first-line management of primary spontaneous pneumothorax, in: *Presse medicale (Paris, France 1983)* 35, 5 Pt 1, S. 765–768.

Cantwell, K., et al. (2014): Improvement in the prehospital recognition of tension pneumothorax: the effect of a change to paramedic guidelines and education, in: *Injury* 45, 1, S. 71–76.

Castle, N./Tagg, A./Owen, R. (2005): Bilateral tension pneumothorax, in: *Resuscitation* 65, 1, S. 103–105.

Chen, J., et al. (2015): Needle thoracostomy for tension pneumothorax: the Israeli Defense Forces experience, in: *Canadian journal of surgery. Journal canadien de chirurgie* 58, 3 Suppl 3, S118-24.

Clemency, B. M., et al. (2015): Sufficient catheter length for pneumothorax needle decompression: a meta-analysis, in: *Prehospital and disaster medicine* 30, 3, S. 249–253.

Davis, D. P., et al. (2005): The safety and efficacy of prehospital needle and tube thoracostomy by aeromedical personnel, in: *Prehospital emergency care official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 9, 2, S. 191–197.

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie (2016): *Leitlinie Polytrauma/Schwerverletzten Behandlung*, Berlin.

Di Bartolomeo, S., et al. (2001): A population-based study on pneumothorax in severely traumatized patients, in: *The Journal of trauma* 51, 4, S. 677–682.

Dickson, R. L., et al. (2018): Emergency Medical Services Simple Thoracostomy for Traumatic Cardiac Arrest: Postimplementation Experience in a Ground-based Suburban/Rural Emergency Medical Services Agency, in: *The Journal of emergency medicine* 55, 3, S. 366–371.

Dippenaar, E./Wallis, L. (2019): Pre-hospital intercostal chest drains in South Africa: A modified Delphi study, in: *African journal of emergency medicine Revue africaine de la medecine d'urgence* 9, 2, S. 91–95.

Dominguez, K. M., et al. (2013): Is routine tube thoracostomy necessary after prehospital needle decompression for tension pneumothorax?, in: *American journal of surgery* 205, 3, 329-32; discussion 332.

Harcke, H. T./Mabry, R. L./Mazuchowski, E. L. (2013): Needle thoracostomy decompression: observations from postmortem computed tomography and autopsy, in: *Journal of special operations medicine a peer reviewed journal for SOF medical professionals* 13, 4, S. 53–58.

Harcke, H. T., et al. (2007): Chest wall thickness in military personnel: implications for needle thoracostomy in tension pneumothorax, in: *Military medicine* 172, 12, S. 1260–1263.

Hecker, M., et al. (Hrsg.) (2012): Nadeldekompression beim Spannungspneumothorax – Ist eine suffiziente Druckentlastung mit der empfohlenen Nadellänge möglich? German Medical Science GMS Publishing House.

Hecker, M., et al. (2016): Needle decompression of tension pneumothorax: Population-based epidemiologic approach to adequate needle length in healthy volunteers in Northeast Germany, in: The journal of trauma and acute care surgery 80, 1, S. 119–124.

Heng, K., et al. (2004): Complications of intercostal catheter insertion using EMST techniques for chest trauma, in: ANZ journal of surgery 74, 6, S. 420–423.

Hockertz, D. (2016): Die Nadeldekompression bei Spannungspneumothorax in der präklinischen Versorgung: Wahl der Nadellänge und des Punktionsortes. Dissertation, München.

Hohenberger, G. M., et al. (2017): Evaluation of Monaldi's approach with regard to needle decompression of the tension pneumothorax-A cadaver study, in: Injury 48, 9, S. 1888–1894.

Huch, R./Jürgens, Klaus D. (Hrsg.) (2013): Mensch, Körper, Krankheit. Anatomie, Physiologie, Krankheitsbilder ; Lehrbuch und Atlas für die Berufe im Gesundheitswesen, München.

Inaba, K., et al. (2015): Cadaveric comparison of the optimal site for needle decompression of tension pneumothorax by prehospital care providers, in: The journal of trauma and acute care surgery 79, 6, S. 1044–1048.

Kaserer, A., et al. (2017): Failure rate of prehospital chest decompression after severe thoracic trauma, in: The American journal of emergency medicine 35, 3, S. 469–474.

Kong, V./Sartorius, B./Clarke, D. (2016): Traumatic tension pneumothorax: experience from 115 consecutive patients in a trauma service in South Africa, in: European journal of trauma and emergency

surgery official publication of the European Trauma Society 42, 1, S. 55–59.

Laan, D. V., et al. (2016): Chest wall thickness and decompression failure: A systematic review and meta-analysis comparing anatomic locations in needle thoracostomy, in: *Injury* 47, 4, S. 797–804.

Lesperance, R. N., et al. (2018): Failure Rate of Prehospital Needle Decompression for Tension Pneumothorax in Trauma Patients, in: *The American surgeon* 84, 11, S. 1750–1755.

Massarutti, D., et al. (2006): Simple thoracostomy in prehospital trauma management is safe and effective: a 2-year experience by helicopter emergency medical crews, in: *European journal of emergency medicine official journal of the European Society for Emergency Medicine* 13, 5, S. 276–280.

Mistry, N./Bleetman, A./Roberts, K. J. (2009): Chest decompression during the resuscitation of patients in prehospital traumatic cardiac arrest, in: *Emergency medicine journal EMJ* 26, 10, S. 738–740.

Ondruschka, B., et al. (2017): Additive notärztliche Maßnahmen beim traumaassoziierten Herz-Kreislauf-Stillstand, in: *Der Anaesthesist* 66, 12, S. 924–935.

Peters, J., et al. (2017): Prehospital thoracostomy in patients with traumatic circulatory arrest: results from a physician-staffed Helicopter Emergency Medical Service, in: *European journal of emergency medicine official journal of the European Society for Emergency Medicine* 24, 2, S. 96–100.

Rawlins, R., et al. (2003): Life threatening haemorrhage after anterior needle aspiration of pneumothoraces. A role for lateral needle aspiration in emergency decompression of spontaneous pneumothorax, in: *Emergency medicine journal EMJ* 20, 4, S. 383–384.

Richardson, W. S., et al. (1995): The well-built clinical question: a key to evidence-based decisions, in: *ACP journal club* 123, 3, A12-3.

Riwoe, D./Poncia, H. D. M. (2011): Subclavian artery laceration: A serious complication of needle decompression, in: *Emergency medicine Australasia EMA* 23, 5, S. 651–653.

Studer, N. M./Horn, G. T./Armstrong, J. H. (2013): Self-rated readiness for performance of needle decompression in combat lifesaver training, in: *Military medicine* 178, 11, S. 1218–1221.

Sztajnkrzyer, M. D. (2008): Needle thoracostomy by non-medical law enforcement personnel: preliminary data on knowledge retention, in: *Prehospital and disaster medicine* 23, 6, S. 553–557.

Thelle, A., et al. (2017): Randomised comparison of needle aspiration and chest tube drainage in spontaneous pneumothorax, in: *The European respiratory journal* 49, 4.

Thomas, A., et al. (2020): Complications from Needle Thoracostomy: Penetration of the Myocardium, in: *Prehospital emergency care official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 2020, S. 1–4.

Tien, H. C., et al. (2008): An evaluation of tactical combat casualty care interventions in a combat environment, in: *Journal of the American College of Surgeons* 207, 2, S. 174–178.

Warner, K. J./Copass, M. K./Bulger, E. M. (2008): Paramedic use of needle thoracostomy in the prehospital environment, in: *Prehospital emergency care official journal of the National Association of EMS Physicians and the National Association of State EMS Directors* 12, 2, S. 162–168.

Waydhas, C./Sauerland, S. (2007): Pre-hospital pleural decompression and chest tube placement after blunt trauma: A systematic review, in: *Resuscitation* 72, 1, S. 11–25.

Weichenthal, L./Crane, D./Rond, L. (2016): Needle Thoracostomy in the Prehospital Setting: A Retrospective Observational Study, in: *Prehospital emergency care official journal of the National Association of EMS*

Physicians and the National Association of State EMS Directors 20, 3, S. 399–403.

Weichenthal, L., et al. (2015): Needle Thoracostomy for Patients with Prolonged Transport Times: A Case-control Study, in: Prehospital and disaster medicine 30, 4, S. 397–401.

Wernick, B., et al. (2015): Complications of needle thoracostomy: A comprehensive clinical review, in: International journal of critical illness and injury science 5, 3, S. 160–169.

Zengerink, I., et al. (2008): Needle thoracostomy in the treatment of a tension pneumothorax in trauma patients: what size needle?, in: The Journal of trauma 64, 1, S. 111–114.

Anhang

Arbeitstabelle

Tab. 7 Arbeitstabelle zu untersuchten Veröffentlichungen⁵³

Autor und Jahr	Studiendesign	LoE	Studieninhalt
Aho et al. 2016	Retrospektive vergleichende Kohortenstudie	III	Signifikant höhere Effektivität bei ND durch den Rettungsdienst gegenüber dem Krankenhaus (68,3% vs. 20,7%, $p < 0.01$). Signifikant höhere Effektivität von 80 mm Kathetern gegenüber 50 mm Kathetern (83% vs. 41%, $p = 0.01$). Keine Komplikationen der ND.
Axtmann et al. 2019	Prospektive Kohortenstudie	II a	n=59 Patienten wurden mit 63 Nadeldekompressionen am 2 ICR MCL durch den Rettungsdienst mit Kathetern zwischen 34-80mm versorgt. 94,1% der durch ein CT Kontrollierten ND lagen außerhalb des Pleuraraums. Komplikationsrate von 12,7%
Ball et al. 2010	Retrospektive vergleichende Kohortenstudie	III	Signifikant geringere Fehlerrate von 45mm Kathetern gegenüber 32mm (4% vs. 65%, $p < 0.001$). Keine Komplikationen der ND.
Blaivas, M. 2010	Prospektive Kohortenstudie	II a	Sonographische Kontrolle von Patienten nach Nadeldekompression im 2 ICR MCL, zeigte bei 15 Patienten keine Notwendigkeit für eine Thoraxdrainage, weil kein Pneumothorax vorlag. Keine Komplikationen durch ND.
Camuset et al. 2006	Prospektive Kohortenstudie	II a	Erfolgsrate von 69% (24/35) bei Spontanpneumothorax die ärztlich durch Nadeldekompression am 2 ICR MCL mit 50 mm Katheter versorgt. Komplikationsrate von 11,4%.
Cantwell et al. 2014	Retrospektive Kohortenstudie	III	Anstieg der Behandlungen mittels Nadeldekompression von 22 im Zeitraum 2001-02 auf 81 im Zeitraum 2006-07. Die Zahl der unentdeckten Spannungspneumothorax sank signifikant. Es wurden keine Komplikationen durch die Maßnahme festgestellt.

⁵³ Eigene Darstellung

Castle et al. 2005	Fallberichte	IV	Drei Fallberichte über insuffiziente präklinische Nadeldekompression bei PEA und vorliegendem Spannungspneumothorax, die erst durch Thoraxdrainagen erfolgreich behandelt werden konnten.
Chen et al. 2015	Retrospektive Kohortenstudie	III	Erfolgsrate von Nadeldekompressionen durch Militärärzte vs. Militärsanitäter vs. Zivile Sanitäter bei n=111 Patienten (84% vs. 90% vs. 85%).
Clemency et al. 2015	Metaanalyse	I a	Mittlere Brustwandstärke von 4,19 cm (SD=1,37 cm). Mindestlänge eines Katheters, um in 95% die Pleurahöhle am 2 ICR MCL zu erreichen=6,44 cm.
Davis et al. 2005	Retrospektive vergleichende Kohortenstudie	III	Nadeldekompressionen führten im Vergleich zu Thoraxdrainagen in 60% vs. 74,5% zu einer generellen Reaktion und in 32% vs. 59,5% zu einer Verbesserung der Vitalparameter.
Di Bartolomeo et al. 2001	Retrospektive Kohortenstudie	III	Die Rate an Pneumothorax von Schwerverletzten innerhalb der Kohorte lag bei 20,6%.
Dickson et al. 2018	Retrospektive Kohortenstudie	III	Minithorakotomie bei n=57 Patienten mit traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand zeigte bei 32% entweichende Luft, 25% der Patienten hatten einen ROSC. Keine signifikanten Unterschiede gegenüber der mittels Nadeldekompression versorgten Kontrollgruppe. Keine Komplikationen bei ND, hingegen in 5,3% der Minithorakotomie.
Dippenaar, Wallis 2019	Expertenmeinungen	IV	Empfehlung über die präklinische Versorgung von Spannungs- oder Hämato-pneumothorax mittel Thoraxdrainage in Südafrika.
Dominguez et al. 2013	Prospektive Kohortenstudie	II b	87,8% der präklinisch durch 5 cm Nadeldekompression am 2 ICR MCL versorgten Patienten benötigten im späteren klinischen Verlauf eine Thoraxdrainage.
Harcke et al. 2007	Retrospektive Kohortenstudie	III	Die mittlere Brustwandstärke von Soldaten im 2 ICR MCL betrug bei perpendikularer Messung 5,36 cm.

Hecker et al. 2016	Retrospektive Kohortenstudie	III	Durchschnittliche Brustwandstärke am 2 ICR MCL 5,1cm. Mittlere Entfernung der A. thoracica interna zum Punktionsort 5,7 cm rechts und 5,5 cm links.
Heng et al. 2004	Prospektive Kohortenstudie	II a	211 Thoraxdrainagen wurden bei n=173 Patienten am 4/5 ICR AAL/MAL eingelegt. Die Komplikationsrate liegt bei 7,6%. Präklinisch wurden in 14,5% eine Nadeldekompression durchgeführt.
Hohenberger et al. 2017	Experiment an Leichen	II b	Es wurden 164 Nadelinjektionen an Leichen im 2 ICR MCL mit einem 50mm Katheter durchgeführt. 83% waren erfolgreich, in 17% wurde der Punktionsort verfehlt und in 2% erreichte die Kanüle nicht den Pleuraraum. Die ärztliche Komplikationsrate liegt bei 9,2%, die nicht ärztliche bei 12%. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Qualifikation.
Inaba et al. 2015	Experiment an Leichen	II b	Nadeldekompression an Leichen zeigte Fehlpositionierungsrate von Kathetern am 2 ICR MCL 82% vs. 5 ICR AAL 22% (p<0.001); Entfernung zum Punktionsort im Mittel am 2 ICR MCL 3,1cm vs. 5 ICR AAL 1,2cm.
Kaserer et al. 2017	Retrospektive Kohortenstudie	III	18% der mit Nadeldekompression durch den Rettungsdienst am 2 ICR MCL versorgten Patienten waren erfolgreich. 83% der präklinischen Thoraxdrainagen durch Ärzte waren erfolgreich. Keine Komplikationen der Maßnahmen.
Kong et al. 2016	Retrospektive Kohortenstudie	III	Präklinische Nadeldekompression bei nur 15% der Patienten mit Spannungspneumothorax, 85% bei klinischer Aufnahme. Signifikant höhere Mortalität bei übersehenen Spannungspneumothorax 0% vs. 40% (p<0.001).
Laan et al. 2016	Metaanalyse	I a	Mittlere Brustwandstärke 42,79 mm am 2 ICR MCL; 39,85 mm am 4/5 ICR MAL; 34,33 mm am 4/5 ICR AAL. Fehlerrate eines 5 cm langen Katheters 38% am 2 ICR MCL; 31% am 4/5 ICR MAL; 13% am 4/5 ICR AAL.

Massarutti et al. 2006	Prospektive Kohortenstudie	II b	n=55 Patienten mit Thoraxtrauma wurden Notärztlich mittels Minithorakotomie versorgt. 72,7% Überlebensrate. Signifikante Verbesserung der Sauerstoffsättigung und des systolischen Blutdrucks ($p < 0.05$). Keine Komplikationen der Maßnahme.
Mistry et al. 2009	Prospektive Kohortenstudie	II b	Bei n=37 traumatischen Herz-Kreislaufstillständen wurden 61% (17/28) ärztlich mittels Minithorakotomie und 11% (1/9) rettungsdienstlich mittels Nadeldekompression versorgt. 4 Patienten zeigten einen ROSC. Keine Komplikationen der Maßnahmen.
Ondruschka et al. 2017	Retrospektive Datenerhebung	III	Bei 14,9% (23/154) der traumaassoziierten Todesfälle mit präklinischer Reanimationsmaßnahmen wurden in 80% eine Pleuradekompression, in 8% eine Perikardiozentese und in 12% eine Beckenstabilisierung durchgeführt. 1/3 zeigten Managementfehler in der Versorgung und 12,3% der Fälle sind als potenziell vermeidbare Todesfälle eingeordnet.
Peters et al. 2017	Retrospektive Kohortenstudie	III	Bei n=144 Patienten mit traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand wurden 267 Minithorakotomien durchgeführt. 9,7% hatten einen Spannungspneumothorax, 15,3% einen ROSC, von ihnen zeigten 6 Patienten einen Spannungspneumothorax.
Rawlins et al. 2003	Fallberichte	IV	Drei Fallberichte über iatrogene Hämatothorax nach Nadeldekompression im 2 ICR MCL.
Riwoe, Poncia 2011	Fallbericht	IV	Fallbeschreibung einer Patientin mit Spannungspneumothorax die im 2 ICR MCL mittels 14-G Katheter versorgt wurde und bei der im Verlauf durch die iatrogene Verletzung der A. subclavia links ein massiver Hämatothorax auftrat.
Studer et al. 2013	Experiment	II a	Die Selbsteinschätzung zur korrekten Durchführung der Nadeldekompression durch militärische Ersthelfer steigt mit unterschiedlichen Fortbildungsstufen. Beginn 2,31/5 vs. Ende 4,75/5.
Sztajnkrzyer, M. 2008	Experiment	II a	Skilltests militärischer Ersthelfer für Nadeldekompressionen zu unterschiedlichen Zeiten der Fortbildung zeigten signifikant zunehmendes Wissen um ihre Anwendung

Thelle et al. 2017	Prospektive- randomisierte Kohortenstudie	I b	69% (44/64) der Patienten mit spontan Pneumothorax wurden im ersten oder zweiten (einmalig im dritten) Versuch erfolgreich mittels Nadeldekompression versorgt. Unmittelbarer Erfolg der ND signifikant höher gegenüber der Thoraxdrainage ($p < 0.001$) und stationäre Behandlungstage signifikant geringer bei ND 2,4 vs. TD 4,6 Tage ($p < 0.001$). Keine Komplikationen der ND, 15 Komplikationen der TD.
Tien et al. 2008	Prospektive Kohortenstudie	III	7 Patienten waren bei vorliegendem traumatischem Herz-Kreislauf-Stillstand ohne Nadeldekompression versorgt, 1 Patient ohne Indikation übertversorgt und bei 7 Patienten falsch positioniert. Keine Komplikationen der Maßnahme.
Warner et al. 2008	Retrospektive Kohortenstudie	III	n=39 Patienten erhielten eine Nadeldekompression. Bei 13 bewertbaren Maßnahmen zeigten 4 eine insuffiziente Dekompression, 3 kein Anzeichen eines Spannungspneumothorax und 6 eine erfolgreiche Dekompression mittels 5-cm Katheter (Punktionsort unklar). Keine Komplikationen der Maßnahme.
Waydhas, Sauerland 2007	Systematisches Review	I a	Übersicht über unterschiedliche Symptome und diagnostische Möglichkeiten des Spannungspneumothorax und die Pleuradekompression mittels Thoraxdrainage. Die Thoraxdrainage zeigt einen signifikant höheren Erfolg als die Nadeldekompression (68,5% vs. 93%).
Weichenthal et al. 2016	Retrospektive Kohortenstudie	III	Bei n=169 Patienten die mittels Nadeldekompression versorgt wurden, erhielten 5% bei KH Aufnahme eine ND, der Rest präklinisch. 47% erhielten im Verlauf eine Thoraxdrainage zur weiteren Behandlung. Keine Komplikationen der Maßnahmen.
Weichenthal et al. 2015	Retrospektive Kohortenstudie	III	Keine signifikanten Unterschiede des Outcome nach Nadeldekompressionen mit 5 cm Katheter am 2 ICR MCL bei verlängerten Transportzeiten (11 vs. 8; 34% vs. 25%; $p = 0.41$). 34% und 19% der beiden Gruppen zeigten Verbesserungen der Vitalzeichen auf die ND. Keine Komplikationen der Maßnahme.
Wernick et al. 2015	Review	IV	Schilderung unterschiedlicher Komplikationen der Nadeldekompression.

Zengerink et al. 2008	Retrospektive Kohortenstudie	III	Die mittlere Brustwandstärke am 2 ICR MCL liegt bei 3,5 cm links und 3,51 cm rechts. Frauen zeigen eine signifikant dickere Brustwand als bei Männern ($p < 0.0001$). Eine 5 cm lange Kanüle hätte bei Männern in 81-90%, bei Frauen in nur 75% der Fälle Erfolg gehabt.
-----------------------	------------------------------	-----	--

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form im Rahmen einer anderen Prüfung noch nicht vorgelegt worden.

Ort, Datum

Unterschrift