

Aus der Klinik und Poliklinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie der
Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und der Klinik für
Herz-, Lungen- und Gefäßchirurgie des Westpfalz-Klinikums Kaiserslautern,
Akademisches Lehrkrankenhaus der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-
Universität Mainz

Titel der Dissertation

Durchführung, Komplikationen und Entwöhnungsergebnisse nach
Punktionstracheotomie bei Patienten nach Herz-Operationen
Retrospektive Auswertung aus der Klinik für Herz-, Lungen- und Gefäßchirurgie
des Westpfalz-Klinikums Kaiserslautern

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Eslam Mohamed aus
Ägypten

Mainz, 2025

Wissenschaftlicher Vorstand:

Erste Gutachter: Prof. Dr. med. Manfred Dahm

Zweite Gutachter: Priv.-Doz. Dr. med. Achim Neufang

Tag der Promotion: 04.11.2025

Nachnutzungslizenz:

Namensnennung, Attribution, Share-alike (CC-BY-SA-4.0)

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	III
1. Einleitung / Ziel der Dissertation.....	4
1.1 Einleitung.....	4
1.2 Ziel der Dissertation.....	11
2. Material und Methoden.....	12
2.1 Patientenkollektiv.....	12
2.2 Datenerhebung.....	13
2.3 Indikation zur Tracheotomie.....	14
2.4 Kontraindikationen.....	14
2.5 Technikbeschreibung.....	15
2.6 Komplikationen.....	16
2.7 Entwöhnungsprotokoll (Weaning).....	17
2.8 Statistische Auswertung.....	18
3. Ergebnisse.....	19
4. Diskussion.....	28
5. Zusammenfassung.....	35
6. Literaturverzeichnis.....	37
7. Danksagung.....	42
8. Tabellarischer Lebenslauf.....	44

Abkürzungsverzeichnis

BGA	Blutgasanalyse
BIPAP	Biphasic Positive Airway Pressure "Biphasischer positiver Atemwegsdruck"
BMI	Body Mass Index
CI	Konfidenzintervall (KI)
COPD	Chronisch obstruktive Lungenerkrankung
CPAP	Continuous positive airway pressure "Kontinuierlicher positiver Atemwegsdruck"
CRP	C-reaktives Protein
Df	Freiheitsgrad
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
FET	Exakter Fisher-Test
Fio2	Inspiratorische Sauerstofffraktion
FN	Feuchte Nase
IQR	Interquartilabstand
MW	Mann-Whitney-U-Test
NO	Stickstoffmonoxid (nitric oxide)
OR	Odds ratio
PaCo2	Kohlendioxidpartialdruck
PDT	perkutane dilatative Tracheotomie
PEEP	Positive End Expiratory Pressure "positiv-endexpiratorischer Druck"
Pins	Inspirationsdruck
SO2	Sauerstoff Sättigung
SOFA Score	Sequential Organ Failure Assessment Score
TLT	Zeitlich begrenzter Therapieversuch (time-limited trial)
X2	Chi-Quadrat-Test

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Perkutane Dilatationstracheotomie nach Ciaglia
Abbildung 2	Perkutane Tracheotomie Technik nach Griggs
Abbildung 3	Translaryngeale Tracheotomie nach Fantoni [13]. (System Fa. Mallinckrodt Medical GmbH).

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Absolute und relative Kontraindikationen der Punktionstracheotomie
Tabelle 2	Techniken der Tracheotomie.
Tabelle 3	Definition der Komplikationen
Tabelle 4	Art der Herzoperationen
Tabelle 5	Präoperative und operative Daten
Tabelle 6	Komplikationen während des Eingriffs
Tabelle 7	Komplikationen nach dem Eingriff
Tabelle 8	Postoperative Daten
Tabelle 9	Indikationen zur Tracheotomie
Tabelle 10	Kriterien für die Dekanülierung einer Tracheotomie
Tabelle 11	Ergebnisse der Entwöhnung
Tabelle 12	Demographische Daten der untersuchten Patienten
Tabelle 13	Präoperative Daten der untersuchten Patienten
Tabelle 14	Intraoperative Daten der untersuchten Patienten
Tabelle 15	Postoperative Daten der untersuchten Patienten
Tabelle 16	Auswirkung der Operation auf den Oxxgenierungsindex nach Horovitz
Tabelle 17	Risikofaktoren im Zusammenhang mit der Mortalität (univariate Analyse)
Tabelle 18	Risikofaktoren im Zusammenhang mit Mortalität (Multivariablenanalyse)
Tabelle 19	Faktoren im Zusammenhang mit einer erfolgreichen Entwöhnung (univariate Analyse)
Tabelle 20	Faktoren im Zusammenhang mit einer erfolgreichen Entwöhnung (multivariable Analyse)
Tabelle 21	Zusammenhang zwischen den Studienergebnissen und der erfolgreichen Entwöhnung (univariate Analyse)

1 Einleitung / Ziel der Dissertation

1.1 Einleitung

In der modernen Medizin, insbesondere in der Herzchirurgie werden viele Patienten operiert, bei denen aufgrund ihres komplexen Risikoprofils ein erhöhtes Risiko für eine Langzeitbeatmung besteht. Dazu gehören insbesondere Patienten mit chronisch obstruktiver Lungenerkrankung (COPD), ältere und hochbetagte Patienten, Raucher und solche mit einer schlechten präoperativen Lungenfunktion.

Die Tracheotomie ist ein essenzieller Bestandteil der Intensivmedizin und wird insbesondere in der Intensivbehandlung nach komplexen chirurgischen Eingriffen, wie Herzoperationen, mit postoperativer respiratorischer Insuffizienz, eingesetzt. Die perkutane dilatative Tracheotomie (PDT) stellt eine vielversprechende Alternative zur konventionellen Tracheotomie dar, da sie bei geringerer Invasivität mit einer geringeren Komplikationsrate sowie einem reduzierten Personal- und Zeitaufwand verbunden ist [1].

In den vergangenen Jahren hat sich die Punktionstracheotomie als fester Bestandteil der intensivmedizinischen Beatmungstherapie etabliert. Sie bietet zahlreiche Vorteile gegenüber einer prolongierten translaryngealen Intubation sowie der konventionellen Tracheotomie [2]. Es ist wichtig, die tatsächlichen oder potenziellen Vorteile der Tracheotomie im Vergleich mit normaler Intubation gegen die damit verbundenen Risiken abzuwägen, die zwar selten, jedoch teilweise schwerwiegend sein können. Zu den Vorteilen gehören:

- Verminderung von pharyngolaryngealen Läsionen
- Geringeres Risiko für Sinusitis
- Reduzierter Sedierungsbedarf
- Einfachere bukkopharyngeale Hygiene
- Verbessertes Patientenkomfort durch leichtere Kommunikation
- Erleichterte Pflege durch das Pflegepersonal
- Aufrechterhaltung des Schluckvorgangs
- Möglicher Glottisschluss
- Einfacheres Wiedereinsetzen der Kanüle bei versehentlicher Dekanülierung - Erleichterte Entwöhnung von der mechanischen Beatmung [3].

In elektiven Fällen ist die perkutane dilatative Tracheotomie, wenn sie korrekt durchgeführt und zeitlich gut abgestimmt ist, heutzutage das Verfahren der Wahl [4]. Diese Technik kann bettseitig auf der Intensivstation durchgeführt werden, wodurch auch der potenziell risikobehaftete Transport des kritisch kranken Patienten in den Operationssaal entfällt [2]. Eine Punktionstracheotomie wird in der Notfallsituation, bei übergroßer Schilddrüsenvergrößerung, bei ausgeprägtem Übergewicht, bei Kindern und immer dann, wenn der Ringknorpel nicht sicher ertastet werden kann, nicht empfohlen [4].

Tabelle (1) Absolute und relative Kontraindikationen zur Punktionstracheotomie [2]

Absolut	Respiratorischer Notfall.
	Bekannte oder zu erwartende schwierige Intubation. Alter < 16 - 18 Jahre (außer für TLT).
	Fehlende bronchoskopische Überwachung.
	Trachealverlauf palpatorisch nicht identifizierbar.
Relativ	Hochgradige plasmatische Gerinnungsstörung.
	Thrombozytopenie mit Spontanblutungen.
	Hochgradige respiratorische Insuffizienz, kontinuierliche Inhalation von NO.
	Adipositas permagna.
	Instabile oder fixierte Halswirbelsäule.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Methoden zur Durchführung der PunktionsTracheotomie entwickelt. Alle basieren auf dem Prinzip der Trachealpunktion, gefolgt von einer Dilatation der Weichteile und der Einlage einer Trachealkanüle in Seldingertechnik [2].

Techniken der Tracheotomie:

Die Punktionstracheotomie ist ein bettseitig auf der Intensivstation durchführbarer Eingriff, womit dieser unabhängig vom Routineoperationsprogramm jederzeit vorgenommen werden kann. Ein potenziell komplikationsbehafteter Transport des kritisch kranken Patienten von der Intensivstation in den Operationssaal entfällt [2].

In der klinischen Routine kommen verschiedene Techniken der Punktionstracheotomie zur Anwendung, signifikante Unterschiede hinsichtlich der Komplikationen finden sich nicht [43].

2 Tabelle (2) Techniken der Tracheotomie. (Mod. nach Plummer 1989) [13]

Technik	Jahr	Prinzip
Punktionstracheotomie (Ciaglia)	1985	Punktion der Trachea, Aufdehnung des Punktionskanals mit abgestuften Dilatatoren
Dilatationstracheotomie (Griggs)	1990	Punktion der Trachea, Aufspreizen des prätrachealen Gewebes mit einer modifizierten Howard-Kelly-Zange
Translaryngeale Tracheotomie (Fantoni)	1997	Punktion der Trachea, Aufdehnung der Trachea und des prätrachealen Gewebes durch retrograden Durchzug der Trachealkanüle
Punktionstracheotomie „Blue Rhino“ (Ciaglia)	2000	Punktion der Trachea, Aufdehnung des Punktionskanals mit einem konischen Dilatator
Punktionstracheotomie „percuTwist“ (Frova)	2001	Punktion der Trachea, Aufdehnung des Punktionskanals mit einer Dilatationsschraube
Ballondilatationstechnik „Blue Dolphin“ (Zgoda)	2003	Punktion der Trachea, Aufdehnung des Punktionskanals mit einem Dilatationsballon

Ciaglia Blue Rhino:

Die Punktion der Trachea erfolgt in der Mittellinie zwischen der 2. und 3. Trachealspange. Nach Verschieben eines Führungsdrahts in Seldinger-Technik und anschließender Entfernung der Kanüle wird der Punktionskanal mit dem kleinen Dilatator des Sets präformiert. Über den Führungsdraht wird nun der Dilatator in einem Arbeitsgang bis zur aufgedruckten Markierung, die einem Durchmesser von 38 F entspricht, eingeführt. Anschließend wird der Dilatator entfernt und die Trachealkanüle über den Führungsdraht geführt [12].

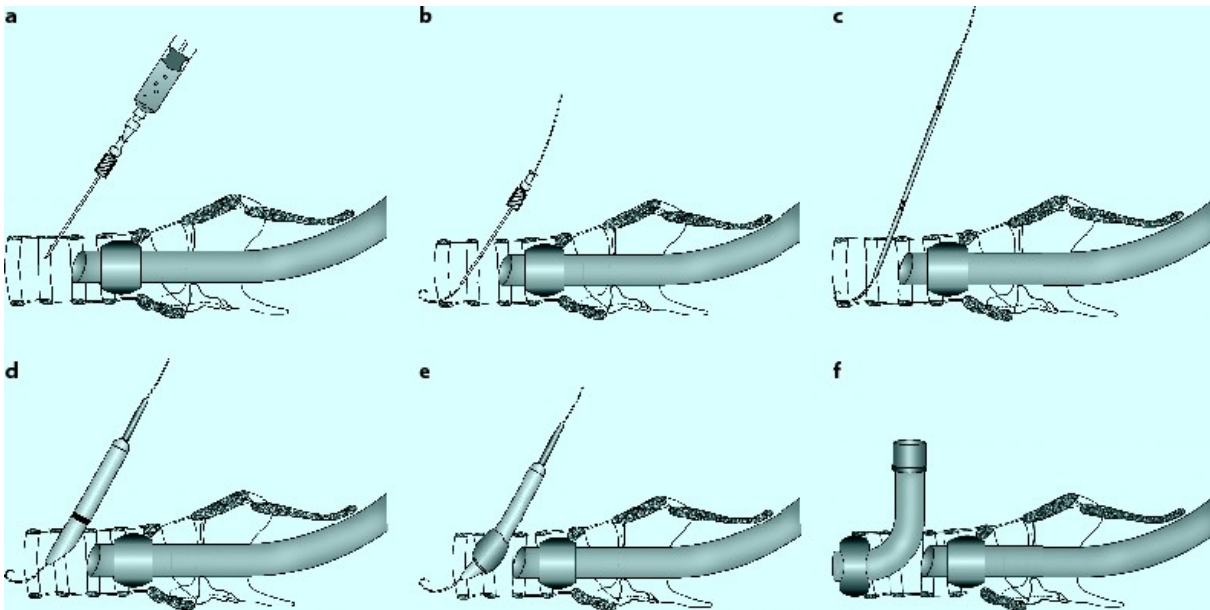


Abbildung 1: Perkutane Dilatationstracheotomie nach Ciaglia [13]. Die Trachea wird unter bronchoskopischer Kontrolle unterhalb des 2. Trachealknorpels punktiert; die Identifikation der endotrachealen Kanülenlage erfolgt durch Luftaspiration in eine mit Kochsalzlösung gefüllte Spritze (a). Anschließend werden der Seldinger-Draht (b) und darüber ein dünner Kunststoffkatheter (c) eingeföhrt. Nun wird die Punktionsöffnung schrittweise dilatiert (d) und schließlich die Trachealkanüle über einen Dilatator eingelegt (e, f).

Dilatationstracheotomie nach Griggs

Trachealpunktion und Einlage des Seldinger-Drahtes erfolgen wie bei der Methode nach Ciaglia (a). Nun wird die Howard-Kelly-Zange über den Draht geföhrt und dann gespreizt, wobei zuerst das prätracheale Gewebe und anschließend die Tracheavorderwand eröffnet und aufgedehnt werden (b, c). Schließlich wird die Trachealkanüle auf einem Trokar in die Luftröhre eingeföhrt (d) [13].

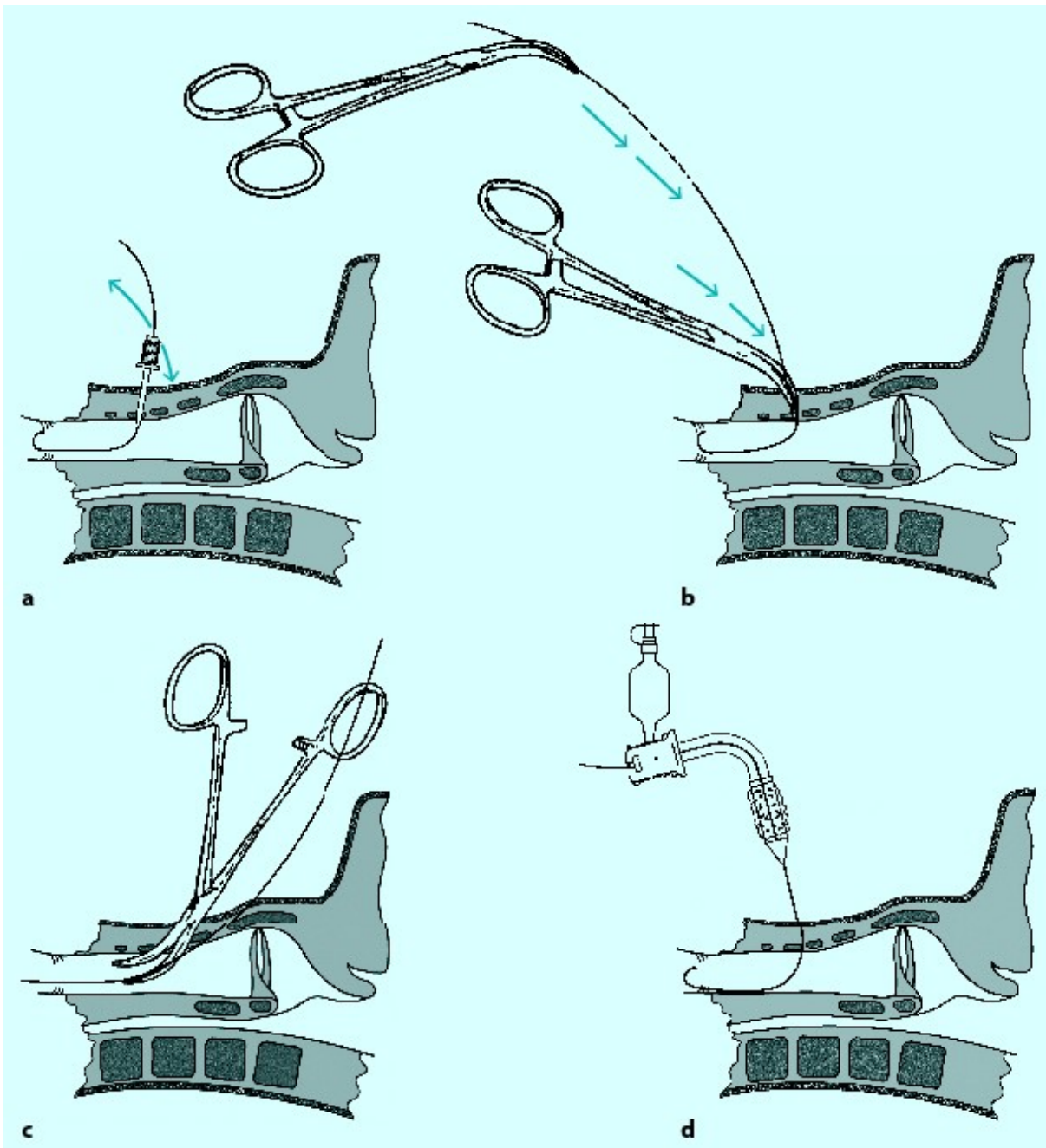


Abbildung 2: Perkutane Tracheotomie Technik nach Griggs [13].

Translaryngeale Tracheotomie nach Fantoni:

Zu Beginn wird der Patient auf den beigefügten starren Bronchoskopietubus umintubiert. Die Trachealpunktion erfolgt wie bei der Methode nach Ciaglia, der Seldinger-Draht wird jedoch translaryngeal durch den Tubus nach außen geleitet (a). Anschließend wird der Bronchoskopietubus entfernt und durch einen dünnen Beatmungstubus ersetzt, dessen Cuff direkt vor der Trachealbifurkation platziert wird. Der Seldinger-Draht wird durch die

Fantoni-Kanüle geführt und mit einem Knoten gesichert (b). Nun wird die Fantoni-Kanüle translaryngeal eingeführt und mit ihrer Spitze von endotracheal nach außen durchgezogen (c). Schließlich wird die Spitze abgeschnitten, die Kanüle mit Hilfe eines Obturators aufgerichtet, gewendet und in typischer Weise in der Trachea platziert (d, e) [13] [14].

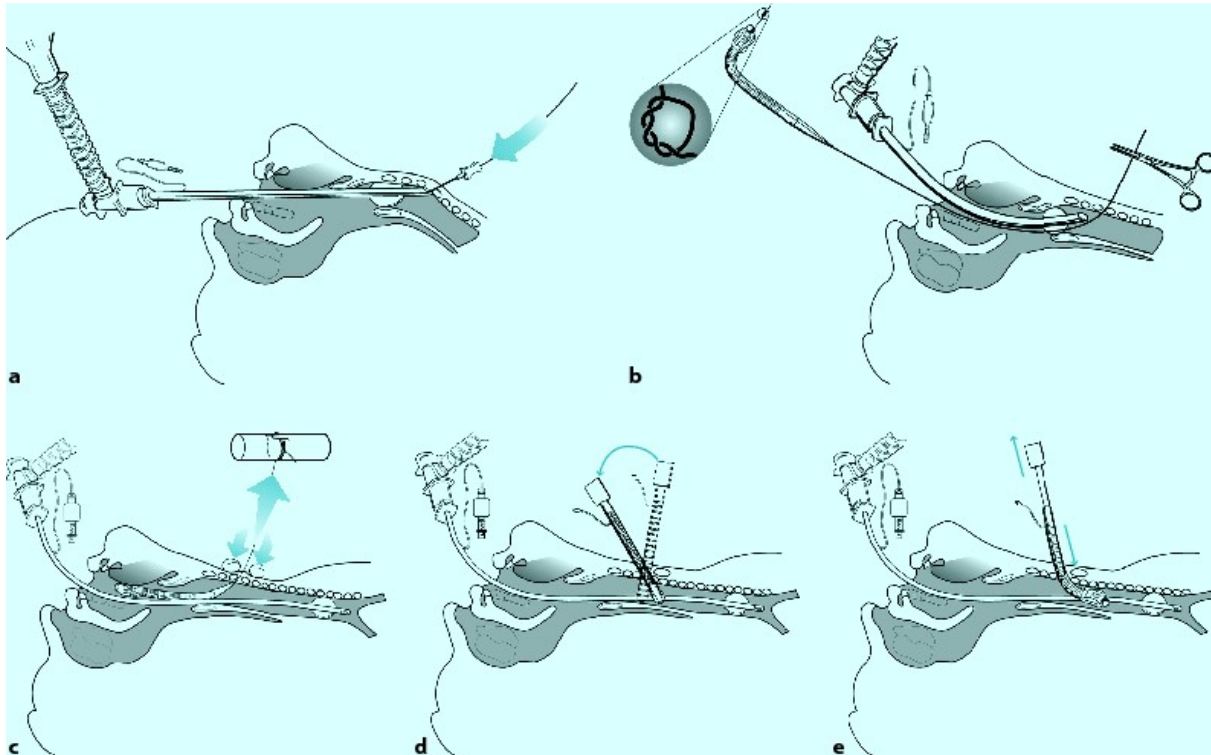


Abbildung 3: Translaryngeale Tracheotomie nach Fantoni [13]. (System Fa. Mallinckrodt Medical GmbH).

Perkutane Tracheotomie nach Frova

Anstatt des Dilatators wird eine spezielle Schraube über den Draht geführt und der Kanal unter vorsichtigen Drehbewegungen, die unter bronchoskopischer Kontrolle erfolgen, präpariert [15].

Definition der Komplikationen:

Verschiedene Komplikationen können während des Eingriffs oder postoperativ auftreten. Nachfolgend eine Tabelle der häufigsten Komplikationen.

Tabelle 3: Definition der Komplikationen: [18] [2] [29]

Komplikation	Definition
Blutung	Dies kann geringfügig sein und kann durch Packen und Sicherstellen, dass die Manschette der Tracheotomiekanüle aufgeblasen ist, kontrolliert werden. Bei starken Blutungen kann eine erneute Operation erforderlich sein.
Perforation der Hinterwand	Einriss an der Hinterwand der Trachea. Diese könnte durch eine Bronchoskopie Kontrolle untersucht und diagnostiziert. Ob eine konservative oder therapeutische Behandlung für die Tracheotomie notwendig ist, wäre von der Symptomatik und dem klinischen Status den Patienten abhängig.
Subkutanes Emphysem	kann durch Überdruckbeatmung oder Husten gegen eine fest genähte oder gepackte Wunde verursacht werden. Dies kann verhindert werden, indem die Wunde nicht um den Schlauch herum vernäht wird. Das Emphysem löst sich innerhalb weniger Tage spontan auf. Um einen Pneumothorax auszuschließen, sollte eine Röntgenaufnahme des Brustkorbs angefertigt werden.
Pneumothorax	Ein Pneumothorax während der PDT ist potenziell lebensbedrohlich. Eine frühzeitige Diagnose durch Auskultation, Perkussion, Sonographie und Röntgenthorax ist essenziell.
Abfall der Sauerstoffsättigung ohne Hypoxie	Abfall der Sauerstoffsättigung, aber Sättigung noch > 90%
Hypoxie	Abfall der Sauerstoffsättigung auf < 90%
Kanülenfehlplatzierung	Schwierigkeit und Unfähigkeit einer Platzierung der Kanüle durch die Tracheotomie.
Lokale Infektion	Eine Tracheotomie gilt als sauber kontaminierte Wunde. Eine prophylaktische Antibiotikagabe ist in der Regel nicht erforderlich. Eine echte Infektion ist selten und erfordert nur eine lokale Therapie. Im Falle einer nekrotisierenden Trachealinfektion ist die Umstellung auf eine orale Trachealintubation erforderlich, gefolgt von einem umfassenden Debridement des betroffenen Gewebes.
Mediastinitis	Entzündung im Mediastinum nach einer Tracheotomie bei herzoperierten Patienten ist eine seriöse Komplikation, aber muss nicht unbedingt in einer Verbindung mit der Tracheotomie kommen. Isolation der Keime von beiden der Tracheotomie Wunde und Mediastinum soll durchgeführt, um einen kausalen Zusammenhang zu finden.
Notwendigkeit einer Reoperation	Eine chirurgische Intervention kann im Rahmen einer aktiven unbeherrschbaren Blutung oder lokale Infektion kommen.
Tracheoösophageale Fistel	Eine tracheoösophageale Fistel ist eine seltene Komplikation, die bei weniger als 1 % der Patienten auftritt. Die Ursache ist meist iatrogener Natur und liegt in der Erosion durch die Tracheotomie Luftballon, aber auch ein rechter Winkel des Tubus kann zu übermäßigem Druck auf die hintere Trachealwand führen. Dies tritt häufiger auf, wenn auch eine Magensonde angelegt ist.

Tracheale Stenose	Erst ab einer Lumeneinengung von etwa 75% ist mit klinischen Symptomen wie Ruhe- und Belastungs- dyspnoe, Husten, Sekretverhalt oder Stridor zu rechnen. Zudem lassen alle Untersuchungen die Frage offen, ob die beobachteten Veränderungen der Trachea Folge der vorausgegangenen Intubation, der Tracheotomie, des Trachealkanülencuffs, einer Kombination dieser Faktoren oder möglicherweise sogar vorbestehend waren. Eine Stenose kann am Stoma (Stenose der Tracheotomie), an der Luftballonseite oder an der Spitze der Tracheotomiekanüle auftreten.
Tracheomalazie	ist eine Erkrankung, bei der die Knorpelspannen der Trachea und/oder des Larynx zu weich sind, wodurch es zu Schwierigkeiten beim Atmen kommt.

1.2 Ziel der Dissertation

Um die Komplikationen einer Langzeitbeatmung zu vermeiden und den Entwöhnungsprozess von der Beatmung schrittweise zu optimieren, haben wir auf unserer herzchirurgischen Intensivstation seit 2010 die Punktionstracheotomie als Standardverfahren im prologierten Weaning etabliert.

Das primäre Ziel dieser Studie ist es, die Ergebnisse der Tracheotomieanlage sowie die Erfolgsrate und Komplikationen bei Patienten nach Herzoperation in der Klinik für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie im Westpfalz-Klinikum Kaiserslautern zu bewerten.

Das sekundäre Ziel besteht darin, die Entwöhnungsergebnisse unter der Punktionstracheotomie zu analysieren und unterstützende Faktoren für eine erfolgreiche Entwöhnung zu identifizieren.

Die Identifizierung von Faktoren, die zum Erfolg der Entwöhnung nach Herzoperationen beitragen, ist von großer Bedeutung für die Verbesserung der Patientenversorgung. Durch das Verständnis dieser Faktoren können Maßnahmen ergriffen werden, um die Entwöhnung von der Punktionstracheotomie effizienter und sicherer zu gestalten. Dies kann dazu beitragen, die Dauer des Intensivstationsaufenthalts zu verkürzen, das Infektionsrisiko zu verringern und die rehabilitatorischen Maßnahmen zu optimieren.

Indem spezifische Faktoren identifiziert werden, die den Erfolg der Entwöhnung beeinflussen, können gezielte Maßnahmen ergriffen werden, um diese Faktoren zu optimieren. Dies kann die klinischen Ergebnisse der Patienten verbessern und die Gesamtkosten der Versorgung reduzieren. Darüber hinaus können durch die Identifizierung von Faktoren, die den Entwöhnungsprozess beeinflussen, auch Empfehlungen für eine individualisierte Patientenversorgung abgeleitet werden.

2. Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

2.1.1 Einschlusskriterien:

In dieser Arbeit wird eine retrospektive Auswertung bei konsekutiven Patienten vorgestellt, die sich auf im Zeitraum von Januar 2019 bis Dezember 2022 auf der herzchirurgischen Intensivstation des Westpfalz Klinikums Kaiserslautern behandelte Patienten bezieht, bei denen nach Herzoperation im Rahmen einer prolongierten Beatmung und der strukturierten Entwöhnung eine Punktionstracheotomie erfolgte.

Patienten mit Tracheotomienotwendigkeit nach Gefäß- oder Lungenoperationen wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen.

Tabelle 4: Art der Herzoperationen

Aortokoronare Bypass Operation	39 (44,3%)
Aortokoronare Bypass Operation & Aortenklappen Ersatz	7 (7,95%)
Aortokoronare Bypass Operation & Mitralklappen Ersatz	2 (2,27%)
Aortokoronare Bypass Operation & Hemibogen Ersatz	1 (1,13%)
Aortokoronare Bypass Operation & Mitralklappen Rekonstruktion	1 (1,13%)
Aortokoronare Bypass Operation, Aortenklappen Ersatz & Mitralklappen Ersatz	1 (1,13%)
Aortenklappen Ersatz	5 (5,68%)
Mitralklappen Ersatz	6 (6,81%)
Mitralklappen Rekonstruktion	6 (6,81%)
Aortenklappen Ersatz & Mitralklappen Ersatz	1 (1,13%)
Aortenklappen Ersatz & Mitralklappen Rekonstruktion	2 (2,27%)
Suprakoronare Aorta. Asc. Ersatz.	1 (1,13%)
Hemibogen Aorta Ersatz	2 (2,27%)
Notfallmäßige Debranching der A.Carotis, A.Subclavia re mit Stentversorgung der Dissektion	1 (1,13%)
Aortenklappen Ersatz & Suprakoronare Aorta. Asc. Ersatz	1 (1,13%)
Bentall Operation	1 (1,13%)
Thrombus Entfernung aus dem rechten Vorhof	1 (1,13%)
Schrittmacher Sonden Entfernung bei SM Endokarditis	2 (2,27%)
Dor-Plastik bei LV Aneurysma.	4 (4,55%)
Offene Vegetationsabtragung an der Trikuspidalklappe	1 (1,13%)
Frozen Elefant Trunk	1 (1,13%)
TAVI über A. carotis rechts	1 (1,13%)
Perikardpatchplastik der Aorta bei gedeckter Aortenruptur bei Z.n. Autounfall	1 (1,13%)

Die Studie umfasst alle konsekutiven Patienten im Alter von über 18 Jahren in dem genannten Zeitraum. Ausgewertet wurden die in der Krankenakte vorhandenen Routedaten. Eine Aufklärung der Patienten erfolgte bei retrospektivem Studiendesign nicht. Zur weiteren Analyse wurden die Daten der Patienten pseudoanonymisiert.

2.1.2 Ausschlusskriterien:

- * Punktionstracheotomie bei nicht kardialen Patienten.
- * Patienten mit konventioneller Tracheotomie wegen ungünstiger Anatomie.

2.2 Datenerhebung:

Die Daten wurden aus dem Orbis-KIS-System des Herstellers Dedalus HealthCare GmbH, Version 08044205.00030 erhoben. Für die weiteren Auswertungen wurden die Daten aller Patienten pseudoanonymisiert. Bei allen Patienten wurden die folgenden Daten gesammelt:

Tabelle 5: Präoperative und operative Daten:

Alter	Geschlecht
BMI	Reintubation
Vorbestehende Beatmungsdauer vor Tracheotomie	präoperativer SOFA Score
Oxxgenierungsindex prä-PDT	Oxygenierungsindex 8 Stunden post-PDT
Zeitdauer der PDT	Technik des Eingriffs
präoperative CRP	präoperative Leukozytenzahl

Tabelle 6: Komplikationen während des Eingriffs:

Blutung	frustrane Punktion
Verletzung der Trachea	Herzstillstand
Pneumothorax	Emphysem
Hypoxie	So ₂ Abfall ohne Hypoxie
Konversion zur offenen Tracheotomie	Kanülenfehlplatzierung
schwere Dilatation	Dislokation der Trachealkanüle
akzidentelle Extubation ohne Hypoxie	akzidentelle Extubation mit Hypoxie

Tabelle 7: Komplikationen nach dem Eingriff:

lokale Infektion	Blutung
Stenose der Tracheotomie	Mediastinitis
Bedarf einer Reoperation	Tracheo-ösophageale Fistel
Permanent offenes Stoma mit der Indikation zum chirurgischen Verschluss	Heiserkeit
kosmetischer Defekt	Tracheomalazie
Trachealstenose	

Tabelle 8: Postoperative Daten:

Dauer des Krankenhaus-Aufenthalts
Dauer des Intensivstation-Aufenthalts

Ergebnisse der Entwöhnung:

- Erfolgreiche Entwöhnung.
- Tod.
- Trachealkanülenabhängig ohne Beatmung.
- Heimbeatmung.

2.3 Indikation:

Bei Patienten mit nicht zeitnaher vorgesehener Extubation besonders mit vorbestehenden Lungenvorerkrankungen, schlechter BGA und Durchgangs-Syndrom wurde eine zeitnahe Punktionstracheotomie im Rahmen von 14 Tagen angestrebt. Eine Reintubation war zwar nicht automatisch ein Grund für eine Tracheotomie, jedoch ein wesentlicher Grund für Überlegungen für eine Tracheotomie. Patienten, die durch ECMO unterstützt wurden, länger sediert wurden oder bei denen entweder wegen Herzinsuffizienz oder respiratorischer Insuffizienz eine längere Beatmung zu erwarten war, wurden bereits nach 7 bis 10 Tagen für eine Tracheotomie vorgesehen.

Wenn eine längere mechanische Beatmung erforderlich ist, wird normalerweise eine Tracheotomie empfohlen, um die Atemwegskontrolle auf der Intensivstation zu erleichtern [3]. Langzeit Beatmung ist definiert als Beatmung über mehr als 7 Tage [17].

Tabelle 9: Indikation zur Tracheotomie

Koma
Schweres prolongiertes Durchgangs-Syndrom
Vermehrte Verschleimung, die ständige Absaugen benötigt.
Hohe Einstellungen am Respirator: Paps > 23 cm H ₂ O PEEP > 6 cmH ₂ O FiO ₂ > 50%
Schlechte BGA: Po ₂ < 65 mmHg. Pco ₂ > 50 mmHg.
Langzeit Beatmung
Reintubation

2.4 Kontraindikation:

Prä-interventionell erfolgte bei jedem Patienten eine klinische Untersuchung und eine Sonographie der Punktionsregion wurde durchgeführt. Bei klinischem und sonographischem Nachweis einer schwierigen Anatomie wie extrem kurzer Hals, Schilddrüsenvergrößerung oder überquerenden Venen wurde auf eine Punktionstracheotomie verzichtet und eine konventionelle Tracheotomie durchgeführt.

Gerinnungsstörungen stellen ebenfalls nur eine relative Kontraindikation dar. Bei Thrombozytopenie mit Spontanblutungen wurden Thrombozytenkonzentrate eine Stunde direkt vor der Tracheotomie transfundiert.

Bei den Punktionstechniken besitzt die Kanüle den gleichen Durchmesser wie der Zugangsweg, so dass Blutungen sich in aller Regel selbst komprimieren. Nach Absaugen von frischem Blut aus der Trachea nach dem Eingriff wird mit dem geblockten Ballon ein weiteres Bluten in den Bronchialbaum hinein effektiv verhindert. Daher kann die Dilatationstracheotomie sogar unter laufender therapeutischer Antikoagulation vorgenommen werden, z. B. bei ECMO Patienten [6] [7].

2.5 Beschreibung der Technik:

Das Verfahren, das wir auf unserer Intensivstation anwenden, ist die Ciaglia Blue Rhino Technik. Zur Durchführung werden zwei Ärzte benötigt: einer für den Eingriff und ein weiterer für die bronchoskopische Lagekontrolle während des Eingriffs. Eine blinde PDT ist assoziiert mit schweren Komplikationen [16], die bronchoskopische Kontrolle während des Eingriffs ist daher in unserem Hause absoluter Standard.

Eine Assistenzhilfe für die Fixierung den Tubus wird auch gebraucht, sowie eine Pflegekraft zum Monitoring der Vitalzeichen und der Sauerstoff-Sättigung.

Die Verfahrensschritte sind:

1. Übliche Desinfektion des Tracheotomie-Gebietes.
2. Unter bronchoskopischer Kontrolle Zurückziehen des Endotrachealtubus bis zum Anfang der Trachea.
3. Mittige Punktion der Trachea zwischen zweitem und drittem Trachealring unter direkter Kontrolle der Nadellage mittels Bronchoskop. Der Rest des Verfahrens ist wie oben beschrieben.

Ernährung wurde acht Stunden präoperativ pausiert und Heparin/Argatroban-Therapie wurde vier Stunden präoperativ pausiert und zwei Stunden nach dem Eingriff wieder angeschaltet und fortgeführt.

Die korrekte Lage des Tubus wurde immer mit dem Bronchoskop bestätigt. Nach dem Eingriff wurde routinemäßig eine Röntgenaufnahme des Thorax angefertigt, um Komplikationen wie einen Pneumothorax auszuschließen.

2.6 Beschreibung und Graduierung möglicher Komplikationen

Eines der wesentlichen Ziele der Studie ist die Bewertung intra- und postoperativer Komplikationen bei unserem Patientengut.

Standardisiert werden auf der Intensivstation der Klinik für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie intra- und post-prozedural die folgenden Untersuchungen vorgenommen:

Während des Eingriffs erfolgt eine bronchoskopische Kontrolle zum Ausschluss einer Blutung, Perforation der Hinterwand oder einer Kanülenfehlplatzierung.

Begleitend erfolgt ein Monitoring der Vitalzeichen und der Sauerstoff-Sättigung zum Ausschluss einer periprozeduralen Hypoxie.

Postoperative Röntgen Thorax Kontrolle zum Ausschluss eines Pneumothoraxes und Hautemphysems.

Routine Pflege der Tracheotomie durch die Pflege Kraft und Dokumentation von Auffälligkeiten.

Der Trachealtubus wird alle 7 Tage durch einen Arzt gewechselt oder bei Fehlfunktion jederzeit.

2.7 Beschreibung der Entwöhnung von der maschinellen Beatmung (Weaning):

Alle in die Studie einbezogenen Patienten wurden nach der Tracheotomie in das Weaning von der maschinellen Beatmung eingeschleust. Voraussetzungen waren Kreislaufstabilität und stabile respiratorische Verhältnisse.

Das Entwöhnungsprotokoll auf der Intensivstation der THG-Chirurgie ist wie folgt strukturiert: Nach der Tracheotomie wurde die Sedierung schrittweise reduziert und mit dem Entwöhnungsprozess begonnen. Während der Entwöhnung wird der BIPAP-Modus als Beatmungsunterstützung verwendet. Der PEEP wird schrittweise reduziert bis 18 cm H₂O, zusammen mit anderen Beatmungseinstellungen. Gleichzeitig wird der CPAP-Modus für 30 Minuten alle vier Stunden intermittierend eingeführt.

Sobald die Beatmungseinstellungen (PEEP \leq 5 cmH₂O, Fio₂ \leq 50%) auf ein bestimmtes Niveau (PEEP \leq 18 cmH₂O) reduziert sind, wird das CPAP-Intervall schrittweise auf bis zu zwei Stunden verlängert, bis der Patient tagsüber mit CPAP und nachts mit BIPAP versorgt werden kann. Als nächster Schritt wird die Verwendung einer „Feuchten Nase“ in Betracht gezogen. Die feuchte Nasenkanüle (FN) wird zunächst für 30 Minuten getestet und bei erfolgreicher Anwendung ohne Komplikationen wird sie abwechselnd mit CPAP verwendet, wobei das Zeitintervall schrittweise verlängert wird, bis der Patient tagsüber mit der feuchten Nasenkanüle und nachts mit CPAP versorgt werden kann.

Vor der Extubation wird in der Regel die normale Trachealkanüle gegen ein Sprechventil ausgetauscht. Hierfür wird eine Trachealkanüle ohne Blockung verwendet.

Die Kriterien für die Dekanülierung einer Tracheotomie werden in diesem Fall evaluiert, wobei jedoch beachtet werden sollte, dass nicht alle Kriterien erfüllt sein müssen, um mit dem Extubationsprozess fortzufahren. Jeder Patient ist individuell und es ist wichtig, die Entscheidungen basierend auf dem Zustand und den Bedürfnissen des Patienten zu treffen.

Tabelle 10: Kriterien für die Dekanülierung einer Tracheotomie: modifiziert nach [18] & [19]

Stabile arterielle Blutgase PH:7.35-7.45 PaO2: >70 mmHg
Abwesenheit von Stress.
Hämodynamische Stabilität.
Kein Fieber oder keine aktive Infektion.
PaCO2 < 60 mmHg
Fehlen eines Delirs oder einer psychiatrischen Störung.
Normale endoskopische Untersuchung oder Aufdeckung einer stenotischen Läsion, die < 30 % der Atemwege einnimmt.
Ausreichendes Schlucken.
Kann abhusten.

Nach einer längeren Phase der Beatmung durch eine Trachealkanüle war es im Studienzeitraum auf unserer Intensivstation üblich, vor der Entfernung einen Zwischenschritt zu machen, indem ein Tracheotomie-Knopf oder ein Sprechventil verwendet wurde [18]. Das Sprechventil (TRACOE phon assist I Sprechventil, vom TRACOE modular) ermöglicht es dem Patienten, zu sprechen und zu atmen, bevor die Trachealkanüle entfernt wird. Die Kanüle kann dann entfernt werden, und die Öffnung wird mit sterilen Verbänden abgedeckt. Das Tracheotomie Loch verschließt sich in den meisten Fällen spontan innerhalb weniger Tage.

In den meisten Studien wird ein Versagen der Entwöhnung entweder als mangelnde Fähigkeit zur Spontanatmung oder als Notwendigkeit einer erneuten Intubation innerhalb von 48 Stunden nach der Extubation definiert. Das Versagen der Spontanatmung wird durch objektive Indikatoren wie Tachypnoe, Tachykardie, Bluthochdruck, Hypotonie, Hypoxämie, Azidose, Arrhythmien sowie subjektive Anzeichen wie Unruhe, Stress, depressive Verstimmung, Schwitzen und zunehmende Anstrengung definiert [18].

Es ist wichtig, diese Kriterien sorgfältig zu überwachen, um die beste Entscheidung für den Entwöhnungsprozess zu treffen und die Sicherheit des Patienten zu gewährleisten. Jeder Patient ist individuell, und die Behandlung sollte entsprechend angepasst werden.

Tabelle 11: Ergebnisse der Entwöhnung: Definitionen

Erfolgreiche Entwöhnung	Die Entwöhnung von der Beatmung gilt als erfolgreich, wenn die Extubation erfolgreich durchgeführt wird und der Patient ohne Atembeschwerden spontan atmen kann.
Trachealkanülenabhängig ohne Beatmung	Diese Patienten könnten von der mechanischen Beatmung entwöhnt werden, aber ihre Atmung erfolgt weiterhin durch eine Trachealkanüle.
Heimbeatmung	Bei wiederholtem Versagen der Entwöhnung bei hämodynamisch stabilen Patienten, die keine weitere intensivmedizinische Behandlung benötigen, erfolgt die Verlegung in eine Beatmungswohnung.
Tod	Tod des Patienten vor der Extubation, unabhängig davon, ob es sich um eine Tracheotomie oder eine Grunderkrankung handelt.

2.8 Statistische Auswertung:

Die Daten wurden in einer Excel-Tabelle erfasst. Die anschließende statistische Aufarbeitung erfolgte in Kooperation mit Dr. MD. Doaa Mahmoud Khalil, Beni-Suef University Department of Public Health.

Im Rahmen der Auswertung wurden verschiedenen Tests durchgeführt wie Chi-QuadratTest, Mann-Whitney-U-Test und Exakter Fisher-Test. Bei jeder Auswertung wird der jeweils verwendete Test angegeben.

3. Ergebnisse

Diese Studie wurde durchgeführt, um die folgenden Punkte zu bewerten:

- Ergebnisse der Anlage von Tracheotomien.
- Erfolgsrate und Komplikationen
- Entwöhnungsergebnisse der Punktionstracheotomie bei Patienten nach Herzoperationen und Identifizierung von Faktoren, die zum erfolgreichen Entwöhnen beitragen.

Daten von 89 Patienten wurden gesammelt.

Ein Patient wurde zweimal tracheotomiert. Bei zwei Patienten musste die Punktionstracheotomie aufgrund schwerer Anatomie erfolglos abgebrochen werden. Bei einem dieser Patienten wurde der Eingriff aufgrund von respiratorischer Instabilität unter Bronchoskopie abgebrochen und auf den nächsten Tag verschoben. Der Patient verstarb am selben Tag und wurde aus den Daten ausgeschlossen. Bei dem zweiten Patienten wurde eine konventionelle offene Tracheotomie in einer weiteren Sitzung durchgeführt. Aufgrund fehlender intraoperativer und postoperativer Daten wurden beide Patienten aus der Studie ausgeschlossen. Schlussendlich wurden 87 Patienten in die Studie eingeschlossen und die Daten ausgewertet.

Tabelle (12) Demographische Daten der untersuchten Patienten:

	Wert (n=89)	
	Anzahl der Patienten	%
Alter		
Mittleres Alter \pm SD	67,2 \pm 11,5 Jahre	
Median(min-max)	69.0(27.0-86.0) Jahre	
Geschlecht		
Männlich	74	83.15%
Weiblich	15	16.85%
BMI		
Mittelwert \pm SD	27.4 \pm 4.9	
Median(min-max)	26.9(18.3-46.3)	

Das Durchschnittsalter der Studienteilnehmer betrug 67.2 \pm 11.5 Jahre, die Mehrheit war männlich (83.15%). Der mittlere BMI lag bei 27.4 \pm 4.9.

Tabelle (13) Präoperative Daten der untersuchten Patienten:

	Wert (n=89)	
	Anzahl der Patienten	%
Reintubation	26	29.2%
Vorbestehende Beatmungsdauer vor der PDT		
Mittelwert \pm SD	10.0 \pm 3.9 Tage	
Median(min-max)	10.0(2.0-20.0) Tage	
Oxygenierungsindex prä-PDT		
Mittelwert \pm SD	225.3 \pm 75.4 mmHg	
Median(min-max)	222.5(71.2-411.4) mmHg	
Technik des Eingriffs Ciaglia		
Blu Rhino	89	100%
Präoperatives CRP		
Mittelwert \pm SD	120.1 \pm 60.5 mg/l	
Median(min-max)	116.3(15.3-274.8) mg/l	

Präoperative Leukozytenzahl Mittelwert±SD Median(min-max)	12.7±5.1 *10 ³ /µl 11.4(4.30-30.0) *10 ³ /µl
SOFA Score Mittelwert±SD Median(min-max)	7.1±3.6 7.0(2.0-18.0)

Die durchschnittliche Dauer der Intubationstage vor der Operation betrug 10,0 ± 3,9 Tage und variierte zwischen 2 und 20 Tagen. Der mittlere präoperative Sauerstoffindex betrug 225,3 ± 75,4 mmHg. Die mittleren präoperativen CRP- und Leukozytenwerte betragen 120,1 ± 60,5 mg/l und 12,7 ± 5,1 *10³ /µl. Der SOFA-Score lag im Bereich von 2 bis 18 mit einem Mittelwert von 7,1 ± 3,6.

26 Patienten waren präoperativ reintubiert worden, was einer Rate von 29,2 % entsprach. Bei allen Patienten wurde die Punktionstracheotomie mit der Ciaglia Blu Rhino Methode durchgeführt.

Tabelle (14) Intraoperative Daten der untersuchten Patienten:

	Wert (n=89) der Patienten	Anzahl %
Dauer der Operation Mittelwert±SD Median(min-max)	13.1±8.2 Minuten 10.0(3.0-48.0) Minuten	
Blutung	7	7.87%
Frustrane Tracheotomie	2	2.25%
Perforation der Hinterwand der Trachea	1	1.12%
Pneumothorax	0	0%
Hautemphysem	0	0%
Hypoxie	0	0%
Herzstillstand	0	0%
Konversion zur offenen Tracheotomie	2	2.25%
So2 Abfall ohne Hypoxie	2	2.25%
Kanülenfehlplatzierung	1	1.12%
Schwere Dilatation	1	1.12%
Dislokation der Trachealkanüle	0	0%
Akzidentelle Extubation ohne Hypoxie	0	0%
Akzidentelle Extubation mit Hypoxie	0	0%

Die durchschnittliche Dauer der Operation betrug 13,1 ± 8,2 Minuten und variierte zwischen 3 und 48 Minuten. Die häufigste intraoperative Komplikation war Blutung (7.87%). Es gab keine Fälle von Pneumothorax, Hautemphysem, Hypoxie, Herzstillstand oder akzidentelle Extubation mit oder ohne Hypoxie.

Zwei Patienten zeigten einen Abfall der Sauerstoffsättigung (SO₂), jedoch ohne Hypoxie. Bei einem der beiden Patienten gestaltete sich die Dilatation der Trachea schwierig und es kam

zu einer Fehlplatzierung der Kanüle mit Perforation der Hinterwand der Trachea. Daher musste die Operation auf eine offene konventionelle Tracheotomie umgestellt werden. Bei dem anderen war die Punktions-Tracheotomie frustan und die Operation wurde abgebrochen.

Tabelle (15) Postoperative Daten der untersuchten Patienten:

	Wert (n=87) der Patienten	Anzahl %
Lokale Infektion	3	3.4%
Oxxgenierungsindex 8 h post-PDT Mittelwert±SD Median(min-max)	250.3±78.1 mmHg 246.0(94.2-465.0) mmHg	
Postoperative Blutung	7	8.0%
Stenose der Tracheotomie	1	1.1%
Tracheale Stenose	0	0%
Mediastinitis	2	2.3%
Notwendigkeit einer Reoperation	4	4.6%
Tracheoösophageale Fistel	0	0%
Konversion der Punktions-tracheotomie zur offenen permanenten Tracheotomie	2	2.3%
Heiserkeit	0	0%
Kosmetischer Defekt	0	0%
Tracheomalazie	0	0%
Dauer des Bedarfs der Tracheotomie Mittelwert±SD Median(min-max)	35.7±66.2 Tage 19.0(0.4 -470.0)Tage	
Dauer des Krankenhaus-Aufenthalts Mittelwert±SD Median(min-max)	44.1±26.3 Tage 35.0(14.0-160.0) Tage	
Dauer des Intensivstation-Aufenthalts Mittelwert±SD Median(min-max)	36.4±19.7 Tage 32.0(13.0-99.0) Tage	
Ergebnisse:		
Entwöhnung	57	65.5%
Trachealkanülenabhängig ohne Beatmung	2	2.3%
Beatmungspflichtig	4	4.6%
Verstorben	24	27.6%

Die postoperativen Daten wurden während des Krankenhausaufenthalts der Patienten erhoben. Die Daten zu den Entwöhnungsergebnissen wurden bei Patienten, die zur Entwöhnung in andere Kliniken verlegt wurden, von den jeweiligen Einrichtungen angefordert und ergänzt, um ein besseres Verständnis und eine höhere Vollständigkeit der Studie zu gewährleisten.

Die häufigste postoperative Komplikation war die Blutung (8%), gefolgt von der Notwendigkeit einer erneuten Operation (4,6%), Infektionen (3,4%), Mediastinitis (2,3%) und der Umstellung auf eine chirurgische dauerhafte Tracheotomie (2,3%).

Die durchschnittliche Dauer des Tracheotomiebedarfs betrug 19 Tage und variierte zwischen 0,4 und 470 Tagen. Der durchschnittliche Aufenthalt auf der Intensivstation betrug $36,4 \pm 19,7$ Tage und der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt $44,1 \pm 26,3$ Tage.

Von den sieben Patienten mit Nachblutungen musste lediglich ein Patient operativ zur Blutstillung behandelt werden. Die übrigen Patienten konnten erfolgreich mit konservativen Maßnahmen wie Tamponade der Wunde durch Kompressen, Optimierung der Gerinnung und einer vorübergehenden U-Naht für einen Tag versorgt werden.

Drei Patienten hatten lokalisierte Infektionen, von denen einer eine Wundrevision benötigte. Ein weiterer Patient benötigte aufgrund einer respiratorischen Insuffizienz nach dem Weaning eine Reintubation und die Reaktivierung der Tracheotomie. Diese wurde komplikationslos durch Dilatation des vorherigen Tracheotomie-Stichkanals durchgeführt.

Die Entwöhnung gelang in 65,5% der Fälle, zwei Fälle waren trachealkanülenabhängig ohne Beatmung (2,3%) und 4 Fälle wurden bei frustanem Weaning in eine Beatmungs-WG verlegt (4,4%). Die Sterblichkeitsrate betrug 27,6%. Bei unserer Studie war keiner der Sterbefälle auf die punktuelle Tracheotomie zurückzuführen.

Es traten keine tracheoösophagealen Fisteln, Heiserkeit, kosmetische Defekte, Tracheomalazie oder tracheale Stenosierungen auf.

Bei der Konversion zur plastischen Tracheotomie handelte es sich um zwei Patienten, die zuerst eine Punktionstracheotomie erhalten hatten, jedoch aufgrund einer ungünstigen Prognose und der Notwendigkeit einer längeren Beatmungsdauer auf eine offene plastische Tracheotomie umgestellt wurden. Eine Patientin war beatmungsabhängig und mehrere Weaning Versuche waren frustan. Es kam zur Stenose auf Haut/Subkutan-Niveau und es war schwierig eine tracheale Kanüle zu wechseln. Daher wurde eine plastische Tracheotomie bei ihr durchgeführt. Bei dem anderen Patienten war aufgrund einer lokalen Infektion eine operative Wundrevision erforderlich. Im Rahmen des Eingriffs wurde die dilatative Tracheotomie in eine plastische Tracheotomie umgewandelt.

Tabelle (16) Auswirkung der Operation auf den Oxxgenierungsindex nach Horovitz:

	Wert (n=87)	P-value
Präoperativer Oxxgenierungsindex	225.3±75.4 mmHg	0.023*
Oxxgenierungsindex 8 h post-PDT	250.3±78.1 mmHg	

*P-Wert ist signifikant

In dieser Tabelle wurde festgestellt, dass der Oxygenierungsindex 8 Stunden nach der Operation deutlich verbessert war.

Tabelle (17) Risikofaktoren im Zusammenhang mit Mortalität (univariate Analyse):

	Überlebend (n=63)	Verstorben (n=24)	P-Wert	Test
Geschlecht männlich weiblich	50 (79.4%) 13 (20.6%)	22 (91.7%) 2 (8.3%)	0.175	Chi-QuadratTest
Alter (Mittelwert ±SD)	66.0±12.5 Jahre	70.4±7.9 Jahre	0.115	t-Test für unabhängige Stichproben
BMI (Medianwert [IQR])	27.3(24.7,29.1)	26.2(23.9,28.5)	0.447	Mann-Whitney non-parametric Test
Vorbestehende Beatmungsdauer vor der PDT (Mittelwert±SD)	9.5±3.5 Tage	11.4±4.8 Tage	0.046*	t-Test für unabhängige Stichproben
Dauer der Operation (Medianwert [IQR]) Minuten	10.0(6.0,20.0) Minuten	10.0(5.0,15.0) Minuten	0.277	Mann-Whitney nonparametric Test
Oxxgenierungsindex prä-PDT (Mittelwert±SD)	231.2±77.9 mmHg	210.1±67.4 mmHg	0.245	t-Test für unabhängige Stichproben
Präoperatives CRP (Mittelwert±SD)	106.2±51.0 mg/l	156.7±68.9 mg/l	<0.001*	t-Test für unabhängige Stichproben
Präoperative Leukozyten (Medianwert [IQR]) /µl	10.7(9.1,15.2) *10 ³ /µl	14.0(8.4,16.9) *10 ³ /µl	0.382	Mann-Whitney non-parametric Test
SOFA Score (Medianwert [IQR])	6.0(4.0,9.0)	9.5(5.3,12.0)	0.008*	Mann-Whitney non-parametric Test

*P-Wert ist signifikant

Unsere Studienergebnisse zeigten einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Mortalität und einer längeren Intubationsdauer vor der Operation sowie einem höheren präoperativen CRP-Spiegel, wobei der P-Wert unter 0,05 lag.

Tabelle (18) Risikofaktoren im Zusammenhang mit Mortalität (Multivariablenanalyse):

Unabhängige Variablen	P-Wert	OR	95% C.I. für EXP(B)	
			Untere	Obere
Alter	.262	1.036	.974	1.102
Geschlecht weiblich	.478	2.000	.294	13.587
BMI	.735	.976	.849	1.122
Vorbestehende Beatmungsdauer vor der PDT	.026	1.202	1.022	1.413
Oxygenierungsindex prä-PDT	.339	.996	.987	1.005
Dauer der Operation	.577	.978	.905	1.057
Präoperative CRP	.012	1.013	1.003	1.024
SOFA Score	.115	1.133	.970	1.324
Modellzusammenfassung	Angepasst R ² = .370 P-Wert=0.001* Df=8			
Binärer logistischer Regressionstest				

*P-Wert ist signifikant

Df= Freiheitsgrad

OR= Odds ratio (Chancenverhältnis)

CI= Konfidenzintervall (KI)

Nach Anpassung für Alter, Geschlecht, BMI, vorbestehende Beatmungsdauer vor der Punktionstracheotomie, präoperativen Oxygenierungsindex, präoperative CRP-Werte, Leukozyten, SOFA-Score und Dauer der Operation wurden die Faktoren untersucht, die mit der Mortalität assoziiert sind. Es zeigte sich, dass eine längere Intubationsdauer vor der Operation sowie höhere präoperative CRP-Werte mit einem erhöhten Risiko für Mortalität verbunden waren.

Tabelle (19) Faktoren im Zusammenhang mit einer erfolgreichen Entwöhnung (univariate Analyse):

	Frustrane Entwöhnung (n=30)	Erfolgreiche Entwöhnung (n=57)	P-Wert	Test
Geschlecht			0.918	Chi- QuadratTest
Männlich	25(83.3%)	47(82.5%)		
Weiblich	5(16.7%)	10(17.5%)		

Alter/Jahre(Mittelwert±SD)	70.56±9.87	65.45±12.01	0.049*	t-Test für unabhängige Stichproben
BMI(Medianwert[IQR])	26.39(23.96,29.22)	27.17(24.75,28.85)	0.671	Mann-Whitney nonparametric Test
Vorbestehende Beatmungsdauer vor der PDT/Tagen (Medianwert[IQR])	11(7,14.25)	10(7,12.5)	0.462	Mann-Whitney nonparametric Test
Dauer der Operation/ Minuten (Medianwert[IQR])	10(5,15)	12(8,20)	0.208	Mann-Whitney nonparametric Test
Oxxgenierungsindex prä-PDT mmHg (Medianwert[IQR])	212.5(148.87,252.5)	232.5(170.3,285)	0.143	Mann-Whitney nonparametric Test
Präoperative CRP mg/l (Medianwert[IQR])	147.41(100.87,191.25)	108.98(61.94,137.75)	0.005*	Mann-Whitney nonparametric Test
Präoperative Leukozyten *103 /µl (Medianwert[IQR])	13.68(9.13,16.71)	10.7(8.98,15.1)	0.248	Mann-Whitney nonparametric Test
SOFA Score (Medianwert[IQR])	9(4.75,12)	6(4,8.5)	0.018*	Mann-Whitney nonparametric Test

IQR: Interquartilabstand

*P-Wert ist signifikant

Unsere Studienergebnisse zeigen, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen der erfolgreichen Entwöhnung und einem jüngeren Alter, einem niedrigeren SOFA-Ausgangswert und einem niedrigeren präoperativen CRP (P-Wert <0,05) bestand.

Tabelle (20) Faktoren im Zusammenhang mit einer erfolgreichen Entwöhnung (multivariable Analyse):

Unabhängige Variablen	P-Wert	OR	95% C.I.für EXP(B)	
			Untere	Obere
Alter	0.137	.963	.916	1.012
Geschlecht weiblich	0.455	.584	.142	2.396
BMI	0.818	1.013	.907	1.132
Vorbestehende Beatmungsdauer vor der PDT	0.130	.899	.782	1.032
Oxygenierungsindex prä-PDT	0.273	1.004	.997	1.012
Dauer der Operation	0.479	1.025	.957	1.099
Präoperative CRP	0.044*	.991	.982	1.000
SOFA Score	0.147	.897	.775	1.039

Modellzusammenfassung	Angepasst R2= 0.266 P-Wert=0.017* Df=8
-----------------------	--

*P-Wert ist signifikant

Df= Freiheitsgrad

OR= Odds ratio

CI= Konfidenzintervall

Die Analyse zeigt, dass unter Berücksichtigung anderer Einflussfaktoren ein niedrigerer präoperativer CRP-Wert (C-reaktives Protein) signifikant mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Entwöhnung von der Punktionstracheotomie assoziiert ist. Der P-Wert von 0.044 ist unter der verwendeten Signifikanzschwelle von 0.05, was diese Assoziation als statistisch signifikant bewertet.

Die Odds Ratio (OR) für den präoperativen CRP-Wert von 0.991 deutet darauf hin, dass mit jedem Anstieg des CRP-Wertes die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Entwöhnung geringfügig verringert wird, was im 95%-Konfidenzintervall bestätigt wird (von 0.982 - 1.000).

Die anderen untersuchten Variablen wie Alter, Geschlecht, BMI, Beatmungsdauer, Oxygenierungsindex, Operationdauer und SOFA-Score ergaben keine signifikanten Assoziationen mit der Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Entwöhnung.

Fazit: Ein niedriges präoperatives CRP war in unserem Patientenkollektiv ein positiver Prädiktor für die erfolgreiche Entwöhnung von einer Punktionstracheotomie, unabhängig von anderen Faktoren, während die anderen Variablen in dieser Analyse keinen signifikanten Einfluss hatten.

Tabelle (21) Zusammenhang zwischen den weiteren Parametern und der erfolgreichen Entwöhnung (univariate Analyse):

	Frustrane Entwöhnung (n=30)	Erfolgreiche Entwöhnung (n=57)	P-Wert	Test
Krankenhaus Aufenthalt/ Tage (Median[IQR])	31(24,50)	40(30,54.5)	0.093	Mann-Whitney nonparametric Test
IntensivstationAufenthalt/ Tage (Median[IQR])	30(21,49.25)	32(23.5,45)	0.765	Mann-Whitney nonparametric Test

Dauer des Bedarfs der Tracheotomie/ Tage (Median[IQR])	19(9.75,44.25)	19(13,32)	0.886	Mann-Whitney nonparametric Test
Postoperativer Oxygenierungsindex mmHg (Median[IQR])	241.11(175,311.25)	250(193,305.97)	0.456	Mann-Whitney nonparametric Test
Reintubation/ Tage	11(36.7%)	15(26.3%)	0.316	Chi-Quadrat-Test
Blutung	4(13.3%)	3(5.3%)	0.288	Exakter Fisher-Test
Frustrane Punktion	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Perforation der Hinterwand der Trachea	0(0.0%)	1(1.8%)	>0.999	Exakter Fisher-Test
Pneumothorax	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Hautemphysema	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Hypoxie	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Herzstillstand	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Konversion zur offenen permanenten Tracheotomie	0(0.0%)	1(1.8%)	>0.999	Exakter Fisher-Test
SO2 Abfall ohne Hypoxie.	0(0.0%)	1(1.8%)	>0.999	Exakter Fisher-Test
Kanülenfehlplatzierung	0(0.0%)	1(1.8%)	>0.999	Exakter Fisher-Test
Schwere Dilatation	0(0.0%)	1(1.8%)	>0.999	Exakter Fisher-Test
Dislokation der trachealen Kanüle	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Akzidentelle Extubation ohne Hypoxie	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Akzidentelle Extubation mit Hypoxie	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Lokale Infektion	2(6.7%)	1(1.8%)	0.272	Exakter Fisher-Test
Postoperative Blutung	3(10.0%)	4(7.0%)	0.688	Exakter Fisher-Test
Stenose der Tracheotomie	1(3.3%)	0(0.0%)	0.345	Exakter Fisher-Test
Mediastinitis	2(6.7%)	0(0.0%)	0.116	Exakter Fisher-Test
Bedarf einer Reoperation.	2(6.7%)	2(3.5%)	0.606	Exakter Fisher-Test
Tracheoösophageale Fistel	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Konversion zur offenen permanenten Tracheotomie	2(6.7%)	0(0.0%)	0.116	Exakter Fisher-Test
Heiserkeit	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Kosmetischer Defekt	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Tracheomalazie	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	
Tracheale Stenose	0(0.0%)	0(0.0%)	-----	

FET: Exakter Fisher-Test

MW: Mann-Whitney-U-Test

IQR: Der Interquartilabstand

X2: Chi-Quadrat-Test *P-Wert

ist signifikant

Die Ergebnisse der univariaten Analyse zeigen, dass es keinen signifikanten Unterschied zwischen der erfolgreichen und der frustranen Entwöhnung hinsichtlich der folgenden Parameter gibt (P-Wert > 0,05):

- Krankenhausaufenthalt
- Intensivstation-Aufenthalt
- Dauer des Bedarfs der Tracheotomie
- Postoperativer Oxygenierungsindex
- Intra- und postoperative Komplikationen

Die Feststellung, dass die meisten P-Werte über 0.05 liegen, deutet darauf hin, dass diese Faktoren nicht signifikant mit dem Entwöhnungserfolg korreliert sind. Nur zwei Parameter, wie lokale Infektion und Mediastinitis, zeigten eine gewisse Tendenz, aber ihre P-Werte sind ebenfalls nicht signifikant.

4 Diskussion

Die Inzidenz von Komplikationen im Zusammenhang mit Tracheotomien variiert erheblich in der Literatur. Während Hill et al. eine Gesamtkomplikationsrate von 19 % berichten, zeigen Walz et al. sowie Vudatha deutlich niedrigere Raten von 9,5 % bzw. 8,6 % [21][22][55]. Die Heterogenität dieser Angaben ist vermutlich auf Unterschiede im Patientenkollektiv, der Durchführungstechnik sowie den Erfahrungsgrad der Operateure zurückzuführen. In unserer Untersuchung zeigte sich eine vergleichsweise geringe Komplikationsrate; schwerwiegende Ereignisse wie Pneumothorax, Hautemphysem, tracheoösophageale Fistel oder akzidentelle Extubation traten nicht auf [23].

Kontraindikationen der perkutanen dilatativen Tracheotomie (PDT)

Traditionell als Kontraindikationen betrachtete Faktoren wie Adipositas, kurzer Hals oder mangelnde Reklination haben im klinischen Alltag zunehmend an Bedeutung verloren [8][9][10][11]. Auch in unserem Kollektiv konnten diese Merkmale nicht mit erhöhten Komplikationsraten assoziiert werden. Die Ergebnisse stützen damit die Evidenzlage, dass solche Parameter – bei entsprechender Erfahrung – nur relative Kontraindikationen darstellen.

Operationsdauer

Die durchschnittliche Dauer des Eingriffs in unserer Studie ($13,1 \pm 8,2$ Minuten) lag im erwartbaren Bereich, vergleichbar mit Hill et al. [21]. Signifikante Unterschiede in der Eingriffsdauer zwischen konventioneller Tracheotomie ($25,5 \pm 6,5$ Minuten) und PDT ($15,1 \pm 2,5$ Minuten) wurden auch von Lim et al. festgestellt ($p < 0,001$) [50]. Dies unterstreicht die Zeitökonomie der PDT im klinischen Alltag.

Zeitpunkt der Tracheotomie

Der optimale Zeitpunkt für eine Tracheotomie bleibt kontrovers. Während Rumbak et al. eine signifikant geringere Mortalität bei frühzeitiger Tracheotomie (<48 h) zeigen [24], fanden Barquist et al. bei Traumapatienten keine signifikanten Unterschiede [25]. Eine Metaanalyse von Ghattas [54] bestätigt diese Uneinheitlichkeit. Auch unsere Daten deuten auf eine tendenziell niedrigere Mortalität bei frühzeitig tracheotomierten Patienten hin, der Unterschied war jedoch nicht signifikant – vermutlich aufgrund der limitierten Fallzahl. Die Literaturlage bleibt uneindeutig: Eine große Multicenterstudie [26][27] konnte weder eine signifikante Reduktion ventilatorassoziierter Pneumonien noch eine Mortalitätsdifferenz nachweisen. In Deutschland werden 90 % der Patienten innerhalb der ersten zwei Wochen nach Beatmungsbeginn tracheotomiert, meist in der zweiten Woche [28], was angesichts der Evidenz als pragmatischer Kompromiss gewertet werden kann.

Blutungskomplikationen

Blutungen stellen eine häufige, aber meist kontrollierbare Komplikation dar. Die geringere Invasivität der PDT führt in der Regel zu geringeren Blutverlusten im Vergleich zur chirurgischen Tracheotomie. Leichte Blutungen sistieren oft spontan nach dem Einsetzen der Kanüle [27]. Die klinische Relevanz ergibt sich weniger aus dem Blutverlust selbst, sondern vielmehr aus einer möglichen Einschränkung des Gasaustauschs [29].

In unserer Studie war nur ein Fall operativ versorgungsbedürftig. Die Gesamtinzidenz postoperativer Blutungen lag bei 8 %, ohne signifikanten Zusammenhang zur Beatmungsentwöhnung.

Vergleichbare niedrige Raten wurden auch von Pandit et al. [49] und Walz et al. [22] beschrieben. Pandit et al. zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen PDT und plastischer Tracheotomie in Bezug auf Blutungen. S. Lim et al. berichteten hingegen von transfusionspflichtigen Blutungen in der konventionellen Gruppe (4/44 Patienten), während in der PDT-Gruppe (n = 55) keine schwerwiegenden Blutungen auftraten [50].

Meng Xin zeigte, dass PDT auch bei ECMO-Patienten mit eingeschränkter Gerinnung sicher durchgeführt werden kann [44].

Die Studie von Lüsebrink belegt eine niedrige Komplikationsrate bei Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung. Nur drei (7,7 %) Blutungen wurden beobachtet, die konservativ beherrschbar waren [45].

Studien wie von Lim et al. [50] und Lüsebrink [45] unterstreichen zudem die Sicherheit der PDT bei antikoagulierten Patienten. Als prädiktive Faktoren für signifikante Blutungen wurden niedrige Fibrinogenspiegel, ein hoher SAPS-Score, technisch schwieriger Eingriff sowie unerfahrene Operateure identifiziert [30].

Pneumothorax

Der Pneumothorax bleibt eine ernstzunehmende, wenn auch seltene Komplikation der PDT. Die Inzidenz variiert in der Literatur zwischen 0,5 % und 4 %. Kost berichtete 0,5 % [31], Fikkers 0,8 % [32], Paez et al. 3,8 % [33] mit einem Todesfall. M. Khaja gibt 2–5 % bei Erwachsenen und bis zu 17 % bei Kindern an. C. Ghattas berichtet in einer Metaanalyse über 0,47 % [53] [54]. Unsere Nullrate könnte mit der Anwendung intraoperativer Überwachungstechniken (z. B. Sonographie, Bronchoskopie & Auskultation) und einem hohen Erfahrungsstand korrelieren. Dies stimmt mit der Einschätzung überein, dass das Auftreten stark von der Expertise abhängt.

Stomaimfektion

Die PDT ist mit einer vergleichsweise geringen Rate an Stomaimfektionen assoziiert. Lim et al. dokumentierten keine Infektionen in der PDT-Gruppe [50], während Lee eine Rate von 5 % angab [52]. Unsere eigene Rate von 3,4 % liegt im Mittelfeld und betraf meistens oberflächliche, konservativ behandelbare Infektionen.

Fehlplatzierung der Kanüle

Fehlplatzierungen sind selten, können aber zu schwerwiegenden Komplikationen führen. Laut C. Ghattas trat in einer Analyse von 1271 Patienten nur ein Fall von Kanülenfehlplatzierung auf [54]. Unsere Studie dokumentierte eine Rate von 1,1 % (1 Patient). Der notwendige Wechsel zur offenen Tracheotomie verlief komplikationslos mit erfolgreichem Weaning nach 19 Tagen, was für die Wichtigkeit frühzeitiger Intervention spricht.

Dauer der Tracheotomieabhängigkeit

In der Literatur werden sehr unterschiedliche mittlere Tracheotomiezeiten beschrieben – von 9 Tagen [35] bis über 39 Tage [55]. Unsere mittlere Dauer von 19 Tagen lag im mittleren Bereich. Die große Spannweite (0,4–470 Tage) verweist auf die Heterogenität unseres Kollektivs. Ghattas [54] weist darauf hin, dass frühere Tracheotomien den Bedarf tendenziell verkürzen könnten – ein Aspekt, der in prospektiven Studien weiter untersucht werden sollte.

Tracheahinterwandperforation

Diese seltene, aber potenziell schwerwiegende Komplikation kann trotz Bronchoskopie und Erfahrung auftreten. Dost P et al. betonen die Notwendigkeit frühzeitiger Erkennung [36]. In unserer Studie wurde ein Fall beobachtet, der zur chirurgischen Tracheotomie führte. Die konservative Behandlung war erfolgreich. Der Fallbericht von Jung et al. [46] verdeutlicht, dass bei frühzeitiger Diagnose auch komplexe Läsionen beherrschbar sind. Sie beschrieben eine chirurgische Versorgung mit resorbierbarem Patch bei Tracheaperforation und erfolgreiche Dekanülierung nach 25 Tagen.

Trachealstenose

Spätkomplikationen wie Trachealstenosen werden möglicherweise unterschätzt. Hill BB et al. und Araujo et al. berichten Inzidenzen von 3,7 % [21][47]. Lim et al. beschreiben sogar höhere Raten in der PDT-Gruppe [50]. Unsere fehlende Nachverfolgung über die Krankenhausentlassung hinaus schließt das Auftreten nicht aus. Für Patienten mit längerer Kanülierungsdauer sollte eine strukturierte Nachsorge mittels Laryngotracheoskopie in Erwägung gezogen werden.

Sauerstoffabfall

In unserer Studie trat ein isolierter SO_2 -Abfall ohne Hypoxie auf – in Übereinstimmung mit den niedrigen Raten der Literatur (0,92 %) [22].

Hautemphysem

Die niedrige Inzidenz (0,47 %) wird in mehreren Studien bestätigt [54]. Obwohl bei uns kein Fall dokumentiert wurde, bleibt diese Komplikation ein potenzieller Indikator für schwerwiegendere Verletzungen wie Pneumothorax. Ceylan beschrieb einen letalen Fall mit Pneumothorax, Pneumomediastinum und subkutanem Emphysem [48].

Mediastinitis

PDT nach medianer Sternotomie wird häufig mit einem Risiko für Mediastinitis assoziiert, insbesondere bei sehr früher Durchführung (<48 h) [37][38]. Unsere Daten (2,3 %) liegen unterhalb der in Aachen berichteten Rate von 9,4 % [38], jedoch höher als bei Vudatha (1,1 %) [55]. Der Nachweis identischer Keime im Sternotomiebereich und am Tracheostoma weist auf mögliche Kreuzkontamination hin. Das Risiko scheint multifaktoriell – insbesondere Blutungen oder Revisionseingriffe könnten eine Rolle spielen.

In einer retrospektiven Studie von Pilarczyk K. und Kollegen am Westdeutschen Herzzentrum Essen wurde das Risiko für Mediastinitis bei 879 Patienten untersucht, die sich einer percutanen Tracheotomie (PDT) nach einer Herzoperation unterzogen hatten. Das Risiko betrug 3,9 %. Die Studie ergab, dass eine PDT innerhalb der ersten 10 postoperativen

Tage nach einer medianen Sternotomie sicher durchgeführt werden kann, ohne dass ein erhöhtes Risiko für eine tiefere Wundinfektion (DSWI) besteht. Im Gegensatz dazu ist eine sehr frühe PDT, die innerhalb von 48 Stunden nach der Operation erfolgt, mit einem erhöhten Risiko für Mediastinitis verbunden und sollte daher vermieden werden. Bei 44,1 % der Patienten wurde eine Ähnlichkeit der Mikroorganismen zwischen der Sternotomiestelle und den Trachealkulturen festgestellt, was auf eine mögliche Kreuzkontamination hinweist [37].

Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einer Studie von Tewarie L. in Aachen, Deutschland, veröffentlicht, in der Mediastinitis in 9,4 % der Fälle beobachtet wurde. Bei 36 % der Patienten (9 von 25) wurden identische Erreger aus den Kulturen der Tracheotomie und der subdiaphragmalen Wunde isoliert. Die Forscher konnten jedoch keinen Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der PDT und dem Auftreten von Mediastinitis feststellen [38].

Byhahn C. fand hingegen keine Korrelation zwischen der Mediastinitis und der PDT und schloss eine Kreuzkontamination der Sternotomie durch Mikroben aus den Atemwegen der Patienten aus [39].

In unserer eigenen Untersuchung zeigten nur zwei Patienten (2,3 %) Anzeichen von Mediastinitis. Bei beiden wurde die PDT am 7. postoperativen Tag durchgeführt. Eine Rethorakotomie aufgrund einer Nachblutung bei einem der Patienten könnte möglicherweise in Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für Mediastinitis stehen. *Pseudomonas aeruginosa* wurde sowohl im Abstrich des Tracheostomas als auch in der Wunde der Sternotomie nachgewiesen.

Weaning-Erfolg

In der Studie von Wagner F. aus dem Deutschen Herzzentrum Berlin konnten 55,7 % der Patienten von der mechanischen Beatmung entwöhnt werden. 51,1 % der Patienten wurden nach einer durchschnittlichen Tracheotomiedauer von $18,9 \pm 27,2$ Tagen dekanüliert [40].

Ähnliche Ergebnisse berichteten Voelker MT und seine Kollegen, die 65 % der Patienten erfolgreich von der mechanischen Beatmung entwöhnten, während 7 % zur offenen chirurgischen Tracheotomie konvertiert wurden [41].

Chiu C. berichtete von einer Erfolgsquote der Entwöhnung bei 46,7 % der Patienten. Die Rate erfolgreicher Entwöhnung erhöhte sich signifikant ($p = 0,02$), während die Tage bis zur Entwöhnung ($p < 0,001$) mit abnehmender Dauer der translaryngealen Intubation sanken, wobei andere Faktoren konstant blieben [35].

In unserer Erfahrung haben wir ein Sprechventil verwendet, das als Zwischenschritt geholfen hat und den psychischen Zustand der Patienten verbessert hat. Die Entscheidung für Heimbeatmung sollte sorgfältig getroffen werden, um sicherzustellen, dass die Patienten die notwendige Betreuung und Unterstützung erhalten, um ihre Genesung und Lebensqualität zu verbessern. Es ist wichtig, die individuellen Bedürfnisse und Umstände jedes Patienten zu berücksichtigen und eine angemessene Versorgung sicherzustellen.

In unserer eigenen Studie konnten wir eine erfolgreiche Entwöhnung bei 65,5 % der Patienten nachweisen. Die univariate Analyse unserer Studienergebnisse zeigte einen signifikanten Zusammenhang zwischen erfolgreicher Entwöhnung und jüngerem Alter, einem niedrigeren SOFA-Ausgangswert sowie einem niedrigeren präoperativen CRP-Wert ($p < 0,05$). In der multivariaten Analyse konnte jedoch nur ein niedriger präoperativer CRP-Wert als signifikanter Faktor für die erfolgreiche Entwöhnung identifiziert werden. Ein niedrigerer präoperativer CRP-Wert war signifikant mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Entwöhnung assoziiert, wenn andere Variablen kontrolliert wurden. Zwei Patienten waren Trachealkanülen abhängig ohne Beatmung und vier Patienten wurden in eine Beatmungseinheit mit Dauerbeatmung verlegt.

Mortalität

Die Gesamtmortalität in unserer Studie betrug 27,6 %, vergleichbar mit Daten von Vudatha (30,1 %) [55] und Murray (40 %) [51]. Tracheotomiebedingte Todesfälle wurden nicht beobachtet.

In der Analyse von Simon M. und seinen Kollegen über Fälle mit tödlichem Ausgang aufgrund von Komplikationen bei der PDT, die von 1985 bis April 2013 dokumentiert wurden, betrug die Inzidenz tödlicher Komplikationen 0,17 %. Von diesen traten 31,0 % während des Eingriffs und 49,3 % innerhalb der ersten sieben Tage nach der PDT auf. Die häufigsten Todesursachen waren Blutungen (38,0 %), Atemwegskomplikationen (29,6 %), Trachealperforation (15,5 %) und Pneumothorax (5,6 %) [42].

Höhere präoperative CRP-Werte und lange Intubationszeiten zeigten in unserer Analyse eine signifikante Assoziation mit erhöhter Mortalität, was auf die Bedeutung präoperativer Sepsisparameter hinweist.

5 Zusammenfassung

Diese Dissertation evaluiert retrospektiv die Durchführung, Komplikationen und Entwöhnungsergebnisse nach Punktionstracheotomie bei 89 Patienten, die sich am WestpfalzKlinikum Kaiserslautern zwischen Januar 2019 und Dezember 2022 einer Herzoperation unterzogen haben und auf der herzchirurgischen Intensivstation des Westpfalz-Klinikums Kaiserslautern behandelt wurden und tracheotomiert wurden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die durchschnittliche Operationsdauer sehr kurz ist und der Eingriff problemlos auf Intensivstation durchgeführt werden kann.

Die häufigsten beobachteten postoperativen Komplikationen waren postoperative Blutungen (8%) und lokale Infektionen (3,4%), die jedoch nicht gravierend, den weiteren Verlauf beeinflussend, waren. Schwerwiegende Komplikationen wie Pneumothorax oder tracheoösophageale Fisteln traten nicht auf, was bei Einhaltung strenger Durchführungskriterien (unter bronchoskopischer Kontrolle) die Sicherheit dieser Technik unterstreicht. Die Entwöhnungsrate von der mechanischen Beatmung betrug 65,5%.

Die Auswertung zeigte eine signifikante Assoziation zwischen einem niedrigen präoperativen C-reaktiven Protein (CRP)-Wert und einer höheren Wahrscheinlichkeit für eine erfolgreiche Entwöhnung. Ob dies nur Ausdruck der schwereren Erkrankung war oder zur Konsequenz hat, dass eine Punktionstracheotomie unter erhöhten Entzündungswerten nicht durchgeführt werden sollte, kann die Untersuchung nicht beantworten.

Die Ergebnisse dieser Studie belegen, dass die Punktionstracheotomie eine sichere und effektive Methode zur Unterstützung der Langzeitbeatmung nach Herzoperationen darstellt. Angesichts der niedrigen Komplikationsraten und der hohen Erfolgsquote bei der Entwöhnung ist diese Technik das Standardverfahren in der postoperativen Versorgung von langzeitbeatmeten Herzpatienten im Westpfalz-Klinikum Kaiserslautern.

Ferner wird das präoperative CRP als einer der Parameter zur Entscheidung zur Durchführung der perkutanen Punktionstracheotomie herangezogen. Zukünftige Studien könnten darauf abzielen, die Langzeitergebnisse der Punktionstracheotomie und die Auswirkungen verschiedener präoperativer Parameter auf den Entwöhnungsprozess zu analysieren. Diese Erkenntnisse würden es ermöglichen, die Patientenversorgung weiter zu optimieren und die klinischen Ergebnisse für Patienten nach Herzoperationen zu verbessern.

6 Literaturverzeichnis

1. Ciaglia P, Firsching R, Syniec C. Elective percutaneous dilatational tracheostomy: a new simple bedside procedure; preliminary report. *Chest*. 1985 Jun 1;87(6):715-9.
2. Byhahn C, Westphal K, Zwißler B. Die Punktionstracheotomie*(CME 4/05).
3. Durbin Jr CG. Tracheostomy: why, when, and how?. *Respiratory care*. 2010 Aug;55(8):1056-68.
4. Ciaglia P, Graniero KD. Percutaneous dilatational tracheostomy: results and long-term follow-up. *Chest*. 1992 Feb 1;101(2):464-7.
5. Cosgrove JF, Sweenie A, Raftery G, Carey SM, Kilner AJ, Nesbitt ID, Cressey DM, Hirschauer N, Laws PG, Ryan DW. Locally developed guidelines reduce immediate complications from percutaneous dilatational tracheostomy using the Ciaglia Blue Rhino technique: a report on 200 procedures. *Anaesthesia and intensive care*. 2006 Dec;34(6):782-6.
6. Braune S, Kienast S, Hadem J, Wiesner O, Wichmann D, Nierhaus A, Simon M, Welte T, Kluge S. Safety of percutaneous dilatational tracheostomy in patients on extracorporeal lung support. *Intensive care medicine*. 2013 Oct;39:1792-9.
7. Lischke V, Westphal K. Perkutane Tracheotomie—Techniken und Komplikationen. *Tracheotomie: Indikation und Anwendung in der intensivmedizin*. 2000:39-79.
8. Kornblith LZ, Burlew CC, Moore EE, Haenel JB, Kashuk JL, Biffi WL, Barnett CC, Johnson JL. One thousand bedside percutaneous tracheostomies in the surgical intensive care unit: time to change the gold standard. *Journal of the American College of Surgeons*. 2011 Feb 1;212(2):163-70.
9. Huang CS, Chen PT, Cheng SH, Chen CK, Hsu PK, Hsieh CC, Shih CC, Hsu WH. Relative contraindications for percutaneous tracheostomy: from the surgeons' perspective. *Surgery today*. 2014 Jan;44:107-14.
10. Groves DS, Durbin Jr CG. Tracheostomy in the critically ill: indications, timing and techniques. *Current opinion in critical care*. 2007 Feb 1;13(1):90-7.
11. Iftikhar IH, Teng S, Schimmel M, Duran C, Sardi A, Islam S. A network comparative meta-analysis of percutaneous dilatational tracheostomies using anatomic landmarks, bronchoscopic, and ultrasound guidance versus open surgical tracheostomy. *Lung*. 2019 Jun 15;197:267-75.

12. Byhahn C, Lischke V, Halbig S, Scheifler G, Westphal K. Ciaglia Blue Rhino: Ein weiterentwickeltes Verfahren der perkutanen Dilatationstracheotomie Technik und erste klinische Ergebnisse. *Der Anaesthesist* (Berlin. Print). 2000;49(3):202-6.
13. Marx G, Muhl E, Zacharowski K, Zeuzem S, editors. *Die Intensivmedizin*. Springer-Verlag; 2014 Dec 15.
14. Fantoni A, Ripamonti D. A non-derivative, non-surgical tracheostomy: the translaryngeal method. *Intensive care medicine*. 1997 Apr;23:386-92.
15. Frova G, Quintel M. A new simple method for percutaneous tracheostomy: controlled rotating dilation: a preliminary report. *Intensive care medicine*. 2002 Mar;28(3):299-303.
16. Berrouschot J, Oeken J, Steiniger L, Schneider D. Perioperative complications of percutaneous dilational tracheostomy. *The laryngoscope*. 1997 Nov;107(11):1538-44.
17. Vogelhiut MM, Downs JB. Prolonged endotracheal intubation. *Chest*. 1979 Jul 1;76(1):110-1.
18. De Leyn P, Bedert L, Delcroix M, Depuydt P, Lauwers G, Sokolov Y, Van Meerhaeghe A, Van Schil P. Tracheotomy: clinical review and guidelines. *European journal of cardio-thoracic surgery*. 2007 Sep 1;32(3):412-21.
19. Christopher KL. Tracheostomy decannulation. *Respiratory Care*. 2005 Apr 1;50(4):538-41.
20. Boles JM, Bion J, Connors A, Herridge M, Marsh B, Melot C, Pearl R, Silverman H, Stanchina M, Vieillard-Baron A, Welte T. Weaning from mechanical ventilation. *European Respiratory Journal*. 2007 Apr 30;29(5):1033-56.
21. Hill BB, Zweng TN, Maley RH, Charash WE, Toursarkissian B, Kearney PA. Percutaneous dilational tracheostomy: report of 356 cases. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 1996 Aug 1;41(2):238-44.
22. Walz MK, Peitgen K, Thürauf N, Trost HA, Wolfhard U, Sander A, Ahmadi C, Eigler FW. Percutaneous dilational tracheostomy—early results and long-term outcome of 326 critically ill patients. *Intensive care medicine*. 1998 Jul;24:685-90.
23. Dongelmans DA, van der Lely AJ, Tepaske R, Schultz MJ. Complications of percutaneous dilating tracheostomy. *Critical Care*. 2004 Oct;8:1-2.

24. Rumbak MJ, Newton M, Truncale T, Schwartz SW, Adams JW, Hazard PB. A prospective, randomized, study comparing early percutaneous dilational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients. *Critical care medicine*. 2004 Aug 1;32(8):1689-94.
25. Barquist ES, Amortegui J, Hallal A, Giannotti G, Whinney R, Alzamel H, MacLeod J. Tracheostomy in ventilator dependent trauma patients: a prospective, randomized intention-to-treat study. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*. 2006 Jan 1;60(1):91-7.
26. Terragni PP, Antonelli M, Fumagalli R, Faggiano C, Berardino M, Pallavicini FB, Miletto A, Mangione S, Sinardi AU, Pastorelli M, Vivaldi N. Early vs late tracheotomy for prevention of pneumonia in mechanically ventilated adult ICU patients: a randomized controlled trial. *Jama*. 2010 Apr 21;303(15):1483-9.
27. Baumann HJ, Kemei C, Kluge S. Die Tracheotomie auf der Intensivstation. *Pneumologie*. 2010 Dec;64(12):769-76.
28. Kluge S, Baumann HJ, Maier C, Klose H, Meyer A, Nierhaus A, Kreymann G. Tracheostomy in the intensive care unit: a nationwide survey. *Anesthesia & Analgesia*. 2008 Nov 1;107(5):1639-43.
29. Klemm E, Nowak A. Komplikationen der Tracheotomie und Strategien zu deren Vermeidung. *Kompodium der Tracheotomie*. 2011:63-78.
30. Pilarczyk K, Haake N, Dudasova M, Huschens B, Wendt D, Demircioglu E, Jakob H, Dusse F. Risk factors for bleeding complications after percutaneous dilatational tracheostomy: a ten-year institutional analysis. *Anaesthesia and intensive care*. 2016 Mar;44(2):227-36.
31. Kost KM. Endoscopic percutaneous dilatational tracheotomy: a prospective evaluation of 500 consecutive cases. *The Laryngoscope*. 2005 Oct;115(S107):1-30.
32. Fikkers BG, van Veen JA, Kooloos JG, Pickkers P, van den Hoogen FJ, Hillen B, van der Hoeven JG. Emphysema and pneumothorax after percutaneous tracheostomy: case reports and an anatomic study. *Chest*. 2004 May 1;125(5):1805-14.
33. Páez M, Buisán F, Almaraz A, Martínez-Martínez A, Muñoz F. Percutaneous tracheotomy with the Ciaglia Blue Rhino technique: a critical analysis after 1 year. *Revista Espanola de Anestesiologia y Reanimacion*. 2005 Oct 1;52(8):466-73.
34. Rees W, Hübner N, Seufert K, Böckelmann M, Christmann U, Warnecke H. Percutaneous dilatational tracheotomy early after cardiac surgery—outcome and incidence of sternal infection. *Zeitschrift für*

Herz-, Thorax-und Gefäßchirurgie. 1997 Jul;11:176-81.

35. Chiu C, Chung Y, Lu H, Lin M. Weaning of long-term mechanically-ventilated patients following video bronchoscopy-guided percutaneous dilatational tracheostomy. *Chang Gung Medical Journal*. 2005 Dec 1;28(12):829.
36. Dost P, Thürauf N, Armbruster W, Schoch B, Zülke M, Fischer M. Perforation of the posterior tracheal wall during percutaneous dilatational tracheotomy. *ORL*. 2000 May 5;62(3):167-9.
37. Pilarczyk K, Marggraf G, Dudasova M, Demircioglu E, Scheer V, Jakob H, Dusse F. Tracheostomy after cardiac surgery with median sternotomy and risk of deep sternal wound infections: is it a matter of timing?. *Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia*. 2015 Dec 1;29(6):1573-81.
38. Tewarie L, Zayat R, Haefner H, Spillner J, Goetzenich A, Autschbach R, Moza A. Does percutaneous dilatational tracheostomy increase the incidence of sternal wound infection-a single center retrospective of 4100 cases. *Journal of Cardiothoracic Surgery*. 2015 Dec;10:1-8.
39. Byhahn C, Rinne T, Halbig S, Albert S, Wilke HJ, Lischke V, Westphal K. Early percutaneous tracheostomy after median sternotomy. *The Journal of thoracic and cardiovascular surgery*. 2000 Aug 1;120(2):329-34.
40. Wagner F, Nasser R, Laucke U, Hetzer R. Percutaneous dilatational tracheostomy: results and longterm outcome of critically ill patients following cardiac surgery. *The Thoracic and cardiovascular surgeon*. 1998 Dec;46(06):352-6.
41. Voelker MT, Wiechmann M, Dietz A, Laudi S, Bercker S. Two-year follow-up after percutaneous dilatational tracheostomy in a surgical ICU. *Respiratory care*. 2017 Jul;62(7):963-9.
42. Simon M, Metschke M, Braune SA, Püschel K, Kluge S. Death after percutaneous dilatational tracheostomy: a systematic review and analysis of risk factors. *Critical care*. 2013 Oct;17:1-9.
43. Humpich M, Byhahn C. Atemwegsmanagement–Invasives Atemwegsmanagement Update 2011. *AINS-Anästhesiologie· Intensivmedizin· Notfallmedizin· Schmerztherapie*. 2011 Sep;46(09):608-16.
44. Xin M, Wang L, Li C, Hou D, Wang H, Wang J, Jia M, Hou X. Percutaneous dilatation tracheotomy in patients on extracorporeal membrane oxygenation after cardiac surgery. *Perfusion*. 2023 Sep;38(6):1182-8.
45. Lüsebrink E, Stark K, Bertlich M, Kupka D, Stremmel C, Scherer C, Stocker TJ, Orban M, Petzold T,

Kneidinger N, Stemmler HJ. Safety of percutaneous dilatational tracheotomy in patients on dual antiplatelet therapy and anticoagulation. *Critical Care Explorations*. 2019 Oct 1;1(10):e0050.

46. Jung YC, Sung K, Cho JH. Iatrogenic tracheal posterior wall perforation repaired with bronchoscope-guided knotless sutures through tracheostomy. *The Korean Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*. 2018 Aug 5;51(4):277.
47. Araujo JB, Añón JM, de Lorenzo AG, García-Fernández AM, Esparcia M, Adán J, Relanzon S, Quiles D, de Paz V, Molina A. Late complications of percutaneous tracheostomy using the balloon dilation technique. *Medicina Intensiva (English Edition)*. 2018 Apr 1;42(3):151-8.
48. Ceylan M, Öztürk NK, Ay M, Öztan DT. Percutaneous Tracheotomy Complicated by Pneumothorax, Pneumomediastinum and Subcutaneous Emphysema in ICU: A Case Report. *Turkish Journal of Intensive Care*. 2022 Mar 2; 20.
49. Pandit A, Swami G, Kumar KD. Comparative study of percutaneous dilatational tracheostomy and conventional surgical tracheostomy in critically ill adult patients. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*. 2023 Sep;75(3):1568-72.
50. Lim S, Park H, Lee JM, Lee K, Heo W, Hwang SH. Comparison of conventional surgical tracheostomy and percutaneous dilatational tracheostomy in the neurosurgical intensive care unit. *Korean Journal of Neurotrauma*. 2022 May 9;18(2):246.
51. Murray M, Shen C, Massey B, Stadler M, Zenga J. Retrospective analysis of post-tracheostomy complications. *American Journal of Otolaryngology*. 2022 Mar 1;43(2):103350.
52. Lee M, Wilson H. Complications of tracheostomy. *Shanghai Chest*. 2021 Oct 30;5.
53. Khaja M, Haider A, Alapati A, Qureshi ZA, Yapor L. Percutaneous tracheostomy: a bedside procedure. *Cureus*. 2022 Apr 12;14(4).
54. Ghattas C, Alsunaid S, Pickering EM, Holden VK. State of the art: percutaneous tracheostomy in the intensive care unit. *Journal of Thoracic Disease*. 2021 Aug;13(8):5261.
55. Vudatha V, Alwatari Y, Ibrahim G, Jacobs T, Alexander K, Puig-Gilbert C, Julliard W, Shah RD. Percutaneous Dilatational Tracheostomy in a Cardiac Surgical Intensive Care Unit: A Single-Center Experience. *Journal of Chest Surgery*. 2023 Sep 5;56(5):346.

7 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich meinen aufrichtigen Dank an all diejenigen aussprechen, die mich während der Arbeit an dieser Dissertation über die Punktionstracheotomie unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater für seine ständige Unterstützung, wertvolle Ratschläge und sein Vertrauen in meine Fähigkeiten. Seine Expertise und sein Engagement waren entscheidend für den Fortschritt dieser Arbeit.

Ein großer Dank gebührt auch meinen Kolleginnen und Kollegen aus der Abteilung für Herzchirurgie des Westfalz Klinikums Kaiserslautern, die mir mit ihrem Fachwissen, ihrer Erfahrung und ihrer Bereitschaft zu helfen, zur Seite standen. Ihre Mitarbeit machte es mir möglich, die nötigen Daten zu sammeln und fundierte Analysen durchzuführen.

Ein herzliches Dankeschön an meine Familie und Freunde für ihre Geduld, Unterstützung und Ermutigung während der gesamten Promotionszeit. Ihr Glaube an mich hat mich motiviert, auch in schwierigen Zeiten weiterzumachen.

Zuletzt danke ich dem Westfalz-Klinikum Kaiserslautern, das diese Forschung ermöglicht hat.

Vielen Dank an alle, die zu dieser Arbeit beigetragen haben.

Widmung

Diese Dissertation widme ich meiner Familie, besonders meinen Eltern, die mich während meiner gesamten akademischen Laufbahn mit Liebe, Verständnis und unerschütterlichem Glauben an mich unterstützt haben. Ihr stetiger Rückhalt und Ermutigung haben mir die Kraft gegeben, sämtliche Herausforderungen zu meistern und meine Ziele zu verfolgen.

Ein besonderer Dank gilt außerdem meinen Freunden, die während dieser intensiven Zeit stets an meiner Seite standen und mir sowohl mit Ratschlägen als auch mit aufmunternden Worten zur Seite waren.

Euch allen danke ich von Herzen.

8 Tabellarischer Lebenslauf

Name: Eslam Salah Fathy Mohamed	
Berufliche Laufbahn	
März 2025 – bis dato	Herzchirurgie – Assistenzarzt Universitätsklinikum Halle - Deutschland
April 2020– Feb 2025	Herz und Thorax-Chirurgie – Assistenzarzt Westpfalz Klinikum Kaiserslautern- Deutschland
Okt 2015 – Feb 2020	Herz und Thorax-Chirurgie – Assistenzarzt Sheikh-Zayed Fachkrankenhaus - Ägypten
April 2015 – Aug 2018	Herz und Thorax-Chirurgie - Assistenzarzt Bani Souwaif Universitätsklinik - Ägypten
März 2016 – Feb 2017	Herz und Thorax-Chirurgie – Assistenzarzt im Militärdienst Maadi Militärkrankenhaus - Ägypten
März 2014 –März 2015	Praktisches medizinisches Jahr Bani Souwaif Universitätsklinik - Ägypten
Ausbildung	
Sep 2007 – März 2014	Medizinstudent - Medizinische Fakultät Bani Souwaif Universität Ägypten
2004 – 2007	Gymnasium
Postgraduales Studium	
Master in Herz und Thorax-Chirurgie, Kairo Universität 2018	
Kenntnisse & Fähigkeiten	
Berufserlaubis	Am 15.04.2020 von Rheinland-Pfalz
Approbation	Am 04.05.2021 von Rheinland-Pfalz
MBECTS	September 2024
Sprachen	Arabisch : Muttersprache

	Deutsch : B2 Niveau vom April 2019. Fachsprachenprüfung: vom 27.02.2020. Englisch : sehr gut in Wort und Schrift
--	--

